

# 2015

第九屆積體光機電科技

與智慧財產權實務會議論文集

May 19, 2015  
Taipei, Taiwan  
In CUST

**Proceedings of the 9<sup>th</sup> Conference on  
Intergrated Opto-Mechatronic Technology and  
Intellectual Property Rights**

主辦單位 中華民國積體光機電科技協會

承辦單位 中華科技大學電機工程系

**-IOME-**

# 2015 第九屆積體光機電科技與 智慧財產權實務研討會

The 9th Conference on Integrated Opto-Mechatronic  
Technology and Intellectual Property Rights

**IOME 2015**

## 大會主席

李偉裕博士

中華科技大學機電資訊研發中心 主任

## 總幹事

李昆益博士

中華科技大學電機系教授

## 議程委員

左俊官 資深經理	(緯創資通股份有限公司)
李淵全 教授	(中華科技大學電機系)
林坤成 教授	(中華科技大學電機系)
林晏瑞 教授	(中華科技大學電機系)
林鈺城 教授	(銘傳大學電子系)
柯德祥 教授	(中華科技大學電機系)
施文欽 教授	(大同大學光電所)
莊為群 教授	(虎尾科技大學光電系)
陳德請 教授	(逢甲大學電機系)
陳隆建 教授	(台北科技大學光電所)
陳飛欽 教授	(中華科技大學電機系)
楊瑞錶 教授	(中華科技大學電機系)
謝宗煌 教授	(中華科技大學電機系)
蔡政宏 教授	(中華科技大學電機系)
劉仲鑫 教授	(中國文化大學資訊工程學系)
歐陽傑 教授	(致理技術學院商務科技管理系)

## 序 言

「2015 第九屆積體光機電科技與智慧財產權實務研討會」 The 9th Conference on Integrated Opto-Mechatronic Technology and Intellectual Property Rights (IOME 2015) 在中華民國積體光機電科技協會、中華科技大學及全體議程委員們努力下，終於完成所有籌備工作，並如期舉行。

進入 21 世紀，全球經濟的典範已從規模經濟轉變為知識經濟。新經濟的競爭力來自創新、應用知識的能力及效率。為維持台灣既有的製造優勢與實力，第九屆積體光機電科技與智慧財產權實務研討會配合政府在國家發展重點計畫中積極推動「產業研發創新」以提升產品高附加價值。加強培訓積體光機電產業所需之技術人才，以提供相關人力之需求。

本次研討會計有來自國內公私立大學校院與業界公司等各單位專家學者，針對大會議題領域之研究論文投稿。經議程委員審查後擇優選錄 39 篇論文，並進行論文發表。

研討會之籌備工作繁雜，幸有中華科技大學師生全力支持，使研討會能順利舉行，在此感謝議程委員及所有參與大會籌備工作之同仁協助，方能促成本次大會順利進行，再次代表本大會對所有參加之貴賓及大會工作人員，致上最深的謝意。

大會主席

李偉裕 博士

中華科技大學機電資訊研發中心 主任

2015 第九屆積體光機電科技與智慧財產權實務研討會  
2015 The 9th Conference on Integrated Opto-Mechatronic Technology  
and Intellectual Property Rights

論文徵稿

活動宗旨

中華民國積體光機電科技協會配合政府推動「產業研發創新」以提升產品高附加價值，積極培育積體光機電科技與智慧財產權實務人才，舉辦【2015 第九屆積體光機電科技與智慧財產權實務研討會】。研討會將邀請各大專院校及產業界相關領域學者專家投稿和發表論文，以促進產官學研間之學術及技術交流。

研討會日期	2015 年 5 月 19 日(星期二)
地點	中華科技大學電機系 N101 視聽教室
主辦單位	中華民國積體光機電科技協會
承辦單位	中華科技大學電機工程系

徵稿主題

- 1.光機電元件設計與製造
- 2.光機電整合技術
- 3.光機電檢測技術
- 4.射頻電路與天線設計
- 5.嵌入式晶片開發與應用
- 6.微晶片設計與控制應用
- 7.顯示器技術與應用
- 8.光纖通訊與元件設計
- 9.光電檢測技術
- 10.工業生產管理
- 11.微電子技術與積體電路設計
- 12.網路與資通技術
- 13.電磁應用與電波傳播
- 14.通訊技術與訊號處理
- 15.半導體元件與製程技術
- 16.機電整合
- 17.光電晶體材料
- 18.綠色能源技術
- 19.智慧財產權與專利攻防實務
- 20.其它

論文發表及投稿方式

1. 來稿須經本會遴聘之審查委員審查通過後，始予刊載。
2. 論文以口頭報告方式(oral presentation)發表，研討會後將申請 ISBN 且出版公開發行論文集。
3. 請於 2015 年 5 月 10 日前將 MS-WORD 原始論文檔案。(中英文不拘),E-mail 至主辦單位，聯絡方式如下：

聯絡人：李昆益

電話：02-27851154 分機 237、204

手機：0922615156

電子郵件：[kelvin119@gmail.com](mailto:kelvin119@gmail.com)

研討會網址：[http://me.cust.edu.tw/eee/2015Seminar/index2015\\_9.htm](http://me.cust.edu.tw/eee/2015Seminar/index2015_9.htm)

地址：10581 台北市南港區研究院路三段 245 號 中華科技大學電機系

## 2015 第九屆積體光機電科技與智慧財產權實務研討會 大會議程

日期：104 年 5 月 19 日 (星期二)

時 間	議 程	地 點	主 持 人
08:30~09:20	報到	中華科技大學 電機系 N101 演講廳	李昆益 教授 中華科技大學電機系
09:20~9:30	開幕式致詞 李偉裕教授/機電資訊研發中心主任 中華科技大學		謝宗煌 教授/系主任 中華科技大學電機系
9:30-10:10	專題演講：場發射照明-節能照明的另一種選擇 施文欽教授/所長 大同大學		
10:10:-10:50	專題演講：新事業市場分析與創業投資評估 左俊官資深經理 緯創資通股份有限公司		
10:50-11:00	Coffee Break		
11:00-12:15	論文發表與討論	各會議廳	各場主持人
	智慧財產權與專利攻防實務 光電晶體材料	中華科技大學 電機系 N101	歐陽傑教授 致理技術學院 商務科技管理系
	綠色能源技術 光機電整合技術、光機電元件設計與製造	中華科技大學 電機系 M201	楊瑞錄教授 中華科技大學電機系
12:15~13:20	午 餐		
13:20~14:00	專題演講：Properties of DSSCs with graphene electron transport layer prepared by different methods 陳隆建教授 台北科技大學光電所	中華科技大學 電機系 N101 演講廳	李昆益 教授 中華科技大學電機系
14:05~15:15	論文發表與討論	各會議廳	各場主持人
	網路與資通技術	中華科技大學 電機系 N101	劉仲鑫 教授 中國文化大學資訊工程學系
	嵌入式晶片開發與應用 顯示器技術與應用 光電檢測技術	中華科技大學 電機系 M201	李淵全 教授 中華科技大學電機系
15:15~15:20	Coffee Break		
15:20~16:10	工業生產管理、其他	中華科技大學 電機系 N101	李昆益 教授 中華科技大學電機系
	半導體元件與製程技術	中華科技大學 電機系 M201	林晏瑞 教授 中華科技大學電機系

## 目 錄

高折射率二氧化鈦微碟形共振元件之製作.....	1
[台北科技大學 劉尚遠、陳柏維、王子建]	
運用陣列式面鏡反射自然光呈平行路徑之研究.....	5
[中華科技大學 李昆益、林承毅、李榮堂]	
測磨深度對於光纖表面電漿共振感測器的靈敏度之研究.....	10
[中華科技大學 林坤成、吳志華]	
光電式心跳量測裝置.....	14
[逢甲大學 陳德請、吳宇哲][愛視森眼鏡行 林振森][中華科技大學 李世文]	
3D 印表機大型化之步進馬達驅動設計.....	19
[中華科技大學 王奕喆、蔡政宏、周紫玲、陳利溢、彭啟睿]	
硬體化影像差距係數總合演算法之自動對焦控制系統.....	23
[虎尾科技大學 林柏州、張凱雄]	
大行程 3D 列印機之研究.....	30
[中華科技大學 李昆益、鄧仲豪、王致惟、苗延浩、李偉裕]	
遠端二氧化碳監測系統之研究.....	35
[中華科技大學 李昆益、苗延浩、蔡昌鐸、蔡岳霖、李偉裕]	
光學近接補正圖形設計對負型彩色光阻圖形擬真度之探討.....	39
[萬能科技大學 顏丹青]	
塑膠光纖呼吸感測系統之製作.....	43
[銘傳大學 廖士杰、林柏宇、林鈺城]	
漸進多焦眼鏡鏡片 MTF 之量測.....	47
[逢甲大學 陳偉新、陳德請、曾于鈞、鐘煥文][中華科技大學 李昆益]	
表面電漿共振式光纖感測器表面改質之研究.....	53
[銘傳大學 林鈺城、張嘉維]	
非接觸性眼壓值與屈光度值相關性分析.....	59
[元培醫事科技大學 葉豐銘、李世傑][逢甲大學 張世聰、陳德請][中華科技大學 李世文]	
微光夜視望遠鏡雷射測距儀光學系統設計.....	63
[逢甲大學 李錫霖、陳德請][逢甲大學 黃光榮][軍備局生產製造中心第401廠 楊承樺] [中華科技大學 李昆益]	
面板產業廢棄物回收再生處理之探討-以T公司為例.....	70
[國立成功大學 蔡宜倫、陳澤生]	

危險氣體鋼瓶洩漏率的改善方法.....	74
[中華科技大學 李世文]	
智慧型自助洗衣店的設計與實作.....	78
[健行科技大學 歐謙敏、黃昱瑋]	
以 APP Inventer 實作生活旅遊之手機應用程式.....	84
[健行科技大學 歐謙敏、黃昱瑋、黃先繪]	
孩童安全服務行動雲端系統之實現與統計分析.....	88
[文化大學 劉仲鑫、邱奕洋]	
交通管制行動雲端系統之實作.....	97
[文化大學 劉仲鑫、謝志揚]	
行動搶灘登陸遊戲之實作與統計分析.....	101
[文化大學 劉仲鑫、李志仁、周立平、楊泰寧、鄭仲凱]	
四軸飛行器之實作與應用.....	105
[文化大學 劉仲鑫、彭裕君]	
RFID 無線感測技術應用於自走車之定位-最小平方方法研究.....	109
[修平科技大學 林鴻興、張豐麟、蔣忠誠]	
利用射頻磁控濺鍍沉積氧化鋅薄膜以作為表面聲波元件之應用.....	116
[中華科技大學 李吉昌、李昆益][大同大學 施文欽]	
利用旋轉塗佈法製作高效率鈣鈦礦有機太陽能電池之研究.....	120
[台北科技大學 陳致錡、陳隆建、梁凱傑、黃俊凱]	
利用射頻磁控濺鍍成長奈米碳片於玻璃基板上並研究其場發射特性.....	124
[中華科技大學 賴俊翰、李昆益][大同大學 施文欽]	
陽極氧化鋁板特性及熱分析.....	129
[勤益科技大學 秦浩庭、李耿華、李軒緯、林金雄、邱煥釗]	
萬用全方向性之可見光抗反射設計與蒸製.....	134
[建國科技大學 劉裕永、張恩瑋]	
利用化學溶液法製備銀奈米線之研究.....	140
[中華科技大學 董威佐、李昆益、李偉裕][虎尾科技大學 莊為群]	
藍芽遙控之綠能照明調光系統設計.....	144
[中華科技大學 楊瑞錶、楊大緯、謝汶靜、范家騏、陳利益][台北市立成功高中 楊博惟]	
具有功因修正之無線數位調光LED驅動器之研製.....	149
[中華科技大學 謝宗煌、李皓平、顏敏伍、顏守一、林鈞浩、林子鈞、施漢煒]	
應用全內反射技術設計透鏡元件以改善檯燈照明系統.....	155
[中華科技大學 謝宗煌、范翔富、潘隆華、林濟翔]	

大尺寸觸控面板之專利佈局與攻防.....	160
[中華科技大學 林晏瑞、李昆益]	
大陸行政判決正確性的探討-以北京高院2011高行終字第667號判決為例.....	164
[致理技術學院 歐陽傑、吳宜庭、李采芳]	
台灣行政判決正確性的探討-以最高行政法院102判字第713號判決為例.....	171
[致理技術學院 歐陽傑、王裕豪、黃連杰、李尚珉]	
應用田口方法於橡膠按鍵分析.....	177
[台北科技大學 陳政順、周敬晨]	
波長980nm脈衝式雷射測距電路之研製.....	183
[逢甲大學 康何謙、謝文德、黃凱琦、陳德請][中華科技大學 李世文]	
高功率雷射二極體驅動電路之研製.....	190
[逢甲大學 黃鴻仁、陳德請、楊永福][中華科技大學 李昆益]	
[軍備局生產製造中心第401廠 邱秉文]	
航空器交流電源故障隔離系統.....	195
[逢甲大學 劉子齊、陳德請][中華科技大學 李昆益]	





# 高折射率二氧化鈦微碟形共振元件之製作

劉尚遠、陳柏維、王子建\*

國立台北科技大學，光電工程系，台北市

f10939@ntut.edu.tw

## 摘要

在本文中我們利用光學微影技術 (photolithography)、射頻磁控濺鍍系統 (RF magnetron sputter)、和化學濕式蝕刻製作出具有高折射率的二氧化鈦微碟形共振元件。為了使微碟形和基板分離，產生高折射率對比，我們使用化學濕式蝕刻的方法去蝕刻熔融石英基板，產生底切的結構。蝕刻完成後，微碟形外側部份呈現波浪狀，這可能是因為材料應力所造成的。特性量測上使用錐形光纖耦合法量測二氧化鈦微碟形的傳輸頻譜，直徑 $20\mu\text{m}$ 微碟形共振元件的自由頻譜範圍 (free spectral range, FSR) 為 $17.5\text{nm}$ 和本質品質因子 (intrinsic Q-factor) 高達 $1.732 \times 10^3$ 。

## 1. 前言

在光電領域的應用中，微碟形共振元件是一個非常具有發展性的元件，此元件具有的特性包含有：(1)尺寸小；(2)共振線寬窄；(3)光儲存時間長[1]。微碟形共振元件有一個重要的特性，就是可以局限共振光波，而激發出耳語廊模態在圓周邊緣環繞。微碟形的共振特性已經在光電領域中有許多應用，例如高速光強度調變[2]、波長濾波[3]、雷射共振腔[4]、波長塞取、生化檢測[5]等光電元件上。微碟形共振元件具有高品質因子和大自由頻譜範圍，其製作所使用的材料包括： $\text{LiNbO}_3$ [1]、III-V族[3,4]、II-VI族[6]和聚合物[7]等材料。本文使用二氧化鈦來製作微碟形共振元件，而以熔融石英作為元件之基板，在二氧化鈦的材料特性中，不管是非晶或多晶都能在低溫( $<650^\circ\text{K}$ )下製作[1]。而且二氧化鈦具有高折射率( $n=2.4$ ) [8]，是一具有寬波長範圍的透光性材料，其中透光波長範圍包括了可見光和紅外光。對於非線

性光學特性來說，相較於二氧化矽，二氧化鈦具有高非線性光學係數(高於二氧化矽25倍以上) [8]，因此非常適合用來製作微碟形共振元件，利用其高折射率的特點，可以在微小結構中侷限光場，產生高效率的非線性光學特性。

## 2. 元件製作

在製程開始之前，先將熔融石英基板進行清洗，接著我們使用旋轉塗佈機將SPR6810正光阻均勻的塗佈在熔融石英基板，塗佈的厚度為 $2.8\mu\text{m}$ ，接著將晶片放上加熱板進行 $90^\circ\text{C}$ 的軟烤，時間為1.5分鐘。圖1為元件製作流程示意圖，我們使用光學微影技術將光罩上的微碟形圖案轉移至光阻上，接著沉積二氧化鈦薄膜，藉由光阻掀離法(lift-off)製作出二氧化鈦微碟形。實驗上使用射頻磁控濺鍍系統沉積二氧化鈦，相較於蒸鍍系統，此系統具有兩個優點：(1)沉積薄膜附著力好；(2)較低的工作壓力 $10^{-3}\text{Torr}$ 。二氧化鈦沉積的膜厚為 $0.28\mu\text{m}$ ，其濺鍍參數為：氬氣流量為 $40\text{sccm}$ 、氧氣流量為 $4.4\text{sccm}$ ，鍍膜壓力為 $0.6\text{Pa}$ 、RF功率為 $158\text{W}$ 、濺鍍時間為200分鐘。

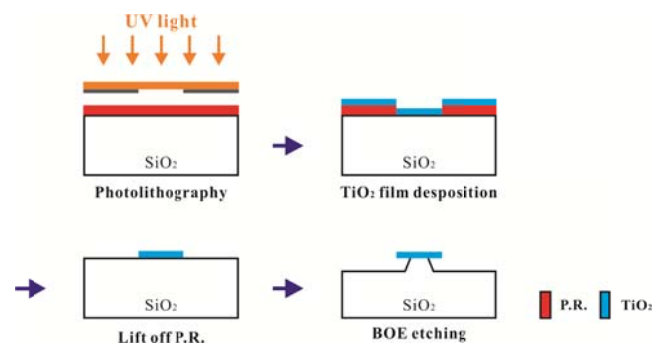


圖1 二氧化鈦微碟形元件製作流程

完成鍍膜後，接下來將晶片放入丙酮進行光阻剝離，所得到直徑 $20\mu\text{m}$ 微碟形二氧化鈦薄膜之穿透式和反射式光學顯微鏡照片，如圖2所示，顯微鏡放大倍率為800倍。最後製程步驟為溼式底切蝕刻，底切蝕刻是利用BOE做為蝕刻液，底切範圍為 $7.5\mu\text{m}$ ，蝕刻時間為1小時。蝕刻完成後，微碟形的外側邊緣呈現波浪狀，這可能是因為材料應力所造成的。圖3(a)和3(b)為直徑 $20\mu\text{m}$ 二氧化鈦底切微碟形結構之反射式和穿透式光學顯微鏡照片，圖4為直徑 $20\mu\text{m}$ 微碟形之掃描式電子顯微鏡照片。

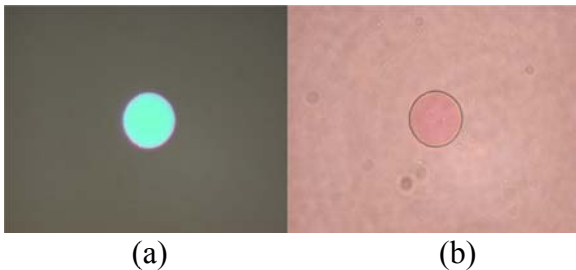


圖2 直徑 $20\mu\text{m}$ 二氧化鈦微碟形薄膜：(a)反射式；(b)穿透式；之光學顯微鏡照片，放大倍率為800倍。

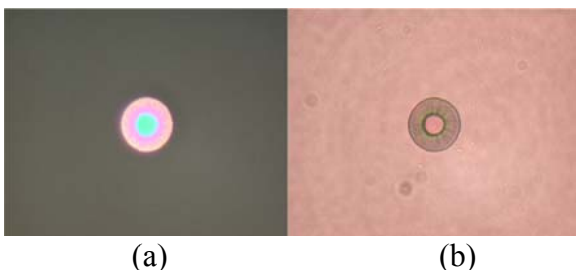


圖3 直徑 $20\mu\text{m}$ 具有底切結構之二氧化鈦微碟形元件：(a)反射式；(b)穿透式；之光學顯微鏡照片，放大倍率為800倍。

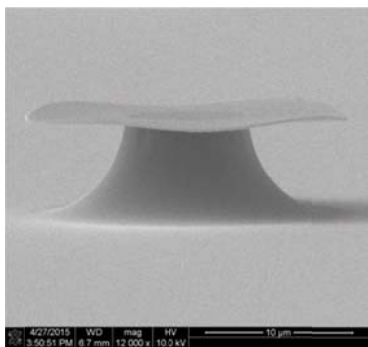


圖4 直徑 $20\mu\text{m}$ 、具有底切微碟形之掃描式

電子顯微鏡(SEM)照片，放大倍率為12000倍。

### 3. 元件特性測量與結果

圖5顯示二氧化鈦微碟形元件的特性量測架設，實驗中使用錐形光纖來將光場耦合進入微碟形中產生共振光場，藉由量測傳輸頻譜來得到元件的特性。錐形光纖是使用電弧熔化法來製作，此方法與二氧化碳雷射熔化法和化學蝕刻法相比較，其優點為操作簡單、製作時間較短。其原理是利用電極棒放電產生高溫，加熱光纖使其軟化，再控制步進馬達拉伸光纖，以等速對光纖進行拉細的動作。藉著控制電極棒放電電流、步進馬達拉細時間等參數，就可以達成錐形光纖的製作，錐形光纖的最小束腰半徑為 $1.85\mu\text{m}$ 。

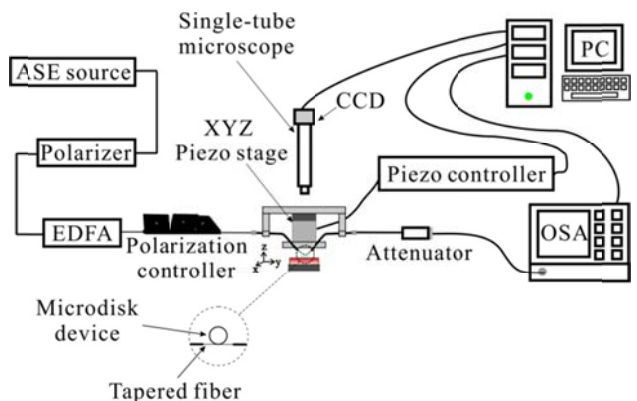


圖5 微碟形元件傳輸頻譜量測實驗架設

量測所使用的光源為放大自發輻射光源(amplified spontaneous emission, ASE)其波長範圍為 $1530\text{nm}\sim 1560\text{nm}$ ，最大輸出功率為 $-0.9\text{dBm}$ 。放大自發輻射光源所發出的光通過光纖極化器(in line polarizer)後，輸出光呈現線性極化，當通過摻鉕光纖放大器(Er-doped fiber amplifier, EDFA)，輸出功率可提高至 $18\text{dBm}$ 。輸出光經由偏振控制器後，控制其輸出光的線性偏振方向後，就可以直接的將光輸入至錐形光纖中，激發微碟形共振元件的共振模態。為了精準地在XYZ三軸奈米壓電平移台上控制微碟形和錐形光纖

的耦合距離，實驗上使用具有長工作距離物鏡的單管顯微鏡來觀察，其耦合狀況如圖6所示。在錐形光纖的輸出端連接了衰減器，此衰減器是用來衰減經過錐形光纖之輸出光，避免輸出光功率過強導致光譜儀(optical spectrum analyzer, OSA)超載。所量測的傳輸頻譜資料傳送至個人電腦中，進一步使用軟體來分析得到微碟形共振元件的元件特性。

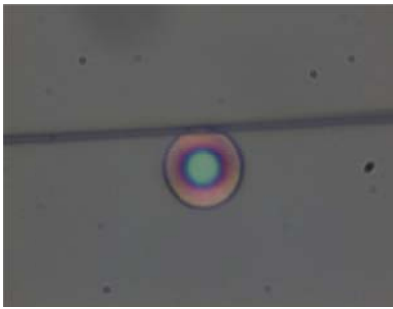


圖6 錐形光纖與直徑20 $\mu\text{m}$ 微碟形共振元件的耦合光學顯微鏡照片

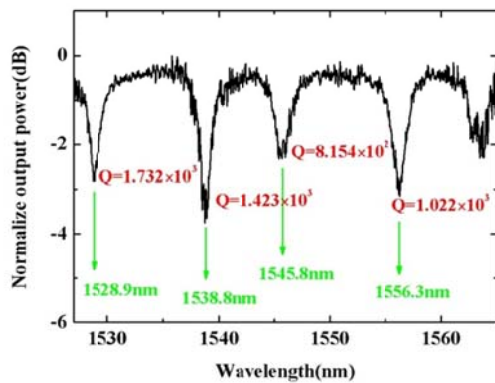


圖7 直徑20 $\mu\text{m}$ 二氧化鈦微碟形元件的傳輸頻譜

圖7為直徑20 $\mu\text{m}$ 二氧化鈦微碟形元件的傳輸頻譜，在1525nm~1560nm之間出現了4個共振波長，分別位於1528.9 nm、1538.8nm、1545.8 nm、1556.3nm，每個共振模態的本質品質因子分別為 $1.732 \times 10^3$ 、 $1.423 \times 10^3$ 、 $8.154 \times 10^2$ 、 $1.022 \times 10^3$ 。自由光譜範圍(FSR)取在1528.9 nm和1545.8 nm之

間為16.9nm，在1538.8 nm和1556.3 nm之間為17.5nm。由於微碟形邊緣呈現波浪狀造成傳輸損耗的增加，若能克服此問題，本質品質因子將能獲得有效的提昇。

#### 4. 結論

我們成功在熔融石英基板上製作二氧化鈦微碟形共振元件，所使用的方法包含有射頻濺鍍、光學微影、化學蝕刻等技術。化學蝕刻所製作的微碟形底切範圍可達到7.5 $\mu\text{m}$ ，但也造成微碟形邊緣呈現波浪狀，這可能是因為材料應力所造成的。所製作的二氧化鈦微碟形共振元件具有最大的本質品質因子 $1.732 \times 10^3$ ，其自由光譜範圍可高達17.5nm。

#### 5. 參考文獻

- [1] T. J. Wang, J. Y. He, C. A. Lee, and H. Niu, "High-quality LiNbO<sub>3</sub> microdisk resonators by undercut etching and surface tension reshaping," *Optics Express*, Vol. 20, No. 27, pp. 28119-28124, 2012.
- [2] L. Zhou and A. W. Poon, "Silicon electro-optic modulators using p-i-n diodes embedded 10-micron-diameter microdisk resonators," *Optics Express* Vol. 14, No. 15, pp. 6851-6857, 2006.
- [3] S. J. Choi, Z. Peng, Q. Yang, S. J. Choi, and P. D. Dapkus, "Tunable microdisk resonators vertically coupled to bus waveguides using epitaxial regrowth and wafer bonding techniques," *Applied Physics Letters*, Vol. 84, No. 5, pp. 651-53, 2004.
- [4] A. C. Tamboli, E. D. Haberer, R. Sharma, K. H. Lee, S. Nakamura, and E. L. Hu, "Room-temperature continuous-wave lasing in GaN/InGaN microdisks," *Nature Photonics*, Vol. 1, pp. 61-64, 2007.
- [5] L. Stern, I. Goykhman, B. Desiatov, and U. Levy, "Frequency locked microdisk resonator for real time and precise monitoring of refractive index," *Optics*

- Letters, Vol. 37, No. 8, pp. 1313-1315, 2012.
- [6] J. Renner, L. Worschech, A. Forchel, S. Mahapatra, and K. Brunner, "CdSe quantum dot microdisk laser," *Applied Physics Letters*. Vol. 89, No. 23, pp. 231104, 2006.
- [7] T. Grossmann, S. Schleede, M. Hauser, T. Beck, M. Thiel, G. von Freymann, T. Mappes, and H. Kalt, "Direct laser writing for active and passive high-Q polymer microdisks on silicon," *Journal of Optics Express*. Vol. 19, No. 12, pp. 11451– 11456, 2011.
- [8] J. T. Choy, Jonathan D. B. Bradley, Parag B. Deotare, I. B. Burgess, C. C. Evans, E. Mazur, and M. Lončar, "Integrated TiO<sub>2</sub> resonators for visible photonics" *Optics Letters*, Vol. 37, No. 4, pp. 539-541, 2012.

## 運用陣列式面鏡反射自然光呈平行路徑之研究

\*  
李昆益、林承毅、李榮堂  
中華科技大學，電機工程系，台北市  
andy702415@gmail.com

### 摘要

本論文主要是藉由微處理機，控制步進馬達驅動可動式面鏡，轉向至適合反射光源的角度，使自然光能夠以平行直線的方式直接傳遞到室內作為照明用。本論文之系統適用於單一樓之建築物或大樓頂樓樓層，以利於不用經過導光元件直接傳光至室內，整系統採用8051單晶片來驅動步進馬達，透過中央氣象局資料提供之仰角及方位角，再加上光學模擬軟體來觀察各時段之數據區別並計算，來判斷面鏡該動作角度，及所該擺放之位置；另以固定之面鏡使光線以平行面光源傳送至室內，達到最有效率的照明。本論文採用高性能、低成本之原件控制，所有反射鏡之控制皆由軟體程式完成，可減少硬體電路。

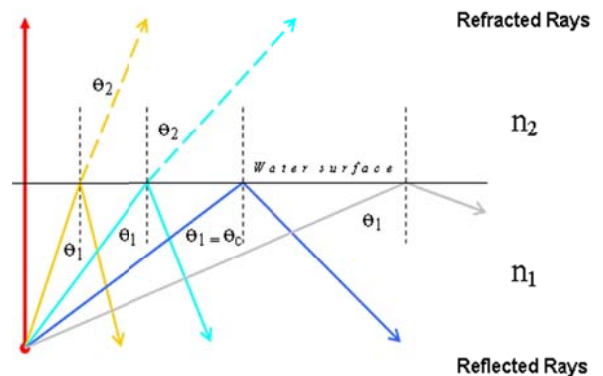
**關鍵字：**追日、自然光照明、步進馬達、二次光學元件。

### 1. 前言

如何有效的直接利用自然光是現今光學產業研究的主軸。因為太陽光是全光譜輻射，若運用於室內照明能夠使人體產生維生素等營養物質，心情也會較於輕鬆愉快，對於人的身心健康十分有利。自然光甚至還能消除室內的霉氣，抑制微生物的生長，改善人類的居住環境。本論文主要以微處理機控制的方式，使步進馬達驅動，帶動可動式面鏡使自然光以最理想的平行面光源方式，傳遞至室內照明，比以往的動態自然光照明系統少了傳光的原件，以達到低成本、高效率的效果。

### 2. 光學設計概述

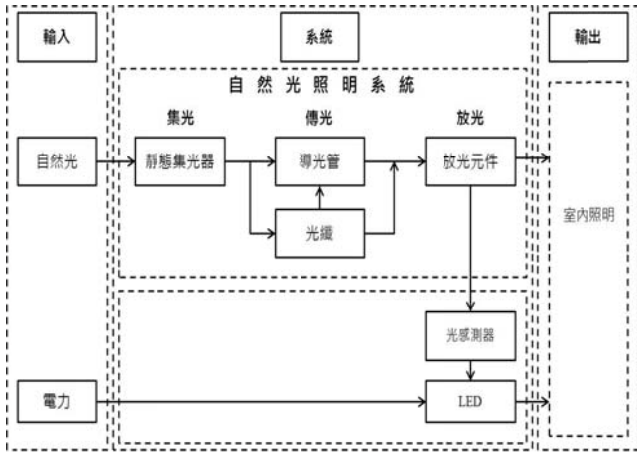
任一光線行經兩個介質交界面時，會產生折射與反射現象，但在一特定條件下，光線行經交界面時，只產生反射現象，無折射現象，稱為全反射。當光線由光密介質即折射率大近入光疏介質即折射率小，在界面處產生折射與反射現象，其折射角大於入射角，隨入射角增大其折射角也隨之增大，當入射角達某一角度 $\theta_c$ ，折射角達90度，此 $\theta_c$ 稱為臨界角(critical angle)，入射角大於此角度後光線不再進入光疏介質。許多光學元件利用全反射的原理引導光線，例如光纖、導光管。



圖一、全反射示意圖。

### 3. 問題描述

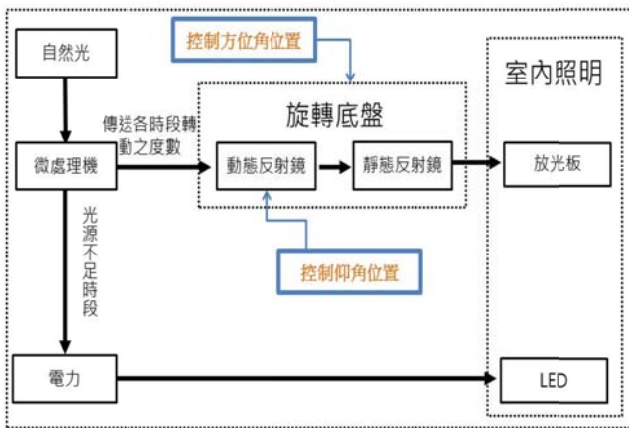
完整的自然光照明系統架構，包括集光、傳光、放光三大部分，集光部分分為動態集光與靜態集光，集光器接受光源並傳遞至傳光元件，傳光元件及放光元件主要目的在於以損失最低的狀況下將光源傳至室內，藉由利用自然光來照明，達到節能效果。



圖二、傳統自然光照明系統之架構。

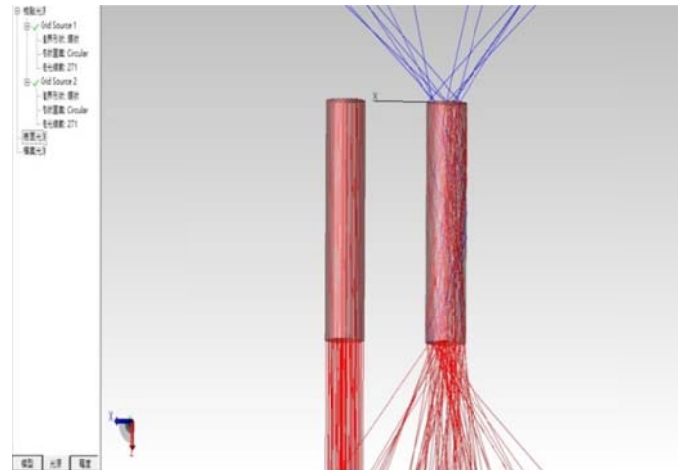
本論文主軸放在集光及傳光部分，採用動態式集光方式，直接將自然光藉由反射鏡傳遞至室內，節省了以往需經過光纖或導光管傳遞的步驟。本論文之系統先經由微處理機內部程式計算各時段太陽方位，並控制步進馬達來驅動可動式反射鏡及底部旋轉底盤，追蹤太陽之仰角及方位角，使室內獲得最大效益的照明效果。

### 動態反射鏡自然光照明系統



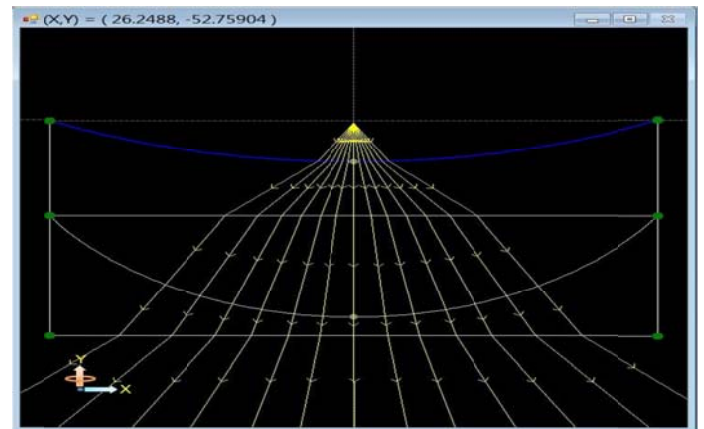
圖三、動態反射鏡自然光照明之系統架構圖。

不論在太陽能板接收能源、光線傳遞或是二次光學元件設計，都為光線是平行光時效率最佳。以傳遞光線為例，當自然光為平行傳遞時，不會有碰撞之能量損失，因光線為直線也不需傳光元件，藉此提高了效率，也達到了節省成本的效果

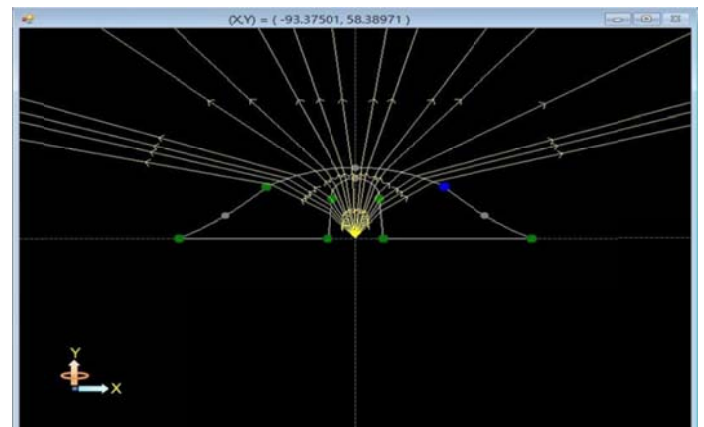


圖四、平行光與非平行光模擬比較圖。

根據先前製作之放光元件，也可以很清楚地觀察到，當光源為平行傳遞時，再放光元件前裝設一普通聚焦凸透鏡或菲涅耳透鏡使光線聚焦，對於設計二次光學元件方面及效率都能有更好的結果，如圖五及圖六所示。



圖五、堆疊兩層之放光元件模擬圖。

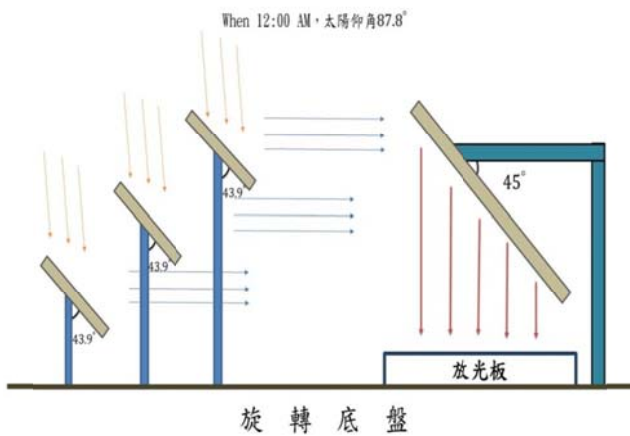


圖六、Tir Lens 之放光元件模擬圖。

## 4. 研究方法

### 4.1 二次光學元件設計

本論文運用光學軟體「TracePro」進行模擬設計，透過分析圖之數據做微調並改良，分析市面上販售的自然光照明系統之特性，藉由中央氣象局提供之太陽方位來計算規劃。



圖七、12:00AM預想模擬圖。

## 5. 實驗結果

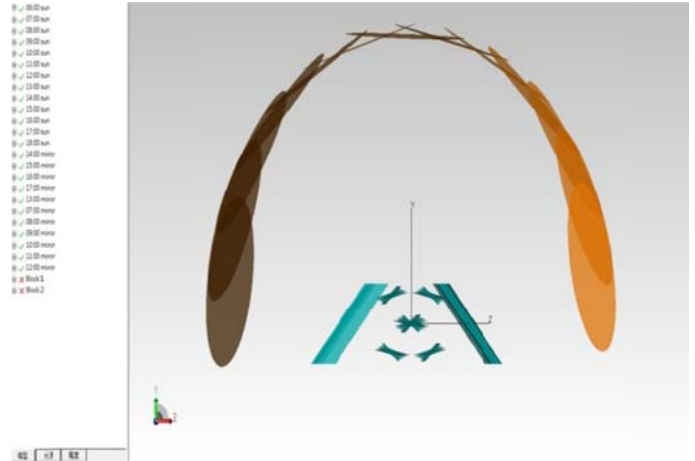
### 5.1 太陽軌跡之設置

圖八為本論文利用中央氣象局提供台灣太陽仰角與方位角，於模擬軟體TracePro以半徑150mm為基礎，建立夏至台北6時至18時各時段之太陽軌跡。



圖八、夏至台北6時至18時之太陽軌跡。

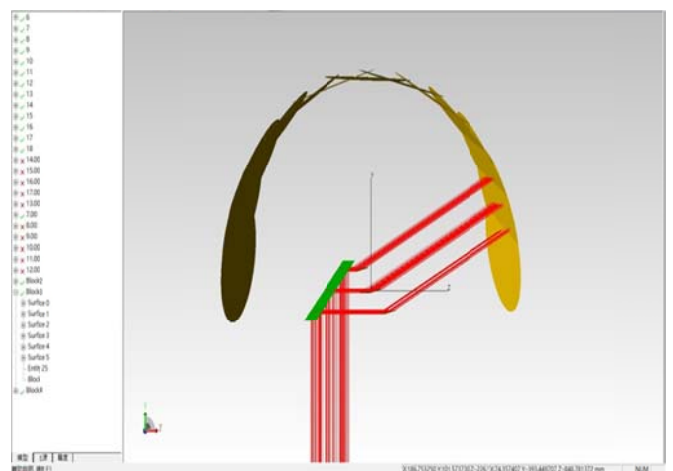
圖九為光源以平行光的方式傳遞，集光元件以陣列式三面可動式面鏡為組合，搭配一靜態之反射鏡作為傳光，並依太陽角度不同調整仰角及方位角。



圖九、各時段面鏡及自然光示意圖。

### 5.2 模擬數據比較

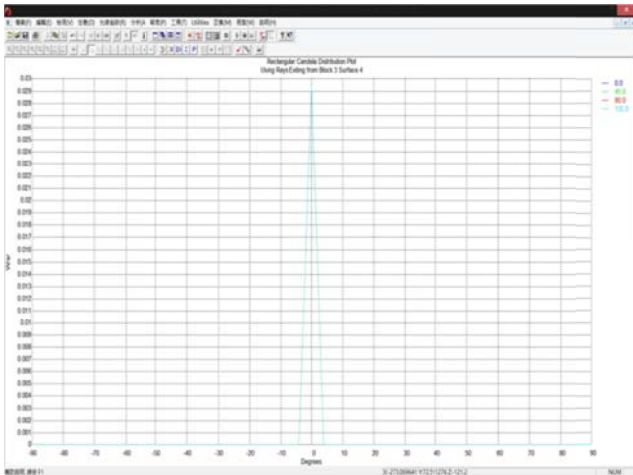
本論文主要研究的時段為自然光源較為充足的8時至16時，在8時中，太陽光仰角為 $37.3^\circ$ ，則面鏡則需轉動至對地 $18.65^\circ$ 處，使光源平行傳遞至反射鏡，如圖十所示。



圖十、8時整光線傳遞反射示意圖。

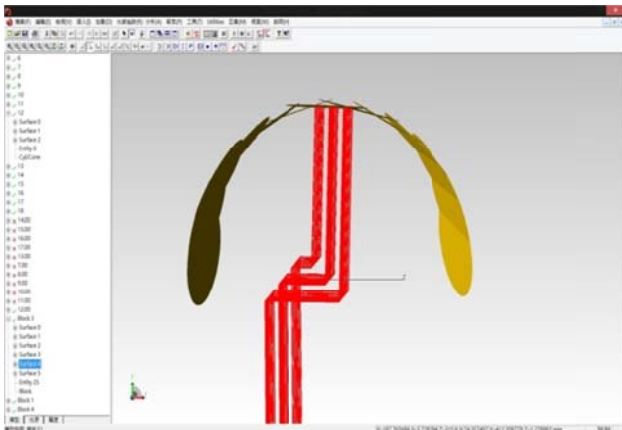


透過矩形坎德拉分析圖可以看出，經過反射鏡二次反射之光源為近似平行光的方式輸出，角度集中於 $\pm 10^\circ$ 間，如圖十一所示。



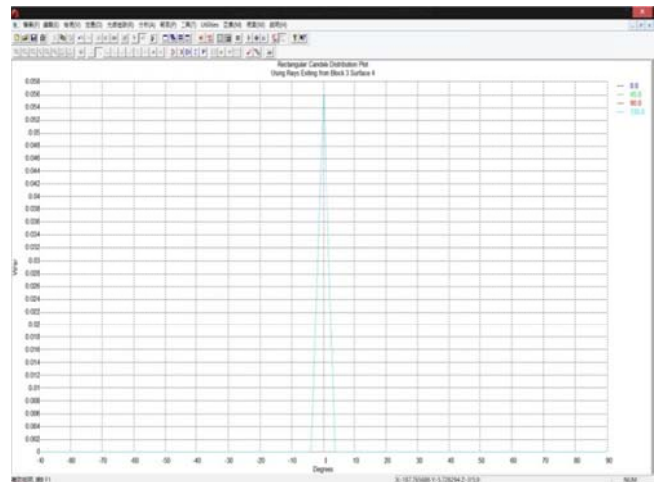
圖十一、8時量測面矩形坎德拉分析圖。

在 12 時中，太陽光仰角為 $87.8^\circ$ ，則面鏡則需轉動至對地 $43.9^\circ$ 處，使光源平行傳遞至反射鏡，如圖十二所示。



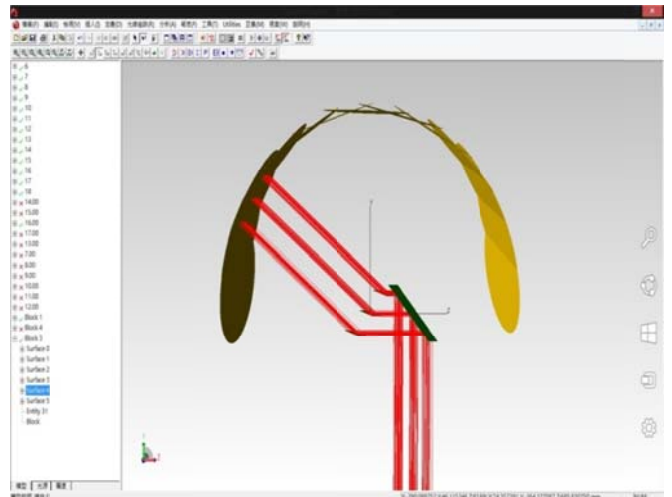
圖十二、12 時整光線傳遞反射示意圖。

從 12 時之矩形坎德拉分析圖可以看出，經過反射鏡二次反射之光源為近似平行光的方式輸出，輻照強度比 11 時多了約  $0.001\text{w/sr}$ ，代表正中午前後之時段之效率極為相近，如圖十三所示。



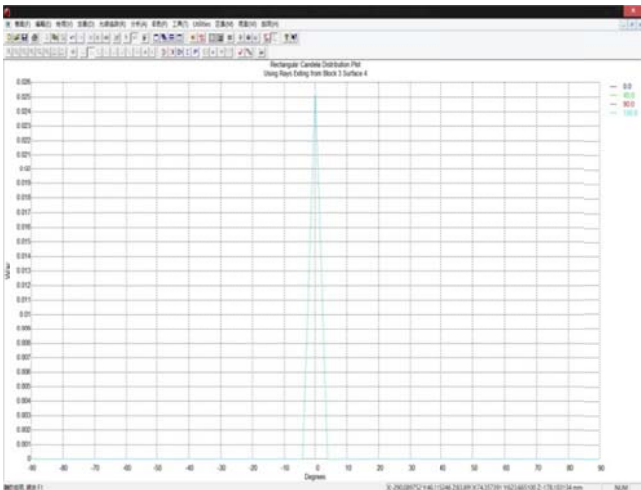
圖十三、12 時量測面矩形坎德拉分析圖。

在 16 時中，太陽光仰角為 $34.2^\circ$ ，則面鏡則需轉動至對地 $72.9^\circ$ 處，使光源平行傳遞至反射鏡，如圖十四所示。



圖十四、16 時整光線傳遞反射示意圖。

從 16 時之矩形坎德拉分析圖可看出，經過反射鏡二次反射之光源為近似平行光的方式輸出，輻照強度比 15 時少了約  $0.003\text{w/sr}$ ，效率下降較為不明顯，如圖十五所示。



圖十五、16時量測面矩形坎德拉分析圖。

### 5.3 模擬數據彙整

將 8 時至 16 時之相關數據統整作為比較，可明顯看出，在每小時太陽移動角度均為約 13 度之條件下，輻射強度於 10 時至 11 時、13 至 14 時這兩個區段是變化較為明顯的，而套用計算過後之面鏡擺設方式，也能夠將誤差角度維持在 10 度以內，使其更接近平行光之理念，達到提高效率之效果。

季節	時間	8	9	10	11	12	13	14	15	16
夏至	仰角	37.3	50.7	64.2	77.8	87.8	74.7	61.1	47.6	34.2
	方位角	78.6	82.9	87.4	94.4	226.4	267.8	273.7	278.1	282.4
鏡面角度		18.65	25.35	32.1	38.9	43.9	52.65	59.45	66.2	72.9
高度		15.99	21.41	26.79	31.4	34.64	30.33	25.42	20.18	14.7
面積		575.64	770.76	964.44	1130.4	1247.04	1091.88	915.12	726.48	529.2
最大輻射強度		0.0295	0.038	0.043	0.056	0.058	0.052	0.0415	0.028	0.027
接收面之角度誤差		±10°	±10°	±10°	±10°	±10°	±10°	±10°	±10°	±10°

圖十六、模擬數據彙整之表格。

## 6. 結論

量測面接受到之角度誤差值能夠控制於±10°內，光源能夠藉由靜態反射

鏡以直線方式反射，傳遞至頂樓地面之放光板，減少途中損失之光源。輻照強度在 10 時及 13 時這兩個時段變化較為明顯，若要維持一定的效率則需增加控制部分之速度，配合省電之 LED 燈，達到室內隨時皆能明亮之結果。

## 7. 參考文獻

- [1] 葉一信，“高效率模組化設計使用稜鏡結構應用於自然光收集”，台灣科技大學，碩士學位論文，民國 102 年 7 月。
- [2] 張書豪，“新式自由曲面耦合器應用於自然光照明系統”，台灣科技大學，碩士學位論文，民國 102 年 7 月。
- [3] 王明政，“稜鏡陣列結構應用於自然光照明系統之靜態式集光器”，台灣科技大學，碩士學位論文，民國 102 年 7 月。
- [4] 張正民，“自然光照明系統與 LED 人造光源之結合應用分析”，台灣科技大學，碩士學位論文，民國 102 年 7 月。
- [5] 黃柏彊，“應用於自然光照明系統之具稜鏡微結構平板集光器”，台灣科技大學，碩士學位論文，民國 102 年 7 月。
- [6] 林建華，“以微機電技術開發與設計雷射投射式顯示器”，中華技術學院，碩士學位論文，民國 94 年 6 月。

## 測磨深度對於光纖表面電漿共振感測器的靈敏度之研究

林坤成<sup>1</sup>、吳志華<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> 中華科技大學，電機工程系，台北市

<sup>2</sup> 中華科技大學，機電光工程研究所，台北市

zhihuamac@gmail.com

### ABSTRACT

Surface plasmon resonance (SPR) sensor has been applied to the inquiry of biological and chemical molecular-level interaction widely. It possesses lots of advantages, such as: high sensitivity, high-flux parallel screening, label-free and real-time monitoring. Traditional SPR system was established on the surface of prism in the early time. Nowadays, SPR system is set up on optical fiber since optical fiber is small, cheap, light, and flexible. Because modern SPR sensor has the same sensitivity compared with the traditional SPR sensor, the application of modern SPR sensor has been applied more extensively.

In this thesis, we changed the side-polished depth, to investigate the effect of depth on the stability of side-polished optical fiber SPR sensor. We chose the multi-mode fiber which had core diameter of 62.5  $\mu\text{m}$ , and then polished one side of fiber. We adjusted the polished depth, obtained samples in -120  $\mu\text{m}$ , -110  $\mu\text{m}$ , -90  $\mu\text{m}$ , and -80  $\mu\text{m}$ , based on the central of -100  $\mu\text{m}$  in polishing process. After polishing, we finished the optical fiber SPR sensor by coating a 40 nm thin Au layer on the SPR sensor by sputter system. Finally, we test the sensing change between different SPR sensors on the spectrum.

### 摘要

表面電漿共振 (Surface Plasmon Resonance, SPR) 感應器目前廣泛的應用在生物與化學的特性和分子量級的交互作用

量檢測上，它本身具備了高靈敏度、大量平行篩檢、免標記以及即時檢測等優點。早期傳統式表面電漿共振製於稜鏡上，現在則是將表面電漿共振製於光纖上，然而光纖本身卻具備體積小、質輕、成本低及可彎曲性等優點，也具有傳統式表面電漿共振感測器相當的靈敏度，因此取代了傳統式，並近年來表面電漿共振感應器其應用的領域更廣泛。本論文透過改變側磨深度，來探討深度之間對於側磨型光纖式 SPR 感測器測量的穩定性，光纖選用纖核直徑為 62.5  $\mu\text{m}$  的多模光纖，並使用研磨機將光纖側邊研磨拋光，在研磨過程中以 -100  $\mu\text{m}$  為中心點，並調整研磨深度以 -120  $\mu\text{m}$ 、-110  $\mu\text{m}$ 、-90  $\mu\text{m}$ 、-80  $\mu\text{m}$  為取樣樣本，再使用濺鍍機鍍上 40  $\mu\text{m}$  金膜完成光纖式 SPR 感測器，最後使用光頻譜分析儀來觀測感測器對於各種不同待測物之 SPR 感測變化。

**關鍵字：**表面電漿共振、深度、側磨型光纖式

### 1. 前言

早期的光纖技術發展是主要以通訊方面的需要，由於光纖具有體積小、質輕、不受電磁干擾及可彎曲性等優點，已經被廣泛應用在各種通訊領域中。然後到了 1980 年代，光纖技術正式進入感測器的市場。光纖式感測器的原理是用光纖，將光源所產生的導波引至感測區域，感測區域中物理變化，如溫度、應力/應變、折射率等，將造成光導特性的變化，再經由儀器分析光導特性改變，就能得知感測區域中物理量之變化。另外光

纖具有許多的特性，如訊號在傳遞過程中，有高頻寬、不受電磁干擾、無輻射干擾以及能抵抗惡劣環境等，因此光纖式感測器目前廣泛應用在醫學、化學、生物、感測領域上。如生物感測，光纖對於待測生物體、生物組織或者是無毒性化生物質等，能耐受到體液長期腐蝕、不溶於血、無生物排斥性的影響。故光纖式感測器適合用於生物感測上。在本論文中，藉由改變研磨時光纖式感測器的深度，來探討研磨深度改變對於光纖感測器量測的影響與比較。

## 2. 實驗

首先準備一片 $2.5 \times 3.5 \times 0.15 \text{ cm}^3$  的玻璃片基底，中間在固定一片 $0.5 \times 0.5 \times 0.05 \text{ cm}^3$  的矽基底當成載具，並且用粒徑 $9\mu\text{m}$ 鑽石研磨片水平研磨，完成載具。本實驗採用纖核直徑 $62.5\mu\text{m}$ 的多模態光纖，取6根為一組，每根長70cm，將光纖中間外皮剝除1cm，固定至矽基底上完成樣品製備。再將樣品放置研磨機校正後，調整高度 $-120\mu\text{m}$ 、 $-110\mu\text{m}$ 、 $-100\mu\text{m}$ 、 $-90\mu\text{m}$ 、 $-80\mu\text{m}$ 並且在研磨機上用 $6\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ 、 $0.1\mu\text{m}$  的鑽石研磨片進行測磨拋光，將研磨好的光纖放入直流電鍍機，鍍上一層金膜，金靶使用的純度是99.9%，將壓力抽至 $2 \times 10^{-4} \text{ torr}$ 再通入氫氣至 $20 \text{ mtorr}$ ，輸出功率5W，鍍鍍時間為37分鐘半，並以 $400 \text{ nm} \sim 1800 \text{ nm}$  的鹵素燈對去離子水與濃度99.5%的酒精做靈敏度測試，之後再來做數據分析。實驗架構如圖一。

## 3. 實驗結果

由於研磨深度不同，可觀察到共振波長會往長波長移動。由於用 $-120\mu\text{m}$ 、 $-110\mu\text{m}$ 、 $-100\mu\text{m}$ 、 $-90\mu\text{m}$ 、 $-80\mu\text{m}$ 差異不大，故這五者都只能將共振波長移至 $650 \sim 700 \text{ nm}$ 之間。由圖六、圖八、圖十、圖十二、圖十四發現 $-100\mu\text{m}$ 雜訊目前最少最為穩定。

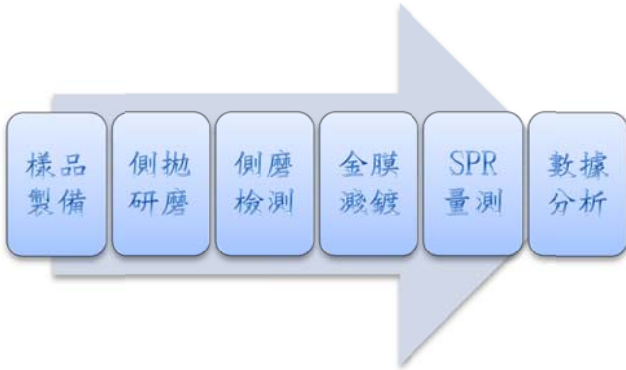
## 4. 結論與未來研究方向

目前還在證實文獻中研磨深度越靠纖核中心，表面電漿共振效果越好，由於實驗中有各種細微因素變化，也不能很明確肯定本次實驗結果，下次可能會改變實驗方式來證實目前的實驗結果。

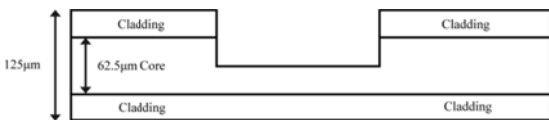
## 5. 參考文獻

- [1] R. W. Wood, 'On a remarkable care of uneven distribution of light in a diffraction grating spectrum', *Philos. Mag.* 4, pp. 396-402, 1902.
- [2] E. Kretschmann and H. Raether, 'Radiative decay of non-radiative surface plasmons excited by light', *Z. Naturforsch.* 23a, pp. 2135, 1968.
- [3] A. Otto, 'Excitation of nonradiative surface plasma waves in silver by the method of frustrated total reflection', *Z. Naturforsch.* 23a, pp. 2135, 1968.
- [4] J. Homola, S.S. Yee, G. Gauglitz, "Surface plasmon resonance sensors: review", *Sensors and Actuators B Vol. 54*, 3-15, 1999.
- [5] R. C. Jorgenson, S.S. Yee, "A fiber-optic chemical sensor based on surface Plasmon resonance", *Sensors and Actuators B Vol. 12*, 213-220, 1993.
- [6] H. Y. Lin, Y.C. Tsao, W.H. Tsai, "Development and application of side-polished fiber immune sensor based on surface plasmon resonance for the detection of Legionella pneumophila with halogens light and 850 nm-LED", *Sensors and Actuator A Vol. 138*, 299-305, 2007.
- [7] W. H. Tsai, Y.C. Tsao, H.Y. Lin, B.C. Sheu, "Cross-point analysis for a

multimode fiber sensor based on surface plasmon resonance”, Optics letters Vol. 30 No. 17, 2209-2211, 2005.



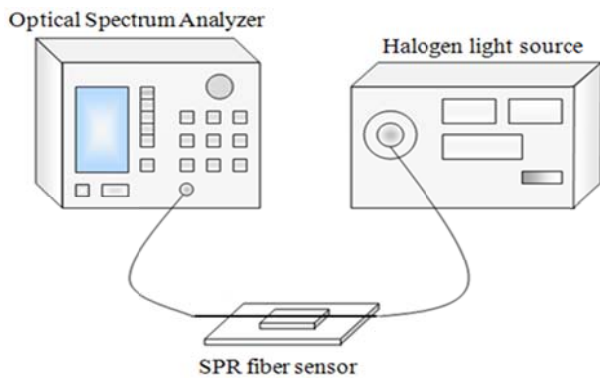
圖一、實驗架構流程圖



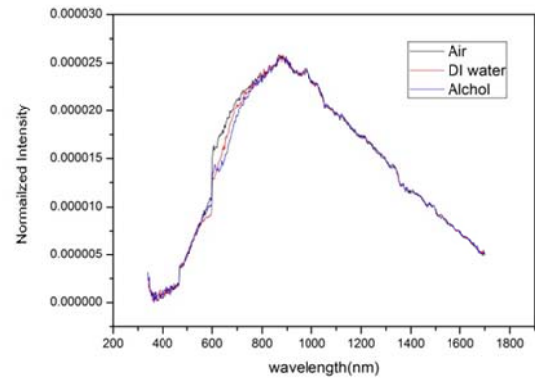
圖二、側拋研磨後光纖示意圖



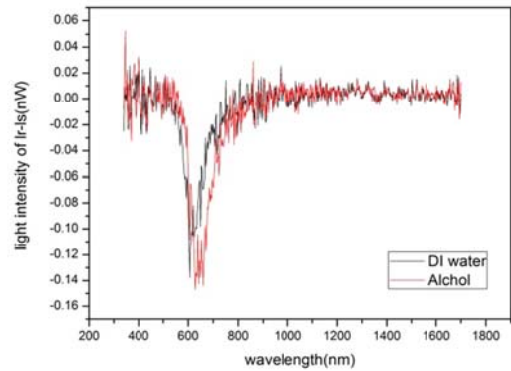
圖三、側拋研磨完後再光學眼微下的研磨面



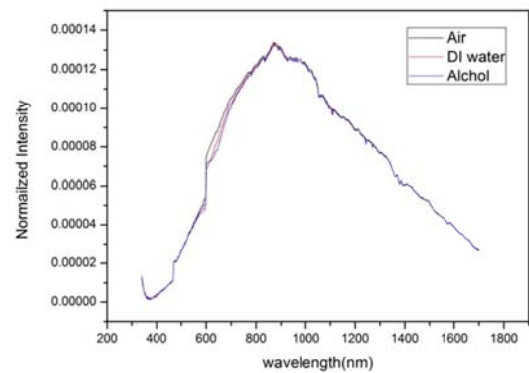
圖四、量測系統示意圖



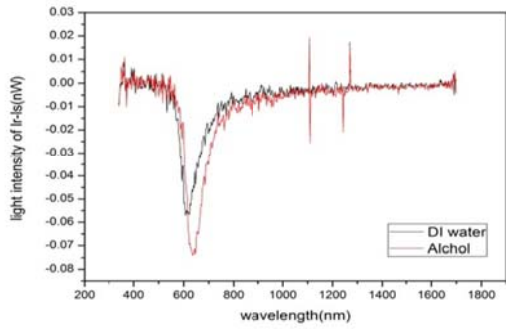
圖五、研磨深度-120µm 光譜頻圖



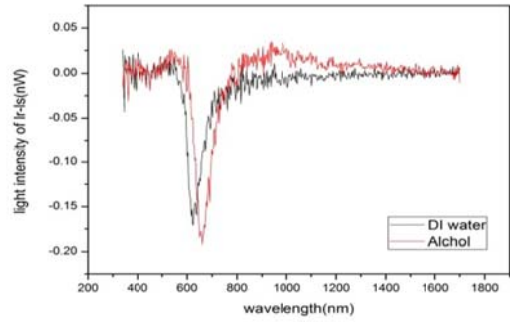
圖六、研磨深度-120µm 共振強度曲線圖



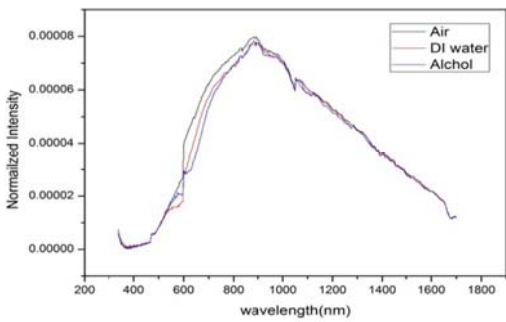
圖七、研磨深度-110µm 光譜頻圖



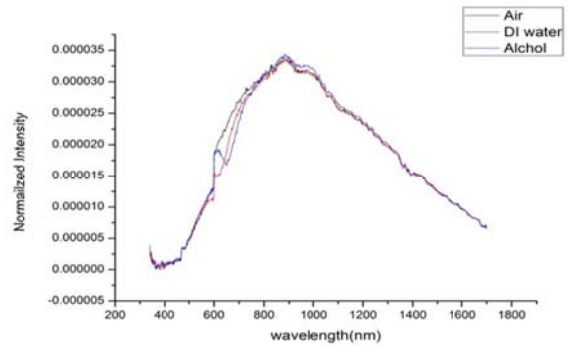
圖八、研磨深度-110µm 共振強度曲線圖



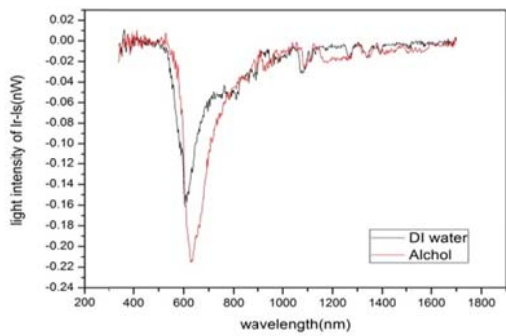
圖十二、研磨深度-90µm 共振強度曲線圖



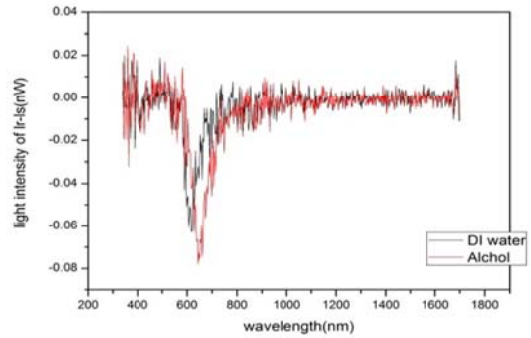
圖九、研磨深度-100µm 光譜頻圖



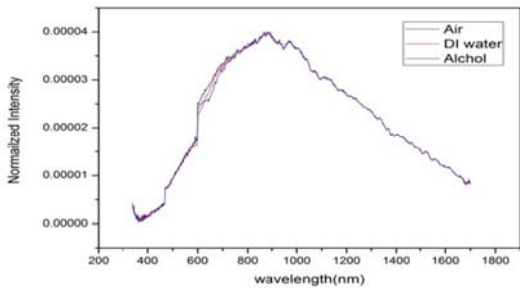
圖十三、研磨深度-80µm 光譜頻圖



圖十、研磨深度-100µm 共振強度曲線圖



圖十四、研磨深度-80µm 共振強度曲線圖



圖十一、研磨深度-90µm 光譜頻圖

## 光電式心跳量測裝置

<sup>1</sup>陳德請、<sup>1</sup>吳宇哲、<sup>2</sup>林振森、<sup>3</sup>李世文

<sup>1</sup>逢甲大學，電機工程系，台中市

<sup>2</sup>愛視森眼鏡行，新竹市

<sup>3</sup>中華科技大學，電機工程系，台北市

台中市西屯區文華路100號

E-mail:kanatasan.tw@yahoo.com.tw

### 摘要

心臟整個自發性的血液幫浦功能，乃起源於竇房節(SA node)，亦稱之為心臟的節律點，是位於右心房上壁的一組特化神經肌肉纖維組織，平均每分鐘約有60-100次的去極化作用。心率是一項重要的生理指標，它是指單位時間內心臟搏動的次數，是臨床常規診斷的生理指標，為了測量心率信號，有許多技術可以應用，例如：血液測量、心聲測量及ECG測量等。本研究利用反射式紅外光感測方式來偵測脈搏心率信號，並進行腕帶式心率儀開發。

關鍵字：反射式、心律、穿戴式。

### 1. 前言

在這科技主導我們日常生活的世代，卻也造成我們許多疾病的發生，由其在心臟方面，對於醫護人員來說，隨時準確的得知病人的生理活動是非常重要的，因為生理訊號相對生理活動，這對於有心臟方面的病患，更加需要隨時掌握生理的變化。以前大多由侵入式檢測逐漸往非侵入式檢測方向更進；在 PPG 測量這一方面，與血液循環有著相當大的關係，因為血液循環功能的通暢，跟心血管有著密不可分的關係。而我們依照這重大方向並想像是否可以利用我們目前所學到的知識，設計出一個可以非侵入式的檢測器，甚至是往成本低廉、測量得準確這些方面去研究。

### 2. 原理

利用紅外線(反射式光遮斷器)來感測血液容積，進而得知脈搏跳動與波形，紅外線打在手指的末梢微血管上，心臟收縮時會將血液打進微血管裡面，造成血液容積的變

化，但感應到的信號非常微弱，所以經過電子電路設計，將擷取的微弱信號放大。由 OPA 轉成電壓信號後，將信號送進低通濾波器，濾除不需要的信號，之後再經過一個 OPA 放大器將信號放大，最後將信號送至樞密特電路轉換成明確準位的脈波，再由單晶片 8051 進行信號處理，心跳速率結果由七段顯示器顯示，如圖 1 所示為心率儀基本結構方塊圖。

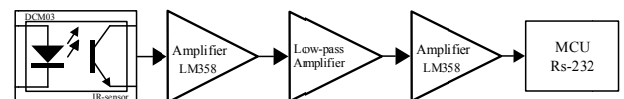


圖 1 心率儀基本結構方塊圖

#### (一) 紅外光感測器

圖2所示為紅外光感測器(DCM03)之Top和Bottom圖。紅外光感測器的內部結構如圖3所示。DCM03內部是由發光二極體、光電晶體組成。紅外光發光二極體，當PN兩端加上順向偏壓時可發出波長為905nm的紅外光，逆向偏壓時可發出波長為660nm的紅光。

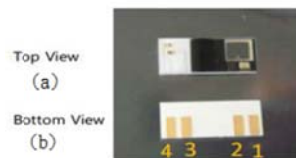


圖 2 紅外光感測器

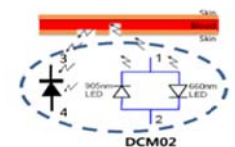


圖 3 內部構造圖

另一方面光電晶體由可見光 380nm 到達紅外光 1050nm 皆可接收如圖 4 所示，而此光電晶體最佳接收波長為 980nm。

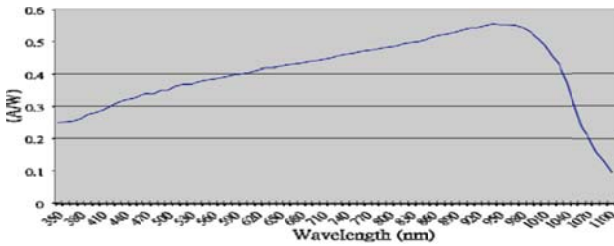


圖 4 光電晶體接收波長圖

(二) 訊號處理電路

圖 5 所示為系統架構圖，紅外光感測器將偵測到反射紅外光心跳訊號轉換成電壓信號，經由低通濾波器進行雜訊濾除及波形整形後，再由 MCU 運算出心率數值，最後傳至電腦。



圖 5 訊號處理架構圖

圖 6 所示為光電流轉換光電壓電路，將光電晶體接收進來的光訊號轉換為電壓訊號，再經由低通濾波器濾出心跳訊號。

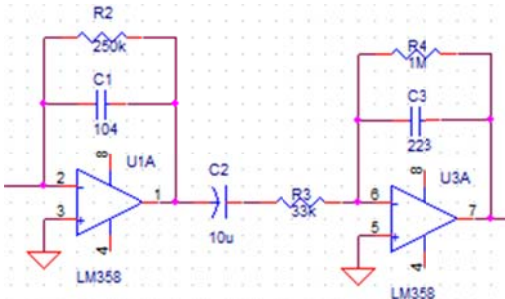


圖 6 光電流轉換光電壓電路圖

低通濾波器使用單個運算放大器如圖 7 所示，低通濾波器能讓低於截止頻率的低頻訊號通過，高於截止頻率的高頻訊號將會被衰減，於是可以濾除高頻雜訊。為了得到較佳的濾波特性，其電路如圖 6 所示。本電路取  $R = 1M\Omega$ ， $C = 0.22\mu F$ ，該電路的電壓放大倍數為  $R1 / R2$ ，其增益和截止頻率如公式(1)及(2)。該電路的電壓放大倍數為  $R1 / R2$ 。計算得電路增益為 1，截止頻率為 7.23Hz，放大倍率為 30 倍。

$$A_v = 1 + \frac{R_f}{R_i} \quad (1)$$

$$f = \frac{1}{2\pi RC} \quad (2)$$

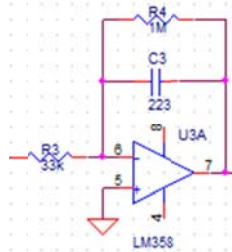


圖 7 低通濾波器

經由低通濾波器時，訊號會略為衰減，再經由放大器放大訊號給後端低通濾波器使用，再次將訊號經由濾波器取出較乾淨的心率訊號如圖 8 所示，其電壓放大倍數為  $R1 / R2$ ，增益和截止頻率如公式(1)及(2)。計算得電路增益為 1，截止頻率為 10.6Hz，放大倍率為 39 倍。

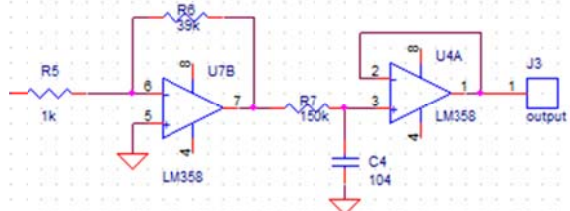


圖 8 放大器與低通濾波器

最後將訊號整形，經由樞密特電路，讓訊號轉換為數位訊號，其電路如圖 9 所示。

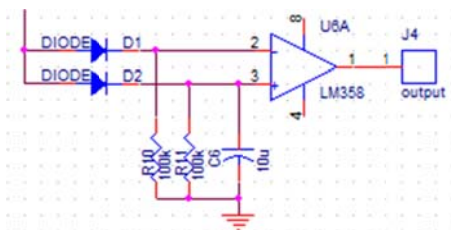


圖 9 樞密特電路圖

(三)單晶片處理器

如圖 10 所示，使用 EV5288 為單晶片處理單元；程式中使用 Timer1 當作計數器，



每當訊號開始時，中斷計時器 Timer0 開啟，Timer1 便開始計數訊號處理電路送進來的脈波數，第二個脈波訊號進來時結束計數器。將 Timer0 計數到的數值乘 60 即為此次量測到的心跳頻率，再將心跳頻率乘 60 即為此次量測到的心跳次數。正常的心跳值將顯示在七段顯示器上，以及此晶片傳輸速率 9600 之 RS232 格式資料至電腦端，可應用於顯示在電腦螢幕上、APP 軟體及其他傳輸功能之應用。



圖 10 EV5288單晶片

RS232傳輸接腳如表1所列，此系統為5V供電，所以訊號只能介於在0-5V如圖11所示，提供給電腦端時可能落在RS232格式的模糊區，所以用MAX232轉為RS232格式如圖12所示，此訊號為1start bit、8Data bit、1stop bit、速率9600及無奇偶校正bit。

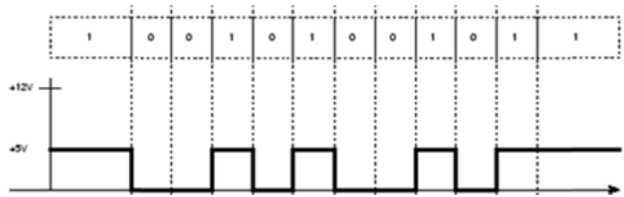


圖 11 系統 UART output

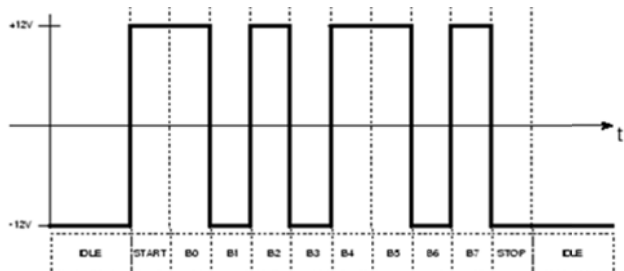


圖 12 MAX232 output

表一 RS232 傳輸接腳圖

腳位	簡寫	意義	說明
Pin1	CD	Carrier Detect	數據機通知電腦有載波被偵測到。
Pin2	RXD	Receiver	接收資料。
Pin3	TXD	Transmit	傳送資料。
Pin5	GND	Ground	地線。

### 3. 實驗方法

如圖14所示，此段時間乘上60轉換為頻率，在乘上60轉換為每分鐘心跳幾下，最後以七段顯示器做為顯示及傳送RS232格式至電腦端。程式流程如圖15所示，程式一開始先初始化七段顯示器，當心跳頻率達到設定峰值時，啟動中斷計時器Timer0中，Timer1 便開始計數訊號處理電路送進來的脈波數，直到心跳頻率達到另一個設定峰值時，中斷計時器Timer0、計數器Timer1停止。

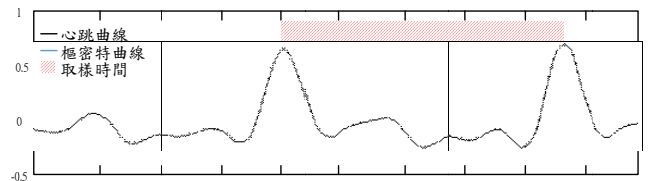


圖 15 心跳頻率取樣圖

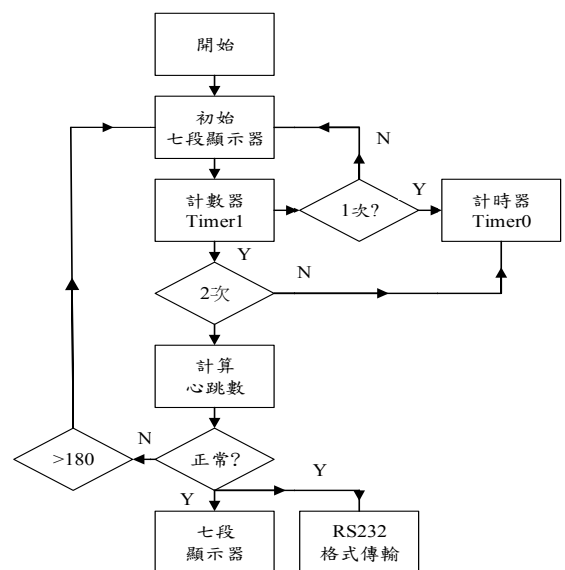


圖 15 程式流程

#### 4. 實驗結果與分析

整個完整系統如圖16所示，光源切換開關能夠切換紅外線波長LED(905nm)及紅光波長LED(660nm)發亮，output1為經由樞密特電路處理之訊號，output2為心率原始訊號。紅外光經由血液反射之穿透率比較強，所表現出來的訊號相較紅光強如圖17、18所示。

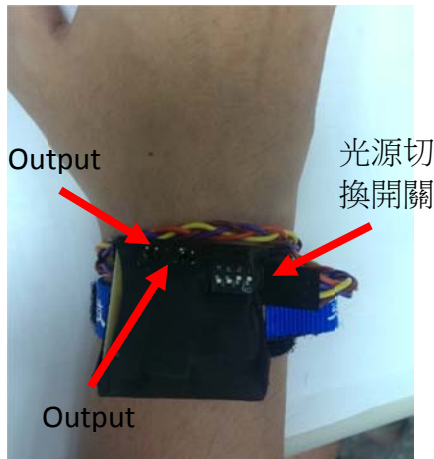


圖16系統成品圖



圖17紅外光訊號圖 圖18紅光訊號圖

#### 5. 結論

心率是一項生理指標，它是指單位時間內心臟搏動的次數，在臨床診斷使用的生理指標即為心率信號，現今有許多技術可以應用，如本研究利用光電式心率量測裝置量測心率信號，最主要可以提早發現心臟方面的疾病與發生，以及可以監控心臟疾病的患者，避免疾病忽然病發，並提供數據給醫療人員，以便醫療人員診斷病因。

本系統由三個模組所組成，第一模組是光檢知器與訊號處理，利用紅外線照射皮膚及檢知器接收皮膚反射光能量，將擷取光能量信號經由電子電路做信號處理。第二模組是箱入式模組，使用16F1933微處理器，運用A/D轉換將信號做運算，以RS-232與外界溝通。

第三模組是溝通端，此裝置在將來能結合許多無線傳輸的架構，例如:WiFi及藍牙等，運用無線傳輸架構，未來能在手機App監測心率，如有突發情況時，透過WiFi即時傳送至鄰近醫院，所以將來透過無線傳輸架構，可以提早發現心臟方面的疾病以及避免突然病發，並且能夠隨時透過傳輸將數據給醫療人員，達到即時監控自我健康的目的。經過測試結果光電式心率量測裝置與市售系統相比誤差約為0.5%。

#### 6. 參考文獻

- [1] Nasim Karim , Jahan Ara Hasan and Syed Sanowar Ali, "HEART RATE VARIABILITY – A REVIEW", Journal of Basic and Applied Sciences Vol. 7, No. 1, 71-77, 2011
- [2] Marek Malik (Chairman), J. Thomas Bigger, A. John Camm, Robert E. Kleiger, Alberto Malliani, Arthur J. Moss, Peter J. Schwartz., "Heart rate variability", European Heart Journal (1996) 17, 354–381
- [3] Hertzman, A. B. and Spielman, C. R., "Observations on the finger volume pulserecorded photoelectrically", Am. J. Physiol., 1937, vol.119, pp.334-5.
- [4] Burton A. C., "The range and variability of the blood flow in the human fingers and the vasomotor regulation by body temperature", American Physiological Society, 1939, vol.127, pp.473-453.
- [5] Nitzan, M., deBoer, H., Turivnenko, S., Babchenko, A., and Sapoznikov, D., "Power spectrum analysis of the spontaneous fluctuations in the photoplethysmographic signal", J. Basic Clin. Physiol. Pharmacol., 1994, vol5, pp.269–276.

- [6] Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology, "Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use", *Circulation*, 1996, vol.93, pp.1043-1065.
- [7] Nakajima, K., Tamura, T. and Miike, H., "Monitoring of heart and respiratory rates by photoplethysmography using a digital filtering technique", *Med. Eng. Phys.*, 1996, vol.18, no.5, pp.365-372.
- [8] K. Ashoka Reddy, Bobby George, V. Jagadeesh Kumar, "Motion Artifact Reduction and Data Compression of Photoplethysmographic Signals utilizing Cycle by Cycle Fourier Series Analysis", 2008, I2MTC – IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference, Victoria, Vancouver Island, Canada, May 12-15.
- [9] K. Ashoka Reddy, V. Jagadeesh Kumar, "Motion Artifact Reduction in Photoplethysmographic Signals using Singular Value Decomposition", 2007, IMTC – Instrumentation and Measurement Technology Conference, Warsaw, Poland, May 1-3.
- [10] P. Shaltis, A. Reisner, H. Asada, "Calibration of the Photoplethysmogram to Arterial Blood Pressure: Capabilities and Limitations for Continuous Pressure Monitoring", *Proceedings of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference Shanghai, China, September 1-4, 2005*
- [11] 林維屏, "LED 光源新式應用之研究", 國立中央大學 光電科學研究所, 碩士, 2006
- [12] 陳隆建, 發光二極體之原理與製程第三版, 2000, 全華圖書股份有限公司

## 3D印表機大型化之步進馬達驅動設計

王奕喆<sup>1\*</sup>、蔡政宏<sup>2</sup>、周紫玲<sup>2</sup>、陳利溢<sup>2</sup>、彭啟睿<sup>2</sup>

Yi-Che Wang、Cheng-Hung Tsai、Jou-Bz Ling、Chen Li Yi、Peng-Chi Rwei

<sup>1</sup>中華科技大學，機電光工程研究所，台北市

<sup>2</sup>中華科技大學，電機工程系，台北市

jazz\_@livemail.tw

### 摘要

本研究包含硬體、軟體兩部分，硬體部分包含：步進馬達驅動電路、穩壓電路、隔離電路、ARDUINO MEGA 2560(嵌入式單晶片)、USB傳輸線。軟體方面包括：在嵌入式系統上撰寫步進馬達控制。

本次研究開發方向，主要在於自製步進馬達驅動器，與市面上常用於3D印表機之步進馬達驅動器做比較，來判斷硬體功能的程度。本研究使用ASIC(Application-specific integrated circuit)晶片，將嵌入式晶片輸出信號後，接至信號隔離電路，再傳送到ASIC晶片，經過編碼後定電流控制步進馬達。

關鍵字：步進馬達、3D印表機、驅動器

### 1. 前言

早在1982年，日本名古屋市工業研究所首次公開實作實體模型的印製，但直到28年以後的2010年代，才出現了商業的3D列印機。3D列印(英語：3D printing)，又稱增材製造(Additive Manufacturing, AM)，屬於快速成形技術的一種。它是一種以數字模型檔案為基礎的直接製造技術，幾乎可以製造任意形狀三維實體。3D列印運用粉末狀金屬或塑料等可粘合材料，通過逐層堆疊累積的方式來構造物體，即「積層製造」。3D列印與傳統的機械加工技術不同，後者通常採用切削或鑽孔技術(即減材工藝)實作。過去在模具製造、工業設計等領域，3D列印技術常常被用於製造模型，現正逐漸用於一些產品的直接製造。特別是一些高價值產品(比如髖關節或牙齒，或一些飛機零部件)已經有使用這種技術列印而成的零部件，

意味著「3D列印」這項技術的普及。該技術在珠寶，鞋類，工業設計，建築，工程和施工(AEC)，汽車，航空航天，牙科和醫療產業，教育，地理資訊系統，土木工程，槍枝以及其他領域都有所應用。

目前3D列印控制器與驅動器產品的技術仍然受限於國外先進大廠的壟斷，在新興市場快速興起，大量機械設備需求造就工具機與自動化控制系統有了絕佳的發展機會。如何經由控制器與驅動器的研發，建立高精度運動控制的核心技術與模組，成為國內研發團隊與相關產業業者不斷思考的課題與目標。然而相關之製造、測試與工廠自動化設備等設備多仰賴國外，設備自給率偏低，造成產業競爭力相對減弱，無法帶動國內機械工業生產技術升級的效應。因此近幾年國內產業界、學界積極投入相關產業所需之關鍵設備與零組件的研究發展，期望提高產品設備的自製率與重點產業技術升級。

系統架構方塊圖

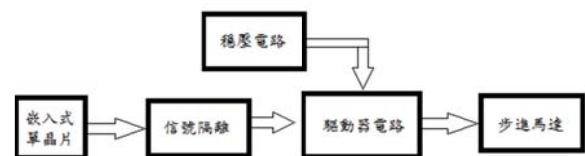


圖 1-1 系統架構方塊圖

如圖 1-1 所示步進馬達驅動器由嵌入式單晶片命令信號轉換成步數信號，並經由信號隔離電路傳送至驅動器電路，最後由驅

動器電路電流控制步進馬達。

## 2. 硬體電路設計

本章將敘述硬體架構設計之關係，包含信號隔離、穩壓電路、驅動器電路及阻尼電路。

### 2-1 信號隔離電路

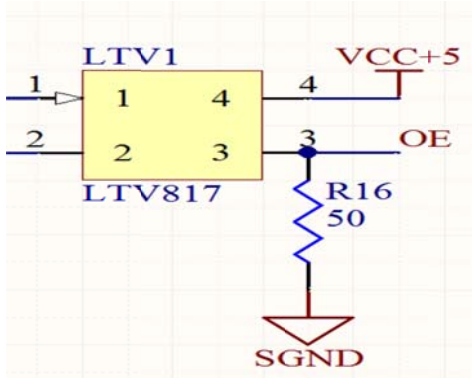


圖 2-1 隔離電路

如圖 2-1 所示運用 LTV817 高速光耦合隔離器將嵌入式單晶片的高速步階信號放大，並接上穩壓電路以保護單晶片的輸出端，以避免燒毀。

### 2-2 穩壓電路

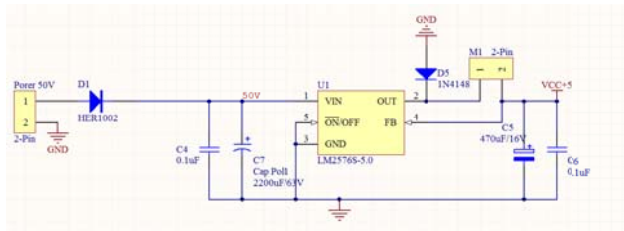


圖 2-2 穩壓電路

如圖 2-2 所示通常驅動器電路要透過額外的小電壓給控制晶片所使用，本文所使用 SIMPLE SWITCHER 降壓器 LM2576，降壓空間的幅度很大、效率高。

### 2-3 驅動電路

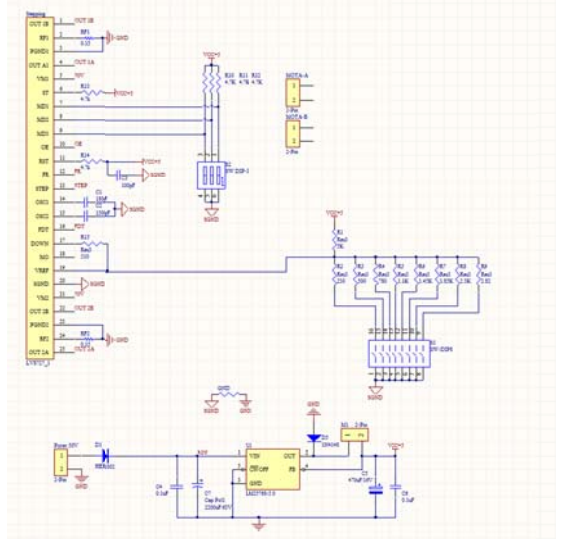


圖 2-3 驅動器電路

如圖 2-3 所示，驅動電路是利用 ASIC 晶片 LV8727 控制，控制法採用弦式脈波寬度調變 (sinusoidal-pulse-width-modulation, SPWM)，是目前常用方式，此種調變方式可得穩定輸出波形及低諧波失真，且輸出電壓及頻率大小響應較快。

### 2-4 抑制電路

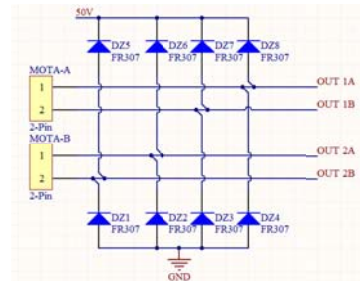


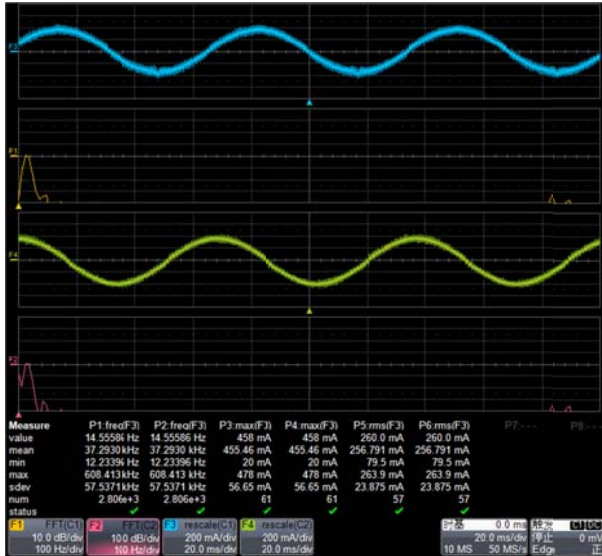
圖 2-4 穩壓電路

如圖 2-4 所示，步進馬達的線圈有電感性附載，且包含反電動勢，其影響在電晶體不導通時出現，高電壓出現於電晶體集極，電晶體可能會崩潰，因此設計二極體抑制。

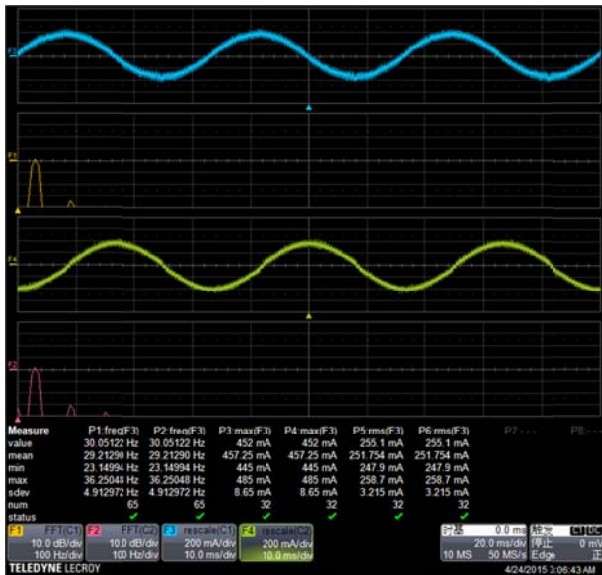
## 3. 測試結果與討論

隨著 3D 印表機的大型化，相對的成行時間就會拉長，為了避免成行時間過長，為一的方式就是增快步進馬達的轉速，因此高速下所產生的諧波至關重要。

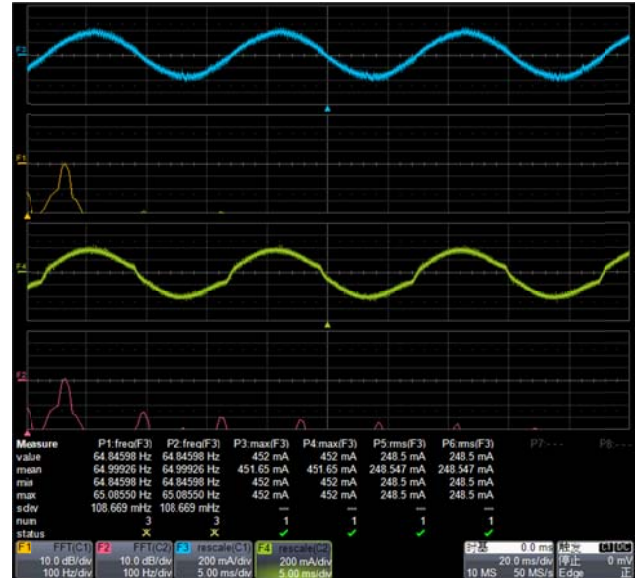
本文利用市面上3D印表機常見的驅動器 A4988 做比較測試在低速與高速連續穩定運轉時的電流波型以及頻譜分析，最後測試在最高精度的電流波型以及頻譜分析。



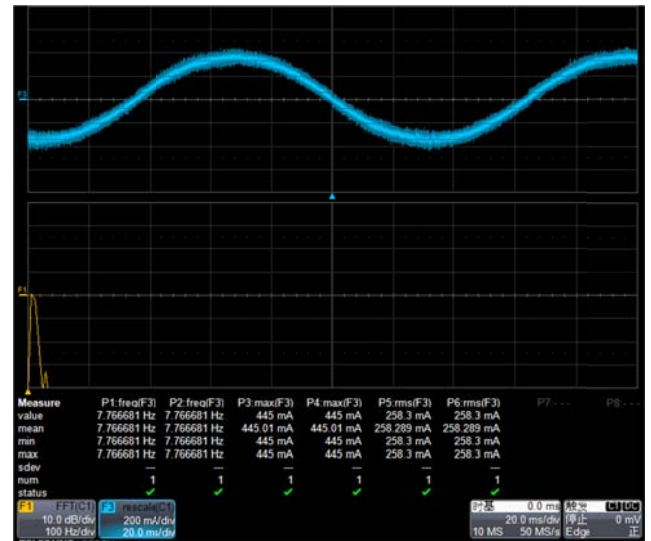
如上圖 16 微步，轉速命令 15rpm 信號 F3 為本文所做之驅動器，信號 F4 為市售驅動器信號 F1 與 F2 為各波形之頻譜分析。



如上圖 16 微步，轉速命令 30rpm 信號 F3 為本文所做之驅動器，信號 F4 為市售驅動器信號 F1 與 F2 為各波形之頻譜分析。



如上圖 16 微步，轉速命令 60rpm 信號 F3 為本文所做之驅動器，信號 F4 為市售驅動器信號 F1 與 F2 為各波形之頻譜分析。



如上圖 128 微步，轉速命令 8rpm 信號 F3 為本文所做之驅動器，F1 為波形之頻譜分析。

#### 4. 結論與未來研究方向

本文所提出二相微步進馬達驅動器系統已完成實體製作與驗證。主要成果如下：

本文微步進馬達驅動系統採用微步驅動方式，若微步進馬達以 60rpm 運轉可以發現比市售常用的驅動器的諧波失真低很多，16 微步電流諧波含量越低，可以得到更精確的控制。

本研究對於大型化 3D 印表機之步進馬達驅動器設計，增加對於精度上可以有所提高，可以應用於未來大型 3D 印表機設計參考。

#### 5. 參考文獻

- [1] Zhaojin Wen' Weihai Chen pZhiyue Xu Jianhua Wang" Analysis of Two-Phase Stepper Motor Driver Based on FPGA" 0-7803-9701-0/06/ (C2006 IEE E
- [2] 賴秋庚，廖家宏，戴勝淵，林宏軒，蔡守亮"基於 FPGA 的步進馬達驅動器設計" 中華民國第三十一屆電力工程研討會 台灣 台南 2010 年 12 月 3-4 日
- [3] Yang Mengda, Zhu Min, A Research of A New Technique on Hardware Implementation of Control Algorithm of High-Subdivision for Stepper Motor 978-1-4244-5046-6/10/c 2010 IEEE
- [4] 蘇詠俊，步進馬達控制器之軟硬體設計與實現，碩士論文，長榮大學，資訊管理學系碩士班，2009 年。
- [5] 鄭裕仁，以數位信號處理器為基礎之微步進馬達驅動系統之研製，碩士論文，國立臺灣科技大學，電機 工程系，2007 年。
- [6] 董聖英，基於 THB7128 和單晶片的步進馬達定位控制系統設計，德州職業技術學院，電器電子系，電器傳動 2011 年第 41 卷第 6 期。
- [7] 坂本正文原著，許溢适編譯，陳坤正校閱，“步進馬達使用法”，全華科技圖書股份有限公司，2005 年 2 月。
- [8] 許溢适編譯，“步進馬達原理與應用”，全華科技圖書股份有限公司，1991 年 7 月。
- [9] 葉明財編譯，“步進馬達活用技術”，全華科技圖書股份有限公司，1995 年 9 月。
- [10] LV8727 Data sheet,NO semiconductor December, 2013
- [11] LTV817 Data sheet,LITEON

# 硬體化影像差距係數總合演算法之自動對焦控制系統

林柏州<sup>1</sup>、張凱雄<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> 國立虎尾科技大學，電機工程研究所，雲林縣

<sup>2</sup> 國立虎尾科技大學，電機工程研究所，雲林縣

<sup>1</sup> 10265118@gm.nfu.edu.tw

<sup>2</sup> ee.khchang@gmail.com

## 摘要

本文以可程式化邏輯閘陣列(Field-programmable-gate-array, FPGA)做為開發平台。以系統可程式化晶片(System-on-a-Programmable-Chip, SOPC)技術建立一顆可程式處理器做為系統核心。接著，搭配以硬體描述語言(Hardware-description language, HDL)實現直流馬達位置控制、速度控制及影像差距係數總合(Sum-modulus-difference, SMD)演算法，完成自動對焦系統控制，實驗結果將與軟體SMD進行比較，以驗證其精確度。

關鍵字：FPGA、SOPC、自動對焦、SMD。

## 1. 前言

自18世紀的工業革命開始，全世界的生產與科技有了急劇的變化，包括大量的自動化設備湧進了工廠，並逐漸的取代傳統的人力，藉此提高了產業的生產力、降低成本等，使工業發展進入一個自動化設備的時代，對於近代人類文明有著空前的影響。

近年來，機器視覺是一熱門的研究、技術開發，此技術被運用在相當廣泛的領域，包括了物體辨識系統、人臉追蹤等等[1]。因此將機器視覺技術整合於自動化設備，宛如讓設備有了眼睛般，能達到更勝以往的精準、精密控制，藉此也延伸出許多精密控制的工業設備，像是精密量測設備、精密對位設備等。

藉由上述之原因，本文研發一套自動對焦控制系統，經由機器視覺迴路與馬達控制迴路的整合，讓精密控制設備能在影像源最

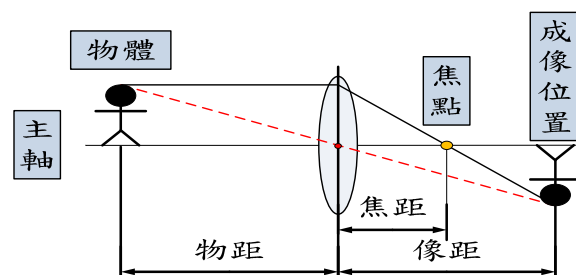
清晰的情況下進行精準的控制。

常見於自動對焦相關產品的對焦方式，主要分為主動式與被動式兩種技術，其中，被動式比主動式有著較低成本與體積小等優點。基於上述原因以及開發平台的性能考量，本文決定採用被動式對焦。

本文之系統實現於FPGA開發平台，藉由Nios II與週邊以數位硬體電路實現之影像處理模組以及馬達控制模組的整合，利用調整相機與待測物之間的物距以及採用被動式對焦的技術，使系統完成快速自動對焦之目的。

### 1.1 對焦原理

將透過鏡頭的光線在主軸上匯聚於一點進行成像，這一個點稱之為焦點，此焦點的所在位置也就是相機中感光元件的所在位置，如圖(一)所示。



圖一、對焦原理

### 1.2 對焦模式

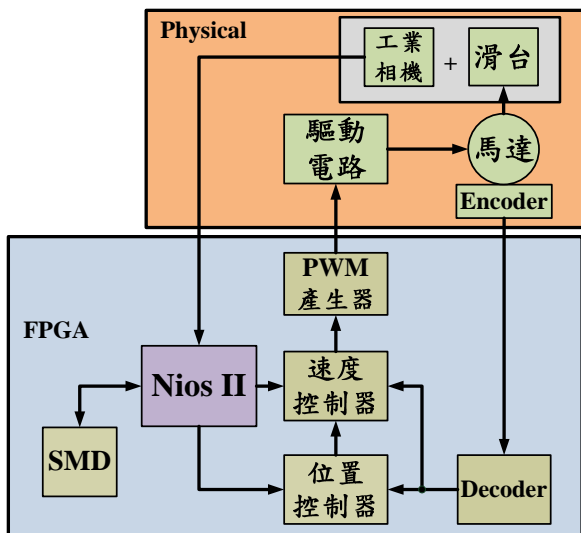
首先，主動式對焦技術，需裝載測量距離的感測主動元件，藉由此裝置量測待測物與鏡頭的相對位置，以此方式搜尋並調整焦距或物距，已達到系統的對焦目的。另外，被動式對焦技術則是配合影像處理的方式，



不需額外裝載感測主動元件，利用調整相機的焦距或物距，並擷取不同位置或焦距的影像資料，經由清晰度相關的影像演算法運算後，紀錄並分析所有搜尋位置的清晰度。最後，將相機移至清晰度達最大值的位置或調整至最佳焦距，以呈現最清晰的影像畫面，達到自動對焦目的[2]。

## 2. 系統介紹

本系統架構如圖(二)所示，使用之馬達為 Faulhaber 直流馬達 3242 系列[3]，馬達控制器分別為 PD 控制器與 PI 控制器。速度估測的部分，為了改善一般頻率估測法(稱為 M 法)的取樣誤差，本系統採用結合頻率估測法與週期估測法(稱為 T 法)的改良式 M/T 估測法，此方法同時能避免原始 M/T 法在取樣上與馬達控制器之需求相抵觸的問題[4]。現今已有許多有關影像清晰度的演算法被提出，利用影像的 Y(明暗度)、Cb(藍色色度)、Cr(紅色色度)等影像資訊進行運算，本系統採用 Y 值做為運算資料源，並搭配 SMD 演算法實現清晰度運算[5]。自動對焦系統的搜尋策略好壞，會直接影響到系統對焦的結果，本系統實現兩次全域搜尋法做為搜尋策略，分別為大範圍搜尋與小範圍搜尋[6][7]。

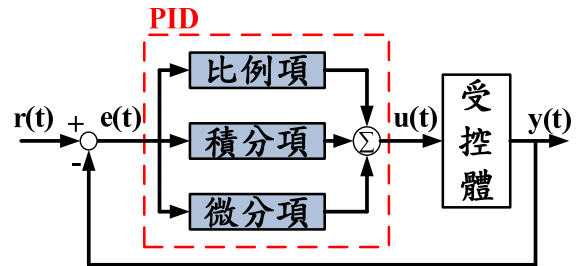


圖二、系統架構

### 2.1 馬達控制迴路

PID 控制器架構包含比例(Proportional)項、積分(Integral)項、微分(Derivative)項，

如圖(三)所示，實際應用上也有 PI 控制器與 PD 控制器，至今已有多年的發展歷史。PID 控制原理是根據系統的目標與回授訊號間的誤差，利用比例積分微分計算出控制量，如式(1)。具有穩定性佳、結構簡單且調整方便等優點，因此相當廣泛被利用在實務工程中[8]。



圖三、PID 控制器架構

$$y(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (1)$$

#### 2.1.1 位置控制器

離散 PD 控制器的公式如公式(2)。y(k) 為 PD 控制器輸出的控制量，K<sub>p</sub> 為比例項係數，K<sub>d</sub> 為微分項係數，e(k) 為此次輸入至控制器的誤差量，e(k-1) 為前次輸入至控制器的誤差量，T<sub>s</sub> 為取樣時間。

$$y(k) = K_p e(k) + K_d \frac{e(k) - e(k-1)}{T_s} \quad (2)$$

#### 2.1.2 速度控制器

離散 PI 控制器的公式如公式(3)。y(k) 為控制器輸出的控制量，K<sub>p</sub> 為比例項係數，K<sub>i</sub> 為積分項係數，e(j) 為輸入至控制器的誤差量，T<sub>s</sub> 為取樣時間。

$$y(k) = K_p e(k) + K_i T_s \sum_{j=0}^k e(j) \quad (3)$$

### 2.2 速度估測法

因本系統之馬達控制器採用閉迴路式控制，所以編碼器的回授訊號扮演著非常重要的角色，對於系統的精確度將有直接的影響性，以下介紹幾種速度估測的方法。

### 2.2.1 頻率估測法

常見的速度估測法，稱為M法。此方法是基於量測一固定取樣時間內的馬達脈衝數量，藉由公式換算出馬達的運轉速度。公式(4)為頻率估測法之運算方程式， $T_M$ 為系統的取樣時間， $M_{Count}$ 為此次取樣之馬達脈衝數， $N(rpm)$ 為計算結果，PPR(Pulse per Revolution)為編碼器解析度。

$$N(rpm) = \frac{60}{PPR} \times \frac{M_{Count}}{T_M}$$

(4)

### 2.2.2 週期估測法

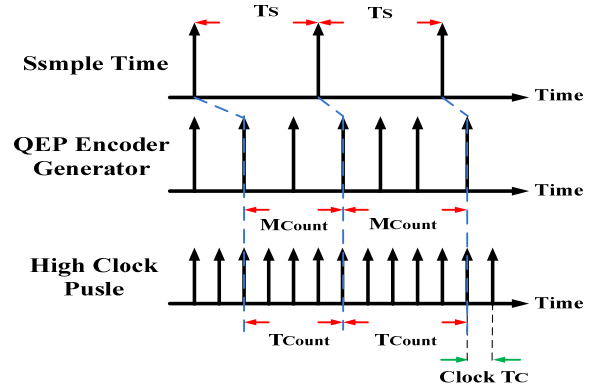
此估測法稱為T法。此估測方法是加入一高頻脈衝，並藉由此高頻脈衝計算兩個馬達脈衝之間的延遲時間，即為量測時間，藉由公式換算出馬達的運轉速度。公式(5)為週期估測法之運算方程式， $M_{Count}$ 為馬達脈衝數， $T_{Count}$ 為兩馬達脈衝間的高頻脈衝數， $T_C$ 為兩個高頻脈衝間的延遲時間， $N(rpm)$ 為計算結果，PPR為編碼器解析度。

$$N(rpm) = \frac{60}{PPR} \times \frac{M_{Count}}{T_{Count} \times T_C}$$

(5)

### 2.2.3 M/T估測法

M/T估測法即是結合了M法與T法。此方法同樣以一高頻脈衝做為準確取樣時間的來源。當系統之取樣時間觸發時，系統開始等待下一馬達脈衝，直到馬達脈衝觸發後，系統讀取當下的馬達脈衝數以及高頻脈衝數。藉由公式換算出馬達當前的運轉速度 [9]。



圖四、M/T估測法示意圖

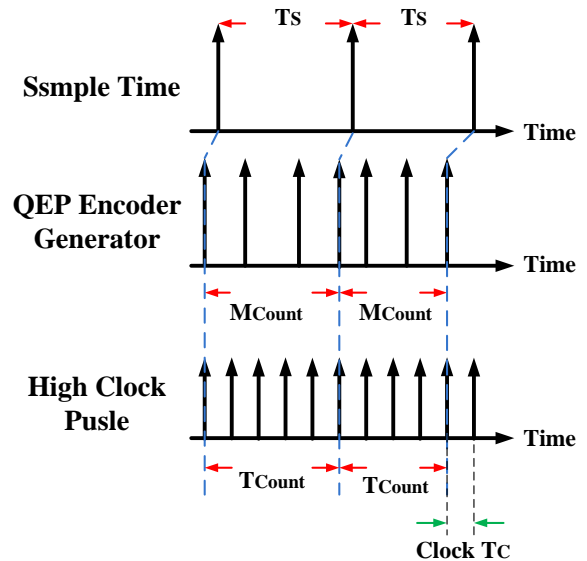
公式(6)為M/T估測法之運算方程式。如圖(四)所示， $M_{Count}$ 為馬達脈衝數。 $T_S$ 為系統的取樣時間， $T_{Count}$ 為兩馬達脈衝間的高頻脈衝數， $T_C$ 為兩個高頻脈衝間的延遲時間， $N(rpm)$ 為計算結果，PPR為編碼器解析度。

$$N(rpm) = \frac{60}{PPR} \times \frac{M_{Counter}}{T_{Counter} \times T_c}$$

(6)

### 2.2.4 改良式M/T法

不過，由於原始的M/T估測法其估測方式會造成每次馬達控制器的補償時間不固定，不符合本文之馬達控制器的設計。



圖五、改良式M/T估測法示意圖

改良式M/T估測法的改變之處，在於當系統之取樣時間觸發後，系統直接讀取前一個馬達脈衝觸發時的馬達脈衝數與高頻脈衝數。此估測方式能夠確保每次馬達控制器進行動態補償時，可以即時獲得一筆最新的馬達動態資訊。此估測方法之運算方程式與原先的M/T估測法相同，同樣藉由  $T_{Count}$  與  $T_C$  求出精準的取樣時間，以改善頻率估測法之量化誤差，如圖(五)所示。

### 2.3 清晰度演算法

本系統採用SMD演算法做為影像清晰度的運算，並以硬體描述語言將其硬體化實現。SMD演算法在於偵測相互兩個相鄰像素的像素值差異程度，由於越清晰的影像會呈現越明顯的邊緣變化，因此當整張影像的像素差異值總和或梯度值總和越大，表示影像越清晰，模糊的影像則相反。所以藉由計算影像差分總合或是梯度總合的方式處理，可以得到清晰影像與模糊影像的比較資訊。

#### 2.3.1 SMD演算法

此演算法屬於計算整張影像的梯度值總和大小，作為清晰度的資料源。首先，個別求出縱軸差異程度總合  $SMD_x$  與橫軸差異程度總合  $SMD_y$ 。分別為公式(7)與公式(8)。M為影像縱軸總數，N為影像橫軸總數， $I(i, j)$  為當前之像素值。

$$SMD_x = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{N-1} |I(i, j) - I(i+1, j)| \quad (7)$$

$$SMD_y = \sum_{j=1}^{M-1} \sum_{i=1}^N |I(i, j) - I(i, j+1)| \quad (8)$$

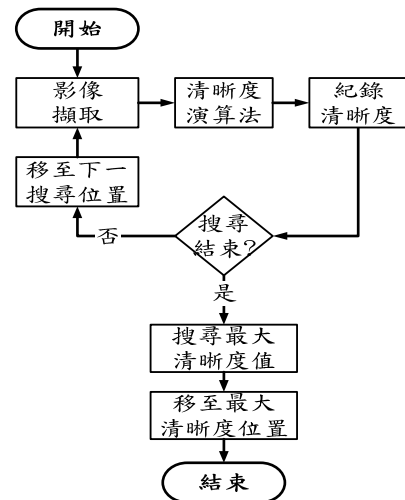
接著，將  $SMD_x$  與  $SMD_y$  做相加，如公式(9)，此結果即為影像清晰度值。

$$SMD = SMD_x + SMD_y \quad (9)$$

### 2.4 搜尋策略

目前已有許多影像搜尋策略的方法紛紛被提出並採用，像全域搜尋、二分搜尋及

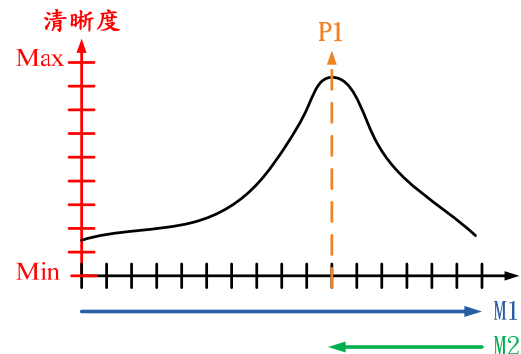
區域面積中心搜尋等等。本文採用全域搜尋作為系統的搜尋策略，流程如圖(六)所示。



圖六、對焦流程

#### 2.4.1 全域搜尋策略

此搜尋策略為最穩定的搜尋方法，將每一個鏡頭的位置做清晰度的運算，等待完成全部範圍的搜尋，再將鏡頭移動至清晰度最大的位置，以完成對焦。

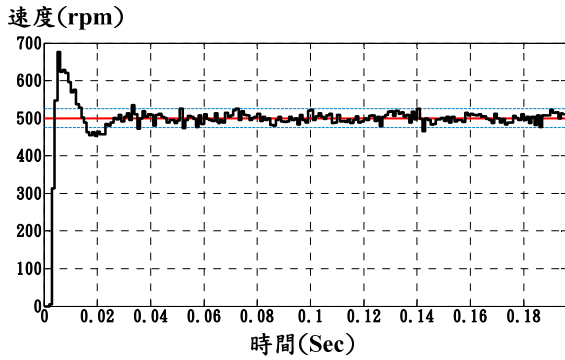


圖七、全域搜尋策略示意

圖(七)為對焦過程及結果。其中  $M1$  為搜尋過程， $M2$  為移至目標位置的過程， $P1$  為搜尋結果之清晰度值最大的位置。

## 3. 實驗結果與討論

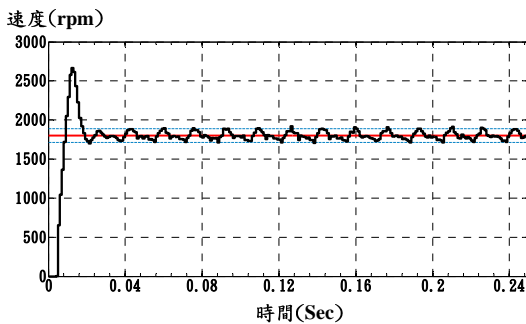
### 3.1 馬達運動曲線



圖八、實驗一(速度目標500rpm)

表(一)、實驗一

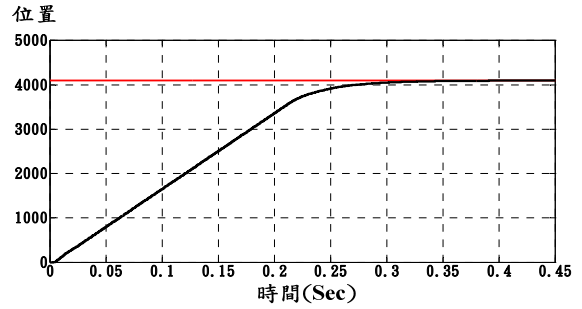
類別	速度控制				
名稱	最大超 越量百 分比	延遲 時間	上升 時間	安定 時間	峰值 時間
數據	35%	5ms	1ms	25ms	7ms



圖九、實驗二(速度目標1800rpm)

表(二)、實驗二

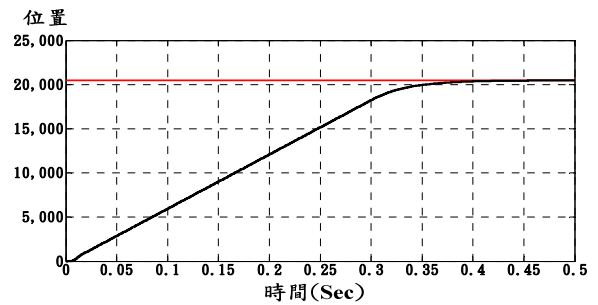
類別	速度控制				
名稱	最大超 越量百 分比	延遲 時間	上升 時間	安定 時間	峰值 時間
數據	48%	6ms	3ms	17ms	12ms



圖十、實驗三(位置目標4096個馬達脈衝)

表(三)、實驗三

類別	位置控制		
名稱	目標位置	實際位置	誤差量
數據	4096	4095	1



圖十一、實驗四(位置目標20480個馬達脈衝)

表(四)、實驗四

類別	位置控制		
名稱	目標位置	實際位置	誤差量
數據	20480	20479	1

以上速度曲線中，藍色線皆為5%的誤差容許範圍，紅色線皆為目標曲線，黑色線皆為實際量測之數據。

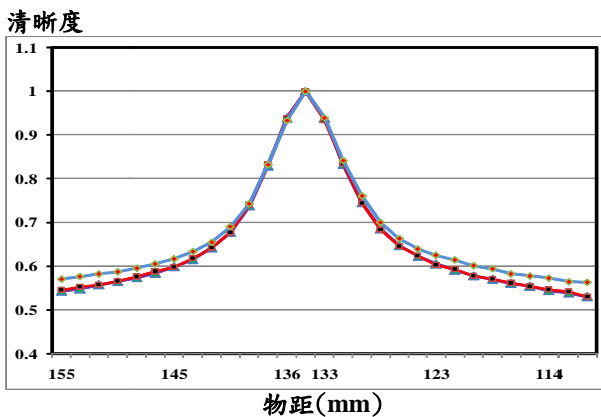
### 3.2 軟體與硬體SMD的性能比較

表(五)、硬體SMD與軟體SMD性能比較

	硬體	軟體
單張影像時間	約16.4ms	約1000ms
大範圍搜尋	約23.9s	約31.8s
小範圍搜尋	約2.7s	約8.8s
總對焦時間	38s~57s	53s~72s

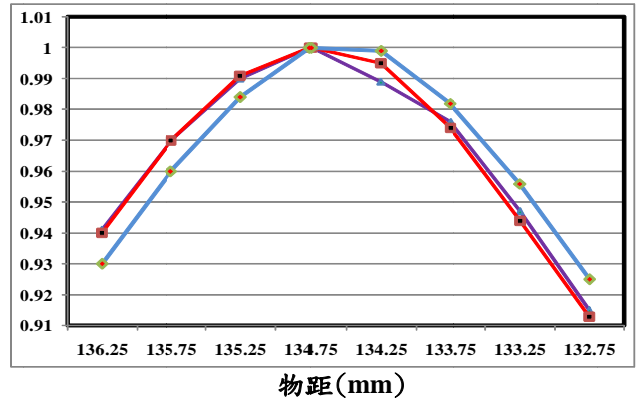
結果如表(五)所示。其中，硬體SMD的運算時間只花了約16ms的運算時間，比軟體SMD快上許多。另外，搭配硬體化SMD的系統較為快速，是因為軟體SMD的運算時間過久，造成馬達在位置的移動上，有段等待的時間。硬體SMD在運算快速的情形下，少了等待的時間，因此時間減少了許多。

### 3.3 自動對焦結果



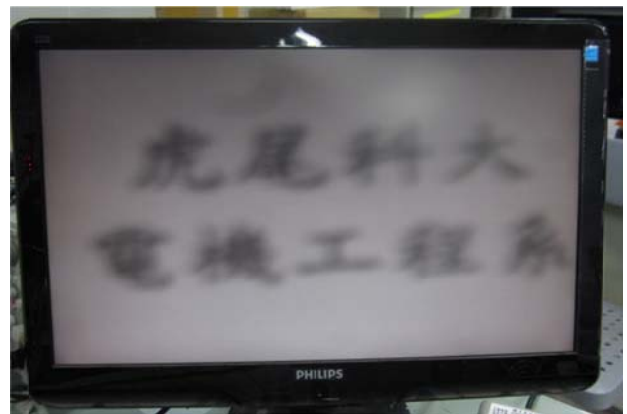
圖十二、大範圍搜尋

清晰度

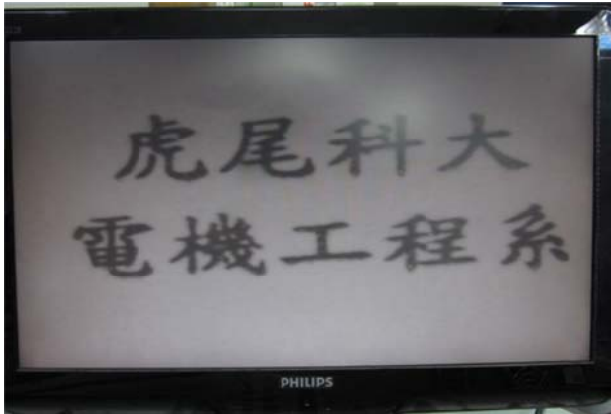


圖十三、小範圍搜尋

以上兩張圖為進行三次對焦後，各別清晰的清晰度分布圖，清晰度值方面，本文設定以"1"當作最高值，表示影像最為清晰。首先，由大範圍搜尋得知，物距136mm到133mm之間存在影像最清晰的位置，如圖(十二)所示。接著，系統依此範圍進行小範圍搜尋，並縮小馬達每一次移動的距離。由小範圍搜尋得知，物距134.75mm為影像最清晰的位置，如圖(十三)所示。此處即影像最為清晰的位置。



圖十四、對焦前影像



圖十五、對焦後影像

#### 4. 結論

本文以FPGA為開發平台，並經實驗數據驗證後，證實系統的可行。配合FPGA的特點，本文所實現之硬體化SMD、馬達控制器，不僅能達到同步運算的系統特性，在影像清晰度演算法的實現上，硬體化SMD的運算速度也較軟體SMD的運算速度快上許多。配合全域搜尋策略，此系統未來能運用在相關自動化設備，讓設備能在影像源最清晰的情況下，進行高精密的控制。

#### 5. 參考文獻

- [1] 王健權, "以數位影像處理搭配動態攝影機做即時人臉追蹤之研究," 國立成功大學 電機工程研究所, 碩士, 2002。
- [2] 鄭芳炫、毛新惟, "快速影像式自動對焦技術研究," Journal of Information Technology and Applications, 3期1卷, 頁次67-76, 2008。
- [3] FAULHABER, "Series 3242024CR datasheet" [https://fmcc.faulhaber.com/details/overview/PGR\\_3902\\_13818/PGR\\_13818\\_13813/en/GLOBAL/](https://fmcc.faulhaber.com/details/overview/PGR_3902_13818/PGR_13818_13813/en/GLOBAL/)
- [4] Petrella, R. and M. Tursini (2008). "An Embedded System for Position and Speed Measurement Adopting Incremental Encoders." Industry Applications, IEEE Transactions on 44(5): 1436-1444.
- [5] 謝順達, "反射式液晶背投影顯示器之色差檢測," 私立中原大學 機械工程

研究所, 碩士, 2005。

- [6] 黃嘉慶, "高速被動式自動對焦技術," 私立元智大學 機械工程研究所, 碩士, 2002。
- [7] 丘前恕, "顯微照像的快速自動對焦技術," 國立中央大學 資訊工程研究所, 碩士, 2008。
- [8] 陳昌富, "直流伺服系統控制模擬," 國立東華大學 電機工程研究所, 碩士, 2010。
- [9] Ohmae, T., et al. (1982). "A Microprocessor-Controlled High-Accuracy Wide-Range Speed Regulator for Motor Drives." Industrial Electronics, IEEE Transactions on IE-29(3): 207-211.

## 大行程 3D 列印機之研究

李昆益<sup>1\*</sup>、鄧仲豪<sup>1</sup>、王致惟<sup>1</sup>、苗延浩<sup>2</sup>、李偉裕<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 中華科技大學, 電機工程系, 台北市

<sup>2</sup> 台灣科技大學, 電機工程研究所, 台北市

[abz831121@gmail.com](mailto:abz831121@gmail.com)

### 摘要

模具是現代工業中非常常見的一種工器具。模具雖然分類為很多種類，但是總而言之它們的作用都是相近的：依賴它們自身的材質，通過一定手段使得具有一定塑性或流動性的工料也成為特定的形狀。而模具本身的製造與消耗性也非常的巨大，一個模具的成本甚至可以超過其產品的單一價值，因此本計畫利用快速成型的方式，利用塑料成本低效果好的優點，開模初期以 3D Print 製作雛形模具！降低 CNC 使用時間節省成本。

### 1. 簡介

3D 印表機是屬於快速成型技術的一種類型，為一種可以直接設計模型製造任意形狀的三維實體技術。

3D 列印可以運用包括粉末金屬或塑料等可黏合性材料，透過逐層堆疊累積的方法將成品一層一層的完成，而 3D 列印與傳統的機械加工技術不同，其不同點在於 3D 列印不需具備刀具且過程快速修改時間短，而在精度日漸上升的發展下，3D 列印慢慢取代了傳統用於工業設計、模具製造的方式，更可以直接製造模具、零件等高價值的部件。[1]:

本研究的目的是在於使大行程 3D 印表機之軟體與硬體可以高度的結合使用，使大行程 3D 印表機可以執行直接的程式控制，此研究也在大行程 3D 印表機建立平台加上加熱陶板控制表面成形溫度，使三維塑料成品建立在平台上時不因溫度的下降造成成品底部的移動與降低成品不完全的風險。

3D 列印系統方面，本文採用雙頭雙供料控制系統，不僅可降低加工過程中變換材料造成的成品瑕疵，於加工平台中預留加熱陶板延緩成品過早冷卻影響材料結合度，控制系統採用 STM32F407 32 bit cortex M4 之 32 位元嵌入式晶片為核心，結合觸控與彩色顯示液晶螢幕顯示完整人機介面，提供多種傳輸介面方便與軟體或管理系統連接。

本文的列印流程如圖(一)先運用 CAD 電腦輔助設計將所設計的 3D 圖檔轉成 STL 的檔案格式然後由電腦執行或是將檔案存進 SD 卡在由 STM32F407VET6 圖(二)的開發板讀取 SD 卡資料，透過 G code, M code 將馬達的移動路徑傳到馬達驅動電路的 ARM Cortex-M4 晶片使馬達可以依照設計的路線移動，STM32F407VET6 開發板上的觸控螢幕同時顯示馬達的移動路徑。

ARM Cortex-M 的產品線非常完整，Cortex-M0 處理器支援 8、16 位元運算模式，Cortex-M3、Cortex-M4 處理則支援 16、32 位元運算模式。[2]

本文著重於大行程 3D 印表機之硬體軟體結合使用，利用加熱陶板使成品成形更為穩定，而硬體部分已全部完成並可以執行直接的程式命令控制，至 103 年 03 月 20 為止已完成，兩項發明著作(專利一：3D 列印之即時加工顯示系統平台規劃，專利二：建立三維模型之即時加工路徑顯示系統)，馬達驅動電路圖(三)，嵌入式處理器驅動電路圖(四)，嵌入式處理器加工成品顯示介面圖與加工路徑顯示(五)，嵌入式處理器控制系統圖(六)，整機結構設計圖(七)~圖(十三)，實測列印樣品圖(十四)~圖(十五)。

## 2.使用 STM32F407VET6 ARM STM32 的系統硬體軟體 ◦

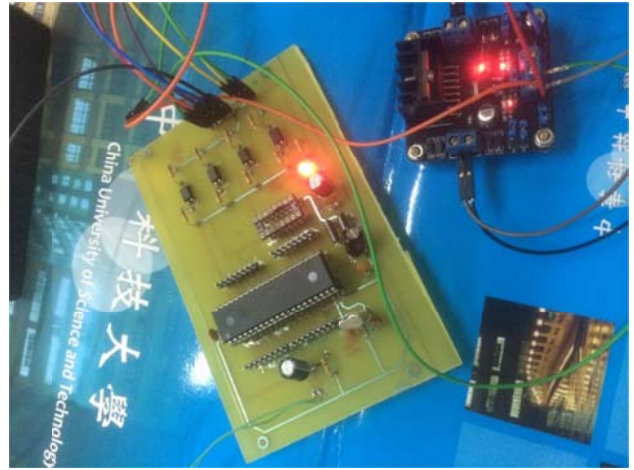


圖(一) 大行程 3D 列印流程(紅色框為本計畫完成部分)

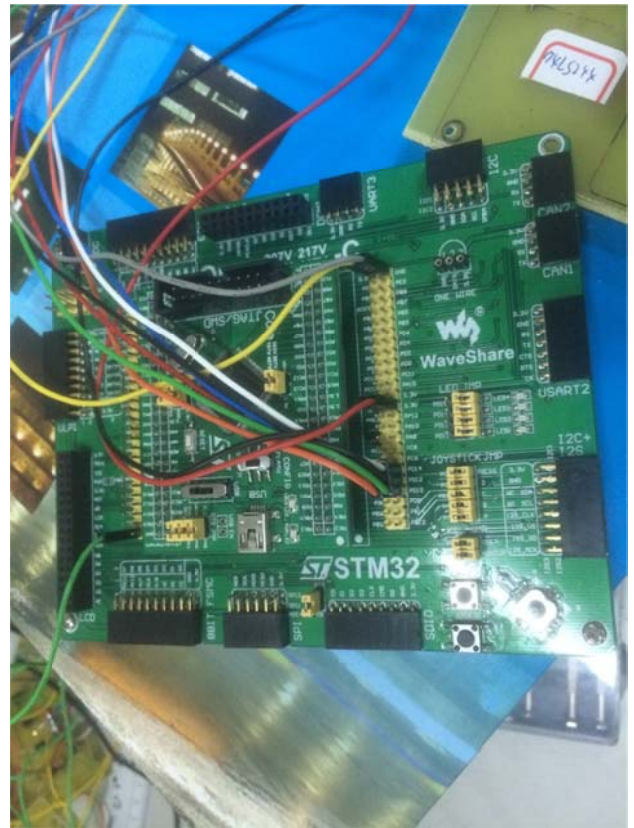


圖(二) STM32F407VET6 ARM STM32 套件

## 2. 電路設計



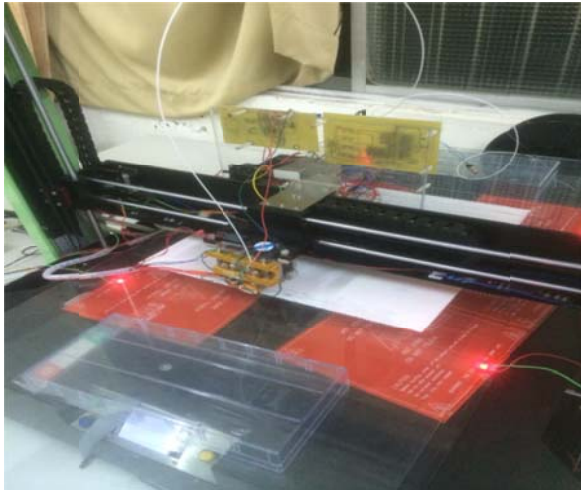
圖(三)馬達驅動板電路



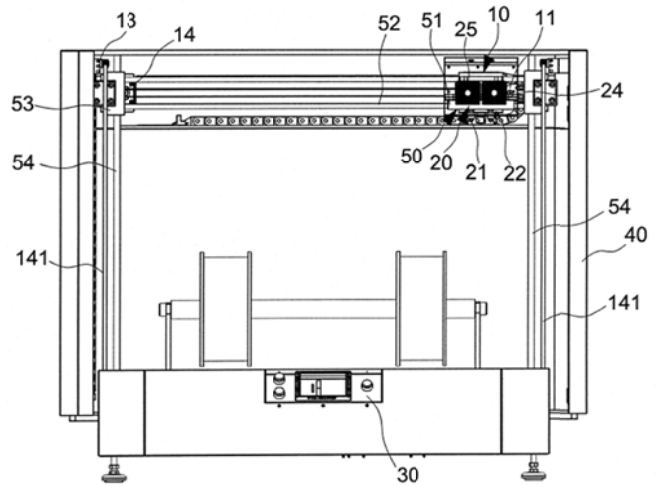
圖(四) 嵌入式處理器驅動電路圖

## 3. 實驗測試

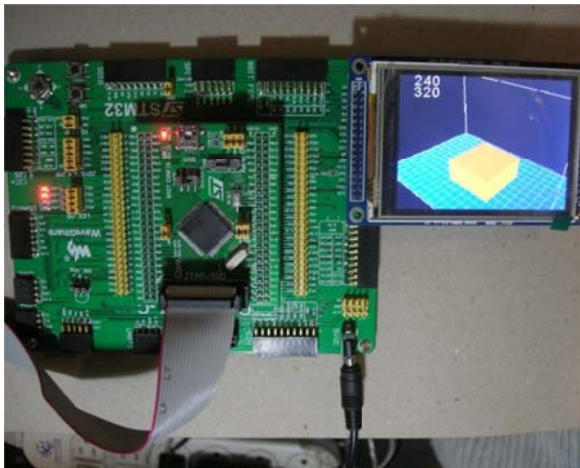




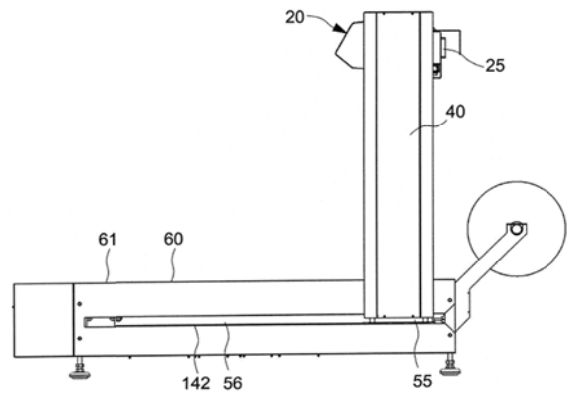
圖(五) 大行程3D印表機底部加熱設計



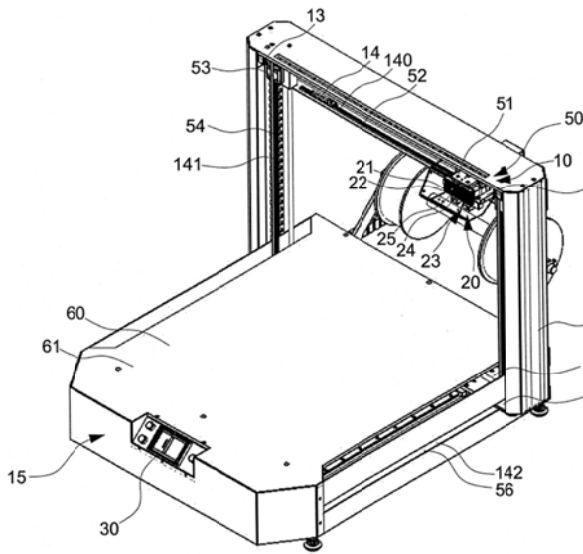
圖(八) 整體機構正視圖



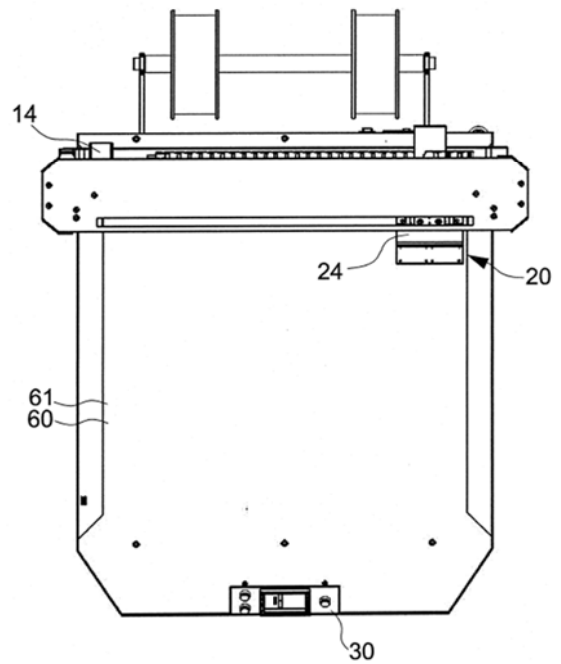
圖(六) 嵌入式處理器控制系統圖



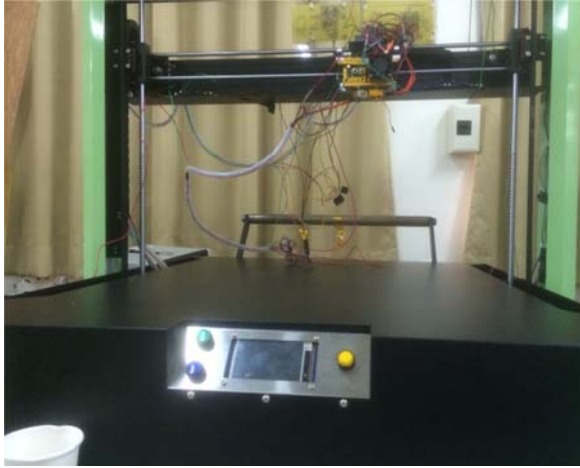
圖(九) 整體機構側視圖



圖(七) 整體機構圖



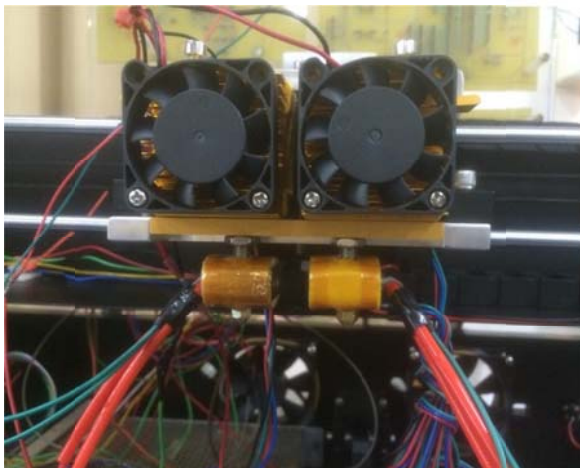
圖(十) 整體機構下視圖



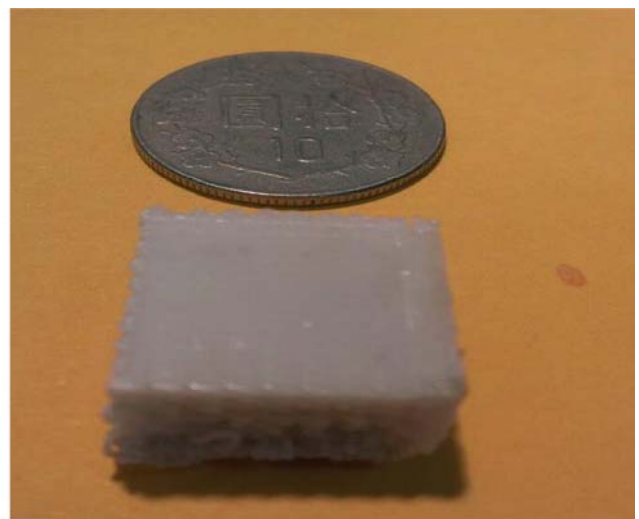
圖(十一)實體機構正視圖



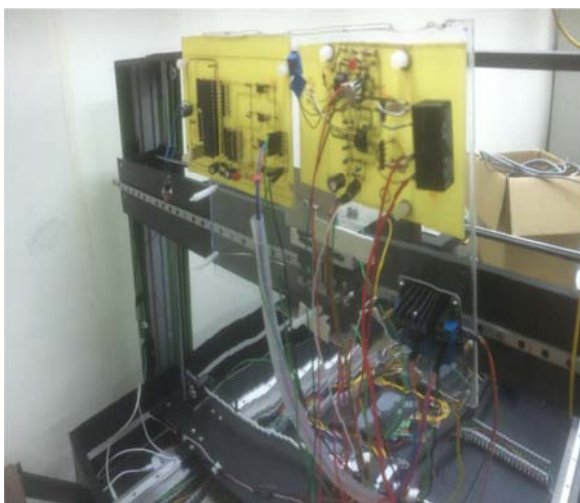
圖(十四)A3尺寸樣品測試



圖(十二)雙供料頭設計



圖(十五)正方體樣品測試



圖(十三)馬達驅動板實體電路

#### 4. 結論

本計畫的特色有：(1)雙供料的結構，配合陶瓷加熱板以降低成品瑕疵。(2) 使用STM32f407 32 bit cortex M4之32位元嵌入式晶片為核心。(3) 結合觸控與彩色顯示液晶螢幕顯示。(4) 加工路徑即時顯示。本計畫部分成果將以專利方式進行申請

#### 5. 參考文獻

- [1] 林文彥 從2D繪圖到3D列印,碩士論文,中華民國一百零二年七月
- [2] 李孟龍 動態光罩快速原型系統製造組織工程支架之研發,碩博士論文,中華民國九十四年七月十五日

- [3] 黃彥超 Objet快速原型機之線上監控系統研發，碩博士論文，中華民國九十四年七月二十一日
- [4] 廖奕順 二階段成型之快速原型系統之設計，碩博士論文，中華民國九十三年六月
- [5] 曾柏華 快速原型機評估方法，碩博士論文，中華民國九十六年六月
- [6] 黃偉鈞 應用田口方法於FDM快速原型機製程參數改善之研究，碩博士論文，中華民國九十八年六月
- [7] 陳倉生 應用田口方法於快速原型系統之研究，碩博士論文，中華民國九十七年十二月
- [8] 洪元隆 薄殼物件快速原型電腦輔助製造之研究，碩博士論文，中華民國九十八年八月

# 遠端二氧化碳監測系統之研究

李昆益<sup>1\*</sup>、苗延浩<sup>2</sup>、蔡昌錫<sup>1</sup>、蔡岳霖<sup>3</sup>、李偉裕<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 中華科技大學，電機工程系，台北市

<sup>2</sup> 台灣科技大學，電機工程研究所，台北市

<sup>3</sup> 濟耀國際股份有限公司，台北市

kelvin119@gmail.com

## 摘要

針對開放公共區域空氣管理行政院環保署已經在100年11月公布了，室內空氣品質管理辦法(總統華總一義字第10000259721 號令公布)其中最重要的「室內二氧化碳濃度」標準，環保署建議值不得超過1000ppm;第一波將公告大型醫療院所、政府機關、交通場站(鐵公路及航空站)為管理對象，檢視這類公共場所室內空氣品質，以保障國人健康，違規場所將開罰5萬至25萬不等。有鑑於法令規定而衍生監測系統的需求，本文發展以二氧化碳濃度感知器借由Modbus做為通訊網路將偵測數據上傳至監控系統進行空管。[1]

關鍵字：Modbus、二氧化碳、空氣品質。

## 前言

本文以二氧化碳濃度感知器為數據收集介面，再經由具有人機介面功能之嵌入式系統將數據匯總，分別將分析後的資料顯示於VGA顯示器與網路監測系統中，方便監管單位由遠端監視並將VGA顯示器放置於受監視場所之明顯位置，做為警示與查閱。彈性規劃各樓層二氧化碳濃度感知器位置，並使用明顯燈號標明即時資訊。

## 1. 整體架構

系統整體架構如圖一所示，人機介面功能之嵌入式系統顯示畫面如圖一所示其結構由監測中心，HUB，嵌入式人機介面，二氧化碳濃度感知器所組成，其中嵌入式人機介面與二氧化碳濃度感知器之間以MODBUS連接，監測中心，HUB與嵌入式人機介面以Internet網路，GSM，GPRS，LTE，

SMS連接，其目的為嵌入式人機介面與二氧化碳濃度感知器的配置方式多為室內，較少環境因素干擾(天雨，雷擊，自然災害)通訊穩定，但是監測中心與嵌入式人機介面之間屬於開放空間增加斷訊的可能，所以增加通訊介面線路降低斷訊機會與誤報發生，選擇MODBUS為感知器通訊介面的原因為多種工業用控制器通訊協定都支援MODBUS如圖二所示，其應用實例如PLC，PAC等，其優點為具封包結構並具備CRC錯誤偵測。

## 2. 系統組織

二氧化碳濃度感知器與監測系統的關係如圖三所示，人機介面功能描述如圖四所示外部尺寸圖如圖五所示。

### 2.1. 二氧化碳濃度感知器

感測二氧化碳濃度的方式有紅外線，雷射(使用2 $\mu$ mDFB雷射)，碳酸氫鹽試劑(hydrogencarbonate indicator)等，考量生產成本與檢測精度，本文採用紅外線為檢測方法。[2][3]

二氧化碳取樣方法可分為：

1. 擴散式偵測：又稱為自然擴散式偵測，簡單的說就是將感測元件予以適當機構保護、無須藉助額外輔助設備即可與大氣自然相通。
2. 遠隔式偵測：如果偵測地點與讀取偵測值地點或控制地點不同，稱之為遠隔式偵測。遠隔式偵測通常利用偵測器的標準工業4 - 20 mA直流信號輸出，連接至遠端的指示器(indicator)或指示控制器(indicator and controller)，以達成遠端監控之目的。
3. 取樣管偵測式：將感測元件予以適當包

覆、無法與大氣相通，但可藉由出入口導管限制感測元件與指定氣體相通。當被偵測之氣體並非存在於大氣之中且量測氣體有壓力可利用(例如鋼瓶中的氣體)，且無法將偵測器安裝於該氣體之環境內(例如高溫、高壓或高濕的環境等)，此時可以利用取樣管式偵測、直接連接至氣體發生源。

- 取樣幫浦式:將感測元件予以適當包覆、無法與大氣相通，但可藉由取樣幫浦限制感測元件與指定氣體相通。當被偵測之氣體與大氣隔離或與偵測器隔離且量測氣體並無壓力可利用(例如烤箱中的氣體或無塵室、培養室)，又無法將偵測器安裝於該氣體之環境內(例如高溫、高壓或高濕的環境等)，此時可以利用取樣幫浦吸引氣體。

本文中所使用之紅外線法為利用二氧化碳吸收紅外光之特性，測定樣品氣體中二氧化碳的濃度。若光源為非分散性紅外線(Non-dispersive Infrared)者，稱之非分散性紅外線法；若於光源照射路徑上加裝一組氣體濾鏡(高濃度CO<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>)者，稱之氣體過濾相關紅外線法(Gas filter correlation infrared)，但於開放路徑中必定會有干擾問題產生，水氣及一氧化碳等與二氧化碳具相同吸收特性的物質易造成干擾，懸浮微粒亦是干擾來源之一，在氣體進入偵測設備之前，以玻璃纖維或鐵氟龍濾膜濾裝置在氣體取樣管上先行濾除，感知器於出廠時與定期保養將進行必要的校正，其校正方法為調整零點標準氣體及來自二氧化碳鋼瓶氣體的流量，以產生校正所需上限濃度80%的氣體，其確實濃度依下式計算：

$$[CO_2]_{OUT} = \frac{[CO_2]_{STD} \times F_{CO_2}}{F_D + F_{CO_2}}$$

(1)

$[CO_2]_{OUT}$ ：出口已稀釋的二氧化碳濃度，ppm

$[CO_2]_{STD}$ ：氣體未稀釋的二氧化碳濃度，ppm

$F_{CO_2}$ ：未稀釋的二氧化碳流量，L/min

$F_D$ ：稀釋用的零點標準氣體流量，L/min

輸入該氣體直到分析儀出現穩定的讀數，然後調整全幅控制鈕，以獲得如下之紀錄器應

答：

$$\text{紀錄器應答} = \frac{[CO_2]_{OUT}}{URL} \times 100 + Z_{CO_2}$$

(1)

其中，URL = 校正設定之上限濃度 (ppm)

$Z_{CO_2}$  = 分析儀對零點標準氣體之反應百分比，若全幅調整超過±2%全幅，應重覆校正步驟，直至零點、全幅不須再調整為止。

減小  $F_{CO_2}$  或加大  $F_D$  以產生至少 5 種不同濃度的二氧化碳，根據計算式(1)計算其確實濃度，即為二氧化碳的多點校正。[4] [5] [6]

## 2.2. 人機介面

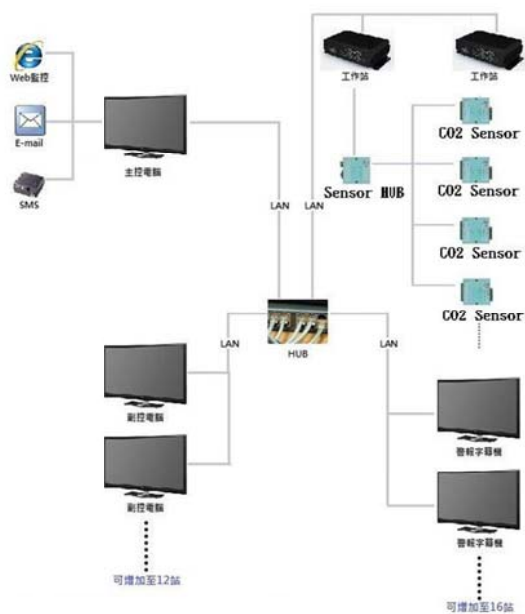
其功能清單如表一所示，全板採用SMT加工增加系統穩定度。

表一、人機介面功能

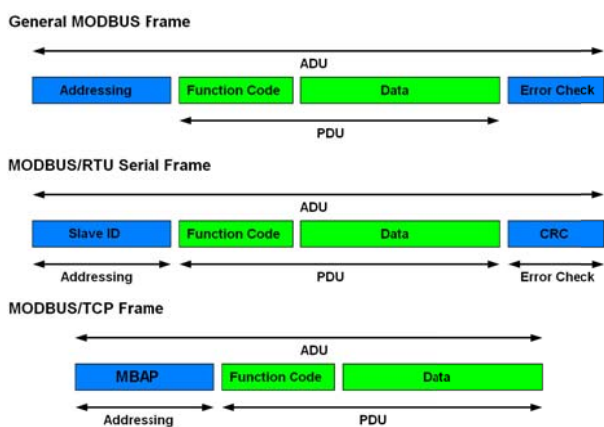
1	Cortex-A8架構,主頻400MHz,內部記憶體64M DDR2, 128M FLASH存儲器,操作系統WINCE5.0
2	VGA信號輸出,可設置的解析度可支援至: 1024x768,1280x768,1280x800,1280x1024,1360x768,1366x768等。
3	兩個USB HOST接口,可同時連接USB滑鼠,鍵盤,隨身碟等等。
4	一個USB DEVICE接口,支援Activesync可以和PC同步通信和線上調節應用程式。
5	一個100M乙太網路接口。
6	SD/MMC卡擴充槽,支援SD卡和MMC卡。
7	觸摸螢幕接點,可提供觸摸螢幕程式驅動(TouchKit協議)可以相容市面上80%的觸摸螢幕顯示器。

## 3. 整體效果

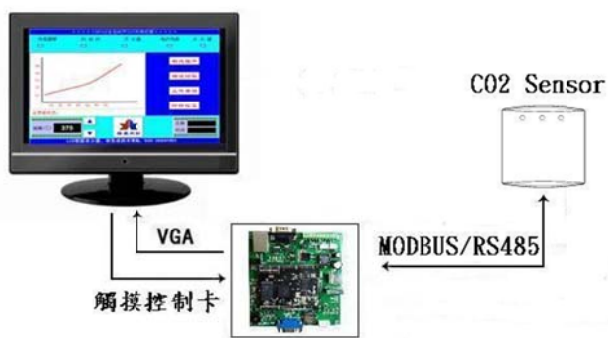
本系已由濟耀國際股份有限公司量產，已至多處公共場合測試，並延伸發展不同場合應用版本，廣為大眾好評。



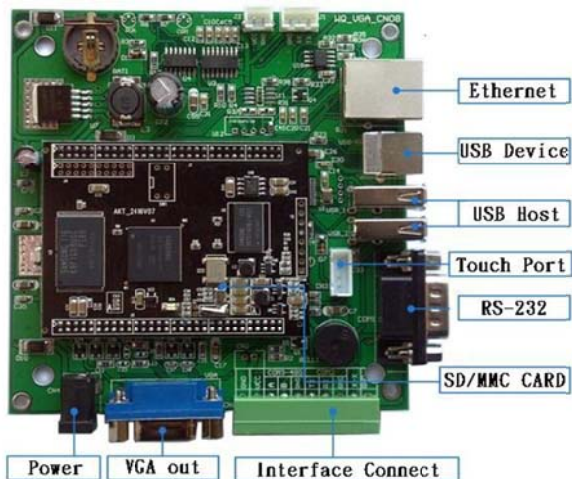
圖一、系統整體架構。



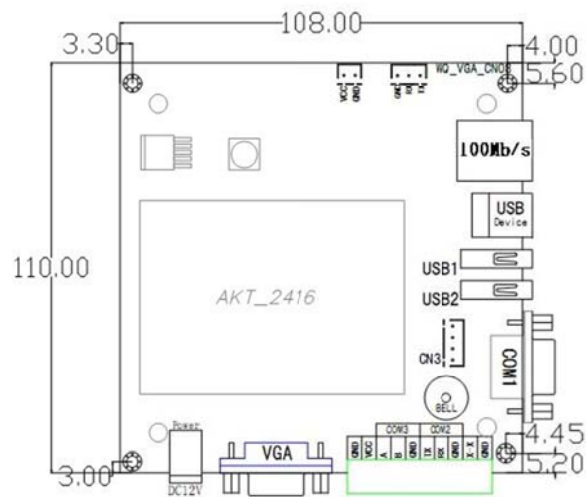
圖二、MODBUS通訊協定資料框架。



圖三、二氧化碳感知器與監測系統關係圖。



圖四、人機介面功能描述。



圖五、人機介面外部尺寸圖。

**濟耀國際股份有限公司**  
**室內空氣品質CO2監控值**

顯示地點	溫度 °C		相對溼度 % RH		差
	平均值	即時值	優良	注意	
一樓大廳	PPM	PPM	●	●	●
二樓樓層	PPM	PPM	●	●	●
三樓樓層	PPM	PPM	●	●	●
四樓樓層	PPM	PPM	●	●	●

標準值: 1000PPM      平均值符合標準      ● 平均值符合標準, 即時值高於標準      ● 平均值與即時值皆高於標準

圖六、監視系統顯示。

**4. 誌謝**

感謝濟耀國際股份有限公司的支援，使

本計畫得以順利進行，特此致上感謝之意。

## 5. 參考文獻

- [1] 室內空氣品質管理法，中華民國 100 年 11 月 23 日總統華總一義字第 10000259721 號令公布.
- [2] U.S.EPA, Compendium of methods for the determination of air pollutants in indoor air. Method IP-3, 1990.
- [3] U.S.EPA, Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems : Volume II Ambient Air Specific Methods, Section 2.6, 1990.
- [4] 行政院環境保護署，室內空氣品質檢驗測定管理辦法，中華民國101年.
- [5] 行政院環境保護署，室內空氣品質自主管理推動計畫期末報告，中華民國96年.
- [6] 空氣中二氧化碳檢測方法－紅外線法，中華民國102年1月30日環署檢字第 1020009774號公告.

# 光學近接補正圖形設計對負型彩色光阻圖形擬真度之探討

顏丹青

萬能科技大學，工業管理系，桃園市。

stanyan@mail.vnu.edu.tw

## 摘要

可攜式數位資訊顯示器特別要求高對比技術，因此要求彩色濾光片製作完全與設計圖形相同的色塊圖形，以避免造成顯示器面板對比值的降低。本文利用 Critical Shape Error (CSE) 評價指標的概念分析不同型態的 Optical Proximity Correction (OPC) 光罩補正圖形在負型彩色光阻曝光後所形成的結果，並提出利用 CSE 評價指標評價 OPC 光罩補正圖形適用性的程序。進而找出能使彩色濾光片之實際色塊與設計圖形間的差異空白區域為最小的 OPC 補正圖形，以有效減少液晶顯示器實際使用上的對比值損失。在眾多的 OPC 光罩補正圖形與尺寸中我們選擇出最合適的組合，並利用這組最合適的 OPC 光罩補正圖形實際製作出修正後的彩色濾光片，與未做光罩補正的彩色濾光片做比較，證明了該組 OPC 光罩補正圖形確實具有非常好的圖形擬真度。

## 1. 簡介

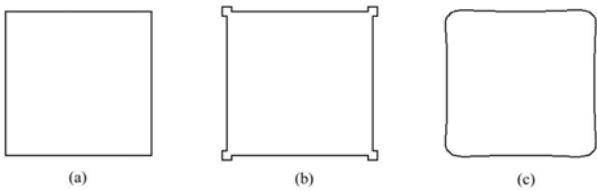
近年來伴隨著寬頻通訊技術的快速發展，各種可攜式數位資訊產品的市場成長速度非常可觀。所謂可攜式數位資訊產品是指擁有可攜帶至戶外使用的數位資訊產品。在資訊顯示器的技術面上特別要求低消費電力及高對比技術[1]。因此在對於資訊顯示器中扮演重要色彩元件的彩色濾光片的採用上，除注重開發最適化的著色材料之外，還要求在對比方面有所進步，同時為提昇明亮度而在構造上剷除了 Black Matrix (BM) [2]。但僅利用如圖一所示之色塊交疊方式製作彩色濾光片必須考慮避免過多空白區域出

現，而使射入顯示器面板的環境光線自空白區域下方的金屬線路區反射出來，進而降低顯示器面板的對比值[3]。

## 2. CSE模型描述

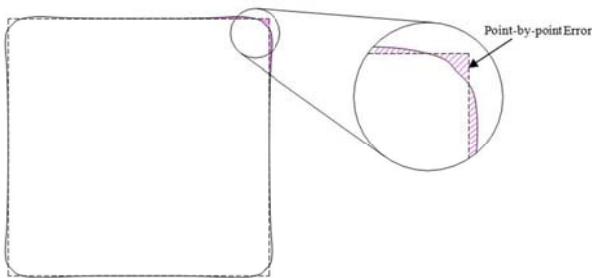
由於彩色濾光片空白區域是因為利用微影製程在製作彩色濾光片時，曝光程序中的光線繞射而導致光罩上的圖形不能非常完整地轉寫到彩色光阻上所造成。無論在彩色濾光片的製作上或是半導體工業上，舉凡使用到微影製程製作圖形轉移的工作時都會遭遇相似的問題—如何正確地將光罩上圖形轉寫至光阻上？1994 C. Henderson 等人[4]針對曝光製程中設計圖形與實際光阻圖形之差異，即所謂的 Optical Proximity Effect，在光罩上進行補正，稱為 Optical Proximity Correction (OPC)。圖一為微影製程中圖形轉寫的簡單概念說明。圖一(a)為設計圖形，預期做成直角造型。由於瞭解到曝光過程中會有 Optical Proximity Effect，因此預先在光罩的角落製作補正圖形，如圖一(b)。最後在實際製程中所獲得的圖形，如圖一(c)所示。1996 年 K. Eib[5]利用微影光學模擬技術討論如何選用合適的 Optical Proximity Correction 光罩補正圖形。1996 年 A. Mack[6]透過光學模擬方法定義出評價 Optical Proximity Correction 光罩補正圖形的指標，稱為 Critical Shape Error (CSE)。



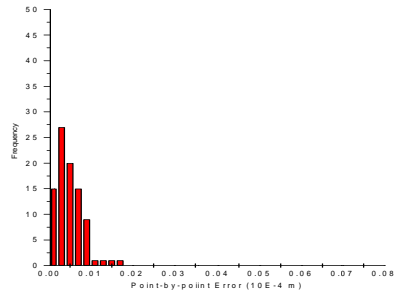


圖一 圖形轉寫的概念圖。(a)設計圖形; (b)光罩補正圖形; (c)光阻呈現圖形。

圖二為 Critical Shape Error (CSE) 評價指標的概念圖。圖中虛線表示原始設計的圖形，實線為經過 Optical Proximity Correction 圖形補正的光罩所製作出來的光阻圖形。以合理的間距做間隔，將兩圖形之差距線段 (Point-by-point Error) 統計出來。計算出其平均值 (CSE<sub>avg</sub>)，前 10% 最長差距線段之平均值 (CSE<sub>90</sub>)，及前 20% 最長差距線段之平均值 (CSE<sub>80</sub>) 後做比較。並檢討這些差距線段所構成的 Histogram 圖 (如圖三所示)，來判定合適的 Optical Proximity Correction 光罩補正圖形。本文利用 Critical Shape Error (CSE) 評價指標的概念分析不同型態的 Optical Proximity Correction 光罩補正圖形在負型彩色光阻曝光後所形成的結果，並提出利用 CSE 評價指標評價 Optical Proximity Correction 光罩補正圖形適用性的程序。



圖二 Critical Shape Error (CSE) 評價指標的概念圖。



圖三 Critical Shape Error 差距線段所構成的 Histogram 圖。

### 3. 實驗說明

透過文獻回顧的整理與實際製作負型彩色光阻圖形的觀察，發現在圖形彎折處都會因為 Optical Proximity effect 造成圖形變異。原始設計之直角造型在曝光、顯影後卻得到一個具有曲率半徑的圓角。由於彩色濾光片所需要的圖形多為簡單的直方形，因此直角造型對於彩色濾光片而言是第一需要優先考慮的圖形。本文設計邊長為 60 μm 的正方形圖形為基礎，在四個角落設計各種 Optical Proximity Correction 補正圖形，進而觀察不同補正光罩圖形對於實際製作之光阻圖形的效果。我們所使用的 Optical Proximity Correction 補正圖形有正方形，六邊形，八邊形，及利用三角形構成的鋸齒造型。表 1 為 Optical Proximity Correction 補正圖形設計的整理表。

表 1 OPC 補正圖形設計整理表

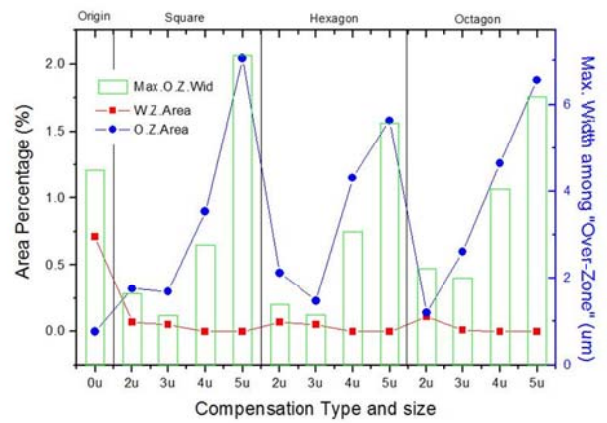
		condition (I)							
Square OPC		2μm	3μm	4μm	5μm				
Hexagon OPC		2μm	3μm	4μm	5μm				
Octagon OPC		2μm	3μm	4μm	5μm				
		condition (II)							
		number of OPC pattern	dimension scale	number of OPC pattern	dimension scale	number of OPC pattern	dimension scale	number of OPC pattern	dimension scale
Triangle OPC with 0.5μm height	single			single		single		single	
	double	1 time		double	2 time	double	3 time	double	4 time
	triple			triple		triple		triple	
Triangle OPC with 1μm height	single			single		single		single	
	double	1 time		double	2 time	double	3 time	double	4 time
	triple			triple		triple		triple	

完成光罩設計後，利用一般的彩色濾光片微影製程製作試片。簡單描述彩色濾光片的標準生產流程[7]如下。首先清洗玻璃基板，接著經過清洗、光阻塗佈、軟烤、光罩曝光、

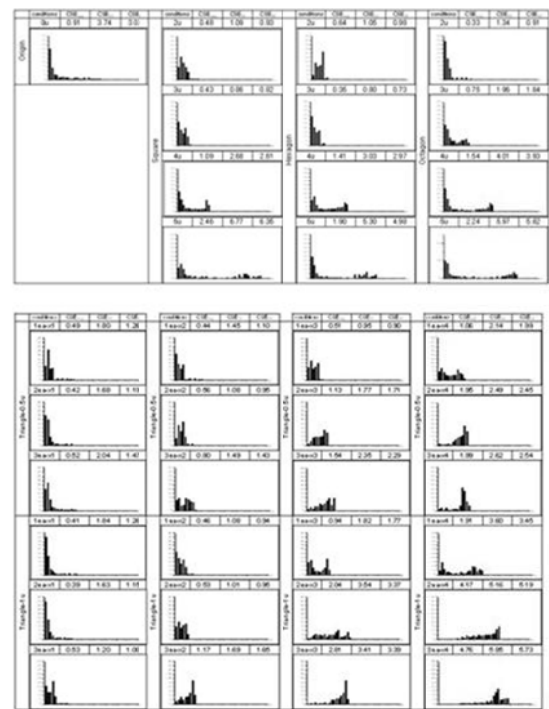
顯影、硬烤等黃光微影(Lithography)動作將 BM 的圖形產生出來。然後同樣利用黃光微影的動作程序透過有著各種 OPC 補正圖形的光罩對準 BM 層上的定位記號，依次做出紅、綠、藍之色塊形狀，並且使這些色塊間隔均勻地排列在 BM 所形成的開口區域上，如此完成彩色濾光片樣本的製作。使用的負型 Colorant Resist 為日本 JSR 公司之 JCR CR2L10R 紅色光阻，顯影液為日本 JSR 公司 CD-150CR 經 100 倍稀釋後之藥液。光阻塗佈膜厚為 1.3  $\mu\text{m}$ ，曝光能量為 200mJ/cm<sup>2</sup>，顯影時間約為 25 秒。完成試片後，利用 Olympus 光學顯微鏡擷取光阻圖形影像。將光阻圖形影像傳入 CAD 系統中分析，得到光阻圖形影像與原始設計圖形間差異。利用光罩上不同之 Optical Proximity Correction 補正圖形所得到的光阻圖形影像進行 Critical Shape Error (CSE) 評價指標的計算與比較，進而討論何種 Optical Proximity Correction 補正圖形能使彩色濾光片之色塊與設計圖形間的空白區域為最小，以有效減少液晶顯示器實際使用上的對比值損失。

#### 4. 結果與討論

統計整理光阻圖形外框與光罩設計圖形間的差距線段，繪製 Histogram 圖並計算 CSE 評價指標： $CSE_{avg}$ 、 $CSE_{90}$  及  $CSE_{80}$ ，然後列表整理於圖五。透過 CSE 評價指標分析找到合適的 OPC 設計圖形尺寸用來補正光罩上的設計圖形，可以減少彩色濾光片每個色塊間形成的空白區域面積。但從圖四可以發現當使用 OPC 進行光罩補正後，空白區域隨 OPC 圖形的外接圓直徑增大而降低。甚至在超過 3  $\mu\text{m}$  後，空白區域百分比已降低至 0%。但超過區域面積百分比卻隨 OPC 圖形的外接圓直徑增大而增加。將超出區域中最大的線段長度繪製於圖中，據此可避免選擇到超出區域面積小，但卻因超出區域中的最長線段過大，而導致色塊交疊範圍的 DOP 值過低的情形發生。透過對於空白區域與超出區域面積百分比的比較，選擇較低面積百分比與較小的超出區域線段長度作為合適的 OPC 光罩設計圖形。



圖四 Square, Hexagon, and Octagon OPC 設計圖形所得之面積百分比指標數值



圖五 各種 OPC 圖形之 CSE 指標值與 Histogram 圖

最後，透過 CSE 指標作比較，可以提出以外接圓直徑尺寸為 3  $\mu\text{m}$  的 Square, Hexagon 兩種 OPC 設計圖形為適合於本文所使用的負型彩色光阻(日本 JSR 公司之 JCR CR2L10R 紅色光阻)的光罩補正設計圖形。

## 5. 結論

當顯示器要求的解析度越來越高時，對於彩色濾光片實際光阻圖形與光罩設計圖形之間的差異(稱之為圖形擬真度, Pattern Fidelity)也要求的益發嚴苛。因此，一個能適當地反映出光罩補正設計效果的評價指標，對於如何有效達到製程技術要求是非常重要的。本文運用實際光阻圖形與光罩設計圖形間的差異線段整理出 Histogram 圖，並分析其 CSE 指標。然後再搭配實際光阻圖形與光罩設計圖形間的差異所構成的空白區域與超過區域的面積相對於色塊設計面積的百分比，在眾多的 OPC 光罩補正圖形與尺寸中選擇出最合適的組合。

## 6. 參考文獻

- [1] S. Kawa and H. Seki, Flat Panel Display 2000. pp. 60, Nikkei Microdevices, 2000.
- [2] K. Fujimori, etc., “New Color Filter Structures for Transflective TFT-LCD”, SID 2002 International Symposium, 2002, pp. 1382-1385.
- [3] H. Takezoe, Y. Takanishi and K. Miyachi, Graphical Textbook of Liquid Crystal Display. pp. 121, Technical Publication, 2001.
- [4] C. Henderson, W. Otto, G. Garofalo and S. Vaidya, “Optical Proximity Effect Correction: An Emerging Technology”, Microlithography World, summer 1994, pp.6-12.
- [5] K. Eib, “The art and science of lithography simulation”, Microlithography World, winter 1996, pp.11-15.
- [6] A. Mack, “Evaluation of Proximity Effects Using Three-dimensional Optical Lithography Simulation”, Processing of SPIE, Vol. 2726, pp.634-639.
- [7] Ram W. Sabnis, “Color Filter Technology for Liquid Crystal Displays”, Displays 20 (1999) 119-129.

# 塑膠光纖呼吸感測系統之製作

## Fabrication of Plastic Optical Fiber Respiratory System

廖士杰                      林柏宇                      林鈺城  
Shih-Jie Liao              Bo-Yu Lin                      Yu-Cheng Lin

台灣桃園縣銘傳大學電子工程學系暨研究所

Department and Graduate Institute of Electronic Engineering, Ming Chung University,  
Taoyuan, Taiwan, 333, R.O.C.

### 摘要

在本研究中，我們利用了光纖接觸到不同折射率的介質，可感測出不同反射強度的特性，製作出呼吸感測器，並結合光感測器、放大電路、LabView 人機介面，發展出可監測與記錄呼吸狀況的呼吸監測系統，對人的呼吸起伏信號作長時間紀錄。

### Abstract

In this study, we made a respiratory sensor and measure the different reflection intensity based on the refractive index of optical fiber interacting to different medium. In addition, we develop a respiratory system, which combine with a light detector, a amplifier circuit and a LabView interface program. In experiment, we monitor a human respiratory status and record the respiratory variation signal for a long period.

## 1. 簡介

根據醫學統計，在睡眠中呼吸中止或呼吸道阻塞，造成呼吸停止及猝死的案例正逐年攀升，尤以老人及嬰兒為高危險群。而根據醫學報導，當人體呼吸突然停止至真正死亡期間，心跳通常仍會持續跳動數分鐘，因此如何在呼吸停止的第一時間能夠偵測到被照護者呼吸停止的訊號，進而透過快速及有效的傳遞，讓位在遠地的親人、社區居家照護小組或是醫療體系也能夠在第一時間收到訊

號並發出警告，通知位於被照護者最近的醫療單位前往施與正確的急救，以防止悲劇的發生。因此如何研製出輕、薄、方便且低成本的呼吸感測器，以實現居家老人或病患照護，減低醫療付擔，節省社會成本，是亟待解決的問題。

市面上有許多不同的呼吸監測設備，像是呼吸感應性體積計[1]、食道壓的測量[1]、嬰兒呼吸監測器[2]等等...，而這些監測系統被製造的目的就是為了照顧老人以及嬰兒或是病患，不過設備不是體積太大，就是價格貴。

近年有許多學者提出製造呼吸感測器的方式，例如：利用多層碳奈米電極[3]、質譜儀[4]及如同本研究所使用的光纖[5][6]等。而本研究中利用光纖對不同介質的反射特性，做出塑膠光纖作呼吸感測，大幅減小體積，方便攜帶，同時也可減少對人體造成的不適，最重要的是還能進行即時偵測與長時間紀錄。

## 2. 原理

當光從折射率 $n_1$ 的介質傳遞到折射率 $n_2$ 的介質時，兩者介面可能會同時發生光的反射及折射。而菲涅爾方程式(Fresnel equation)就是描述不同的光波分量被折射和反射的情況。通常我們稱反射比為 $R$ ；而穿透比為 $T$ ，當正向入射時，可簡化成

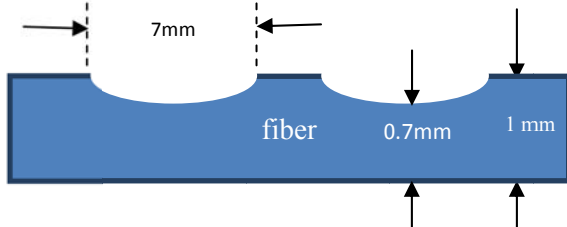
$$R = \left( \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 \quad (1)$$

$$T = 1 - R \quad (11)$$

塑膠光纖材料(PMMA)的折射率  $n_1$  約為 1.49，在空氣介面上  $n_2=1$ ，將有 3.87%的反射量；呼吸時，光纖端面會沾上水分子，水的折射率  $n_2=1.33$ ，反射量降為 0.69%。因此，呼吸時，會有反射量差 3.18% 的改變，由光的反射量即可測量出呼吸的狀況。

### 3. 呼吸感測器製作

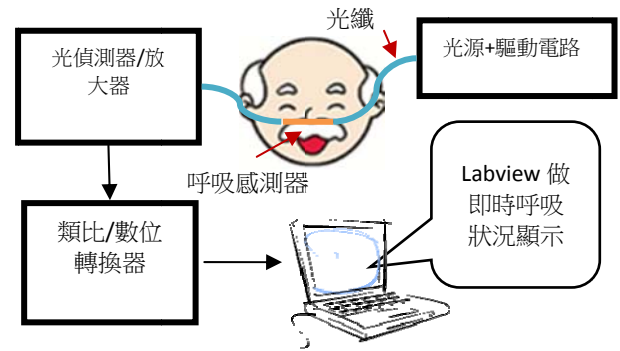
我們採用外徑 / 內徑為 1000 $\mu$ m/980 $\mu$ m 的 PMMA 塑膠光纖，Numerical Aperture (NA) 0.48，Core Refractive Index 1.49。為得到較佳的反射條件，光纖必須先去去除 cladding，元件結構如圖一。製作時先將光纖用砂紙進行研磨，研磨到光纖的直徑大約為 700 $\mu$ m，長度約為 7mm，接著用較細的砂紙進行拋光，最後用光學顯微鏡觀察表面的光滑度，並檢查其表面是否有刮痕，若有刮痕則重複拋光。



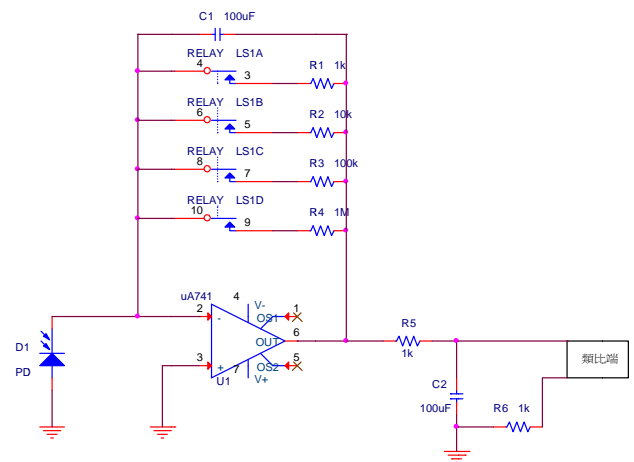
圖一 光纖呼吸感測器結構圖及照片

### 4. 呼吸感測系統

以下圖二為架構圖



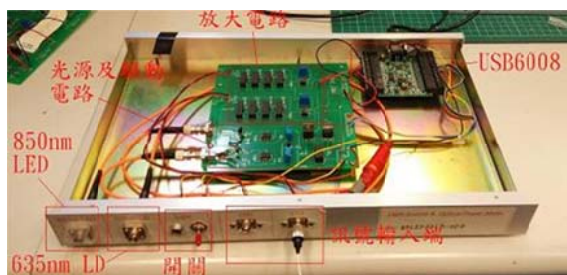
圖二 光纖呼吸感測系統架構圖



圖三 信號放大電路圖

當 LED 光源經光纖讓監測區接收後，感測區的光檢測器會將光訊號轉換為電流訊號，當反射回來的功率越大時所產生的光電流也會越大。光纖會因為使用時的彎折，造成信號減弱，因此放大電路必須能動態調整增益，我們利用四個 relay 切換到不同的電阻分支，可隨時調整如圖三。

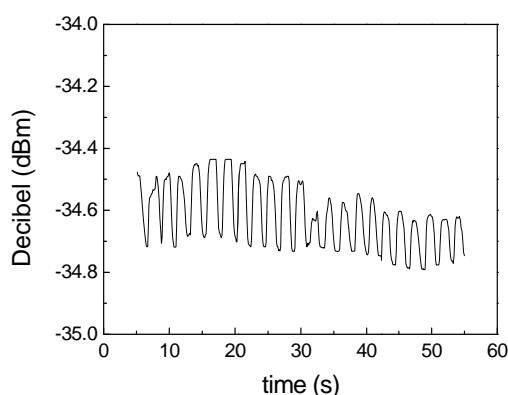
再藉由 NI 公司的 USB-6008 擷取資料並且配合電腦使用 Labview 顯示出介面顯示出接收到的訊號，整個系統照片如圖四。



圖四 系統實體圖

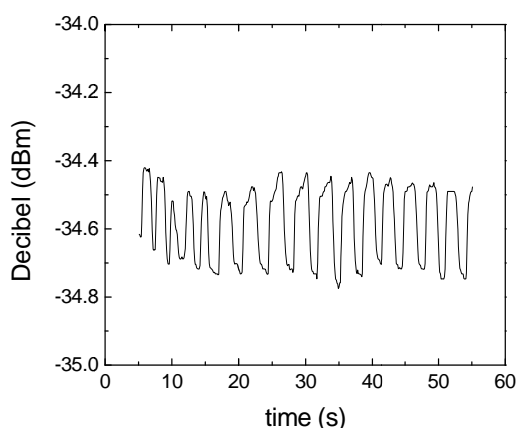
## 5. 實驗結果與討論

前 5 秒與後 5 秒刪除，排除實驗準備時的不穩定。



圖五. 正常呼吸下塑膠光纖的增益

從圖五中我們可以看出在正常呼吸的狀態下，呼吸感測器的增益約為 0.5dbm 並且十分穩定，頻率約為 26.4 次/min。



圖六. 進行深呼吸下塑膠光纖的增益

在深呼吸的狀態下，呼吸感測器的增益一樣為 0.5dbm 且十分穩定，頻率約為 19.2 次/min。而因正常呼吸及深呼吸的

增益皆為 0.5dBm 的原因，是因為在兩種方式下由於呼吸感測器的表面面積非常小，因此很容易就讓水分飽和在表面上，導致不論是正常呼吸或深呼吸的增益都是 0.5dBm。

## 6. 結論

我們完成了一個呼吸感測器及監測系統，並且經由實驗，確實可以記錄人的呼吸狀況。未來可以藉由光纖上鍍一層金屬層，利用 SPR 來讓增益效果更加顯著，讓將呼吸感測器的靈敏度提高，我們可以更精確的判斷人的呼吸狀況；若加上一個警報器或連上手機，當人的呼吸狀況發生異常時，發出警報並通知家屬或醫院。

## 7. 參考文獻

- [1] 呼吸監測系統,陶宏洋  
<http://www.vghks.gov.tw/icu/pdf/14.pdf>
- [2] Angelcare AC1100 嬰兒呼吸監測器  
<http://www.angelcarebaby.com/item/usa-best-video-monitor-with-sensor-pad-ac1100/#.VUpccPmqkqo>
- [3] Hai Liu, Xiaohang Chen, Dong Xu, Zhongyu Hou, Yafei Zhang, "Microfabricated Breath Sensor based on Carbon Nanotubes for Respiration Monitoring", January 2009
- [4] Matthias Frank, George Farquar, Kristl Adams, Michael Bogan, Audrey Martin, Henry Benner, Christopher Spadaccini, Paul Steele Lawrence Livermore National Laboratory, "Modular Sampling and Analysis Techniques for the Real-Time Analysis of Human Breath", October 2007
- [5] A. Raza, A. T. Augousti and M. Graves "Optical Instrumentation For Respiration Measurement In Magnetic Resonance Scanners." Nov 1995

- [6] Q.Chen,R.O.Claus,W.B.Spillman,I.R. Matias, and K.L.Copper,"Optical fiber sensors for breathing diagnostics",May 2002

## 漸進多焦眼鏡鏡片 MTF 之量測

陳偉新<sup>1</sup>, 陳德請<sup>2\*</sup>, 曾于鈞<sup>1</sup>, 鐘煥文<sup>1</sup>, 李昆益<sup>3</sup>

<sup>1</sup>逢甲大學, 光電能源與視覺科技在職專班, 台中市

<sup>2\*</sup>逢甲大學, 電機工程學系, 台中市

<sup>3</sup>中華科技大學, 電機工程學系, 台北市

E-mail: kanatasan.tw@yahoo.com.tw

### 摘要

本研究以 MTF 量測儀非接觸式光學檢測方法來評估漸進多焦點鏡片的光學成像特性，並探討其優劣點。與一般驗度儀僅做初階屈光度量測，此種方式包括高階像差量測。對聚焦透鏡現有 MTF 測試方法已相當成熟，而發散透鏡需使用輔助法間接量測 MTF 值，其所量測值係相對值，雖僅能做比對之用，但這項量測值對漸進多焦眼鏡片品質控制在實用上已可以達到效果。本方法對提升配戴者品質與生產製造水準幫助很大。

### 1. 簡介

由於技術革新腳步的加快，漸進多焦鏡片設計技術更新換代的速度也越來越快，從 20 世紀 50 年代第一副現代漸進多焦鏡片開始到 70 年代，屬於第 1 代設計。到了 70 年代中期，視覺生理的研究進展早期軟式設計的第 2 代漸進多焦鏡片應運而生。20 世紀 80 年代中期出現了第 3 代產品。20 世紀 90 年代強調舒適視覺的第 4 代漸進多焦鏡片設計成為主流，2000 年現代軟式設計的第 5 代漸進多焦鏡片重視了運動視覺的需要，漸進區短而寬，像差得到了有效的控制，有效視野也更為寬廣。2005 年以後，結合雙眼視覺眼動參數的現代軟性設計成為主流，漸進多焦鏡片進入“個人化”設計時代(customized design)。2007 年依視路公司推出的抗疲勞型漸進多焦鏡片，把“抗疲勞”這一元素加入到漸進多焦鏡片的設計理念，更是在業界掀起了一場颶風。預計未來二到五年的漸進多焦鏡片研究將進入新材料(如液晶)和漸進折射率臨床實驗階段。

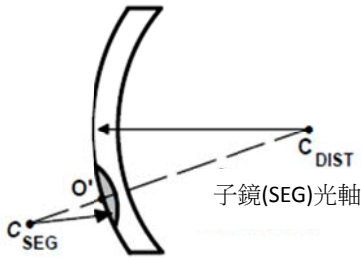
### 2. 漸進多焦鏡片設計原理

漸進多焦鏡片是利用改變鏡片前後表面曲率或形狀，來改變鏡片屈光度的一種鏡片，把鏡片看遠處和近處的度數製作不一樣，也就是在一個鏡片上下做不同的前後曲率，製造出不同的屈光度。當鏡片的前表面曲率與後表面曲率一樣時稱為平光，前表面的曲率小於後表面曲率稱為凹透鏡，前表面的曲率大於後表面曲率稱為凸透鏡。而凹透鏡可以用來矯治近視，凸透鏡可以用來矯治遠視跟老花眼。

漸進多焦鏡片的光學表現好像安裝一個視近方部份子鏡片於主要視遠方部份母鏡(DIST)上。該近方子鏡(SEG)部份多具有自己的光學中心與光軸，如圖 1 所示。一個透鏡的光軸是參考軸連結前表面和後表面的曲率中心。近方子鏡當作被視為一個體的透鏡時，此定義也適用於多焦點鏡片。當然，在該子透鏡的總屈光度也包括遠用透鏡的折射作用，其本身被稱為一個附加度數，附加在鏡片的遠用度數。

在大多數情況下，我們無法用驗度儀實際定位漸進多焦鏡片的光學中心，只能用於測量兩個主要光學中心的度數，即遠用度數和近用度數。漸進多焦的附加度數是遠用部分度數與近用部分度數兩者的差值。為了驗證遠、近用頂點焦度，兩者的焦點應該在前表面檢測，透鏡中心厚度和曲率在遠、近用頂點焦度的測量值會產生顯著的差異，這對於附加度數鏡片特別重要。首先我們測量遠用部分、再測量近用部分差別的附加度數。雙焦點和三焦點子鏡以各種變化尺寸和形狀被應用，圖 2 為一些常見的雙焦點鏡片以及每個子鏡的光學中心和尺寸標示法。

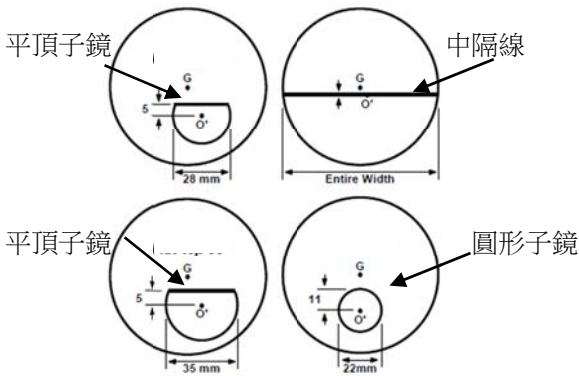




圖一、多焦點光軸圖

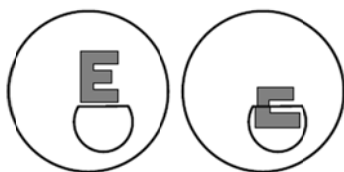
由圖一表示多焦點子鏡的光軸是連接子鏡曲率中心和母鏡的曲率中心 (C<sub>SEG</sub> 和 C<sub>DIST</sub>)。子鏡片光學中心 O' 是曲率中心與光軸相交線段的頂點。

如圖二所示為一些常見雙焦點子鏡的尺寸和形狀。G 點為母鏡幾何中心，O' 點是子鏡光學中心。



圖二、常見雙焦點鏡片結構圖

而圖三表示一個影像穿過眼睛頂部邊緣部分產生的位移效果，這個效應的另一個後果是盲區或稱盲點，其為影像暫時出現崩潰或部分消失。平頂雙焦子鏡沿物體移動，因子鏡的稜鏡作用，物體下半部的影像產生上移並放大，使物體產生跳躍進入子鏡。因為光線進入子鏡與母鏡疆界造成在跨越子鏡邊緣感覺到物體的雙影像。



(a) 子鏡未穿越物體 (b) 子鏡穿越物體  
圖三、相異的影像位移和近盲點示意圖。

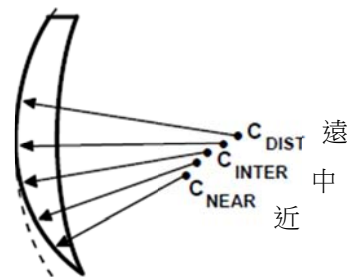
鏡片屈光度的影像位移量稜鏡度  $\Delta_{JUMP}$  可以用附加度數  $F_{ADD}$  與 Prentice's rule 獲得，其公式定義為： $\Delta_{JUMP} = d \cdot F_{ADD}$ ，其中 d 等於變焦區域子鏡的頂部邊緣到光學中心 O' 的距離，單位是公分。

範例：一個平頂 28mm 雙光鏡片其附加屈光力 2.5D，光學中心在頂部下緣 0.5cm 處，請問影像位移多少？

$$\Delta_{JUMP} = 0.5 * (2.50), \Delta_{JUMP} = 1.25。$$

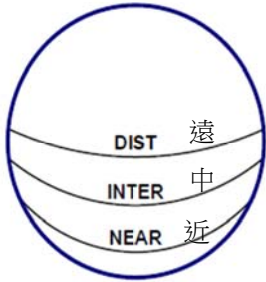
在外型上，通常漸進多焦鏡片都是單一片形式。鏡片前表面曲率從鏡片上緣逐漸變化，遠用區域屈光力為最小值，近方區域屈光力為最大值。由圖四所示前表面曲率剖面圖來看，靠近近方區域 C 點部分曲率半徑為最短。因為 C<sub>NEAR</sub> 的曲率半徑短，提供了比 C<sub>DIST</sub> 遠方區域 C 點更強的表面屈光度。

在這兩點之間的曲率半徑會逐漸改變，也提供屈光度逐漸地平順漸進變化。



圖四、前表面曲率剖面圖

由圖五所示鏡片曲率變化圖可以發現漸進多焦點鏡片的加入度隨著鏡片表面曲率往下變化而逐漸改變。圖四和圖五顯示在表面曲率和表面屈光度越往下方，近用區域會逐漸增加。所以表面曲率的改變與屈光度的逐漸增加是為了提供一個沒有界線干擾阻礙，平順且連續的近方區域屈光加入度。



圖五、鏡片曲率變化圖

作為一般用途的基本的漸進多焦點鏡片具備有三個不同視覺功能的區域：

- (1)遠用距離區域，位於鏡片上方適當的區域，它提供了遠方所需的矯正屈光度。
- (2)近用距離區域，位於鏡片下方適當的區域，它提供了近方所需的矯正屈光度。(或加入度)。
- (3)中距離區域。位於遠用和近用這兩區域間的中央區域，連接這兩個區域並提供近用所需的正度數。

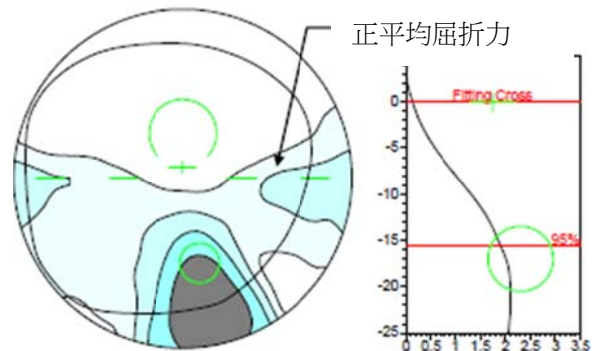
這裡我們補充介紹漸進多焦鏡片的等高線地形圖，在漸進多焦鏡片加入度的分析與比較上是非常實用的。

如圖六屈折力分布圖顯示遠用區域逐步往近用區域增加正度數。每一等高水平線代表加入+0.50D 屈光度，圖六證實四個等高水平線代表加入+2.00D 屈光度。

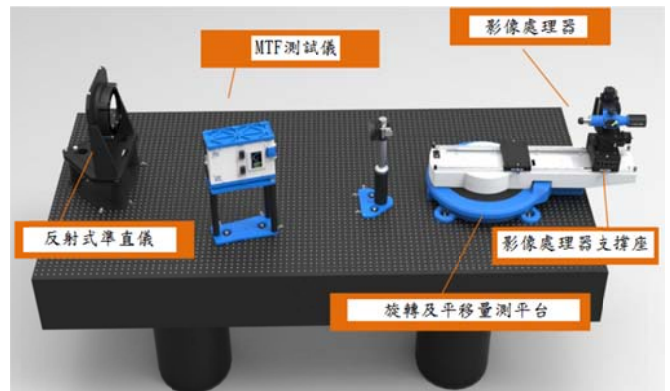
### 3. 漸進多焦點鏡片MTF量測

本實驗選用三種漸進多焦鏡片，分別為 A 漸進多焦鏡片其規格為 S:0、C:-50、AXI:40、ADD:150、B 漸進多焦鏡片其規格為 S:-250、ADD:+250 及 C 漸進多焦鏡片其規格為 S:+200、ADD:+150。實驗儀器包括準直鏡、透鏡夾持具、待測透鏡、光學光闌、影像處理器(包括 CMOS 相機及程式)、旋轉及平移量測平台(包括光學滑軌)、及影像處理器支撐座等，如圖七所示。一般 MTF 量測儀系統參數如下：MTF 量測時間、測試目標最大尺寸、像高、焦距量測範圍、MTF 重現性、TV 畸變量測重現性、最高量測空間頻率、MTF 量測穩定度、MTF 重覆穩定度、最大量測空間頻率、有效焦距準確度、環境

光操作限制(例如：無強光直射)、及工作環境(包括濕度、溫度)。



圖六、折射屈光力分佈圖



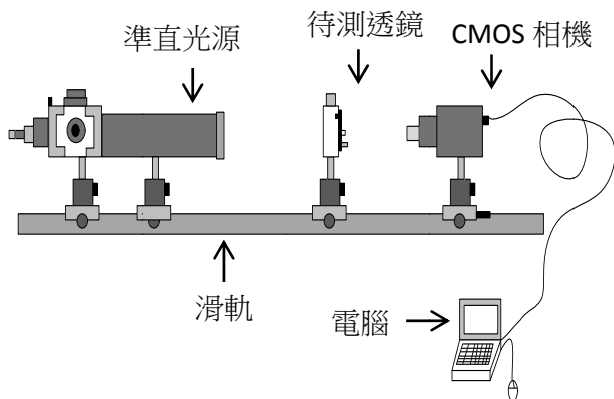
圖七、一般 MTF 量測實體圖

圖八所示為本文所使用 MTF 量測光學架構，主件包括準直光源、CMOS 相機、滑軌、及電腦(包括程式)，以下簡述量測漸進多焦鏡片 MTF 步驟：

- (a) 依照圖八所示的 MTF 量測光學架構，將準直光源、透鏡夾持具、待測透鏡和 CMOS 相機分別放置在滑軌上，調整所有光學元件使其光軸共軸。開啟準直儀光源，在 CMOS 相機前裝置成像光闌，將資料線與電腦相連。
- (b) 操作 MTF 程式，選擇“取樣模組”中的“擷取影像”，調整相機和透鏡間的距離，使電腦影像畫面上能出現準直儀中分割板的像，找到分割板影像後，固定相機下的滑塊，微調平移台，使成像清晰。
- (c) 如果影像亮度和對比度不夠時，可以適當調整程式取樣模組的增益和曝光時

間。當影像調整到合適後，先點選“停止取樣”，然後再點選“儲存影像”，將影像儲存在電腦中。

- (d) 選擇 MTF 程式中的“MTF 測量”功能模組。點選“讀取影像”讀入剛儲存的線對圖。
- (e) 點選“選取擴散函數”，將滑鼠移至一條狹縫的中心，輕按左鍵。則會出現一個紅色的矩形框。
- (f) 點選“顯示線擴散函數”，則可以得到紅色矩形框中狹縫圖案的線性擴散函數圖。
- (g) 點選“計算 MTF”，便可得到待測透鏡的 MTF 圖。
- (h) 更換另一透鏡，重覆上述步驟(a)~(g)，並記錄之。

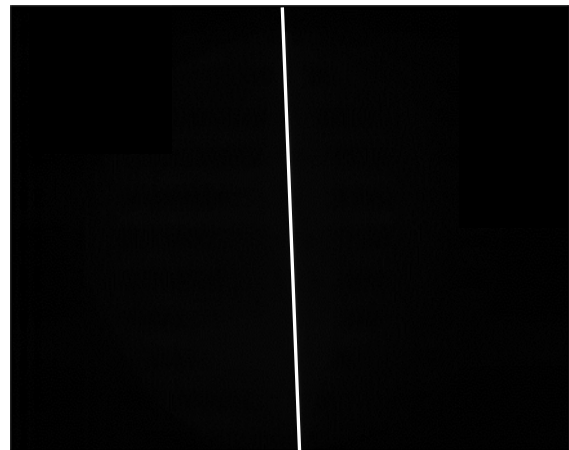


圖八、MTF 量測光學架構圖

#### 4. MTF 量測結果與分析

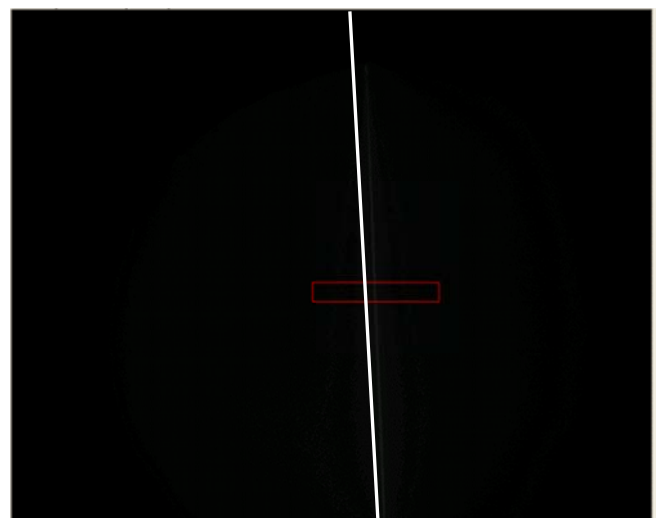
解析度量測共使用兩種樣品，一種是系統校正用參考凸透鏡，另一種為市售漸進多焦鏡片 B。MTF 量測儀係使用單狹縫當目標，CCD 攝影機當擷取單狹縫影像之用。首先使用參考凸透鏡當測試樣品進行測試，也可以當作儀器校正之用。測試結果簡述如下：圖九所示為單狹縫目標影像圖。圖十所示為在單狹縫目標影像上取一小段區域做為計算線擴散函數及 MTF 曲線用，圖十一所示為計算獲得線擴散函數圖，圖十二所示為計算獲得 MTF 曲線圖，在 30 lp/mm 時 MTF 值為 0.22。

在理論上，單狹縫是極小的線光源，但實際上單狹縫是有寬度的，因此測試結果會受到單狹縫寬度影響。其中，單狹縫越大，MTF 的偏差量越大，所以單狹縫需選擇夠窄並不影響所需測試頻率範圍內的 MTF。但若單狹縫太小，偵測器接受到的光愈弱，所以對於偵測器的要求也愈嚴格。

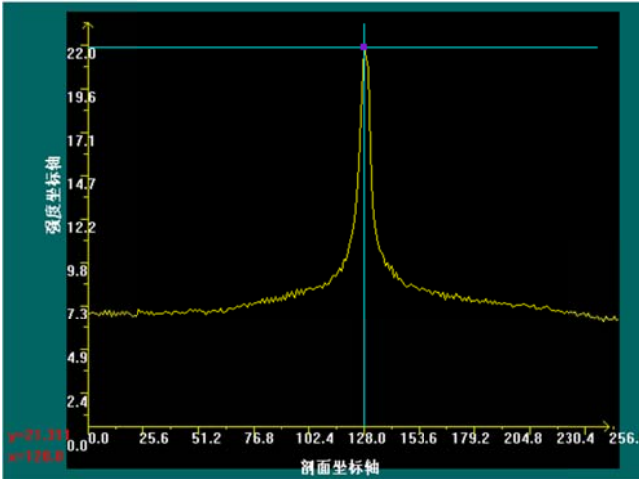


圖九、單狹縫目標影像圖

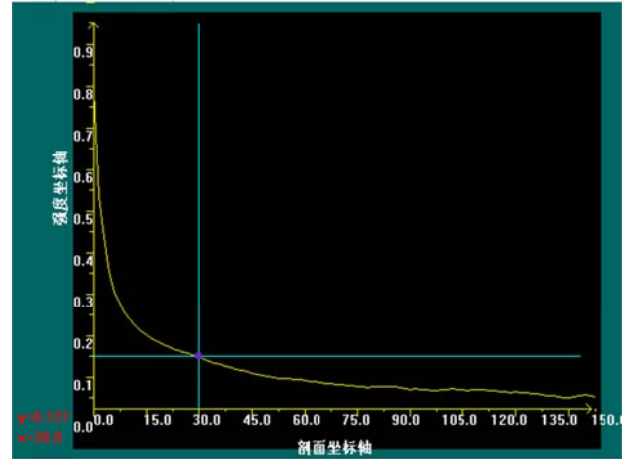
儀器校正完成之後，進行市售漸進多焦鏡片測試，漸進多焦鏡片測試需分遠用區與近用區兩部份測試。遠用區 MTF 測試結果簡述如下：圖十三所示為計算獲得線擴散函數圖，圖十四所示為計算獲得 MTF 曲線圖，測試結果在 30 lp/mm 時 MTF 值為 0.18。之後繼續測量近用區數值並整理紀錄成表一。



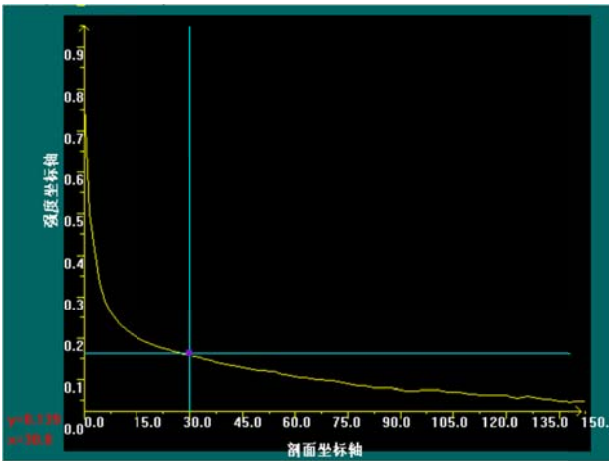
圖十、選取標示區域當線擴散函數計算



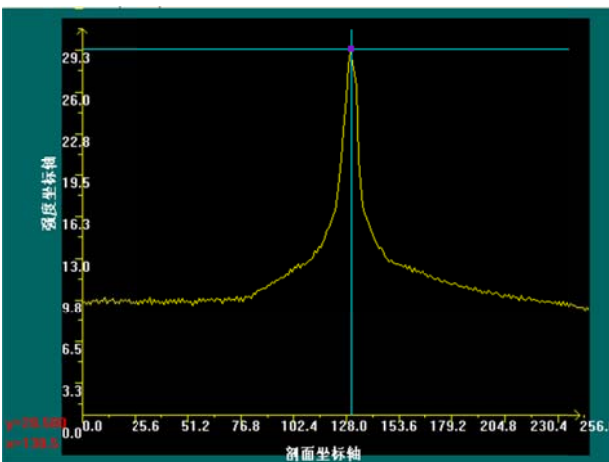
圖十一、線擴散函數圖



圖十四、遠用區 MTF 曲線圖(30lp/mm)



圖十二、MTF 曲線圖



圖十三、遠用區線擴散函數圖

表一、數值比較表

	A 鏡片	B 鏡片	
MTF(30 lp/mm)	0.22	0.18	0.14
線擴散光強度(I)	21.31	28.58	29.06
備註	*1	*2	*3

\*1 參考凸透鏡、\*2 內弧漸進多焦點鏡遠用區、\*3 內弧漸進多焦點鏡近用區

## 5. 結論

採用三種市售漸進多焦點鏡片進行 MTF 量測，以驗證 MTF 量測儀非接觸式光學檢測方法來評估漸進多焦點鏡片的光學成像特性可行性，並探討其優劣點。與一般驗度儀僅做初階屈光度量測，此種方式包括高階像差量測。對聚焦透鏡現有 MTF 測試方法已相當成熟，而發散透鏡需使用輔助法間接量測 MTF 值，其所量測值係相對值，雖僅能做比對之用，但這項量測值對漸進多焦點眼鏡鏡片品質控制在實用上已可以達到效果。本方法對提升配戴者品質與生產製造水準幫助很大。

## 6. 參考文獻

- [1] 王滿堂，“隱形眼鏡學(上冊)”藝軒圖書出版社，第一版，第一章，Section5，p.10 (2005).
- [2] 王滿堂，“隱形眼鏡學(上冊)”藝軒圖書出版社，第一版，第一章，Section5，

p.11 (2005).

- [3] Darryl J Meister, Scott W Fisher, “Progress in the spectacle correction of presbyopia. Part 2:Modern progressive lens technologies”, Clin. Exp. Optom. 91, (3), p.0-250 (2008).
- [4] James E. Sheedy, O.D., Ph.D. and Raymond F. Hardy, B.S., “The optics of occupational progressive lenses”, Optometry, 76, 8, August (2005).
- [5] Colin Fowler, “Recent trends in progressive power lenses” , Ophthal. Physiol. Opt. 18, (2), p. 234-237 (1998).
- [6] Phyllis Rakow, “The Evolution of Presbyopic Contact Lens Design: Soft Lenses” FCLSA,EYEWITNESS THIRD QUARTER , p.29-33 (2002).

# 表面電漿共振式光纖感測器表面改質之研究

## Surface Modification for Optical Fiber Sensor Based on Surface Plasmon Resonance

林鈺城  
Yu-Cheng Lin

張嘉維  
Chai-Wei Chang

台灣桃園縣銘傳大學電子工程學系暨研究所

Department and Graduate Institute of Electronic Engineering, Ming Chung University, Taoyuan, Taiwan, 333, R.O.C.

### 摘要

光纖表面無法抓取生物材料，必須先在金薄膜表面上以硫化物來進行表面改質，之後再將生物材料固定在硫化物(sulfide)上。在本研究中，我們在表面電漿共振式(Surface Plasmon Resonance, SPR)光纖感測器上進行表面改質，分別用三種不同比例的酒精水溶液做為硫化物的溶劑，檢測在哪種溶劑的改質效果最好。結果發現最佳條件是，在水:酒精為2:1時，改質後SPR波長位移了12.6nm。

**關鍵字:**硫化物、表面改質

### Abstract

The optical fiber surface can't catch biomaterials directly. Therefore, we use sulfide compounds to modify the surface of golden thin film on optical fiber sensor and then the biomaterial can be immobilized on the by sulfide. In this study, we used three kinds of water and alcohol ratio solvent for surface modification on the surface of SPR optical fiber sensor. The experimental result shows that the optimum water to alcohol is 2:1. After modification process, the shift of SPR wavelength is 12.6nm.

**Keywords:** sulfide、surface modification、SPR

## 1. 簡介

近年來表面電漿共振(SPR)的感測技術

[1]被廣泛的應用在物理、化學[2]、生物分析[3]等領域。它主要是利用經由表面電漿波激發[4]金屬與介電質的界面所產生 SPR 現象。傳統的 SPR 感測器是以稜鏡的方式將光射入感側面，不同的入射角度有不同的波向量，當此波向量與金屬及待測物構成的電漿共振波向量相同時，能量可耦合至金屬表面產生共振。但這樣的角調整機構體積較大，需要精密機械架設成入射與接收的系統，造成使用上的限制。

光纖本身具有體積小、不易受干擾、可彎曲、可長距離監測的優點，另一方面生醫材料的長足進步，可結合光纖的生物材料也更趨向多樣化，例如酵素、抗體、結合蛋白及 DNA 等，皆可用來固定在光纖表面偵測相對的物質。但是光纖鍍金表面無法抓取生物材料，需要靠硫化物來當中間的橋梁，使生物材料能牢牢固定在光纖表面上。

本文中我們主要以三種不同比例的酒精水溶液當作硫化物的溶質，以固定時間做表面改質，探討改質效果，也就是檢測硫化物是否被固定在光纖鍍金表面上。

## 2. 實驗步驟

### 2.1 光纖感測器的製作

我們採用 62.5/125 $\mu\text{m}$  的多模光纖，以 6 $\mu\text{m}$  的鑽石砂紙將光纖直徑磨掉約 1/2，可利用光學顯微鏡觀察，此時寬度約 62.5 $\mu\text{m}$ 。再以 1 $\mu\text{m}$  的鑽石砂紙來進行拋光，使用顯微鏡來觀察拋光表面，並檢查表面上是否有刮痕，

最後使用 0.1 $\mu$ m 的鑽石砂紙進行第二次拋光。將研磨好的光纖用濺鍍的方式在表面上鍍上一層金，光纖 SPR 感測器的結構示意圖及照片(圖一)，研磨面長度大約 5 mm。

## 2.2 SPR 效果檢測

將研磨鍍金好的光纖兩端分別接到鹵素光源 ANDO AQ-3303B 與光譜分析儀 ANDO AQ-6316A(圖二)，光源的頻寬 400~1800(nm)，可藉由光譜分析儀得到輸出光的頻譜圖，以此來判斷光纖感測器的光強度變化。

在測量光纖感測器時，歸一化有助於清楚觀察 SPR 現象。我們先讀取在空氣中的光頻譜圖作為背景資料，再測量滴水的頻譜圖(圖三)，將滴水和空氣的頻譜圖相減，找出其最大差值作為分子(此為最大能量消失點，即為共振波長位置)，在此波長條件下所對應到的空氣輸出功率值(背景資料)做為分母，兩者相除並取百分比，可以找出當表面電漿共振時輸出功率下降的幅度，下降百分比愈大，代表 SPR 效果愈好。

因滴水後，某些特定的波長的波向量與金屬表面形成的共振波向量相等，於是特定光波的能量就激發了表面電漿波，在光譜儀的輸出端就失去這些能量，所以滴水後的能量較原來空氣中測量的能量更低，相減會得到負值(圖四)。

我們測量光纖感測器在空氣、去離子水與酒精的強度變化，確認產生 SPR 效果(圖五)後，再進行表面改質。

## 2.3 硫化物表面改質

我們使用 11-mercaptopundecanoic acid(11-巰基烷酸)來進行表面改質。由於硫化物為粉末狀，故我們使用酒精來稀釋硫化物。先將硫化物溶解於酒精，溶液濃度為 75mM。但適量的水，有助於硫化物固定在筋膜表面。因此，我們將 75mM 的濃硫化物分成三等份，再以不同比例的酒精水溶液(3:0、2:1、1:2)稀釋成濃度為 25mM，將配置好的硫化物滴在光纖表面上靜置一個半小時，再用去離子水與酒精沖洗，就完成了表面改質。

## 2.4 改質後 SPR 效果檢測

光纖完成表面改質程序後，必須再測量改質後滴水的 SPR 效果是否有位移，驗證硫化物是否確實被固定在光纖表面。

## 3. 實驗結果

第一支(3:0)改質前滴水波長為 647.7nm，改質後滴水波長為 642.1nm(圖五);第二支(2:1)改質前滴水波長為 644.9nm，改質後滴水波長為 632.3nm(圖六);第三支(1:2)改質前滴水波長為 646.3nm，改質後滴水波長為 640nm(圖七)。

如表一，第一支共位移了 5.6nm，第二支共位移了 12.6nm，第三支共位移了 6.3nm，將三支比較發現第二支位移量最多有 12.6nm(表一)。

硫醇不溶於水，所以用 100%水稀釋效果不明顯，用 100%酒精稀釋，硫醇會待在酒精裡不會與金結合，由實驗可知 2:1 做為溶劑效果最好。

## 4. 未來展望

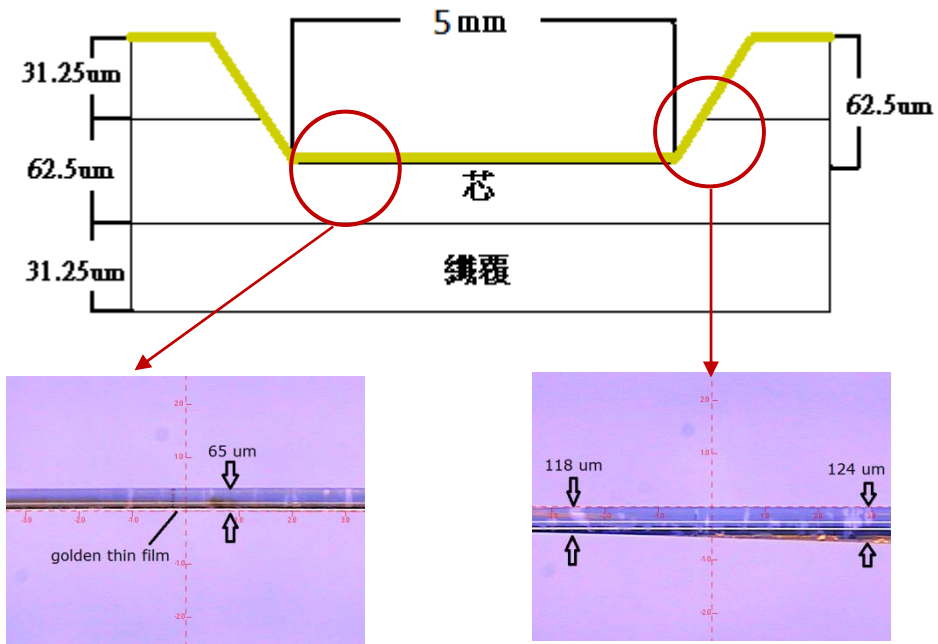
光纖能結合生物材料如酵素、抗體、結合蛋白及 DNA 等，但光纖鍍金表面無法抓取生物材料，需要靠硫化物來當中間的橋梁，所以硫化物牢固很重要，本次研究以一個半小時完成表面改質，之後會研究在不同時間與不同溫度是否也會對表面改質有影響。

## 5. 參考文獻

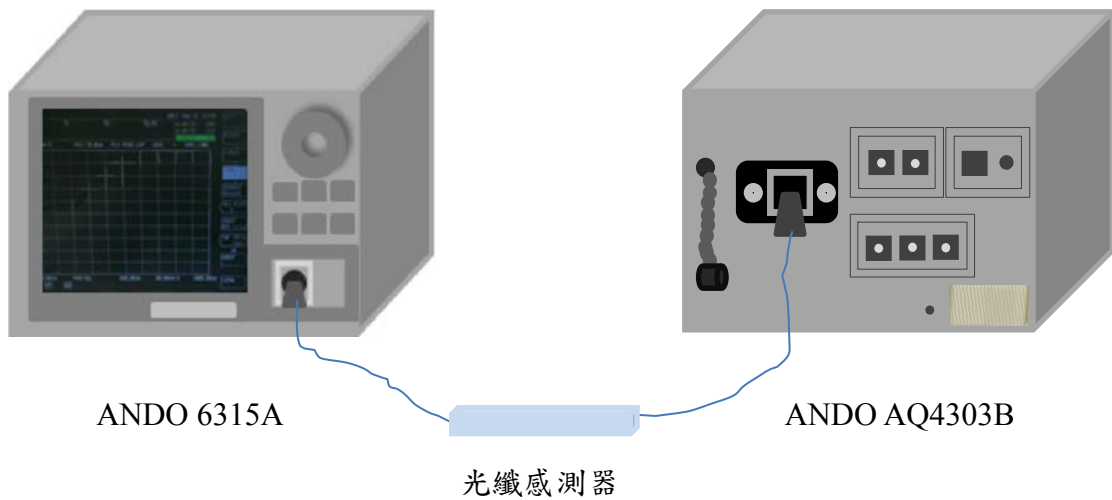
- [1] 梁仁坤, 曹育嘉, 蔡五湖, 林鈺城, 馮捷威, “光纖式表面電漿共振感測器”, 銘傳大學 2010 國際學術研討會 (2010)
- [2] M. Arnold, H. Bittermann, B. Kalbfuss-Zimmermann, T. Neumann, K. Schmidt, R. Sekul, F. Hilbrig, H. Ludolph, R. Freitag, *Journal of Chromatography A*, 1218 (2011) 4649-4659.
- [3] L.A. Luck, M.J. Moravan, J.E. Garland, B. Salopek-Sondi, D. Roy, *Biosensors and Bioelectronics*, 19 (2003) 249-259.
- [4] A.K. Sharma, B.D. Gupta, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 100 (2004)

423-431.

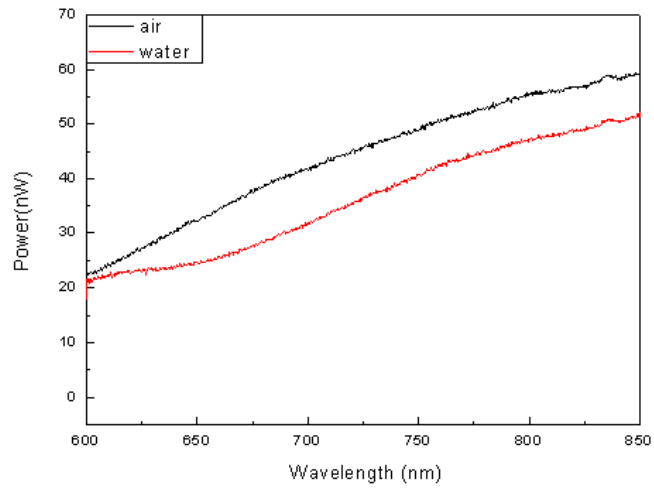




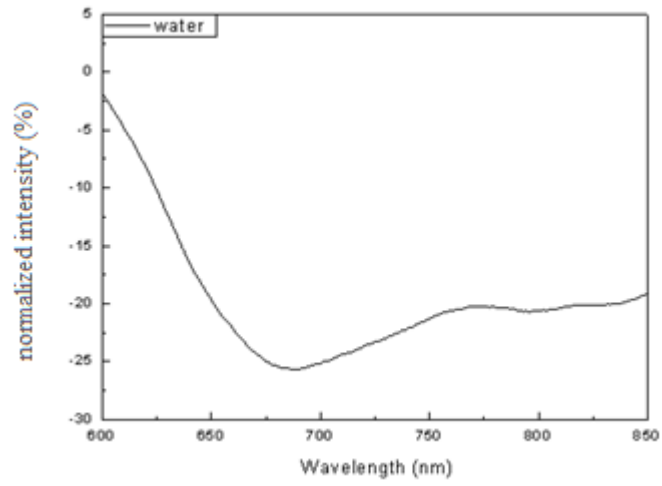
圖一、SPR 光纖感測器結構圖及照片



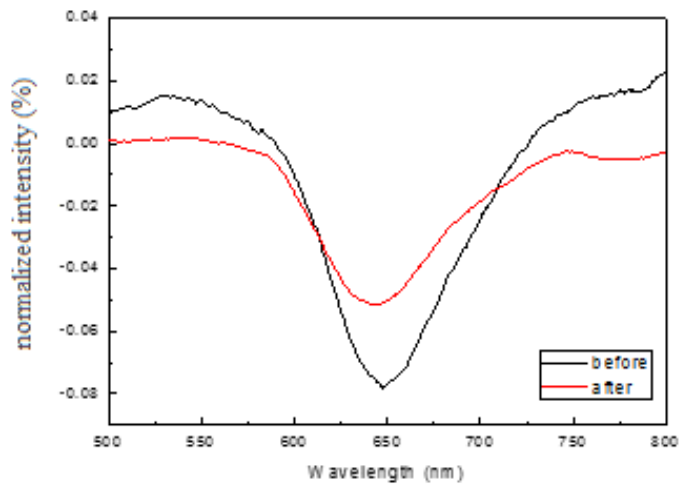
圖二、實驗架設示意圖



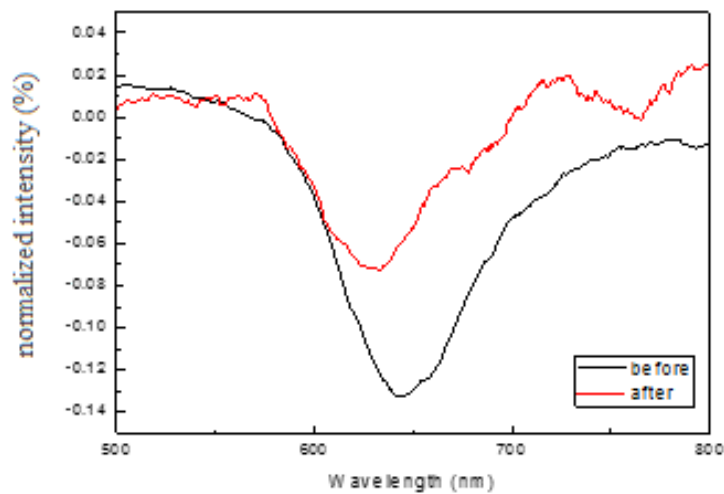
圖三、空氣與水的頻譜圖



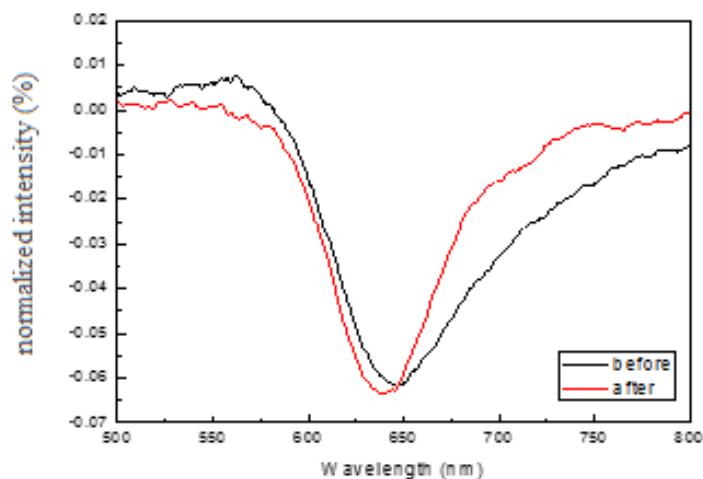
圖四、光纖感測器滴水後的SPR歸一化頻譜圖



圖五、3:0改質前後滴水SPR頻譜圖



圖六、2:1改質前後滴水SPR頻譜圖



圖七、1:2改質前後滴水SPR頻譜圖

表一、三種不同比例改質前後滴水的SPR波長與位移量

水:酒精	改質前	改質後	位移量
3:0	647.7nm	642.1nm	5.6nm
2:1	644.9nm	632.3nm	12.6nm
1:2	646.3nm	640nm	6.3nm

## 非接觸性眼壓值與屈光度值相關性分析

葉豐銘<sup>1,3\*</sup>、李世傑<sup>3</sup>、李世文<sup>4</sup>、張世聰<sup>2</sup>、陳德請<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 元培醫事科技大學，視光系，新竹市

<sup>2</sup> 逢甲大學，光電能源與視覺科技在職碩士專班，台中市

<sup>3</sup> 大葉大學，生物產業科技學系，彰化縣

<sup>4</sup> 中華科技大學，電機工程系，台北市

\*Email : [optfmy@yahoo.com.tw](mailto:optfmy@yahoo.com.tw)

### 摘要

本文探討非接觸性眼壓 (non-contact tonometer, NCT) 測量值與屈光度值相關性。研究方法為測量 192 例患者的雙眼眼壓值、雙眼眼球屈光度，將測得的數據進行統計學分析。研究年齡、性別、眼別、眼球屈光度、及屈光狀況(近視、正視、遠視的情況)對非接觸性眼壓計測量值的影響。屈光狀態量測結果如下：近視眼佔 43.48%、正視眼佔 14.67%，及遠視眼佔 41.84%。各年齡層量測眼壓為：10 歲以下組為 (17.74±3.34) mmHg，10 到 20 歲組為 (17.85±3.34) mmHg。依性別則男性為 (17.94±3.12) mmHg，女性為 (17.92±3.23) mmHg。依眼別則右眼眼壓為 (18.05±3.12) mmHg，左眼眼壓為 (17.88±3.17) mmHg。眼球屈光度近視組眼壓為 (17.83±2.95) mmHg、遠視組眼壓為 (18.12±2.94) mmHg，及正視組眼壓為 (17.81±3.16) mmHg。實驗結果如下：隨著年齡增長，非接觸性眼壓測量值有增高的趨勢；性別對眼壓的測量值沒有影響；檢測中發現右眼的眼壓值高於左眼；在患者眼球的屈光狀況(遠視、近視、正視)對非接觸性眼壓測量值，近視眼的非接觸性眼壓測量值較正視眼高，遠視眼的非接觸性眼壓測量值也較正視眼高。

關鍵字：非接觸性眼壓計(、眼壓(、屈光狀況(、屈光度(

### 1. 前言

眼壓是眼球內容物作用於眼球壁的壓力。正常眼壓有維持眼球的正常形態，為眼內無血管結構如晶狀體提供營養和代謝以及保持眼內液體循環的作用，與眼壓最相關的眼病是青光眼。眼壓與房水的生成、房水的排出和上鞏膜靜脈壓有關。房水的生成是眼壓形成的主要因素。在正常情況下，房水生成率、房水排出率和眼內容物的容積三者處於動態平衡，如果平衡失調，就會導致病理性眼壓。掌握正常和病理性眼壓的值對於臨床工作者非常重要，正常人的眼壓值範圍在 10~21 mmHg，一般將眼壓 > 21 mmHg 定為異常。有少數正常人眼壓高於 21 mmHg，但並不對視神經及視功能造成任何損害。然而也有部分青光眼患者，眼壓在正常範圍卻引起青光眼性視神經和視功能損害。

眼壓測量的臨床意義十分重要，非接觸性眼壓計 (non-contact tonometer, NCT) 由於操作簡便，一般視機能檢測對於患者多採用此法測量。我們分析屈光不正患者非接觸性眼壓測量值的影響因素，現將結果報告如下，以期指導臨床對眼壓的正確評估。

### 2. 研究方法

研究對象選取 2014 年至 2015 年接受視力篩檢患者 192 例，年齡 7~20 歲。其中，男性 105 例 (佔 54.68%)，女性 87 例 (佔 45.32%)。所有入選對象排除屈光不正以

外的其他眼病。

非接觸式眼壓計檢測是通過氣流壓平角膜，所以測壓頭不與眼球接觸。測量時噴出的氣流壓力快速增加，其壓力增長與時間呈線性關係。為了檢測角膜壓平面積，儀器同時向角膜發出定向光束，其反射光束被光電管接受。當角膜中央壓平區達3.06mm直徑時，放射光達到光電管的量最大。也就是說，達到最大反射光時發出的氣流壓力就是所測的眼壓。在正常眼壓範圍內其相關性非常好，而且採用非接觸性眼壓計亦可以避免交叉感染，非接觸性眼壓計操作簡單，一般不用麻醉，在測試前，應告訴患者氣噴時不要害怕。非接觸性眼壓計測量的是瞬間眼壓，應多次測量取其平均值，以減少誤差。非接觸式眼壓計內有一個校準系統，可定期進行校準。

本研究眼壓的測量採用日本 Topcon 公司生產的 CT-80 型非接觸性眼壓計測量眼壓，其採用光譜區域 OCT 技術與免散瞳眼底相機結合，紅外線光為主照明的來源，排除刺眼，明亮的對焦光線及增加被檢者的舒適度，內建液晶陣列固視標，輔以對焦分裂的 3D OCT-1000 操作簡單。可將訊號調整至最適合的狀況，確保系統測量的準確性，有雙重感應之測量方式：一為光源感應，另一個為壓力感應使用定量空氣噴出至角膜上，角膜會有壓力產生，以反射回來的力量來計量眼壓數值。

測量過程中囑咐患者坐端正，調整升降台的高度，使患者舒適就座，避免過度彎腰、抬頭，囑咐患者下頷置於領托上，額頭緊貼前額托帶，再調整領托高度，使眼位高度適於測量。測量前眼壓向患者交代氣體噴出的情況，避免緊張，每眼測量3次，3次結果差距超過3 mmHg者重新測量，以保證測量的準確性。測量值取3次的平均值。

眼球屈光度的測量，採用NIDEK公司生產的AR-310A自動電腦驗光機（auto kerato-refractometer），環形測量方式加上SLD(Super Luminescent Diode)、超高敏度CCD。採集瞳孔區域4mm範圍內所有資訊，最小2mm可測量瞳孔直徑，小瞳孔的客戶測

量精確度大幅上升。每眼測量3次，3次結果差距超過0.5 D球鏡度數者重新測量，屈光度值自動取3次的平均值。

### 3. 研究結果

分別研究年齡、性別、眼別、眼球屈光度、屈光狀況(近視、正視、遠視的情況)對非接觸性眼壓計測量值的影響。檢測結果，屈光狀態為，近視眼佔43.48%，正視眼佔14.67%，遠視眼佔41.84%。

在年齡組：10歲以下組為(17.74±3.34) mmHg，10到20歲組為(17.85±3.34) mmHg，發現隨著年齡的增長，眼壓測量值有增高的趨勢，如表一。

在性別：男性(17.94±3.12) mmHg，女性(17.92±3.23) mmHg，發現性別的差異，眼壓測量值的差異性不大，如表二。

在眼別：右眼眼壓為(18.05±3.12) mmHg，左眼眼壓為(17.88±3.17) mmHg，發現右眼的眼壓測量值有高於左眼的趨勢，如表三。

眼球屈光度近視組眼壓為(17.83±2.95) mmHg，遠視組眼壓為(18.12±2.94) mmHg，正視組眼壓為(17.81±3.16) mmHg，近視眼的非接觸性眼壓測量值較正視眼高，遠視眼的非接觸性眼壓測量值也較正視眼高，如表四。

表一、不同年齡眼壓值的關係

性別	人數	IOP (mmHg)
10歲以下	42	17.74±3.34
10到20歲	87	17.85±3.34

表二、不同性別眼壓值的關係

性別	人數	IOP (mmHg)
男性	105	17.94±3.12
女性	87	17.92±3.23

表三、不同眼別眼壓值的關係

性別	人數	IOP (mmHg)
右眼	191	18.05±3.12
左眼	191	17.88±3.17

表四、不同屈光狀態眼壓值的關係

性別	人數	IOP (mmHg)
遠視	73	18.12±2.94
正視	30	17.81±3.16
近視	81	17.83±2.95

#### 4. 討論

4.1 接受視力篩檢患者 192 例，非接觸性眼壓計測量值為：右眼眼壓值範圍為 11~27mmHg，左眼眼壓值範圍為 11~30 mmHg。絕大部分接受檢查的患者眼壓測量值均在正常範圍內，極少數眼壓值超過 21 mmHg，最高為 30 mmHg。

研究發現測量眼壓時，可先進行解釋以消除患者的緊張情緒，調整坐姿，測量時從上眶緣處將上眼瞼拉起（不要壓迫眼球），避免眼睫毛、眼瞼產生的測量誤差。

4.2 非接觸性眼壓測量值的影響因素分析

4.2.1 將近視組、遠視組分別與正視組的眼壓進行比較，眼球屈光度近視組眼壓為 (17.83±2.95)mmHg，遠視組為(18.12±2.94) mmHg，正視組為 (17.81±3.16) mmHg。這與其他學者的研究結果相似[1]，近視眼的眼壓測量值較高於正視。有研究發現，近視度數越深，相應眼壓值越高[2]。但是有研究表明[3]，眼壓測量時眼球壁的變形程度與球壁的材質特點及眼球壁的形態有關。球壁的材質特點主要指眼球壁的彈性度。近視眼患者尤其是高度近視眼，由於眼軸的延

長、眼內容擴張，導致眼球壁抵抗力減弱、球壁硬度降低而使得眼壓的測量值低於實際眼壓值。因此，對於高度近視患者，如果眼壓測量值偏高，應該進行細緻的眼科檢查，警惕是否發生青光眼。

4.2.2 年齡本研究發現，10 歲以下為 (17.74±3.34) mmHg，10 到 20 歲組為 (17.85±3.34) mmHg，年齡對眼壓測量值存在影響，且隨著年齡增長眼壓測量值增高。大多數的研究表明，眼壓與年齡呈正相關[2，4]，可能隨著年齡的增長，血壓升高，脈搏加快，肥胖發生，導致眼壓測量值增高。臨床中也觀察到處於發育期的青少年眼壓測量值處於較高狀態。但是另外有研究認為兩者沒有相關性[4]，甚至有研究[1]發現隨著年齡的增長，眼壓值反而下降。

4.2.3 眼別本研究中分析眼別對眼壓測量值有影響，眼別：右眼眼壓為(18.05±3.12) mmHg，左眼眼壓為 (17.88±3.17) mmHg。但是從臨床上分析，差異沒有統計學意義。

4.2.4 性別本研究中分析性別對眼壓測量值有影響，男性 (17.94±3.12) mmHg，女性 (17.92±3.23) mmHg，男性略高女性，但是從臨床上分析，差異沒有統計學意義。

#### 5. 參考文獻

- [1] Stamper RL, Lieberman MF, Drake MV. Becher-shaffer's Diagnosis and Therapy of the Glaucomas[M]. 7th ed. St Louis: CV Mosby Co, 2001: 75-78.
- [2] 劉麗, 周躍華. 影響近視患者眼壓測量值的多因素分析[J]. 眼科新進展, 2006, 26(2): 133-136.
- [3] Foster PJ, Wong JS, Wong E, et al. Accuracy of clinical estimates of intraocular pressure in Chinese eyes[J]. Ophthalmology, 2000, 107 (10): 1816-1821.
- [4] Shimmyo M, Ross AJ, Moy A, et al. Intraocular pressure, Goldmann applanation tension, corneal thickness, and corneal curvature in Caucasians,

Asians , Hispanics , and African  
Americans[J]. Am J Ophthalmol , 2003 ,  
136 ( 4 ) : 603-613.

## 微光夜視望遠鏡雷射測距儀光學系統設計

李錫霖<sup>1</sup>、陳德請<sup>1\*</sup>、黃光榮<sup>2</sup>、楊承樺<sup>3</sup>、李昆益<sup>4</sup>

<sup>1</sup>逢甲大學，電機工程學系，台中市

<sup>2</sup>明道大學，光電工程研究所，彰化縣

<sup>3</sup>軍備局生產製造中心第401廠

<sup>4</sup>中華科技大學，機電光工程研究所，台北市

E-mail: kanatasan.tw@yahoo.com.tw

### 摘要

本研究進行手持觀日夜觀測與測距在同一光軸之微光夜視望遠鏡雷射測距系統設計。微光夜視鏡組與望遠鏡組作同一光軸光學設計，可以縮小系統體積、降低重量及後勤維護容易。具日夜望遠觀測與測距功能的光電測距裝置，可進行威脅目標物之影像擷取、偵測威脅目標物回波訊號，並做即時測距。其動作原理，首先以雙筒望眼鏡對準目標，對目標射出一平行雷射光束，接收目標反射雷射光，微處理器進行測距訊號處理，即時完成距離量測。本系統由雙筒望遠鏡組、微光夜視鏡組及雷射測距電路三大模組所組成。

關鍵詞：雙筒望遠鏡、夜視鏡、雷射測距儀

### 1. 簡介

開普勒式雙筒望遠鏡一般靠轉像棱鏡得到正像，常用的兩種有普羅棱鏡(Porro Prism)與屋脊棱鏡(Roof Prism)。圖 1 所示為雙棱鏡光路圖，其中(a)為雙普羅棱鏡光路圖；(b)為雙屋脊棱鏡光路圖。可用於製造轉像棱鏡的光學玻璃型號很多。廉價的雙筒望遠鏡常用 BK-7 玻璃，較高級的用 Bak-4 玻璃。雙普羅棱鏡用的雙筒望遠鏡視場角較寬，兩塊物鏡的間距大於目鏡的間距，這樣在觀察近處物體時立體感強；雙屋脊棱鏡體積較小而且可以使物鏡和目鏡位於一條直線上，因此常用於極緊湊的雙筒望遠鏡。與普羅棱鏡相比屋脊棱鏡有兩個主要的缺點：

(1)光線的損失多，成像較暗；(2)對裝配精度要求高，難於製造，價格也較貴，製造精良的屋脊棱鏡在性能方面可以趕上但不會超過普羅棱鏡。

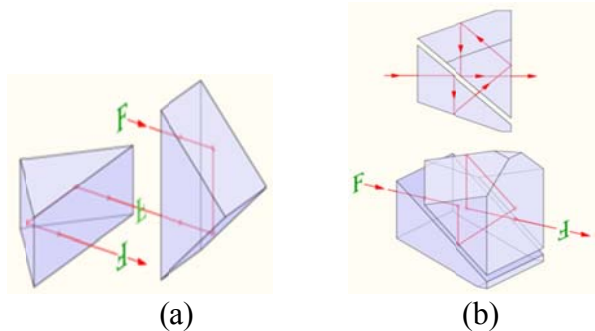


圖 1. 雙棱鏡光路圖

夜視鏡的光放管(Image Intensifier)可以分為，第一代：微光影像增強管是由二至三個真空管串聯而成，故其體積相當龐大，並不適合人員攜帶，其解析度亦有限制，對於部隊之襲擊作戰並無實質助益。且其對於強光、煙火及武器發射時產生之火光反應不良，易使微光影像增強管燒毀<sup>(1)</sup>；第二代：微光影像增強管一般稱之為光放管，其工作原理與第一代相近。光放管將串聯真空管以微通導板(Micro Channel Plate, MCP)取代，體積大幅縮小<sup>(2)</sup>；第三代：光放管其構造與第二代相同，最大之差異僅在於光陰極使用之材質，而第三代光放管大幅提升了光放管之亮度。由於微通導板製成之技術提升，使得微管之直徑縮小解析度更高，同時將光放管的壽命由 2,000 小時提昇至 8,000 小時以上。表 1 所列為光放管之差異性。目前夜視技術運用最廣的還是以微光影像增強技術為主<sup>(3)</sup>，其中最關鍵的元件也是微光夜視鏡中的



光放管，光放管歷經數代演進，其主要的運作原理即利用光電效應將微弱光子作特殊的轉化處理，使光訊號增強數百倍，甚至數萬倍。

表1. 光放管之差異性。

	使用材料	工作特性
第一代	銀 氧 銻 (AgOCs)	可見光波長響應範圍區(300nm-800nm)較佳
第二代	銻銻化合物(Cs <sub>3</sub> Sb)	
第三代	砷 化 鎵 (GaAs)	近紅外線波長800nm外響應特佳

## 2. 原理

### 2.1 望遠鏡原理

望遠鏡主要的功能是将遠物放大，其利用物空間的小視角經過光學系統在像空間角度放大，故這樣的放大稱為角放大倍率，為了達到角度的放大功能，至少要二片不同焦距的透鏡為架構，使其焦點重合。目鏡部份本文選用正焦距的目鏡，使物鏡與目鏡結合為刻卜勒望遠鏡系統，圖2所示為刻卜勒望遠鏡光路圖。

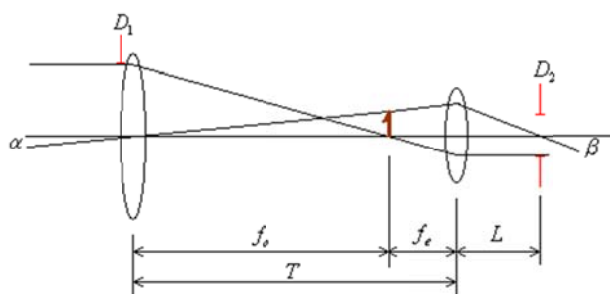


圖 2. 刻卜勒望遠鏡光路圖

望遠鏡相關公式為(1)至(3)

$$f_e = \frac{T}{1-MP} \tag{1}$$

$$f_o = \frac{T \cdot MP}{MP-1} \tag{2}$$

望遠鏡的放大倍數(放大倍率)是通過望遠鏡觀測時將目標的張角放大的倍數，譬如用7倍的望遠鏡觀測700米處的物體，就相當於用肉眼觀測100米處物體的效果，它

的數值等於物鏡焦距與目鏡焦距之比，其公式為

$$MP = -\frac{f_o}{f_e} = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{D_1}{D_2} \tag{3}$$

其中MP為角放大倍率(Angular Magnification)； $f_o$ 為物鏡焦距(Effective Focal Length of Objective Lens)； $f_e$ 為目鏡焦距(Effective Focal Length of Eyepiece)； $D_1$ 為入瞳(Entrance Pupil Diameter)； $D_2$ 為出瞳(Exit Pupil Diameter)；B為出射角度(Apparent Angular Field)； $\alpha$ 為入射角度(Real Angular Field)；T為物鏡至目鏡距離；L為良視距離(Eye-Relief)。對於觀景來說，放大倍率7-10倍以下的雙筒望遠鏡效果比起更的高倍率畫面而言更加穩定。一般手持式雙筒望遠鏡放大倍率為8倍以下的為最好。表2所列為望遠鏡內調焦與外調焦的優缺點。

表 2. 望遠鏡內調焦與外調焦的優缺點

調焦法	優點	缺點
外調焦	簡單與像質較好	外型尺寸較大，密封性也較差
內調焦	結構尺寸小，攜帶方便；物鏡的焦平面對任何距離處的景物都是不變；較好的密封性；安裝分劃板方便。	-

### 2.2 微光夜視鏡原理

微光夜視鏡的影像包含：可見光、紫外及近紅外光被物鏡或投影鏡組投射在光陰極上，透過光電效應及管腔的施加電位差將光陰極上的光子轉變為電子，並加速至後端的螢光層上<sup>(4)</sup>。這個過程往往可以使電子產生數百甚或數萬倍的放大效應，而後端螢光層再將放大之電子轉為光子，最後呈現在螢光層的像，達到適於肉眼辨示。微通道板(Micro Channel Plate, MCP)的運作原理為粒子或光子撞擊偵測器表面，產生了二次電子

或光電子，再藉由電場加速，使電子再撞擊下一個表面，產生多次倍增的二次電子使訊號放大<sup>(5)</sup>。這表面是由高電阻的材料構成，為連續式的二次發射極(Dynode)，最後增強的電子訊號由一個陽極收集，或打在磷光幕上顯像。微通道板的中空纖微管之內徑為6-45 $\mu\text{m}$ 與光軸橫切面成約 $5^\circ$ 夾角，以防止光線由磷光幕反射回去<sup>(6,7)</sup>。通常在應用時，會使用兩片微通道板(稱 Chevron MCP)到三片微通道板(稱 z stack MCP)相連，使訊號放得更大，最高可以偵測到單一粒子或光子。

### 3. 光學參數評價設定

望遠鏡光學性能參數有五個，它們是口徑、放大倍率、視場角、相對口徑和分辨率。像差的可分為色差與單色像差，其中色差包含：縱向色差與橫向色差；單色像差包含：球面像差、彗星像差、像散像差、場曲像差及畸變像差。

#### 3.1 光學性能參數

手持雙筒望遠鏡使用目鏡離雙眼一段距離時，你會見目鏡中央有一個圓型光點，其餘地方為黑色，這光點就是出射光瞳。出瞳距離戴著眼鏡要看清楚整個視場，從眼睛與目鏡的最後一片透鏡的距離至少應為14-15mm。當出瞳距離少於8mm時，即使不戴眼鏡的人使用起來也會感到不方便。我們眼睛瞳孔的直徑在不同明暗條件下的變化範圍約為2-7mm。出瞳直徑越大成像越亮，所以出瞳直徑不應大於7mm，否則一部分光線就會因為無法進入瞳孔而白白損失掉。口徑和放大倍率用兩組數字表示，例如：“7 $\times$ 42”表示這架雙筒望遠鏡的放大倍率為7倍，口徑為42毫米。7 $\times$ 42的雙筒望遠鏡出射瞳孔在數值上等於物鏡直徑與放大倍率的比值為

$$\text{出瞳直徑} = \frac{\text{物鏡直徑}}{\text{放大倍率}} \quad (4)$$

即 $42/7=6\text{mm}$ ，幾乎與人眼在最暗處的瞳孔直徑相等，它收集到的光能被你的眼睛高效率地接收到，所以是較理想的選擇。正常使

用望遠鏡大都在白天，所以出射瞳孔一般選擇在3-7mm就可以了。一般選用7-8倍的放大倍數最為適宜，用這種低倍率鏡觀察像會更明亮、更穩定，視場角更大。出射光瞳直徑在黑暗為2.9mm與在白天為7.1mm。

視場與視場角是指望遠鏡能看到的範圍大小，經常不以“度”作單位，而是在1000米(碼)處能看到的景物的最大寬度。如：“131m/1000m”或“393Ft./1000Yd”，表示用這架雙筒望遠鏡能看到1000米(碼)處的景物最大寬度為131米(393英尺)。視場單位以米轉換成視場角公式為

$$\theta = \frac{131}{17.5} = 7.5^\circ \quad (5)$$

視場單位以英尺(1碼等於3英尺)轉換成視場角公式

$$\theta = \frac{393}{52.5} = 7.5^\circ \quad (6)$$

視場角的大小與放大倍數成反比，放大倍數越大，視場越小。分辨率是光學系統描述被攝物體細微結構的能力。分辨率越高，能夠分辨影像細節的能力越強。分辨率 $\delta$ 的理論值分別為

$$\delta = 140/D \quad (7)$$

其中D為以毫米為單位的望遠鏡口徑， $\delta$ 的單位為角秒。

#### 3.2 像差

由於透射材料折射率隨波長變化，造成物點發出的不同波長的光線通過光學系統後不會聚在一點，而成為有色的彌散斑。按照理想像平面上像差的線大小與物高的關係，可區分為：(a) 縱向色差：與物高無關的像差，即不同波長的光線經由光學系統後會聚在不同的焦點；(b) 橫向色差：與物高一次方成正比的像差，其計算公式為

$$\text{橫向色差} = \frac{tu_p(N-1)}{NV} \quad (8)$$

其中 $u_p$ 為面的傾斜度， $t$ 為面的厚度， $N$ 為面的折射率， $V$ 為阿貝數。色差計算公式為

$$\text{色差} = \frac{t(N-1)}{N^2V} \quad (9)$$

普通球面玻璃其性質使邊緣光線不能聚焦在同一焦點上，越近邊緣光線焦點越短。

所以光束穿過鏡頭時，越是靠近鏡頭邊緣，越是偏離實際的影像像點，物鏡直徑越大，這種情況越嚴重，這種現象被稱為球面像差(Spherical Aberration)。球面像差會導致影像銳度和對比度的嚴重下降。在極端的情況下，圍繞着點狀光源周圍會形成彌散光暈。解決方法是鏡內裝設特殊研磨的非球面鏡，改善邊緣變形情度。球面像差計算公式為

$$\text{球面像差} = \frac{tu^2(N^2-1)}{2N^3} \quad (10)$$

畸變是由於放大倍率隨物高或視場角改變，造成影像的變形，視場角越小越好，在廣角的情況下很難縮小畸變量。如果像點所在成像位置與理想位置更接近光軸，稱桶型畸變(Barrel Distortion)，若成像位置與理想位置偏離光軸，則稱為枕型畸變(Pincushion Distortion)。圖3所示為光學畸變圖，(a)為理想影像；(b)為枕型畸變；(c)為桶型畸變<sup>(9)</sup>。一般人眼在畸變量5%以下並不易察覺，所以對於畸變量的大小我們以小於5%為標準。

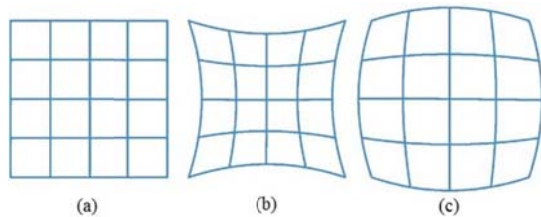


圖3.光學畸變圖

### 3.3 調制轉換函數(MTF)

由於微光夜視望遠鏡成像於人眼，因此光學品質評價標準理所當然是以人眼為設計目標，而人眼的最小解析能力為1分角，故在1度時人眼為最佳解析能力，其空間頻率為<sup>(10)</sup>

$$\frac{1}{2 \times \frac{1}{60}} = 30(lp/deg) \quad (11)$$

### 3.4 波長範圍的設定

望遠鏡單獨使用時，以人眼為感測器。圖4所示為明視覺函數，於1931年以人眼2度視角由國際照明委員會(Commission International de Leclairage, CIE)統計出<sup>(11, 12)</sup>，

可以發現人眼明視的波長範圍為380nm-780nm，將人眼感受最強的波長555nm，而落於50%的位置分別為509.8433nm及610.2025nm，我們以這三波長為望遠鏡主要設計波長，同時納入5%的位置的455.8333nm及663.3496nm波長為設計參考，在像差與色差間做平衡的考量，故望遠鏡部份共有五段波長，表3所列為望遠鏡設計波長的權重。

表3. 望遠鏡設計波長的權重

波長 (nm)	權重
455.8333	0.05
509.8433	0.50
555.0000	1.00
610.2025	0.50
663.3496	0.05

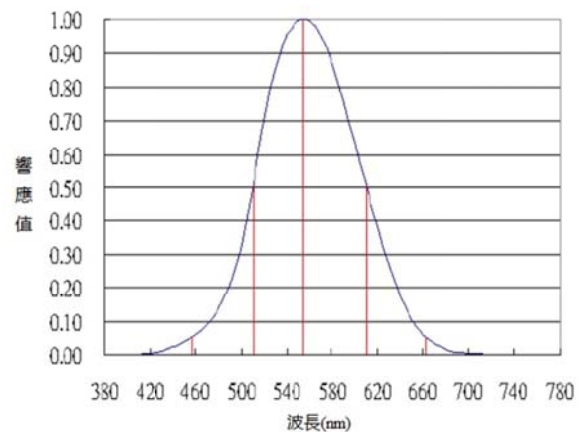


圖4. 明視覺函數

## 4. 系統架構圖與光學設計流程

整個系統架構主要由望遠系統、夜視系統、步進馬達控制電路與雷射測距電路組成。望遠系統左邊目鏡具有日夜間望遠觀測威脅目標物能力；右邊目鏡具有日間望遠觀測威脅目標物能力與顯示距離數據。夜視系統主要由光放管與投影系統組成。步進馬達主要是控制切換日夜觀測所用。

#### 4.1 系統架構

利用Light Tools光學軟體進行3D模擬微光夜視望遠測距儀光學架構，圖5所示為微光夜視望遠測距儀光學架構，利用雷射二極體、聚焦透鏡、分光鏡、物鏡、平面鏡、InGaAs APD、可移動的平面鏡作為日夜切換，白天時平面鏡水平擺放；夜晚時平面鏡則成45度擺放，讓光引到夜視系統、投影鏡組、雙普羅稜鏡組成，分為水平與垂直擺放目的是為了轉像、分劃板，分劃板具十字刻度用於判斷物體的準確方向與大小，所用的像都會聚焦在此、目鏡、LCD顯示器、測距按鈕與日夜切換按鈕。其中接收端的分光鏡上下層必須鍍膜讓雷射光不會透過，隻讓可見光透過否者將會對眼睛有危險，物鏡上必須鍍上抗反射膜

日間雙瞳望遠系統的光路是由兩物鏡接收光訊號，經過一理想的透鏡把像投到雙普羅稜鏡進行倒像，至於雙普羅稜鏡的光路走法請查看圖1。倒像之後，所有的像都會聚焦於分劃板上，眼睛透過目鏡觀察到的像全都是在分劃板上。夜間單筒夜視望遠系統的光路是由物鏡接收到的光訊號打到鍍膜的分光鏡，這時隻能透過的波長為可見光波段，按下日夜切換按鈕把平面鏡擺成45度，讓光能夠導到光放管進行訊號增益放大投影到MCP的磷光幕，之後再回到可移動的平面鏡把像投到雙普羅稜鏡進行倒像，最後透過目鏡用眼睛觀測聚焦在分劃板的像。本系統光學設計是以zemax進行分開日夜望遠系統設計。

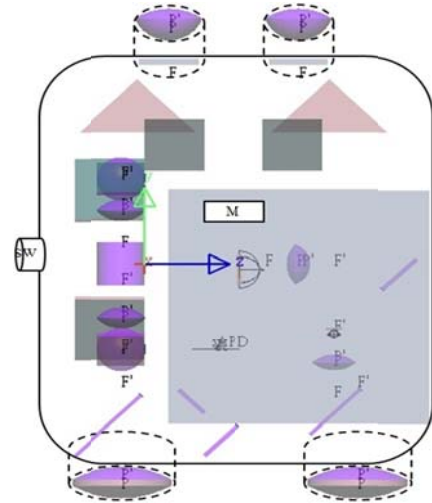


圖5. 微光夜視望遠測距儀光學架構

#### 4.2 制定規格

在設計之前我們必須先確立光學系統的各项光學參數，並制定出符合需要的系統規格或客戶需求，了解系統性能，在制定規格時必須要考慮到各種不同的限制狀況。在進行設計時，每項規格的制定都要考慮進去，如此才能設計出符合系統的規格，表4與表5分別所列為雙瞳日間望遠系統規格與單筒夜間望遠系統規格。

表4. 雙瞳日間望遠系統規格

項目	參數
放大倍率(Magnification)	7x
物鏡直径(Objective Diameter)	49mm
出射光瞳直径	7mm
適眼距(Eye relief)	18mm
視場角(Field Of View)	7°
瞳距調節	58.5-71.5mm
屈光度範圍(Diopic Range)	±4°
調制轉換函數(MTF)在軸上	≥ 0.3@0.3mrad
調制轉換函數(MTF)在軸外	≥ 0.2@0.3mrad

表5. 單筒夜間望遠系統規格

項目	參數
影像增強器 (Image Intensifier)	MCP
口徑(Diameter)	18mm
亮度保護點	Photonis XR-5
放大倍率(Magnification)	4.5x
視場角(Field Of View)	7°
解析度(Resolution)	64mm/lp
增益(Gain)	40000
S/N值	24

### 4.3 光學系統設計流程

在制定規格之後，就要根據規格著手進行光學設計，由於幾何光學的計算繁瑣又複雜，若從零開始設計，很難在一開始就順利的建立良好基本架構，往往在設計初始階段就遇到瓶頸，所以通常設計者在制定好規格後，第一步會去尋找挑選適當相似的專利，利用專利所建構的鏡組做為初始值，這樣可以節省許多時間來建立初始的架構。

我們所需要的規格與專利的規格並不完全相同，且每個系統架構都有其限制，若無法順利將初始規格朝著想要的方向優化時，我們可以另外找尋其他合適的專利代替或是在原始架構中加入自行設計參數做修改，例如：在原始系統上增加或減少鏡組、替換原始所使用的材料，使用膠合鏡片或將單一鏡片拆成許多透鏡等。藉由這些做法，讓系統整體優化方向朝著我們所要求的規格，在設計上這是不可缺的概念，所以選定一合理的初始架構是很重要的。在優化過程中我們需要常注意系統的糾正優化趨勢才能完成符合規格的設計。

### 5. 設計方法與結果分析

本文光學系統設計主要是利用Zemax範本的例子進行修改與組合。圖6所示為白天

使用的望遠鏡3D圖，其中(a)為眼睛瞳孔，(b)為目鏡，(c)為分畫板，(d)為雙普羅稜鏡，(e)為聚焦透鏡，(f)為物鏡，圖7所示為白天望遠鏡系統MTF曲線圖，可以看到每個場的軸外與軸內都落在大於0.5@0.3mrad。以上兩個圖是已經進行過優化，但是視場在14°的時候軸外與軸MTF很顯然還是拉不上去。此系統最嚴重的像差為畸變，目前已經優化弄成很低了。至於夜間使用的微光夜視望遠鏡必須組合夜視系統與望遠系統，因為設計上比較複雜，目前正在設計當中。

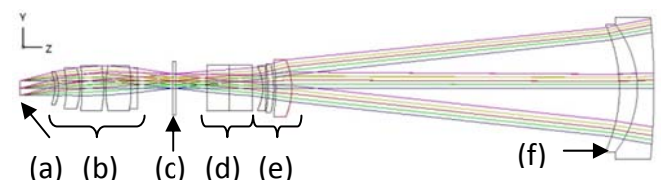


圖 6. 白天使用的望遠鏡 3D 圖

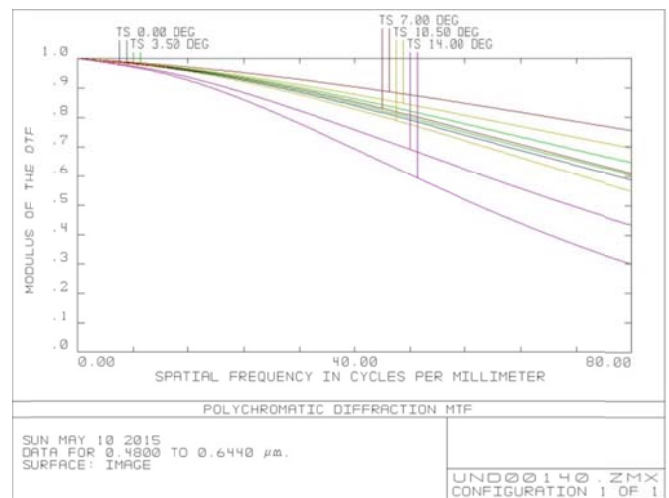


圖 7. 白天望遠鏡系統 MTF 曲線圖

### 6. 結論

經Zemax光學系統設計軟體模擬出的結果可以證實，此系統設計是可行性，但是必須再去研究與探討要如何去優化才能達到最好的效果。白天望遠鏡系統MTF曲線圖的每個場軸外與軸內都落在大於0.5@0.3mrad，但是視場在14°的時候軸外與軸MTF很顯然還是拉不上去可以作為之後探討與研究的項目。

## 7. 誌謝

感謝科技部計劃編號為0311196A與軍備局生產製造中心第401廠的支援，使本計畫得以順利進行，特此致上感謝之意。

## 8. 參考文獻

- [1] 程一奇，“認識夜視技術與器材”，兵工學術季刊，第二十四期，p.15，2004年3月。
- [2] 譚吉春，“夜視技術”，第3章，國防工業出版社，1999年。
- [3] Roberto Sabatini, “Night Vision Imaging Systems Design, Integration and Verification in Military Fighter Aircraft”, SPIE, Vol. 8439, 2012.
- [4] Gregory Craig, “Low Light Comparison of Target Visibility with Night Vision Goggles”, SPIE, Vol. 6955, 2008.
- [5] John C. Stover, “Optical Scattering Measurement and Analysis”, second edition, 1995.
- [6] Krane, “Modern Physics”, Ch. 3, John Wiley & Sons, 1996.
- [7] J.Richard Christman, “Structures of Solids”, Ch. 3, John Wiley & Sons, 1988.
- [8] Warren J. Smith, “Modern Optical Engineering, McGraw Hill, pp. 83-84, 1966.
- [9] J. Mendez Tessera, 影像感測模組之常見測試問題，半導體科技，2009年。
- [10] R. E. Fisher, B. Tadic-Galed, P. R. Yoder, Optical System Design, Second Edition, McGraw-Hill (2008).
- [11] R.G. Kuehni, “Color Space and Its Divisions”, Color Research and Application, Vol. 26, No. 3, 2001.
- [12] M. Shaw and M. Fairchild, “Evaluating the 1931 CIE Color Matching Functions”, Color Research and Application, Vol. 27, No. 5, 2002.

# 面板產業廢棄物回收再生處理之探討-以 T 公司為例

## A Study on the Recycling of Waste Materials for the Color Filter Display Industry- Case Study of T Company

蔡宜倫<sup>1\*</sup>、陳澤生<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 國立成功大學，工程管理所在職專班，台南市

<sup>2</sup> 國立成功大學，工程管理所，台南市

cat670511@yahoo.com.tw

### 摘要

全球暖化、氣候變遷，加上對環境的破壞、能源與糧食短缺已經嚴重威脅人類及環境。近年來企業間開始對於環境問題產生覺醒，並嘗試對自然環境進行一些措施。2014 年面板模組產業產值與 2013 年比較年成長率約為 5% 且持續提昇之下，由此可見企業工廠的環境廢棄物也將與日俱增[1]。本研究以某面板廠作為探討個案，以現行運用在小世代的彩色濾光片廢棄回收再生經驗，導入運用在玻璃成本項目最高的大世代廠，以減少最大宗支出成本項目的概念下，並引用相關限制理論及廢棄物回收理念，挑戰解決原有工廠跨部門核心衝突合作、供應商管理修正等相關流程改善，逐步作流程探討與分析改善，以利阻力瓶頸進行修正，在改善本個案公司廢棄物回收再生衍生的各項管理問題，期最終能善盡企業社會綠色責任。

關鍵字：廢棄回收再生，彩色濾光片，限制理論，流程改善。

### 1. 前言

研究個案公司為電子產業中的面板製造業，在 2006 年基於供應鏈管理之考量，台日資雙方相互策略性投資並整合成為上下游最佳夥伴。在處於中日文化差異下，如何找出核心衝突問題或流程限制，再針對其流程問題修正進而取得企業穩定成長且經營平衡是最大考驗[2]。當現行面板業經營已不復以往的大量擴充產能及世代往上調節，應是在現有世代產線保有產品既有品質

水準前提之下，思考工廠良率如何再提昇、設備稼動更佳化、及符合客戶滿意需求。故個案工廠端在現有生產狀況下，除先降低不良品所發生的異常比例，而在不良品產生後，工廠如何運用以最大效益，並找出此再生系統內外瓶頸[3]，去進行不良品廢棄物回收再生、再達成內外部作業流程順暢，除考量公司經營成本與企業永續發展管理，工廠能與供應商合作分擔責任和利益並建立一定程度的合作[4]，又符合國家發展的綠色經濟施政主軸，故持續推動解決所遇到的流程難題，也能為生態環境及企業公民社會責任全力以赴。

### 2. 研究範圍方法與限制

以 T 面板公司為實例，針對工廠產生的廢棄物，如圖 1 以成本支出項目最高的材料玻璃項目(57%)來進行探討。T 公司主要支出項目眾多，玻璃屬於面板生產時的直接材料，其支出成本也最高，故選擇此項目進行回收再生效益也最高的。彩色濾光片生產過程中造成之不良品透過重工再生(Rework)製程能將玻璃基板重新運用，可有效降低生產成本並能避免直接報廢處理，減少環境廢棄物的污染情形[5]。

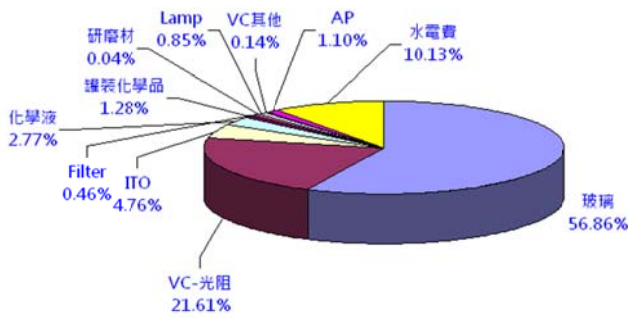


圖 1 成本支出項目

1. 研究不探討非玻璃成本項目以外部分。
2. 呈現主要世代廠的玻璃回收再生處理總效益，其它項目若有需再生回收，需個別依其管理指標流程探討。

2.1. 修正瓶頸流程

生產過程中若無先行識別潛在影響因素，將會消耗資源並招致成本[6]，首回進行回收再生使用流程，故先進行修正問題解決流程與實驗分析流程步驟如圖 2：

1. 描述：說明異常問題，人事物敘述。
2. 分析：推論原因，清楚界定問題。
3. 確認：針對發生問題點說明現狀，量化數據找出問題原因。

此階段先行以分析實驗佐證材料問題。

4. 目標：符合規格、客戶期望、SOP。
5. 原因：充分蒐集資訊待進行對策。
6. 對策：於合理範圍對策實施。
7. 驗證：驗收對策，檢討缺失。
8. 應變：工廠經驗整合與機動解決。
9. 標準化：定義於品質管理系統。

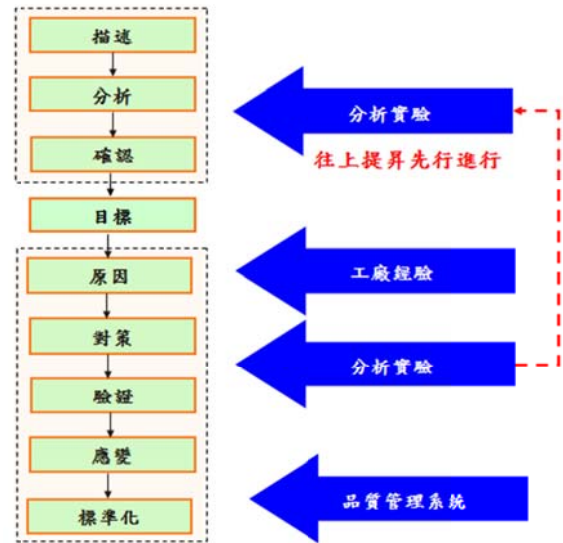


圖 2 問題解決流程分析調整

2.2. 分析實驗輔助

分析新/再生玻璃表面粗糙度及接觸角，數據上發現再生材表面與親水性皆劣於新材，以表 1 分析數據釐清材料差異並使工廠知悉。另圖 3 為表面粗糙度分析成像及接觸角取玻璃基板 5 點進行分析之位置圖，而接觸角愈小則親水性會愈好。

表 1 表面粗糙度及接觸角分析數據

	回收再生材素玻璃	新品素玻璃
表面粗糙度	14.546nm	2.614nm
接觸角	21.56°	3.24°

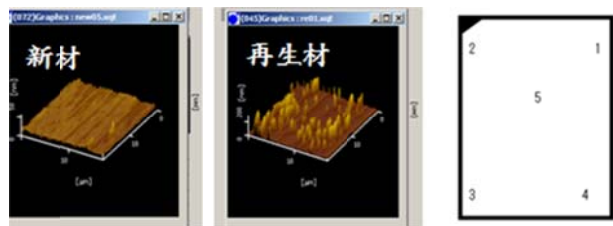


圖 3 表面粗糙度及接觸角分析圖

2.3. 緩衝管理

組織或進行回收流程中，最弱是在再生供應商、組織內部等。以「在關鍵點導入適當保護措施」的機制作緩衝管理如圖 4，可以做到對不確定因素有效的控管[7]。研究





實際產線投入量計算與收集待回收再生品數量、扣除再生洗淨廠商不良率、最後實際回廠可運用再生品數量，如圖 7 所示。與 G6 世代的再生品效益進行預估，看出個案公司單單兩廠減少新材購入效益的總數值，最後刪減二次洗淨費用呈現淨效益值，兩廠總效益金額預估合計金額為 28,544,880 元，單預估一年數字即非常可觀。長久遠見來看，在成本考量及環境綠化效能之下，本研究個案是需持續重視進行的。

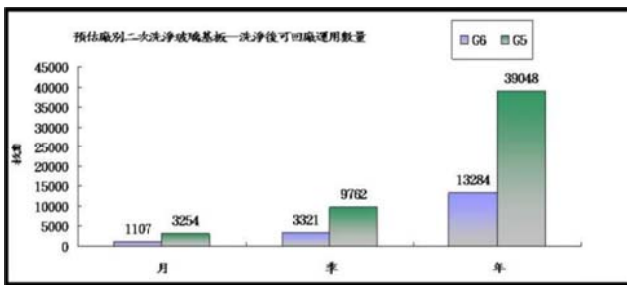


圖 7 回收再生數量

## 2.7. 結論

有限的資源與搭配實驗依據下運行導入，僅依賴現行小世代回收再生機制與人員工廠累積經驗，途中也遭遇核心衝突。本個案主要目的在於重新思考如何讓再生流程順暢及讓工廠影響度降至最低，探討將品質管理的系統權力拉至源頭主導性，再依據理論實驗分析數據找出參照依據，以致各異常的互干擾因子能降至最低並消除無形衍生成本。

對實際工廠限制式而言，必須多少需承擔的風險考量主要歸於三個面向。良率面：1. 再生批最終良率偏低影響整體量產批。2. 檢查機異常平均點數偏多。工廠面：工廠提升品質以追加研磨後洗段製程將影響每小時產能。成本面：洗淨廠商再提升品質以追加研磨製程易會使洗淨成本上升。

## 2.8. 建議

面板業的技術規格越來越高，高階智慧型商品陸續開發與調整生產線比重，目前在供給面的需求亦增加，惟客戶端的高品質規格

要求益發堅持與持续提升，現今在 T 公司的彩色濾光片於旗艦規格廠，部分產品仍無法通過驗證再生玻璃應用於實際投入產線與正常產出，主因為無法通過客戶端的信賴評價，這部分除持續改善硬體設備外，仍須依賴實際技術整合人員之經驗與判斷執行能力，對於後續相關研究也建議先著重於人員溝通整合合作的能力，再進行相關系統流程的再次檢視，同時搭配機器設備的能力最佳化進行之。

## 3. 參考文獻

- [1] Lin, K. L., Chang, W. K., Chang, T. C., Lee, C. H. & Lin, C. H (2009), "Recycling thin film transistor liquid crystal display (TFT-LCD) waste glass produced as glass-ceramics", Journal of Cleaner Production, Taipei ROC.
- [2] 陳建羽, "以 DBR 模式建構 TFT 廠之拉式生產排程", 國立成功大學 工程管理研究所, 碩士, 2012.
- [3] 黃吉祥, "應用限制理論對晶圓凸塊最大獲利產能配置之研究", 國立成功大學 工程管理研究所, 碩士, 2012.
- [4] Simatupang, T.M., Wright, A.C., Sridharan R., (2004), "Applying the Theory of Constraints to Supply Chain Collaboration", An International Journal, Vol. 9 No. 1, pp.1-7. Palmerston North, New Zealand.
- [5] 許志義, "彩色濾光片玻璃基板 REWORK 製程作業環境評估研究", 國立交通大學 工學院, 碩士, 2010.
- [6] Kee, R., Schmidt, C. (1998), "A comparative analysis of utilizing activity-based costing and the theory of constraints for making product-mix decisions", University of Alabama, Culverhouse School of Accountancy, Tuscaloosa, Alabama, USA.
- [7] 李榮貴、張盛鴻, TOC 限制理論, 2005 年 7 月, 一版, 台灣, 中國生產力公司。

# 危險氣體鋼瓶洩漏率的改善方法

李世文<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 中華科技大學，電機工程系，台北市  
shihwen@cc.cust.edu.tw

## 摘要

本研究使用六標準差手法於更換鋼瓶保壓程序，目前各大光電廠製程皆有使用各種危險氣體(例如SiH<sub>4</sub>，PH<sub>3</sub>，NH<sub>3</sub>...等等)，氣體使用完畢必定需要做更換，可惜現在更換氣體鋼瓶不是使用機械自動更換而是人工手動做更換，更換氣體鋼瓶存在著一定的風險(如毒氣洩漏，易燃氣體洩漏...等)，因此人員的手法及工具都是控制這些風險的主要因素之一。

進一步使用六標準差分析實驗數據可靠性及直線迴歸分析証實SOP流程的改善效果。此方法經實驗測試，可以使氣體管路保壓失敗率由30.5%降低至8.3%。

關鍵字：六標準差、氣體、鋼瓶、洩漏。

## 1. 前言

目前各大光電廠製程皆有使用各種危險氣體(例如SiH<sub>4</sub>，PH<sub>3</sub>，NH<sub>3</sub>、CL<sub>2</sub>...等等)，氣體使用完畢必定需要做更換[1][4][7]，可惜現在更換氣體鋼瓶並不是由機械自動更換而是需要人工手動做更換[2]，更換氣體鋼瓶存在著一定的風險(如毒氣洩漏，易燃氣體洩漏...等)，人員的手法及工具都是控制這些風險的主要因素之一。

其中人員手法不正確造成氣體鋼瓶洩漏機率高達50%，其餘可能是工具、天災或者鋼瓶本身的缺陷所造成，每洩漏一次將造成公司及大的損失亦會造成人員生命威脅，SiH<sub>4</sub>俗稱矽甲烷是屬於高易燃性氣體但也是科技廠必備氣體之一，只要相關氣化人員一定會接觸到，故氣體更換時須提高警覺按照SOP操作。

## 2. 研究方法

因特殊氣體的使用是必需的，所以現在各科技業也為更換鋼瓶程序訂定出更嚴謹的SOP，並要求人員並定遵守。在更換氣體鋼瓶時不可因是熟手就跳過該有步驟，本研究將用六標準差手法DMAIC來尋找最佳程序：

1. 定義(Define)：為何鋼瓶保壓時常會洩漏。
2. 衡量(Measure)：鋼瓶本身如無異常，可能操作人員操做有問題。
3. 分析(Analyze)：是否更換手法及工具使用不恰當，也可能為材料品質是否有瑕疵。
4. 改進(Improve)：訂定SOP與工具使用手法，並更換材料供應商。
5. 控制(Control)：訂定完整SOP流程，要求操作人員遵守流程。

## 2.3. 研究步驟

先了解特殊氣體的危險性，並使用6σ專案導入目前更換鋼瓶SOP流程中，來找出更有效的安全手法將其套用於鋼瓶保壓測漏程序中來改善保壓洩漏率，並依此建立研究步驟流程(如圖一)。

## 2.4. 鋼瓶檢驗程序

從鋼瓶進貨入廠開始工程師將有一定檢查程序，一開始入廠會檢察期鋼瓶水壓期限與保存期限。鋼瓶接頭水平如不平整將會造成鋼瓶頭與 Pigtail 間細過大造成洩漏風險，所以並須使用水平尺檢查，鋼瓶更換程序如下：

1. 排放管路及製程氣體排放。
2. 鋼瓶閥負壓測漏。
3. 壓力傳訊器歸零校正。
4. 更換鋼瓶前吹淨。
5. 更換鋼瓶(為人工手動，須重視安全)

6. 鋼瓶接頭高低壓測漏
7. 更換鋼瓶後吹淨
8. 吹淨控制閥測漏
9. 製程氣體清洗吹淨

此步驟最重視的階段為上述第5點(人工手動更換)。

## 2.5. 標準作業程序

鋼瓶更換的標準作業程序(SOP)：

1. 確認 Exhaust 達到標準 (需達 0.25 英寸 H<sub>2</sub>O 以上)。
2. 確認需更換鋼瓶氣櫃，依程序完成 Pre-Purge 程序操作。
3. 確認鋼瓶名稱與氣瓶櫃名稱相符。
4. 穿戴呼吸器並攜帶 He 測漏儀、扭力扳手、Gasket、SiH<sub>4</sub> 更換需另穿戴防火衣、防火手套及乳膠手套。
5. 確認氣櫃 PANEL 上燈號及 ALARM 狀況。
6. 確認高壓用 He 鋼瓶壓力  $\geq 1400$  psi ;低壓及 Purge 用 N<sub>2</sub> 鋼瓶壓力  $\geq 100$  psi。
7. 確認欲更換端 LPT 為負壓 ( $\leq -10$  Psi)。
8. 確認欲更換端 HPT 為 110 psi 左右。
9. 確認欲下架之空鋼瓶氣動閥(含拔除氣源)或手動閥已鎖住及撕下使用中標籤。
10. 確認防誤拆裝置(Auto Guard)紅色保護套是否內縮。
11. 拆鋼瓶接頭 (SiH<sub>4</sub> 鋼瓶拆 Cap 瞬間偵測值  $\leq 5$  ppm)。
12. 鎖上 pigtail connector cap 及鋼瓶蓋，將鋼瓶移至暫存區(架)。
13. 鋼瓶實瓶外觀檢查。
14. 將鋼瓶依定位標示放置，Pigtail 接頭需與鋼瓶接頭對準，誤差不超過 1cm。
15. 鋼瓶上架拆除膠膜並使用檢測瓶體及瓶頭各部位，確認無洩漏，並紀錄讀值 (ppm)。
16. 確認新鋼瓶撕下『充』或『灌氣容器』標籤。
17. 取出 Gasket,檢查拆下之 Gasket 表面有無刮痕(正常：V；異常：X)。

18. 取用 GASKET 前，確認 GASKET 無刮痕後，鬆開 pigtail connector cap，換新 GASKET，將鋼瓶與 pigtail connector 用手鎖緊，由監督者確認至 HPT 超過 60 psi 後，才可用扭力扳手鎖緊直到作動 2 次。
19. 完成自動保壓程序後，紀錄保壓測試開始時一次側 PT 之壓力 (psi)。
20. 紀錄保壓測試結束時，一次側 PT 之壓力 (psi)，(正常壓力  $\pm 3$  psi 以內為正常)。

## 2.6. DMAIC 運用

六標準差最常見的是一套包括五個步驟的改善順序，稱為 DMAIC，亦即定義 (Define)、衡量 (Measure)、分析 (Analyze)、改善 (Improve) 與控制 (Control)，此研究將使用 DMAIC 手法來改善鋼瓶保壓洩漏率。

### (一) D (Define：專案定義階段)

以遵照 SOP 程序操作鋼瓶保壓為何還是有高洩漏機率。將定義如下：

1. 是否鋼瓶進貨時人員無檢查鋼瓶水壓期限與瓶頭水瓶，可控因素。
2. 更換前是否有先量測新鋼瓶頭本身是否已再微洩漏，可控因素。
3. 更換時人員無遵守目前 SOP 程序而為自行方便節省步驟，可改善項目。

### (二) M (Measure：衡量階段)

如鋼瓶本身進貨時已有瑕疵出現可要求供應商退貨並與更換新品，以降低鋼瓶品質不良問題，而人員不遵守 SOP 或 SOP 不完整造成鋼瓶保壓洩漏才是目前所需進成改善項目。

### (三) A (Analyze：分析階段)

鋼瓶本身如有瑕疵立即反應廠商做更換可以將低鋼瓶本身品質異常問題。而再來要討論的是人員操作手法上的問題，再進行討論是否有改進空間。

雖然環境溫度有些許差異但可以控制更換鋼瓶時間所以影響不大，雖然有穿戴安全器具但卻無準備檢查工具，鋼瓶更換時如不注重污染洩漏率將會大增。然而再換新的

墊片，將鋼瓶與 pigtail connector 用手鎖緊，由監督者確認至壓力達到後，才可用扭力扳手鎖緊直到作動 2 次，此動作也可能造成鎖緊時鋼瓶與 pigtail connector 位子偏移造成洩漏。

(四) I (Improve：改善階段)

對穿戴呼吸器並攜帶 He 測漏儀、扭力扳手、Gasket。SiH<sub>4</sub> 更換需另穿戴防火衣、防火手套及乳膠手套”進行增加水平尺、手電筒、放大鏡、無塵布檢查工具，SOP 更正為穿戴呼吸器並攜帶 He 測漏儀、Portable、扭力扳手、Gasket、手電筒、放大鏡、無塵布、水平尺、小鏡子。SiH<sub>4</sub> 更換需另穿戴防火衣及防火手套以上所述的檢查工具可以檢查出鋼瓶與地面是否造成傾斜，可使用手電筒與放大鏡觀察 pigtail 內部是否有髒汗或傷痕且取下 GASKET 後用無塵布擦拭 pigtail 內部。

取用 GASKET 前，確認 GASKET 無刮痕，鬆開 pigtail connector cap，換新 GASKET，將鋼瓶與 pigtail connector 用手鎖緊，由監督者確認至 HPT 超過 60 psi 後，才可用扭力扳手鎖緊直到作動 2 次”更改為取用 GASKET 前，請先更換乳膠手套，確認 GASKET 無刮痕，鬆開 pigtail connector cap，換新 GASKET，將鋼瓶與 pigtail connector 用手鎖緊，手不離開 Connector，由監督者確認至 HPT 超過 60 psi 後，才可用扭力扳手鎖緊直到作動 2 次，取用新 GASKET 前須再更換新乳膠手套可避免造成污染，而手不離開 Connector 可將鋼瓶與 pigtail connector 更加固定避免造成偏移造成洩漏。

(五) C (Control：控制階段)

就控制階段，針對鋼瓶更換的作業操作、保壓數據分析、修改 SOP 並遵守工作手則、建立 Check List 表單逐項確認是否符合操作規定，並定期施作人員教育訓練。

3. 驗證與分析

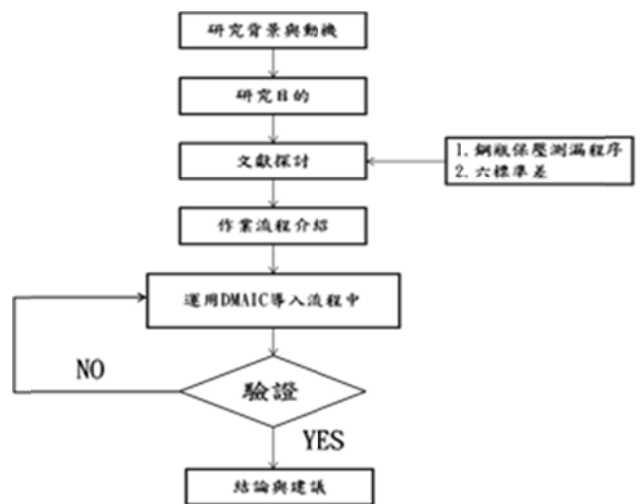
經由以上之改善方案，分析改善前後的結果：

對於 SOP 中，原本並無使用水平尺觀察 connector 位子是否偏移，而將 Gasket 拔

除後也無使用放大鏡與手電筒觀察 pigtail 是否有損傷以及使用無塵布擦拭 pigtail 這容易造成污染，因只要有一小顆粒的污染源就容易成洩漏的發生(鋼瓶本身出口供應壓力約在 1000~1500 psi 上下(約 73~109 kg/cm<sup>2</sup>)。

使用水平尺可判斷出 connector 位子是否偏移。使用放大鏡與手電筒觀察 pigtail 是否有損傷。如明顯無損傷再使用無塵布擦拭 pigtail 以面造成污染。再針對 SOP 中取用 Gasket 前，請先更換乳膠手套這是必須施做的動作，有很多人員可能認為是多此一舉但只要有污染源附著在 Gasket 上方也是會造成洩漏的發生。而將鋼瓶與 pigtail connector 用手鎖緊，手不離開 Connector，主要是避免已定位完成而放鬆後定位偏移。經過 2 個月測後發現已明顯洩漏率降低。

更換 48 次鋼瓶僅只有 5 筆保壓失敗，以此說明更改 SOP 部分操作手法可以有效降低保壓洩漏率的改善，利用六標準差分析比較改進前及改進後的平均值(m)及標準偏差值(σ)等參數的比較。另外整理出來的失敗率與改進次數之間的關係，如表二。



圖一、研究步驟流程

表一、利用六標準差分析比較改進前及改進後的平均值(m)及標準偏差值( $\sigma$ )等參數的比較

參數	A	B	C	D	E	F
m	2.52	2.21	1.58	1.51	1.58	1.39
$\sigma$	1.86	1.99	1.68	1.37	1.22	1.35
m+3 $\sigma$	8.11	8.17	6.61	5.61	5.23	5.45
m-3 $\sigma$	-3.1	-3.8	-3.5	-2.6	-2.1	-2.6

A: 改進前。

B: 改進SOP第3項。

C: 改進SOP第3及第4項。

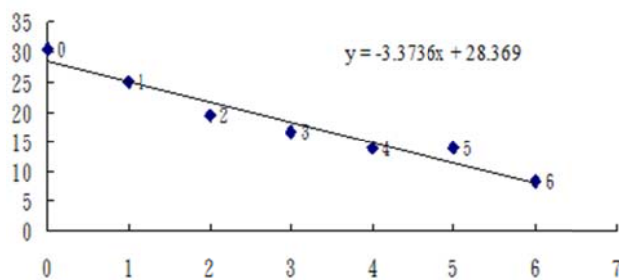
D: 改進SOP第3~第5項。

E: 改進SOP第3~第6項。

F: 改進SOP第3~第7項。

表二、失敗率與改進次數之間的關係

改進次數	0	1	2	3	4	5	6
失敗率 (%)	30.5	25	19.4	16.7	13.9	13.9	8.3
預估值	28.4	25	21.6	18.2	14.9	11.5	8.1



圖二、失敗率(y)與改進次數(x)之間的關係

#### 4. 實驗結果

以六標準差DMAIC手法來改善鋼瓶保壓洩漏率，以往公司內部SOP程序亦是從失敗中重中檢討再改進，因特殊氣體是屬高

危險性只要有發生爆炸或只毒氣洩漏接有可能造成人員及環境的重大傷亡，目前各大公司內部皆有訂定嚴謹的SOP程序以避免事故的發生，但SOP並不是靠推測就能草率訂定而是需要靠經驗與測試一筆一筆進行修改才能達到最終無洩漏的目標。

雖然SOP已訂定但並不代表已是百分之百安全程序，仍需要操作人員在程序中繼續尋找改進空間已達零洩漏率。

使用六標準差分析實驗數據可靠性及直線迴歸分析証實SOP流程的改善效果。此方法經實驗測試，可以使氣體管路保壓失敗率由30.5%降低至8.3%。

#### 5. 參考文獻

- [1] 蔡奇全, 6 $\sigma$ 手法提昇煉鋼原料卸船效率, 2000。
- [2] 黃國材, 六標準差在製造業之應用, 大葉大學工業工程研究所碩士論文, 2002。
- [3] 卓柏勳, 運用六標準差手法於液晶顯示器視效改善之研究, 2007。
- [4] Mast, Jeroen De., "Quality Improvement from the Viewpoint of Statistical Method," Quality and Reliability Engineering International, Vol. 16, 2003, pp.301-311.
- [5] SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers) Diagram". Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality, 2012-07-03.
- [6] Eckes, G., Making Six Sigma last: managing the balance between cultural and technical change, New York: John Wiley, 2002.
- [7] On-line information available at Display search. [http://www.stat.ncku.edu.tw/faculty\\_private/sljeng/Datamining/information/sixsigma.htm](http://www.stat.ncku.edu.tw/faculty_private/sljeng/Datamining/information/sixsigma.htm).

# 智慧型自助洗衣店的設計與實作

## Design and implementation of an intelligent laundromat

<sup>1\*</sup> 歐謙敏、<sup>2</sup> 黃昱瑋

<sup>1,2</sup> 健行科技大學, 電子工程系, 桃園市  
cmou@uch.edu.tw

### 摘要

智慧型自助洗衣店以 zynq-7000 Zedboard 嵌入式開發板內架設伺服器為基礎, 同時以 PostgreSQL 實作會員資料庫。洗衣消費者經由手機 App 軟體及網路瀏覽器連至伺服器, 登入 VIP 會員即可進行預約及查詢目前洗衣狀況。使用者不需在一旁等待清洗衣物清洗完畢, 節省了消費者寶貴的時間, 本系統結合嵌入式系統、周邊裝置與網際網路, 達成智慧型自助洗衣店的設計與實作。

關鍵字: Zedboard、PostgreSQL、洗衣店。

### 1. 前言

近年來由於行動通訊連網速率的提升及通訊電子技術日新月異, 持續的提升人們的生活品質, 在我們的生活中可以看到許多電子產品, 從早期的無線電話到現在最熱門的智慧型手機 (Smart Phone), 只是短短幾年之間, 在我們生活上增加許多便利性。本文所設計的營運系統是當我們不論在家裡或在外面時都可以透過網路查詢店內機台狀況。

本系統運作主要透過手機 App 軟體與網頁瀏覽器, 透過網路聯繫到 Zedboard 上的 Server, 洗衣消費者使用操作介面遠端控制預約機台, 經由 Server 處理過後, 使預約機台 Led 燈亮起並上鎖, 表示機已被人預約了, 若要進一步的啟動, 則伺服器內的 Shell Script 則會抓取這命令, 使機台開始執行動作。

我們使用的 PostgreSQL[1,2] 為一個開放原始碼, 它是一個自由的對象關係資料庫管理系統, 具有先進資料庫功能, 在系統上

可靠性、資料完整性和正確性極佳, 可以在各種常見作業系統上執行, 在本系統負責擔任會員管理的部分, 在手機應用程式的部分使用開發軟體是 MIT App Inventor[3,4,5], 拋棄原本複雜的程式碼, 採用積木堆疊的方式, 來完成 Android 手機應用程式。

表一、App Inventor 支援的作業系統

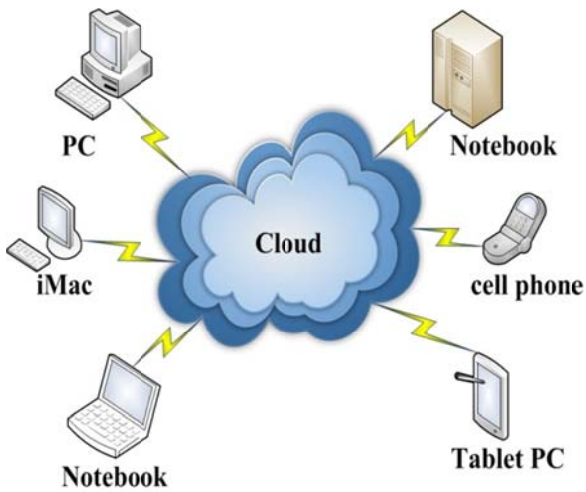
作業系統	支援的版本
Windows	Windows XP 或之後的版本
蘋果	Mac OS X 10.5.8 或之後的版本
Linux	Linux(官方式在Ubuntu上測試)

本系統結合智慧型手機 (Smart Phone) 開發, 在 2014 年 Android 智慧型手機在手機市場的市占率中已經高達 82.3% [6], Google 提供多種 Android 免費跨平台的開發環境, 開發者可在任何可連接網路的電腦進行開發, 至於開發環境對使用者電腦系統限制可由表一所示[7]。近年來 Smart[8,9,10] 與 Cloud Computing 概念使我們生活更便利, 相關商品如圖一所示。在現代生活及電子相關商品可說是相當重要的話題, 不論是在洗衣機、智慧家庭、手機、手錶、汽車、付款、電視、3c 家電產品等等電子產品都脫離不了這個範圍。



\*通訊作者

圖一、Smart 商品



圖二、Cloud Computing 圖

本系統運用到 Cloud Computing 概念 [11] 如圖二所示。由於網際網路技術蓬勃發展，無線網路普遍，從原本 3G 提升至 4G，Cloud Computing 簡單來說就是網路在加入網路伺服器的運算，Cloud Computing 利用網路使數位裝置能夠彼此合作，此概念的過程中產生相對應的 Computing 可提供使用者更豐富的 Smart 應用，本系統結合 Cloud Computing 概念，為了能夠有更人性化的服務、更優質的生活。

台灣的高等教育學費問題 [12] 指出，目前許多大學生都是在校外租屋，其在校外租屋比例高達 37.6%，這些大學生的待換洗衣物，大部分都是送到自助洗衣店洗衣服，除了少數自己洗衣以外，因此在大學校院附近開了許多自助洗衣店。然而，這些數量龐大的自助式洗衣店並無有效的管理辦法，導致迭有糾紛發生，例如搶用同一台洗衣機，衣物錯置等等。其次在自由時報新聞 [13] 中，提到自助洗衣店遭受竊取事件，近年來自助洗衣店衣服遭受偷竊事件相當頻繁，清洗之衣物被偷被竊是一件不容忽視的問題，因此目前所使用的自助洗衣店是不安全的。最後，當我們開始洗衣後，不想在一旁看守著衣物等待漫長的洗衣時間。智慧型自助洗衣店的設計與實作解決了傳統自助洗衣店的不便利性，同時減少了自助洗衣店衣物遭受竊取

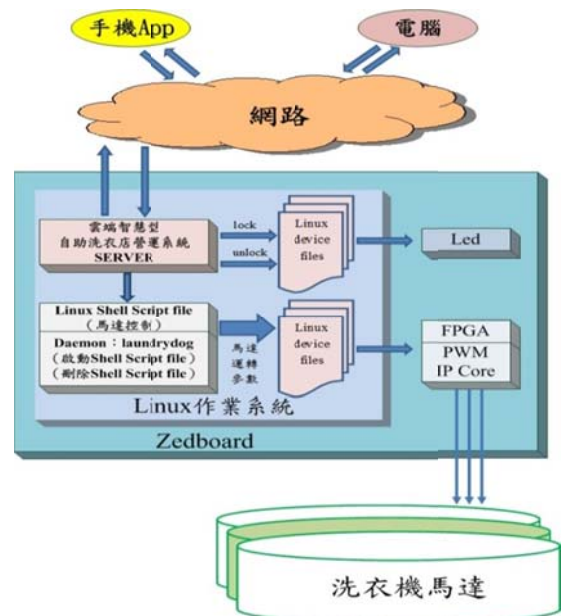
事件的發生，更進一步節省了洗衣消費者的寶貴時間。

本系統具有以下功能：

1. 從遠端透過網路來得知店內洗衣機的狀態
2. 遠端控制衣物開始洗淨及掌控自己的時間
3. 預約及保管功能，節省使用者的寶貴時間
4. 透過會員制度讓使用者衣物安全不被偷走
5. 可使用備註欄位寫下問題詢問管理人員。

## 2. 系統架構

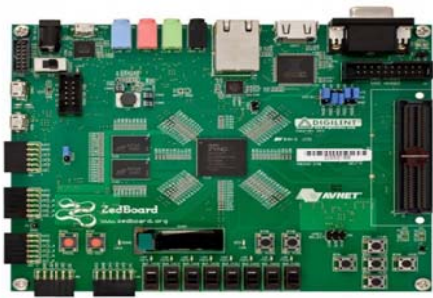
系統架構圖如圖三所示。應用程式以 PostgreSQL 軟體實作為主，結合手機 App 應用程式輔助設計，以 PostgreSQL 設計本營運系統的 VIP 會員資料庫，智慧型自助洗衣店的設計與實作是考量各自助洗衣店所缺少的功能，而增加了店家與顧客交易買賣時的便利性、安全性、節省消費者寶貴時間。傳統自助洗衣店預約方式需要事先打電話確認或是直接到店內，才能了解店內機台狀況，本系統加入雲端營運管理系統的議題，再加上智慧型手機應用程式，實現智慧型自助洗衣店的設計與實作。



圖三、系統架構圖

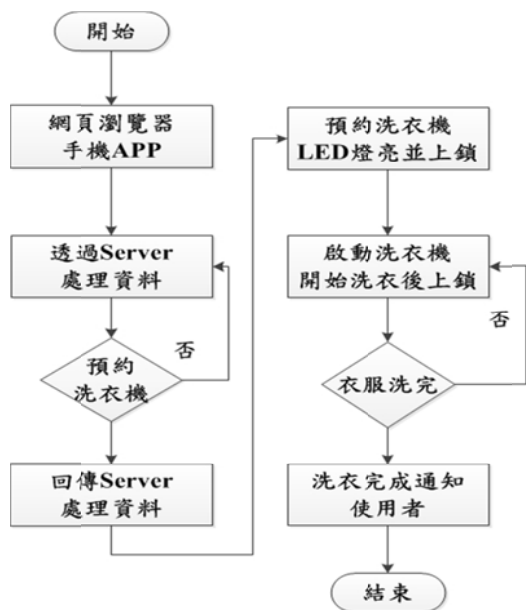


本系統階層可分為硬體、作業系統、應用程式三個部分，在ubuntu作業系統開發，使用到的應用程式以 PostgreSQL 用來會員資料註冊、管理、預約、保管的功能，使用的硬體是 zynq-7000 Zedboard[14]實驗板如圖四所示，用來擔任伺服器，內含有 ARM CortexA9 處理器，本系統還使用乙太網路介面、HDMI 的顯示螢幕、J-TAG 等等。



圖四、zynq-7000 Zedboard開發板

### 2.1. 系統操作流程



圖五、以PostgreSQL實作雲端智慧型洗衣店營運系統流程圖

當使用者透過網頁瀏覽器及手機 App 軟體連結雲端伺服器，資料透過網路送至 Zedboard 上的 Server，使用者藉由操作介面

遠端控制預約機台，經由 Server 處理資料過後，會讓預約的機台 Led 燈發亮並上鎖，表示該機台已經有使用者預約了，等待預約洗衣消費者前來解鎖洗衣，開始洗衣後上鎖等待洗衣完成會傳送訊息至使用者設定的聯絡方式提醒衣服清洗完成，如圖五所示。

### 2.2. 會員資料管理

在享受本系統帶來的便利前，首先註冊填寫會員資料，以方便管理人員聯繫使用者，註冊完成可選擇以下通知方式：手機號碼、E-mail、手機 App 軟體，用來通知使用者衣物清洗完畢可來拿取。管理人員可察看本系統的記錄：註冊本系統人數、使用者使用次數、洗衣的模式、預約的機台、預約及洗衣的費用、洗衣完成保管時間及費用。

### 2.3. 網頁預約功能及預約清單

使用者需事先至本營運店進行註冊手續，註冊登入 VIP 會員後可直接透過網路瀏覽器連線至本系統網頁進行預約如圖六所示，選擇洗衣方式：清洗、柔洗、標準等等模式，使用者另外可使用備註功能與本營運店的管理人員提出相關問題，填寫完畢將確認送出，本營運店將會儲存本預約清單以確保消費者的權利如圖七所示。

會員名稱	<input type="text" value="會員1"/>
預約順序	<input type="text" value="1"/>
日期	<input type="text" value="104/3/25"/>
洗衣方式	<input type="text" value="清洗"/>
單價	<input type="text" value="NT\$50"/>
備註	<input type="text"/>
確認送出	<input type="button" value="送出"/> <input type="button" value="取消"/>

圖六、VIP會員預約功能

### 預約清單

預約順序	<input type="text" value="1"/>
日期	<input type="text" value="104/3/25"/>
會員名稱	<input type="text" value="會員1"/>
洗衣方式	<input type="text" value="清洗"/>
單價	<input type="text" value="NT\$50"/>
備註	<input type="text"/>

圖七、預約清單

### 3. 實作結果

智慧型自助洗衣店的設計與實作不同於傳統的自助式洗衣店，不必到店內即打電話了解店內狀況，只需透過網路查尋的方式，人人都可以享受本系統所帶來的安全性、便利性、節省洗衣消費者寶貴時間。避免搶用同一台洗衣機，衣物錯置、衣物被他人誤取的事件，預約保管的功能讓洗衣消費者不必留在現場等待洗衣機洗好衣物，替洗使用者節省許多不必浪費的時間。人性化的保管讓人使用起來會更方便、安全、省時，採用VIP會員制度如圖八所示。透過網路登入，留下洗衣消費者使用記錄統計來店人數，可以讓洗衣消費者查詢洗衣的次數、遠端的控制洗衣的時間，不會讓衣服洗好之後留在機台內一直晾著，讓洗衣消費者想要什麼時候拿什麼時候洗什麼時候取都可自己決定。

VIP智慧洗衣店

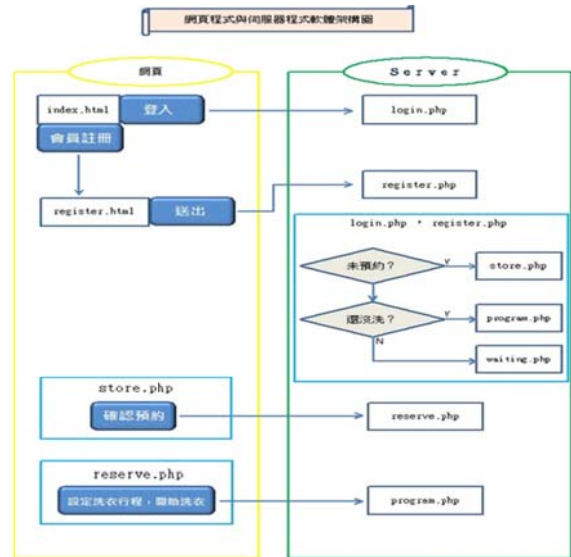
帳號:

密碼:

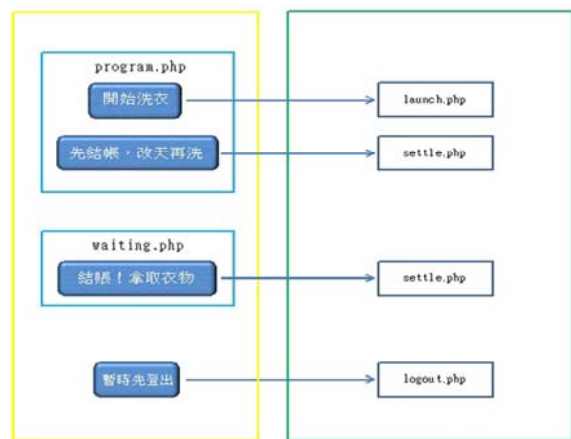
二維 Ansoft 註冊 APP



圖八、會員登入



圖九、網頁程式與伺服器對應1



圖十、網頁程式與伺服器對應2

網頁程式與伺服器架構圖如圖九、十所示。網頁作業時，每一步驟都會傳回伺服器內並執行動作。當命名 laundrydog 的 shell script 當啟動伺服器後，便會開始無限迴圈地執行，當使用者透過網頁或者手機 Applications 按下啟動洗衣機之後，就會發送一個訊息到伺服器，此時 laundrydog 便會抓到它然後執行。硬體方面使用了 Xilinx PlanAhead 14.4, 做 pwm\_freq0、pwm\_duty0、pwm\_freq1、pwm\_duty1、pwm\_freq2、pwm\_duty2 這六個檔案，可分別控制三個 pwm 的 frequency 及 duty cycle。

使用伺服馬達來代替洗衣機，轉動的方

式仿真洗衣機作業，用了 PWM 讓伺服馬達有不同的轉動效果，從連線進入到開發板 Zedboard 內的作業系統，並可以更改每個伺服馬達的 PWM，在電源方面，以 Zedboard 上的電源來驅動馬達，已可滿足目前自助洗衣店營運管理的需求如圖十一所示為實作成品。



圖十一、實作成品

#### 4. 結論

智慧型自助洗衣店是以洗衣消費者角度設計的一套系統，對現代校外租屋的大學生及社會人士，是個非常方便的系統。本論文主要貢獻在於讓洗衣消費者可以使用網路查詢的方式，而不必專程跑到洗衣店就可得知店內機台使用狀況，透過 VIP 會員制度的管理讓洗衣消費者用使用得更安心，不用擔心衣物被竊取事件發生，使用者更不需要在一旁等待洗衣時間，節省了洗衣消費者的寶貴時間。本系統的設計與完成，滿足了都會區人們對於智慧型自助式洗衣店的需求。

智慧型自助洗衣店的設計與實作未來若能與以下方案結合，可提升本系統的功能與效率更能提升使用者的意願，並提高本營運系統未來的商機，首先將這套系統放入到各家便利商店，因為在台灣隨處都有便利商店的蹤跡，是個非常有發展空間的系統，在每一間便利商店能夠增設洗衣機，就能夠為洗衣消費者帶來非常好的便利性，同時也創造另一波商機，機台以平均使用的方式可以確保洗衣機不會過度使用相同機台導致洗衣機壽命快速縮短，增加多種付款方式讓洗衣消費者前來洗衣的意願提升，例如：增加

App 軟體或悠遊卡、信用卡...等等付款方式。

#### 5. 參考文獻

- [1] 翁偉翔, “經由IP網路遠端存取ZigBee感測網路之實作,” 南開科技大學 電機與資訊工程研究所, 碩士, 2012.
- [2] 楊厚嶽, “雲端運算與資料庫存取架構研究,” 大同大學 資訊經營研究所, 碩士, 2010.
- [3] 黃先繪, “適用於車輛防盜系統與生活旅遊之手機應用程式開發與實作,” 健行科技大學 電子工程系研究所, 碩士, 2010.
- [4] AppInventor中文學習網。2015年2月24日, 取自 <http://www.appinventor.tw/>
- [5] MIT App Inventor。2015年2月24日, 取自 <http://appinventor.mit.edu/>
- [6] 科技新聞, 2015年2月24日, 取自 <http://technews.tw/2014/12/02/worldwide-smartphone-growth-forecast-to-slow-from-a-boil-to-a-simmer-as-prices-drop-and-markets-mature-according-to-idc/>。
- [7] 歐謙敏, 吳宗翰, “智慧型手機系統的移植應用與分析,” 2012數位與科技生活創新應用學術研討會, 2012.
- [8] 何宜源, “開放式服務平台技術與智慧家庭關係之探討,” 中原大學 電機工程系研究所, 碩士, 2010.
- [9] 黃宜品, “智慧住宅之構件組合,” 雲林科技大學 設計運算研究所, 碩士, 2010.
- [10] 曾溫祥, “多代理人智慧家庭系統之設計與實作,” 國立臺北科技大學 自動化科技研究所, 碩士, 2010.
- [11] 洪晟恩, “以免持裝置的定位為基礎建構智慧型住宅系統,” 銘傳大學 資訊工程系研究所, 碩士, 2012.
- [12] 周祝瑛, “台灣的高等教育學費問題,” 兩岸高等教育法制與高等教育改革學術研討會, 2006.
- [13] 自由時報新聞, 2015年4月9日, 取自 <http://news.ltn.com.tw/news/society/brea>

kingnews/1246053。

- [14] 林緯明，“在 FPGA 上實作 H.264 Baseline 硬體解碼電路，”國立交通大學資訊科學與工程研究所，碩士，2014.

# 以APP Invenator實作生活旅遊之手機應用程式

歐謙敏<sup>1\*</sup>、黃昱瑋<sup>2</sup>、黃先繪<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>

健行科技大學, 電子工程系, 桃園市

cmou@uch.edu.tw

## 摘要

本文使用 Google 所提出之 Google Map API 及 App Inventor 來開發旅遊點記錄日誌, 本手機應用程式, 除了記錄旅遊資訊的功能外, 並添加電話及路線規劃的功能, 能方便使用者找尋地點時, 能快速聯絡地方服務人員及引導使用者回到原地點, 搭配已普遍內建於智慧型手機內的照相機功能, 即可記錄捕捉精彩畫面。經由記錄清單將能用來記錄景點、攤販、店家等等, 點擊各個地點資訊能觀看記錄好的地點資訊。

關鍵字: 手機應用程式、APP Inventor、Google Map。

## 1. 前言

本文以 Google Map API [1] 服務, 搭配 Android 開放式作業系統 [2,3,4] 與 Google App Inventor 線上設計軟體, 以出外旅遊當作設計應用程式的核心, 作 JAVA 的設計與編譯, 主要目的是藉由手機應用程式的開發與實作來提升生活品質。出國旅行是到一個不熟悉的地方, 為了增廣自己的視野而到各個國家旅遊, 到各個國家去旅遊必定會準備國家地圖、指北針等用品, 以免走失方向迷了路, 旅遊中會做些筆記, 寫日誌或是寫部落格, 將旅遊路途上的點點滴滴記錄下來。本文提供一個旅遊記錄點的手機應用程式, 主要是用於在外旅遊時能透過手機應用程式, 旅客能簡潔的記錄旅遊日誌, 能用來記錄景點、攤販、店家等等, 簡單的記錄一些資訊, 例如: 地名、電話、座標 [5,6] 等, 搭配已普遍內建於智慧型手機內的照相機功能, 可記錄捕捉精彩畫面。當旅客在休息的時刻, 準備要編輯部落格時, 就能將手機應用程式打開, 將資

\*通訊作者

料補充到自己的部落格裡, 使資料能更完整、更仔細。

## 2. 基本原理介紹

本節探討 Android 系統的原理及相關運用技術, 同時針對本文實作的開發環境及手機平台做個簡單的介紹。

### 2.1. Android 系統介紹

Android 是一個包含核心系統、中間軟體和主要應用程式的行動作業系統。早期是由 Andy Rubin [7] 所創辦, 直到 2007 年, 由 Google 公司正式對外公佈, 名為 Android 的作業系統, 以一個機器人做為系統的 Logo。Google 公司靠著強大的開發與豐富的媒體資源, 讓 Android 成為眾多手機廠商競相爭逐的對象。由國際數據資訊公司 (IDC) 統計, 2014 使用 Android 智慧型手機市占率, 在全球智慧型手機市占率中高達 82.3%, 如此高比例的數據, 不得不引人注意。Google 也與多家廠商共同建立了開放手機聯盟 (Open Handset Alliance) 組織, 將系統的原始碼做公開的使用。

### 2.2. App Inventor

Google App Inventor [8,9] 為線上設計的 Android 程式環境, 它拋棄複雜的程式碼而使用積木式的堆疊法, 來完成 Android 程式。App Inventor 於 2012 年 1 月 1 日移交給「麻省理工學院行動學習中心」, 於 3 月 4 日公佈使用。App Inventor 的優點在於, App Inventor 是一個簡單易學習而且為線上設計的軟體, 不但如此, 設計好的程式是儲存在雲端空間, 不會浪費使用者電腦的記憶體空間, 也不需要特定的裝置, 只需要一組 Google 的帳號及一台能連上網路的電腦、筆記型電腦就可以設計程式, 是個非常方便的線上設計軟體。Google App Inventor 供應雲端伺服器, 提供給

眾多使用者在網頁上進行應用程式設計，使用者透過瀏覽器連線到MIT App Inventor網頁後利用Google 帳號登入，之後就能進入到程式的專案區，新增一個新的專案就可以開始進程式設計。

### 3. 應用程式實作

本節針對本文所實作的開發環境及應用程式，旅遊點記錄日誌應用程式實作介紹，並且詳述每一個應用程式的設計流程。

出門在外就像是一個生活旅行，不論是玩樂、購物或是工作。許多人會隨身帶上記事本用來記錄一些事項，網路上有分享許多關於記事本的手機應用程式，讓智慧型手機經由網路下載相關的手機應用程式來使用，網路上提供的應用程式只有記錄訊息的功能，本文認為應用程式應該具有多重的功能，例如：在記事本應用程式上設計撥打電話與路線規劃的功能，這樣功能設計能更方便使用者對於生活上的一些應用。

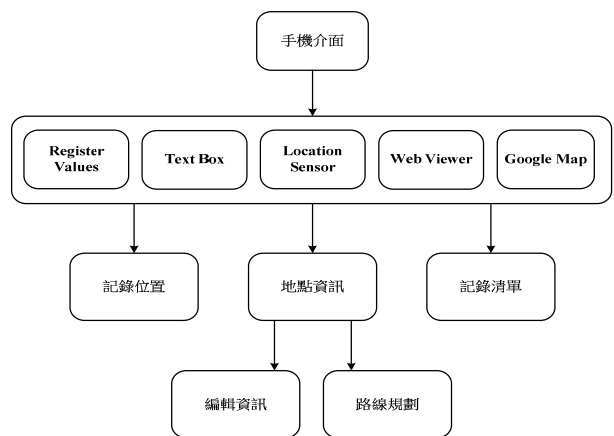
#### 3.1. 旅遊點紀錄日誌應用程式

本文主要以App Inventor主題，來進行手機應用程式的設計，主要提供一個簡易型的旅遊日誌，可記錄名稱、電話、地點敘述及座標，應用程式設計主要以App Inventor與Google Map定位收尋服務，將文字及經緯度存放在暫存器上，然後經由地圖的經緯度計算及Google Map定位收尋儲存的座標，最後利用Google Map路線規劃，規劃出路線方便使用者觀看。

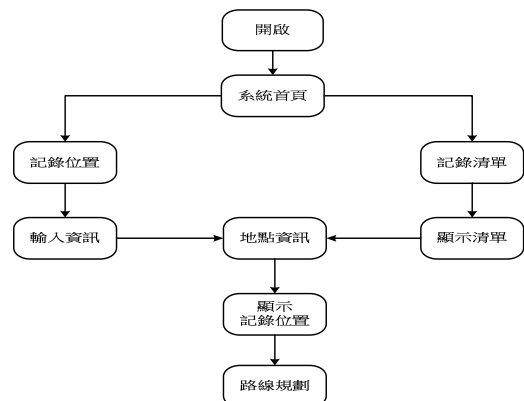
#### 3.2. 系統架構

圖一為旅遊點記錄日誌之架構圖。旅遊點記錄日誌，主要設計功能服務，分別為記錄位置、地點資訊、記錄清單。在記錄位置功能裡主要提供了一個讓使用者記錄地點資訊的介面，包含地點名稱、電話、敘述、座標，輸入完後，程式會將使用者輸入完的資訊，顯示給使用者觀看。可透過地點資訊可編輯地點資訊及路線規劃的功能介面。使用記錄清單可記錄過的地點資訊以清單方式列出。

圖二為旅遊點記錄日誌的整個系統流程圖。整體系統依功能分為三個部分，分別為記錄位置、地點資訊、記錄清單。從記錄位置可記錄目前所在地的資訊，包含地點名稱、電話、敘述，都是由使用者來記錄資訊，使用者能將使用者想記錄的景點、小吃、店家等，將這些地點資訊一點一滴記錄到手機裡。可使用地點資訊將記錄好的資訊顯示給使用者看，主要是能讓使用者對自己記錄的資訊，能進行文字的編輯更改地方、電話、敘述或是座標點，還有提供路線規劃的功能，能直接以手機的所在地規劃路線到記錄點，顯示給使用者觀看。在此功能選項下，更可搭配已普遍內建於智慧型手機內的照相機功能，即可記錄捕捉精彩畫面。經由記錄清單可將記錄的地點資訊以直向式清單的方式排列，點擊各個地點資訊能觀看記錄好的地點資訊。



圖一、旅遊點記錄日誌軟體系統架構圖



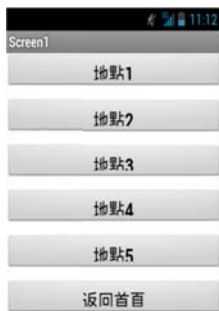
圖二、旅遊點記錄日誌系統流程圖

### 4. 實作結果與討論

手機應用程式為旅遊點記錄日誌，主要設計目的是讓使用者出門在外工作或是旅行時，能用來記錄資訊並且有撥打電話及路線規劃的按鈕，可撥電話聯絡該記錄點的客服人員及引導使用者回到該地方的功能。

#### 4.1. 旅遊紀錄日誌手機實體圖

如圖三所示。為旅遊點記錄日誌程式的記錄清單頁面，點擊任何一個清單按鈕會進入地點資訊的顯示畫面，如圖四(a)所示，按下編輯按鈕可以進行編輯。首頁中記錄位置按鈕，當點擊按鈕會切換到地點資訊介面，讓使用者記錄目前手機所在地的資訊，如圖四(b)所示。



圖三、旅遊點記錄日誌紀錄清單介面圖



圖四、地點資訊與資訊輸入圖 (a) 地點資訊顯示畫面(b) 地點資訊編輯畫面

圖五(a)為本手機應用程式以台北101當作輸入的範例，在圖中下方的目前位置區塊放置了，之前記錄的位置的文字顯示框，在顯示框的右方有個更新的按鈕，用途是提供給使用者來更新之前的記錄點，如圖五(b)所示。當使用者輸入完資訊後，按下確認按鈕

會到地點資訊顯示的畫面，如圖六(a)所示，編輯記錄點是提供給使用者編輯地點資訊，若有輸入錯誤或是要更新地點，都是按編輯記錄點來編輯資訊在右上方設計了撥打電話的按鈕，主要提供使用者聯繫地方客服人員，以便詢問相關資訊，圖為電話測試撥出的畫面。路線規劃按鈕是連結到Google Map的路線規劃，顯示目前所在地到記錄點所在地的路線規劃資訊及路線圖，如圖六(b)、圖六(c)所示。



圖五、輸入範例圖與更換座標圖 (a) 地點資訊範例-台北 101 圖 (b) 記錄點位置更新畫面圖



圖六、顯示範例圖與路線資訊圖 (a) 地點資訊範例-台北 101 圖 (b)(c) 路線規劃資訊圖

## 4.2. 系統比較

本文實作旅遊點記錄日誌之手機應用程式與 Google Play 商店上提供的免費應用程式，旅遊清單進行應用程式的功能比較，由表 1 所示，本文實作旅遊點記錄日誌應用程式在功能方面多出了，路線規劃、電話撥號的功能，這些功能為了讓出門在外的旅客，在旅遊時能暫時記錄景點、小吃等地方，當旅客想往回找小吃或是在飯店休息時想要寫部落格，使用本應用程式提供的記錄日誌，就可以看到之前記錄的旅遊景點、小吃的相關資訊，使用路線規劃功能，能引導旅客回到該地點，本應用程式有附加電話撥號功能，能撥打電話聯絡該地方的服務人員，詢問相關資訊。

表一、旅遊點記錄日誌功能比較表

	旅遊記錄點日誌 (本文實作之 App)	旅遊清單(Google Play 下載之 App)
記錄日誌	✓	✓
路線規劃	✓	
電話撥號	✓	

Research on Mobile Location Service Design Based on Android, Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, WiCom 2009 5th International Conference, 1-4 , Dalian, China

- [7] 陳俊錡, “以模糊多準則決策模式評選智慧型手機作業系統,” 南台科技大學 科技管理研究所, 碩士, 2009.
- [8] AppInventor 中文學習網。2015年5月1日, 取自 <http://www.appinventor.tw/>
- [9] MIT App Inventor,( access on 1 May 2015), <http://appinventor.mit.edu/>

## 5. 參考文獻

- [1] 江寬, 龔小鵬, “Google API開發詳解: Google Map與Google Earth雙劍合璧,” 台北: 文魁資訊, 2008.
- [2] 吳宗翰, “Android智慧型手機作業系統的移植與研究,” 清雲科技大學 電子工程系研究所, 碩士, 2012.
- [3] 歐謙敏, 黃先繪, “車輛防盜系統之手機應用程式,” 2013光電與通訊研討會論文集, 2013.
- [4] 黃先繪, “適用於車輛防盜系統與生活旅遊之手機應用程式開發與實作,” 健行科技大學 電子工程系研究所, 碩士, 2013.
- [5] 葉家呈, “Android系統軟體開發與應用,” 清雲科技大學 電子工程系研究所, 碩士, 2009.
- [6] Shu, X., Du, Z. and Chen, R. (2009),



# 孩童安全服務行動雲端系統之實現與統計分析

劉仲鑫<sup>1\*</sup>、邱奕洋<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中國文化大學，資訊工程學系，台北市

<sup>2</sup>中國文化大學，資訊工程學系，台北市

liu3.gold@msa.hinet.net

## 摘要

安全通報系統是結合GPS衛星定位、3G/4G和無線網路應用的實作，以無線網路作為基礎。擬使用Google提供的定位服務，再藉由程式的撰寫，內嵌於Google Map並加以實踐情境於手機平台上。本研究並針對環境及架構進行討論，期盼提供孩童通報實務安全之參考。

在現今社會中小孩扮演著被保護的角色，舉凡家中有小孩或老人無不希望能夠有良好的安全環境來給予照顧，更希望有輔助工具對於雙薪家庭無法時時保護孩童安全給予協助，並且可以採取預防措施減低孩童遇到的危險，所以選擇有關孩童安全通報系統來做為這次的研究主題。

關鍵字：GPS、安全通報、3G/4G

## 1. 前言

在現今社會中小孩扮演著被保護的角色，舉凡家中有小孩或老人無不希望能夠有良好的安全環境來給予照顧，更希望有輔助工具對於雙薪家庭無法時時保護孩童安全給予協助，並且可以採取預防措施減低孩童遇到的危險，所以選擇有關孩童安全通報系統來做為這次的研究主題。根據新聞報導以及網路

資料顯示台灣孩童在數位智慧財產權使用、網友身分分辨，人們使用網路數位安全知能還需加強，這也表示在安全上一般家庭親子間還需要改善空間，在現今的社會許多父母因工作忙碌，無法有多餘時間照顧小孩，大多家長也把小孩送到安親班或補習班，事實上安親班的照顧能力有限，我認為應多加提供安全機制保護小朋友，不僅讓數位科技進入到我們的生活，更使科技更有效率的提供安全服務，除了應用在安全機制上實行行動照護的服務，也讓小孩有個更安全的生活，家長也會更放心[1]。

各種應用在電腦平台上或發送簡訊掌握到孩童的目前所在位置，當孩童遇到危險時，能夠在短時間之內發出訊息尋求協助，聯絡人可以能夠快速做出回應從旁給予協助事先得知孩童所處環境的安全性以降低孩童身處危險的風險。針對孩童的日常生活設定的保護圈，一旦孩童離開了所設定的安全範圍[2]，便立即發送訊息通知緊急聯絡人並顯示孩童目前所在位置。家長們也可以設定間隔回報時間透過衛星定位發送手機簡訊和透過電腦平台顯示，讓家長們知道目前孩童的所在位置，不僅可以保護孩童的安全也讓家長們安心。

## 2. 系統實作



圖1、首頁頁面

點選APP後，會看到此畫面，有搜尋、設定、好站分享以及精選文章。

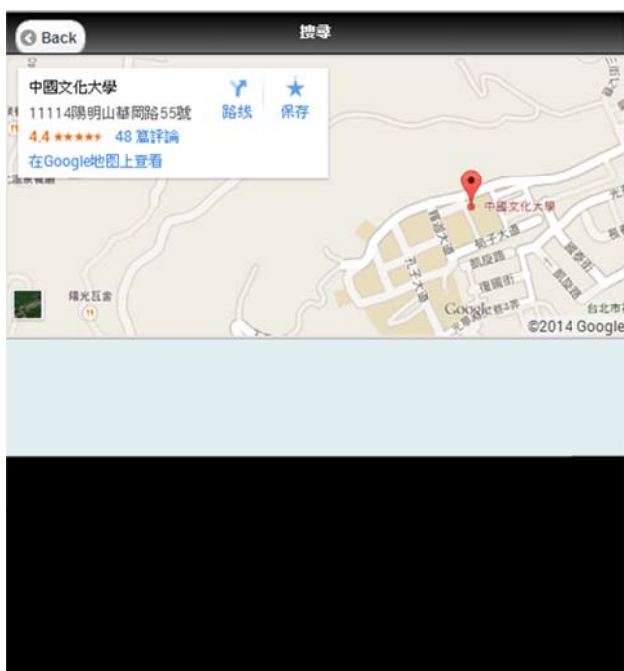


圖2、搜尋頁面

點選[搜尋]，會找到孩童目前所在的位置，點選[back]，則會回到上一頁。



圖3、設定頁面

點選設定，則會進入到設定選單，可以設定日期、電信業者代碼和手機號碼，設定完畢即可按下[設定完成]。



圖4、好站分享頁面

點選[好站分享],連結了兩個有關孩童安全的網站。家長可以開啟相關網站,使家長能方便的學習到一些有關孩童安全的常識與知識。



圖5、好站分享連結

點選第一個按鈕後,會連結到台北市政府警察局網站中的婦幼專區。網站裡不僅有給家長的[家長守則],還附上了許多兒童安全諮詢及救援單位的連絡電話。若有緊急狀況發生或是急需諮詢,都十分方便。



圖6、精選文章頁面

點選[精選文章]。家長在閒暇之餘,可以閱讀一些有關孩童安全的文章,對孩童安全做更加一步的了解。



圖7、推薦文章-親子天下雜誌

點選第一篇文章,會對外連結到"親子天下雜誌"的網站,除了圖中此篇有關於兒童居家安全的文章外,網站內有關於親子或是孩童的資訊都非常豐富。

### 3. 雲端網站



圖8、雲端網站首頁

開啟雲端網站，左邊按鈕有設定資訊、孩童搜尋紀錄、緊急聯絡人清單、好站分享以及統計分析。



圖9、設定資訊

點選設定資訊後，在設定資訊裡面，家長可以設定日期、電信業者代碼和手機號碼。



圖10、查詢孩童搜尋日期

點選孩童搜尋紀錄，家長可以輸入日期來查看搜尋孩童的歷史紀錄。

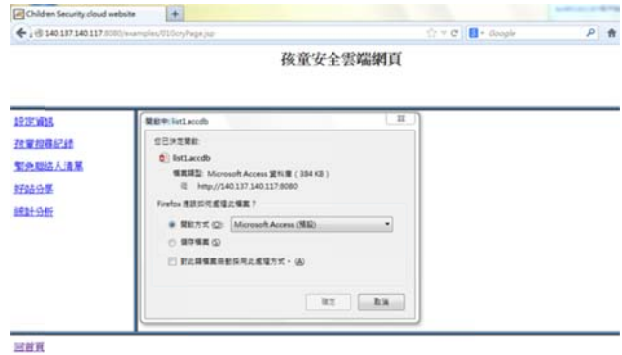


圖11、聯絡人清單下載

點選緊急聯絡人清單後，家長可以下載清單來查看或編輯緊急聯絡人清單。



圖12、好站分享

點選好站分享，家長可以在這邊瀏覽一些關於孩童安全的網頁，吸收更多有關孩童安全的知識。



圖13、統計分析頁面

點選統計分析，家長可以在這邊看到統計分析的資料，這些資料是對於這項裝置的有效與否所做的調查，提供家長參考。

## 4. Android實作

### 4.1實作目的

現今智慧型手機的普及，手機的功能也日新月異，多數人的個人資料或是重要資訊都會存留於手機中，所以設置密碼是很重要的一環。在第八章Android實作的部分，選擇了有關於密碼的主題”動態密碼”的設置，能讓家長使用起來更加安心，不需擔心隱私受到侵犯，也能避免孩童誤觸手機。



圖14、實作主題示意圖



圖15、輸入畫面



圖16、輸入帳號密碼

使用者輸入帳號1111以及密碼1111，密碼會自動隱藏。

### 4.2實作成果

#### (1)動態密碼執行畫面



圖17、顯示密碼

點選顯示密碼，原本自動隱藏的密碼會顯示出來。



圖18、再次輸入密碼

在下面欄位再次輸入密碼，使用者輸入錯誤的密碼2222，再次輸入的密碼也如同第一次輸入的密碼，會自動隱藏。



圖19、比對失敗

輸入兩次密碼後，可以點選比對密碼，由於第二次輸入的密碼跟第一次輸入的不相同，所以跳出比對失敗的視窗。



圖20、比對成功

若是第二次輸入密碼與第一次所輸入的密碼相同，點擊比對密碼後，比對成功視窗立即跳出。

點擊請選擇之按鈕後，可以看到顯示出許多手機的型號，只要點擊型號名稱，即可完成設定。

(2)選擇手機型號執行畫面



圖21、選擇手機型號主畫面



圖23、選擇SONY X10

家長或是孩童可以在這邊選擇手機型號，選擇自己所屬之手機型號，可作為紀錄之用途。



圖22、可選擇之型號



圖24、選擇Htc Hero

## 5. 統計分析

表1、父母統計資料表

編號	性別	年齡	使用前之放心程度	使用1個禮拜之放心程度	使用3個禮拜之放心程度	有效與否(1=有效, 0=沒效)
1	父	37	43	50	66	1
2	父	40	52	50	47	0
3	父	35	38	48	60	1
4	父	42	50	43	32	0
5	父	44	28	42	58	1
6	父	38	32	40	55	1
7	父	39	55	60	63	1
8	父	40	60	55	53	0
9	母	35	58	66	70	1
10	母	37	30	42	53	1
11	母	38	35	50	60	1
12	母	36	48	52	65	1
13	母	41	62	60	55	0
14	母	43	32	40	52	1
15	母	39	50	55	63	1

本研究探索孩童安全的問題，請了15位父母(小孩皆就讀國小一年級)參與實驗，並測試使用Tracker裝置是否能讓父母親對孩子感到更放心，再加以記錄、統計。

假設放心程度最高為100，在表單最右端，將放心程度有提升的父母標示為”1”，而感到沒效果的父母則標示為”0”。可以看到多數的父母使用過裝置後，放心程度都有顯著的提升。

表2、詳細統計資料表

	使用前之放心程度	使用1個禮拜之放心程度	使用3個禮拜之放心程度
平均數	44.86667	50.2	56.8
標準誤	3.004547	2.059126028	2.384873
中間值	48	50	58
眾數	50	50	60
標準差	11.63656	7.974960815	9.236573
變異數	135.4095	63.6	85.31429
峰度	-1.49601	-0.638443673	2.778382
偏態	-0.06118	0.397236467	-1.28145
範圍	34	26	38
最小值	28	40	32
最大值	62	66	70
總和	673	753	852
個數	15	15	15
信賴度(95%)	6.444112	4.416386094	5.115044

本研究將使用前及使用後的結果利用敘述統計統計出來，並做出父母親混合及分開的統計，顯示信賴度(95%)。再將父母親在使用裝置後所提升的放心程度的資料大略統計出來，並將這些資料做進一步的計算。有平均數、標準誤差、中間值、眾數等等。顯示這段時間內父母親放心程度的最大最小值，

能夠更明顯看出其中的變化量。

表3、媽媽部分統計資料表

媽媽部分	使用前之放心程度	使用1個禮拜之放心程度	使用3個禮拜之放心程度
平均數	45	52.14286	59.71429
標準誤	4.845223	3.508008	2.542161
中間值	48	52	60
眾數	#N/A	#N/A	#N/A
標準差	12.81926	9.281318	6.725927
變異數	164.3333	86.14286	45.2381
峰度	-1.9098	-0.80315	-1.25945
偏態	0.076425	0.094986	0.31044
範圍	32	26	18
最小值	30	40	52
最大值	62	66	70
總和	315	365	418
個數	7	7	7
信賴度(95%)	11.85583	8.583787	6.220445

將母親在使用此裝置後所提升的放心度的統計資料挑出計算。

表4、爸爸部分統計資料表

爸爸部分	使用前之放心程度	使用1個禮拜之放心程度	使用3個禮拜之放心程度
平均數	44.75	48.5	54.25
標準誤	4.030021	2.405351177	3.806714
中間值	46.5	49	56.5
眾數	#N/A	#N/A	#N/A
標準差	11.39862	6.803360514	10.76701
變異數	129.9286	46.28571429	115.9286
峰度	-1.32807	-0.546124829	2.091785
偏態	-0.24896	0.451846417	-1.35246
範圍	32	20	34
最小值	28	40	32
最大值	60	60	66
總和	358	388	434
個數	8	8	8
信賴度(95%)	9.529486	5.687751727	9.001448

將父親在使用此裝置後所提升的放心度的統計資料挑出計算。



表5、成對母體平均數差異檢定資料表

t檢定：成對母體平均數差異檢定		
	變數1	變數2
平均數	49.66667	41.66666667
差異數	6.333333	132.3333333
觀察值個數	3	3
皮爾森相關係數	-0.99021	
假設的均數差	0	
自由度	2	
t統計	0.989743	
P(T<=t)單尾	0.213309	
臨界值:單尾	2.919986	
P(T<=t)雙尾	0.426618	
臨界值:雙尾	4.302653	

本研究假設父母之間都是屬於常態分配，欲檢定父母之間成長的變異數是否相等，檢定 $H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2$  VS  $H_1: \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ 在顯著水準 $\alpha = 0.01$ 下，拒絕虛無假設 $H_0$ 。

## 6. 參考文獻

- [1] 劉仲鑫、張雯婷, “孩童安全服務實驗系統之實現,” 2011/5/24
- [2] 林敬硯, “行動雲端個人應用服務之研究,” 2012
- [3] 周家麟、陳怡芳, “以ICT整合之災害緊急應變訊息通報服務系統,” 2012
- [4] 劉仲鑫、劉彥德, “行動防救災系統之實作與分析,” 2012數位科技與創新管理研討會
- [5] 劉仲鑫、彭聖哲, “家暴防制系統之實作與分析,” 2011
- [6] 日花弘子, “新統計分析王—商業資料的統計分析與活用,” 譯者/出版社: 博碩文化

## 交通管制行動雲端系統之實作

劉仲鑫<sup>1\*</sup>、謝志揚<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中國文化大學，資訊工程學系，台北市

<sup>2</sup>中國文化大學，資訊工程學系，台北市

liu3.gold@msa.hinet.net

### 摘要

由於車輛在近期成長的速度相當驚人，相對於道路的擴展速度卻是趨於緩慢，因此塞車已經是世界各大都會區所需要面對的問題。駕駛遇到塞車時會浪費許多時間和燃料，也會造成環境上的污染。若是駕駛可以提早知道哪些路段現階段是屬於塞車的情況，則可以避開此路段，藉此減緩塞車問題，天災人禍無可避免，當意外發生，如何在最有效率使救援到達目的地，將決定搶救多少生命的關鍵點。

關鍵字：GPS、APP

### 1. 前言

由於車輛在近年來成長的速度驚人，相對的道路擴展卻是緩慢，因次塞車變成世界各大都會區都面臨的問題。不論是公路還是平面道路，一到尖峰時刻，總是車滿為患且意外事故頻傳。

本研究透過自行架設的雲端網站可瞭解當前的交通及路況，而一旦瞭解當前的交通和路況，車主可避免前往雍塞路段和尋找替代路線，相對的意外和交通雍塞的情況即可大幅的改善。

### 2. 系統實作

點選App後，會看見此畫面，有搜尋、設定、交通管制資訊。



圖1、首頁頁面

點選搜尋後，會出現你所搜尋的路口地圖，點選左上角BACK，則會回到上一頁。



圖2、搜尋頁面



圖3、設定頁面

點選設定，會到設定選單，可以設定日期，電信業者代碼、和手機號碼，設定完成即可按下設定完成鍵。



圖4、相關連結資訊頁面

點選交通管制資訊後，裡面的App已設定連結到交通局網站，裡面有各式交通的資訊。

### 3. 雲端網站

利用自行架設雲端網站，可方便快捷連結到所有關於交通方面的連結網站，甚至是一些近年來的統計數據表。



圖5、自行架設雲端系統首頁



圖6、連結省道即時交通資訊網



圖7、連結高速公路即時路況資訊



圖8、連結交通部各區車輛事故鑑定委員會



圖9、連結102年北市各路口的交通統計



圖10、連結102年國道公路交通事故統計表

#### 4. 參考文獻

- [1] 許慶祥、黃國平、蔡米育,“應用衛星、通信科技改善道路安全環境現況條件分析,”都市交通季刊, vol. 20, pp. 45-62,民94.
- [2] 李玉柱,“GPS及其應用,”南寧職業技術學院學報, vol. 4, pp. 98-100, 民94.

## 行動搶灘登陸遊戲之實作與統計分析

\*  
劉仲鑫、李志仁、周立平、楊泰寧、鄭仲凱  
中國文化大學，資訊工程學系，台北市  
liu3.gold@msa.hinet.net

### 摘要

由於現今智慧型手機和平板的高普及率，提供一個便利的行動遊戲平台，適合所有玩家族群，此外行動上網的快速發展，人們對於在行動裝置上進行娛樂和交流的機會越來越多，因此結合手機與遊戲將大幅提高遊戲能見度，拓寬遊戲生存空間。

在Android平台上也出現一些有趣的射擊遊戲，不管是槍戰或者是狩獵性質，其可玩性強、趣味性也很高，適合閒暇時刻打發時間。Android網路搶灘登陸遊戲，屬於即時360度全方位射擊遊戲，讓搶灘登陸能在網路上與其他玩家互動，吸引喜歡射擊類的玩家在網路上互相較勁。最後本研究進行統計分析，假設在變異數相等且顯著水準 $\alpha=0.05$ 之下，統計分析結果顯示：本研究之行動搶灘登陸遊戲能提升專注能力。

關鍵字：Android、射擊遊戲

### 1. 前言

過去我們說到「打電動」是以個人電腦以及家用遊樂器為主的時代，但隨著行動裝置的發展，移動式平台的遊戲也越來越熱門，實現「遊戲跨平台」夢想，遊戲不需要花大錢建置高檔的硬體配備，只要能連上網路接收畫面，便能享受高畫質的遊戲影音效果，因此本研究開發一款結合行動的手機遊戲，不管身在何處只要有網路皆可遊玩，更棒的是，旁邊的人只要有行動裝置，也可以立刻加入這遊戲。當今已經進入移動互聯網時代，人們越來越喜歡用方便的移動設備，如手機來進行上網衝浪，休閒娛樂。

### 2. 遊戲設計

遊戲中玩家如圖1可以選擇開始遊戲來進行遊戲，另外可以選擇遊戲說明觀看遊戲操作或者排行榜等，選擇好關卡後進行遊戲前會有遊戲載入畫面，熟悉操作後即可開始一場一激烈的攻防戰，如圖1之使用案例圖所示：

圖1詳細功能說明如下：

Android遊戲平台:運行Android遊戲且支援觸碰系統的互動平台

遊戲聲音設置:進入遊戲聲音設置畫面，按下"是"開啟遊戲聲音或按下"否"關閉遊戲聲音

遊戲選單:聲音設定好後即自動切換到遊戲選單介面，可選擇選單既有的功能列，如:開始遊戲、排行榜、遊戲說明、離開遊戲等

開始遊戲:遊戲選單那按下開始遊戲即進入遊戲載入畫面，Android遊戲平台讀取完後，進入遊戲進行畫面，玩家即可操作砲台進行一場激烈的防衛戰

遊戲說明:遊戲選單那按下遊戲說明會跳出關於遊戲操作的相關訊息

排行榜:遊戲選單那按下排行榜會跳出之前進行遊戲的分數

離開遊戲:遊戲選單那按下離開遊戲即退出遊戲執行程式回到Android主畫面。

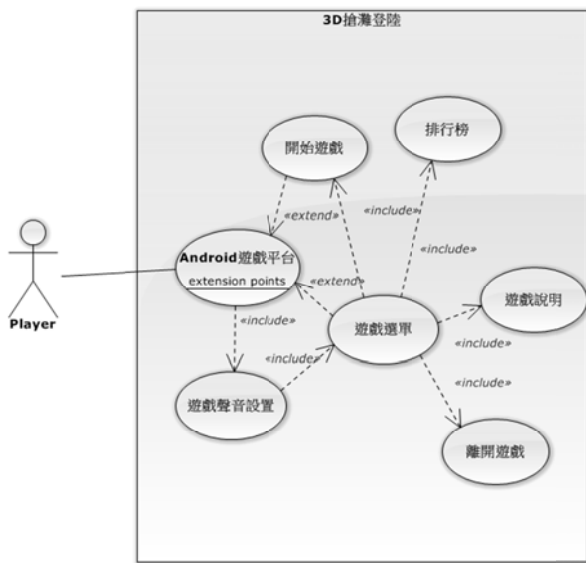


圖1、使用案例圖

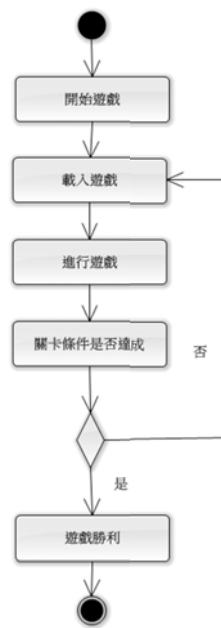


圖2、活動圖

圖2之活動詳細功能說明如下：開始遊戲:遊戲選單那按下"開始遊戲"即進入遊戲載入畫面

載入遊戲:切換到遊戲載入畫面，等待Android遊戲平台讀取完後，進入遊戲進行畫面，玩家即可操作砲台進行一場激烈的防衛戰

進行遊戲:玩家操作一台砲台面對從海上過來的敵軍，按下方向鍵和空白鍵控制砲台及發射砲彈抵禦敵軍，若擊中敵方坦克則得分

關卡條件是否達成:遊戲時間倒數完後若該關卡條件達成即遊戲勝利反之則進入GAME OVER畫面，選擇重新進行遊戲

### 3. Android實作

本研究是採用JAVA來實作搶灘登陸遊戲與用Android作執行工具。開啟遊戲時須先確認是否開啟聲音，按是開啟聲音反之則是關閉聲音，如下圖3：



圖3、聲音控制

選單可以選擇開始遊戲、遊戲說明、關於遊戲、退出遊戲等，如下圖4：



圖4、遊戲選單介面

選單那點選遊戲說明即可快速瞭解本遊戲操作，WASD是大砲控制的方向，如下圖5：

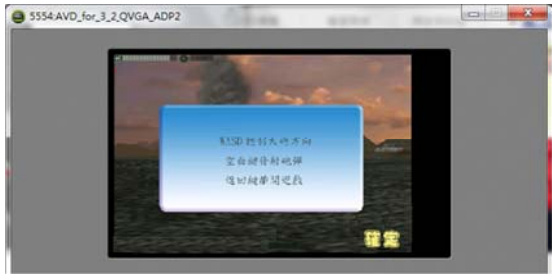


圖5、遊戲說明

選單點開始遊戲即進入遊戲讀取畫面，以及遊戲進行讀取資料動作，如下圖6：

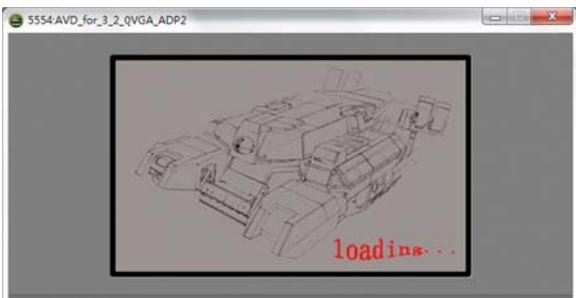


圖6、遊戲讀取畫面

遊戲開始時玩家操作一架砲台對海上進行登陸的敵軍坦克進行攻擊，鍵盤WASD是控制砲台方向以及空白鍵是射擊，打到敵軍坦克會產生爆炸，打倒指定數量的坦克以達成勝利條件，如下圖7：



圖7、遊戲進行畫面

當達成關卡指定條件(即擊倒特定數量坦克)就會跳出遊戲勝利畫面，如下圖8：



圖8、遊戲勝利畫面

#### 4. 統計分析

本研究開發的遊戲3D搶灘登陸以整體大致完成的測試版本，請了20位自願者(年齡15~30)參與實驗，並記錄下他們的性別、第一次試玩結果、第二次試玩結果，建立其資料集，如下表1，測試此款遊戲的專注能力是否提升，並做出統計，此處一般人專注能力為50。

表1、遊戲測試結果統計表

編號	性別	年齡	第一次試玩結果	第二次試玩結果
1	男	19	49	60
2	女	20	63	55
3	男	15	48	62
4	男	19	45	57
5	女	18	48	58
6	男	17	45	56
7	男	19	53	58
8	男	28	58	61
9	女	24	51	57
10	女	17	57	62
11	男	29	45	62
12	男	22	48	58
13	女	20	45	56
14	男	20	77	57
15	女	24	62	60
16	男	27	38	59
17	女	28	57	54
18	女	16	59	62
19	女	29	52	59
20	男	17	33	53



假定，第一次試玩與第二次試玩之結果的變異數相同。依『遊戲測試結果統計表』之抽樣資料，是否可證明在 $\alpha=0.05$ 之顯著水準下，第一次試玩與第二次試玩之結果無差異存在？

t檢定之類型為變異數相同，且虛無假設與對立假設分別為：

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

故此類檢定為雙尾。

由表2之遊戲測試結果t 檢定所獲得之P值為 $0.005433879 < \alpha/2 = 0.025$ ，故將捨棄第一次試玩與第二次試玩之結果相等之虛無假設。也就是說，在 $\alpha=0.05$ 之顯著水準下，第一次試玩與第二次試玩之結果存有顯著差異(第二次試玩之專注能力結果明顯高於第一次試玩結果)。

表2、遊戲測試結果t 檢定

兩個母體平均數差的檢定，假設變異數相等

	第一次試玩 結果	第二次試玩結 果
平均數	51.65	58.3
變異數	94.23947368	7.484210526
觀察值個數	20	20
Pooled 變異 數	50.86184211	
假設的均數差	0	
自由度	38	
t 統計	-2.948666139	
P(T<=t) 單尾	0.002716939	
臨界值：單尾	1.68595446	
P(T<=t) 雙尾	0.005433879	
臨界值：雙尾	2.024394164	

由於本例僅在檢定其是否相等，故為一雙尾檢定。依此結果：自由度為16，t統計值之絕對值 $2.6009 > 雙尾臨界值 2.1199$  (F13

處之P值 $0.019 < \alpha/2 = 0.025$ ，同於B15)，故得捨棄男女成績均數相等之虛無假設(兩者存有顯著差異)。換言之，依據統計分析得知：行動搶灘登陸遊戲能提升專注能力。

## 5. 參考文獻

- [1] 雲端遊戲 玩家隨時隨地打電動  
<http://news.tvbs.com.tw/entry/222321> , 2014/2
- [2] 行動裝置興起，遊戲平台將雲端化  
<http://www.bnnext.tw/article/view/id/19277> , 2014/2
- [3] 劉仲鑫、吳文輝，『行動雲端警務違規查詢系統之實作 與路網分析』，2014/2
- [4] Android 維 基 百 科 ，  
[http://zh.wikipedia.org/wiki/Android#cite\\_note-AndroidOverview-7](http://zh.wikipedia.org/wiki/Android#cite_note-AndroidOverview-7) , 2014/2
- [5] 劉仲鑫、周育德，『行動雲端3D西洋棋網路遊戲之實作與分析』，2014/2
- [6] 劉仲鑫、蔡益昇，『社區交通車到站系統之GIS 3D實作與分析』，2014/2
- [7] 李隆財、徐世威，『雲端服務平台與Android整合系統之設計與開發』，2014/4
- [8] 吳秀陽、劉韋驛，『動態行動雲端服務的彈性執行架構與開發模式』，2014/4
- [9] 李建志，『雲端新世代專欄—遊戲產業雲端革命跨平台無縫體驗』，2014/5，  
<http://www.digitimes.com.tw>

## 四軸飛行器之實作與應用

劉仲鑫\*、彭裕君

中國文化大學，資訊工程學系，台北市

liu3.gold@msa.hinet.net

### 摘要

無人飛行載具是近幾年越來越熱門的話題，目前國內外對此研究也越來越廣泛。四軸飛行器比一般直升機更容易控制，也有良好的滯空盤旋能力。常用於環境監測、災害勘查等任務可以快速透過搭載於機體的攝影機把影像迅速傳回地面監測站，確保可以在第一時間掌握最新動態。本研究利用四軸飛行器的方便、高機動性的優點結合行動智慧生活來實現無人機宅配服務，使用 Arduino UNO 搭配 Arduino 周邊感測套件來製作四軸飛行器，在遙控無人機方面使用 App Inventor 撰寫 android 智慧型手機 APP 來操控及接收監控畫面，可透過雲端紀錄飛行路徑、儲存影像及路線規劃，能在最短時間內免於塞車及地形阻隔把物品交至消費者手中。

關鍵字：四軸飛行器、Arduino、App Inventor。

### 1. 前言

第一次看到四軸飛行器是在電影三個傻瓜裡頭，之後對此印象深刻，而受到記錄片看見台灣所使用的拍攝工具也是使用四軸飛行器，越來越多人親自實作，在搜尋相關資料後發現電子商務巨擘亞馬遜 (Amazon)，利用無人多軸飛行器來用送體積小重量較輕的商品，這不僅可以縮短物流時間還可以省去物流人力，再加上此飛行器搭載攝影鏡頭可傳回即時畫面對於環境監測、災害勘查也是一大利器。

研究流程如圖1所示，對四軸飛行器所需要的零件加以研究選購，如何使飛行器載重和持久達到最好的效果，飛行器飛控版使用 Arduino UNO 搭配其他模組所構成，利用

手機遙控或監控四軸飛行器的路徑及影像。



圖1、研究流程圖

### 2. 軟硬體架構

市面上有許多不同大小的四軸飛行器，每種特性和功能及每個人的需求不同例如須載重、搭載攝影機、持久穩定，自行組裝的好處就在於能盡量符合多樣需求，在選購零件時就需多加研究挑選。

系統架構圖如下圖2所示，利用 Arduino 來做飛行器的飛行控制板，透過變電控制訊號轉為電流來驅動馬達，飛控板上搭載九軸自由度慣性測量感測器和無線接收模組，透過手機無線遙控四軸飛行器及飛行器的定位接收。

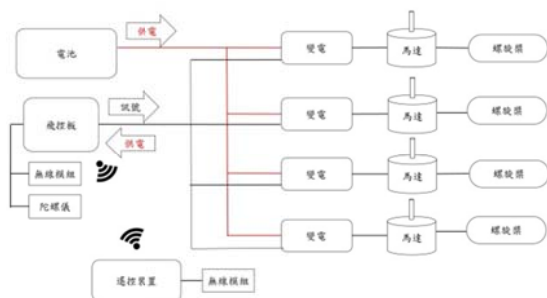


圖2、系統架構圖

四軸飛行器的結構形式如圖3所示。四旋翼飛行器採用四個旋翼作為飛行的直接動力源，旋翼對稱分佈在機體的前後、左右四個方向，四個旋翼處於同一高度平面，且四個旋翼的結構和半徑都相同，旋翼1和旋翼3逆時針旋轉，旋翼2和旋翼4順時針旋轉，四個馬達對稱的安裝在飛行器的支架端，支架中間空間安放飛行控制計算機和外部設備。

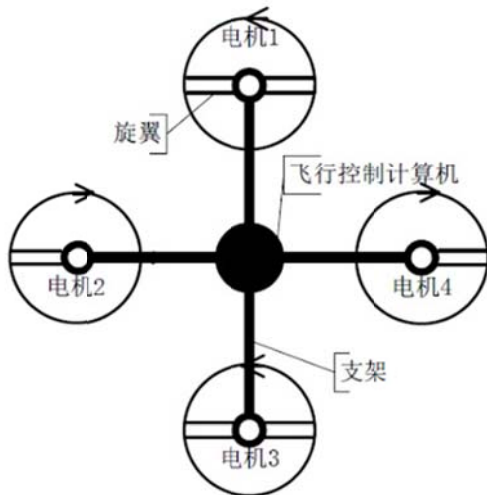


圖3、結構形式

### 3. 控制系統

一般四軸飛行器或其他遙控裝置都是使用市售的2.4GHZ寬頻遙控器，但在需要影像傳送圖表資料顯示，又要額外購買配件，不僅造成攜帶上的不便，也必須支出額外的花費，現在智慧型手機普遍使用手機來替代傳統的遙控系統是一大利器。

開發環境如下圖4所示。App Inventor原是Google實驗室（Google Lab）的一個子計畫，由一群Google工程師與勇於挑戰的Google使用者共同參與。Google App Inventor是一個完全線上開發的Android程式環境，拋棄複雜的程式碼而使用樂高積木式的堆疊法來完成您的Android程式。除此之外它也正式支援樂高NXT機器人，對於Android初學者或是機器人開發者來說是一大福音。因為對於想要用手機控制機器人的

使用者而言，他們不大需要太華麗的介面，只要使用基本元件例如按鈕、文字輸入輸出即可。

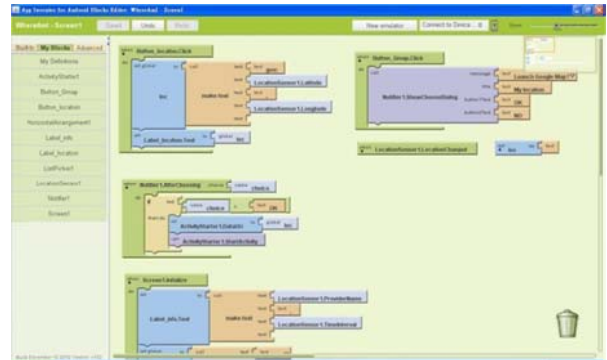


圖4、開發環境

實機程式流程圖如圖5所示。手機端透過無線發送端遙控四軸飛行器，判斷各種按鈕是否被按下如有觸發即傳回訊號至飛控板上無線接收端 Andriod手機如圖6所示。

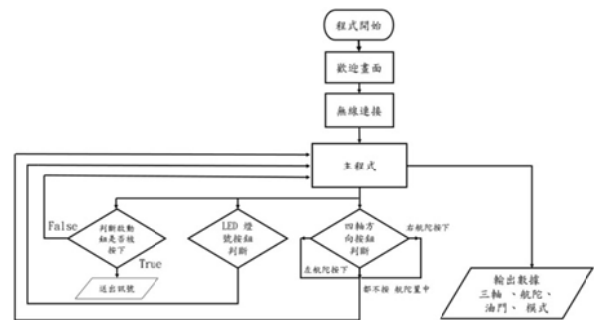


圖5、實機操作程式畫面



圖6、傳回訊號至飛控板

### 4. GPS物流應用

四軸飛行器應用在物流運送上，首先，我們先確認貨物是可監測到的的情況，以確保貨物一直處在監控環境下，這對於物流的

各個集散地盤點與一開始的貨物建立連線來說是不可或缺的；從圖7中，我們可以從經緯度座標了解到貨物的位置，並配合google map來清楚的掌握貨物的狀態與周遭的交通環境如何，當遇到突發事件(例如：貨物掉落、車禍、交通阻塞等)時GPS系統會發出SOS求救訊號給物流公司，讓公司可以最快速的掌握情況以進行支援，如圖7所示；近似於監視器的概念，GPS系統也儲存了貨物各個時間點的紀錄，如圖8，在一些突發事件的產生中，這樣的資料通常可以幫助我們掌握貨物狀況與事件發生的原因，也可以讓監督人員從統整後的紀錄表中快速了解狀況

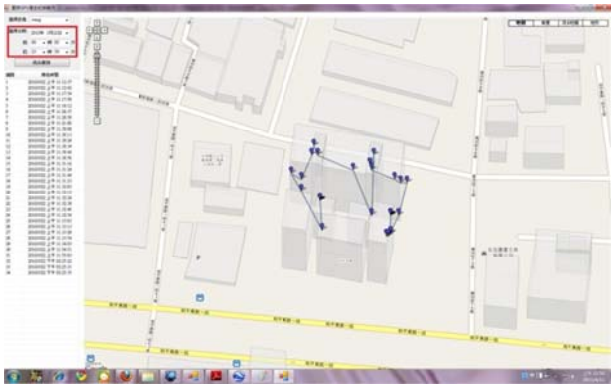


圖7、監測記錄配合google map顯示

本研究的監控實驗系統所使用的實體設備—tracker，是採以GPS定位技術搭配3G兩種傳輸協定的實驗器材，這項設備除了可以進行GPS衛星定位外還可以通過3G傳輸方式傳送封包給其他終端機，以進行記錄與即時遠距離監控。

運輸是物流產業中最重要的一環，只有將貨物安全的送達目的地才能確保商譽和利益，所以我們也做了簡單的測試；只需要輸入日期就可以查詢該貨物當天的運送紀錄，從圖7中我們也配合google map更直接的了解貨物的運輸路線與運輸狀況，點擊旁邊的任一紀錄還可以調閱出更詳盡的貨物狀態與運送速度，如圖8所示。

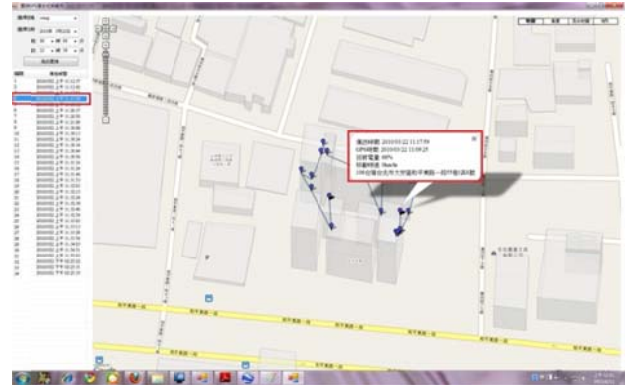


圖8、紀錄調閱

## 5. 結論與未來展望

四軸飛行器的應用非常廣泛，在環境監測、災害勘查、物流運送上面都有他的蹤影在TEDGlobal的機器人實驗室Raffaello D'Andrea展示他的四軸飛行器，可以像運動員一樣思考的機器人用可以幫助它們學習的演算法，來解決物理的問題，現在四軸飛行器也可以當作自拍神器 只要在手機上遙控即可，既輕鬆又方便攜帶。

礙於時間和金錢上的限制下，在本研究中最後做出來的四軸飛行器，只有基本的遙控飛行能力，在即時影像方面因為需要圖傳天線，在一開始選擇的飛控板，其擴充能力有限，未來可加入一些實用的功能，例如體感遙控、自動導航、空中拍攝能夠貼近生活，始之生活更便利。

## 6. 參考文獻

- [1] IMDb, "3 Idiots (2009) - IMDb,"<http://www.imdb.com/title/tt1187043/>,December 16,2013.
- [2] Arduino 官方網站,"ArduinoBoardUno,"<http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- [3] 維基百科,"四軸飛行器-維基百科,自由的百科全書,"<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%9B%9E%E8%BD%B4%E9%A3%9E%E8%A1%8C%E5%99%A8>,December 16,2013.

- [4] Robot Rabbit,“無人載具---四軸機(二)---馬達、電子變速器,”[http://robotrabbit.blogspot.tw/2012/06/blog-post\\_21.html](http://robotrabbit.blogspot.tw/2012/06/blog-post_21.html),July 1,2013.
- [5] 阿肚筆記 Arduino Notes ,“四軸飛行器飛行運動說明,”<http://ardutwfans.blogspot.tw/2012/06/blog-post.html>,June 26,2012.
- [6] Ark Lab 多旋翼工坊,“新手的Pixhawk 記事,”<http://ark-lab.blogspot.tw/>,December 10,2014.
- [7] 資工人日常 BLOG ,“使用 Arduino UNO 自製四軸直升機(一)工具、零件、準備,”<http://csenichjou.blogspot.tw/2014/03/Quadcopter-1.html>,March 8,2014.
- [8] arducopter,“MultiCopterInstructions,”<https://code.google.com/p/arducopter/wiki/AC2PowerDistro>,November 17, 2012
- [9] UFOCUS,“四軸飛行入門,”<http://www.ik.com.tw/UFOCUS/fly-1.html>
- [10] 零件補給站,“親手打造自己四軸飛行器,”<http://rcinn.blogspot.tw/>,September 12,2014.
- [11] APM:Copter 開源架構多軸機,“APM:Copter,”<https://apmcopter.wordpress.com/>,December 5,2014.
- [12] APM ,“多軸飛行器是什麼及它的運作原理,”<http://copter.ardupilot.tw/introduction/what-is-a-multicopter-and-how-does-it-work/>
- [13] Drones and ROVs and Arduinos ,<https://dronesandrovs.wordpress.com/2012/11/24/how-to-control-a-brushless-motor-esc-with-arduino/>,January 2, 2013
- [14] 高師大附中資訊社 App Inventor 教學網 ,<https://sites.google.com/a/stu.nknush.kh.edu.tw/appinventor/home>
- [15] App Inventor 中文學習網,<http://www.appinventor.tw/>

# RFID 無線感測技術應用於自走車之定位 -最小平方法研究

林鴻興<sup>1\*</sup>、張豐麟<sup>2</sup>、蔣忠誠<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 修平科技大學，電機工程系，台中市

<sup>2</sup> 修平科技大學，電機工程系研究所，台中市

lin01@hust.edu.tw\*

## 摘要

本研究提出使用RFID模組和多個Tag系統應用到自走車定位技術。RFID Reader經由校正所建立的發射訊號強度數據(Received Signal Strength Indication;RSSI)，由訊號強度數據轉換距離的特性曲線，以求得由Tag與架在自走車上Reader的距離，在已知的環境中估測出自走車的即時定位姿態。不但可決定自走車相對於慣性參考座標的絕對位置及車頭角，而且能應用最小平方法的技術，取得車體之動態位置及車頭方向估測值，並透過校正和實驗數據所提之RFID無線感測定位技術是有效且可行的。

關鍵字：RFID、發射訊號強度、最小平方法、定位。

## 1. 前言

機器人的研究在美、中、日、德、韓等國已蓬勃發展，各種創新功能與應用的智慧型機器人不斷地被推陳出新。機器人的基本功能是可以自我定自身在環境中的定位。最近，機器人被廣用於智慧型家庭各種不同的定位問題【1】中，機器人的定位能力有兩個主要問題是關於初值定位和行走中的追蹤姿態定位技術，及在未知的環境(地圖)中，如何尋找最初的定位。

使用外部感測器(例如：里程計、攝影機、紅外線、微波雷達、陀螺儀、雷射掃描器、超音波感測器、和RFID等等)和配合所設計的定位演算法可以量測到有關的定位問題。雖然定位的研究領域很寬廣，在定

位方面的文獻中，相關研究曾被提出在【2-3】中。雖然機器人定位問題已經研究多年，但是現有的參考文獻中方法都仍然存在有不足情形，在解決定位技術時常遇到的不確定性問題上，各種方法都具有其優缺點，對於主動式訊號的研究中，H.H. Lin,曾提出較低成本超音波定位系統(使用兩個超音波發射器和3個接收器的機器人自我定位系統)

【2】。P. S. Maybeck,提出的定位方法中，雖然被應用於移動服務型機器人【3】；但是，複雜和耗費時間方可獲得機器人的最初姿態定位，而且超音波定位系統處理有關初值的姿態問題時，準確度方面卻是有需要再改進的缺點【2】。

隨著無線網路的發達，因此發展出許多不同無線網路的型態，而無線感測網路(Wireless Sensor Network:WSN)更是近年來無線網路的應用新技術。目前在無線感測網路上屬於最熱門的探討定位技術，但是無線感測網路在定位技術方面仍有許多問題點必須去克服，其中影響定位準確性最大問題則是會受到電磁環境所帶來的影響。在區域性定位系統中，在無線感測器方面，早期的定位系統大都採用RFID，由於RFID的優點包含頻段小、波長短、體積小及堅固省電等，在RFID也發展出主動式及被動式等型態，但RFID的缺點是容易受到環境的干擾、安全性低及採樣慢且有方向性因素等之外，使得會影響到定位系統的精準性及即時性。利用RFID處理有關初值的姿態問題時，準確度和方向性方面卻是有需要再改進的缺點。

## 2. 研究目的

在 K.Arras, *et al* 提到 RFID 技術已經大量運用於移動機器人領域中【4】，而現今的 Reader 已可偵測到好幾公尺外的 Tag，使得這種技術愈來愈受到重視，因 Tag 所帶的資訊可被運用於導航、定位、建地圖或者是追蹤動態物體等廣泛應用。D.Hahnel, *et al* 使用一個機率的測量模型允許在室內環境裡準確的使用 RFID 電子標籤和讀寫器【5】，用一對 RFID 天線來改進有關定位問題。Kurth *et al.* 使用被動式 RFID 系統來定位與地圖建立；其方法是倚賴主動的訊號提供接收到一個電子標籤的回應時間的距離訊息。Tsukiyama 使用 RFID 電子標籤和一台視覺感測器應用於導航系統【6】。本研究提出使用 RFID 模組和八個 Tag 系統應用最小平方法的技術，應用到自走車定位技術。

## 3. 研究方法

本研究主要探討環境差異對 RFID 定位技術所產生的影響及實現有效的定位技術，利用 SYRD245-1N RFID(Radio Frequency Identification) 模組，撰寫 RS-232 通訊程式和使用操作介面，透過使用者操作介面可以進行電子標籤(Tag)校正和即時定位兩程序。Tag 校正經由校正公式建立 RSSI (Received Signal Strength Indication) - Distance 特性曲線，求得 Tag 發射的訊號強度與距離的關係。即時定位至少使用四個主動式電子標籤(Tag)建立定位環境，將所量測得到之訊號強度依照校正曲線轉換為相對應之距離資料，再使用最小平方法 (Least-Square Method) 即可計算獲得自走車的姿態座標。本研究隨自走車行走路徑所量測到的範圍內，每次規畫四個主動式電子標籤(Tag)為一組，利用 RFID 8 個 Tag 依序分成三組切換系統應用最小平方法的技術，應用到自走車定位技術。

利用射頻信號和電磁耦合來傳輸信號，完整的 RFID 系統架構如圖 1，可分為電子標籤(Tag)、掃讀器(Reader)、天線(Antenna)及 RFID Serve 組成。其動作原理由 RFID

Reader 發射一特定頻率之無線電波能量至

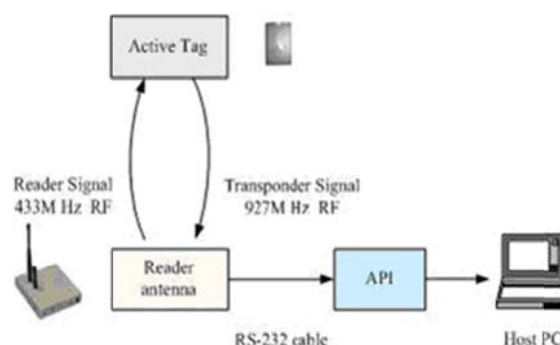


圖 1 RFID 系統運作圖

RFID Tag，用以驅動 RFID Tag 電路將內部之 ID Code 送出，此時 Reader 便接收此 ID Code，並得到接收訊號強度指標(Received Signal Strength Indication, RSSI)，Reader 再透過 RS-232、USB 或 WLAN 將資料傳至 RFID Server 進行分析。

## 4. RSSI校正和定位流程

### 4.1. RSSI校正方法

定位校正的方式有很多種，主要目的是計算出距離，以方便定位演算法計算出座標位置。RFID 定位是利用 RSSI 值來分析 Tag 和 Reader 之間的距離，雖然 RSSI 值會因為某些因素干擾，如多路徑影響、環境溼度、溫度、穿透衰減...等產生 RSSI 浮動，故需要進行 Tag 校正。但可以確定的是 RSSI 值在某個特定環境下，會和距離產生某種關係。

利用波傳導理論和實驗經驗，求得的 RSSI-Distance 特性曲線後，利用此校正曲線，轉換成相對應距離後，再使用最小平方法來求得車體的姿態座標。對於 m 個 Tag 而言，RSSI 值和相對應距離的數學關係式可表示為

$$RSSI_i = \frac{K}{d_i^n}, \quad i = 1, \dots, m \quad (1)$$

其中  $d_i$  為距離，參數 K 和 n 為兩個校正參數，為了找出參數 K、n；對(1)式，取以 10 為底的對數寫成下列方程式

$$\log_{10} \text{RSSI}_i = \log_{10} K - n \cdot \log_{10} d_i = a - b \cdot \log_{10} d_i$$

$$i = 1, \dots, m.$$

或寫成矩陣形式

$$\begin{bmatrix} 1 & -\log_{10} d_1 \\ 1 & -\log_{10} d_2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & -\log_{10} d_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \log_{10} \text{RSSI}_1 \\ \log_{10} \text{RSSI}_2 \\ \vdots \\ \log_{10} \text{RSSI}_n \end{bmatrix} \quad i = 1, \dots, m \text{ 其中}$$

$a = \log_{10} K$  和  $b = n$ 。由每個 Tag 實驗  $n$  公尺的 RSSI-Distance 關係，可以得到下列聯立方程式

$$\begin{bmatrix} 1 & -\log_{10} d_1 \\ 1 & -\log_{10} d_2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & -\log_{10} d_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \log_{10} \text{RSSI}_1 \\ \log_{10} \text{RSSI}_2 \\ \vdots \\ \log_{10} \text{RSSI}_n \end{bmatrix} \Rightarrow \mathbf{AX} = \mathbf{B} \quad (2)$$

其中參數  $a$ 、 $b$  可經由最小平方方法求得

$$\mathbf{X} = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{B} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中  $K = 10^a$ ,  $n = b$

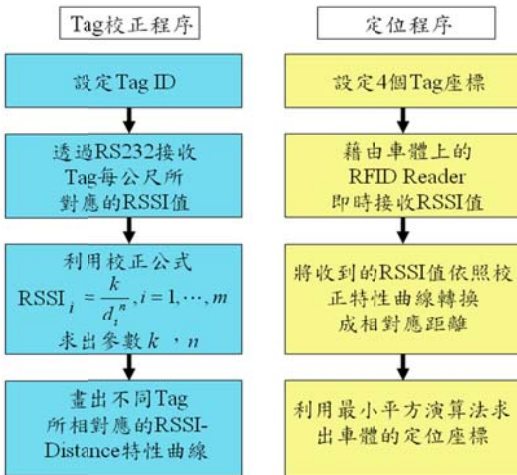


圖 2 Tag 校正及定位流程圖

#### 4.2. 使用最小平方法定位

由 4.1 所得到的校正曲線，可求出各別 Tag 和 Reader 之間的相對應距離，實驗流程如圖 2 所示，設定  $m$  個固定 Tag，

$$\mathbf{T}_1 = (x_1, y_1, z_1)^T, \mathbf{T}_2 = (x_2, y_2, z_2)^T, \dots, \mathbf{T}_m = (x_m, y_m, z_m)^T$$

， $d_i = (K_i / \text{RSSI}_i)^{1/n_i}$ ,  $i = 1, \dots, m$ ，轉換每個 Tag 的 RSSI 值成為相對應距離。可以得到下列聯立方程式

$$\begin{cases} (x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 + (z_1 - z)^2 = d_1^2 \\ (x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 + (z_2 - z)^2 = d_2^2 \\ \vdots \\ (x_m - x)^2 + (y_m - y)^2 + (z_m - z)^2 = d_m^2 \end{cases} \quad (4)$$

經由化簡，可得下列方程式

$$\mathbf{AX} = \mathbf{B}$$

其中

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 2(x_1 - x_2) & 2(y_1 - y_2) & 2(z_1 - z_2) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 2(x_1 - x_i) & 2(y_1 - y_i) & 2(z_1 - z_i) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 2(x_1 - x_m) & 2(y_1 - y_m) & 2(z_1 - z_m) \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} d_2^2 - d_1^2 + (x_1^2 - x_2^2) + (y_1^2 - y_2^2) + (z_1^2 - z_2^2) \\ \vdots \\ d_i^2 - d_1^2 + (x_1^2 - x_i^2) + (y_1^2 - y_i^2) + (z_1^2 - z_i^2) \\ \vdots \\ d_m^2 - d_1^2 + (x_1^2 - x_m^2) + (y_1^2 - y_m^2) + (z_1^2 - z_m^2) \end{bmatrix}$$

由最小平方方法解矩陣方程式

$$\mathbf{X} = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{B} \quad (5)$$

$\mathbf{X}$  即為所求的機器人位置座標  $(x, y, z)^T$

#### 4.3. 方位角的計算

在室內定位中角度問題或許不用在意，但對放置於大環境的自走車來說，方位是很重要的。譬如當自走車要走到下一個會場時，如果只知道自己的位置卻不知道方位，有可能立刻就喪失定位的功能。經 4.2 所求的機器人位置座標  $\mathbf{X} = (x, y, z)^T$  外，當自走車前進一小段距離時，可由兩點位置能決定一直線方程式如(6)式。

$$y_i = mX_i + c \quad (6)$$

其中  $m$  為直線斜率、 $c$  為截距。

假設從(5)式求得多點機器人座標，(6)式可寫成下列矩陣形式。



$$\begin{bmatrix} 1 & X_1 \\ 1 & X_2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & X_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c \\ m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \Rightarrow CY=D, \tag{7}$$

$$Y = \begin{bmatrix} c \\ m \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} 1 & X_1 \\ 1 & X_2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & X_n \end{bmatrix}, D = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$$

再利用最小平方法求解可得

$$\begin{bmatrix} c \\ m \end{bmatrix} = Y = (C^T C)^{-1} C^T D \tag{8}$$

斜率及截距即可從(8)式求得，而  $m = \tan \theta$ ，其中  $\theta$  為自走車方向和 X 軸的夾角，即可計算  $\theta = \arctan(m)$ 。故利用(5)、(8)式至少使用四個 Tag 方可求得機器人的姿態座標  $X = (x, y, z, \theta)^T$ 。

### 5. 校正、實驗與討論

本定位流程分為 Tag 校正程序和定位程序兩部分；Tag 校正程序是為了解決每個 Tag 因製程與使用環境不同(溫度、溼度、訊號干擾...等)所產生的個別差異，故在不同環境中必須對每個 Tag 進行校正，建立精確的 RSSI-Distance 特性曲線。

定位程序必須先設定 4 個 Tag 的座標，經放置於自走車上上的 RFID Reader 即時接收 RSSI 值，並依照在 Tag 校正程序中建立的 RSSI-Distance 特性曲線來轉換成相對應距離，得到 4 筆相對距離後，再使用最小平方法(Least-Square Method)即可求得車體所在姿態座標。

#### 5.1. 使用者操作介面

定位流程的實現是利用 C++ 程式語言撰寫使用者操作介面圖 3，利用此介面可透過 RS-232 通訊，來讀取 RFID reader 所接收的 RSSI 值加以分析利用。利用 Tag 校正特性曲線如圖 4 所示，紀錄每公尺所對應

的 RSSI 值，最後求得自走車姿態座標後並顯示於使用者操作介面螢幕上。

從圖 1 RFID 系統運作的架構，圖中 Active Tag 接收到 Reader Antenna 所發射的呼叫訊號時，將自身資料傳送給 Reader Antenna，經由應用程式介面(API)傳送資料至 Host PC 加以分析。

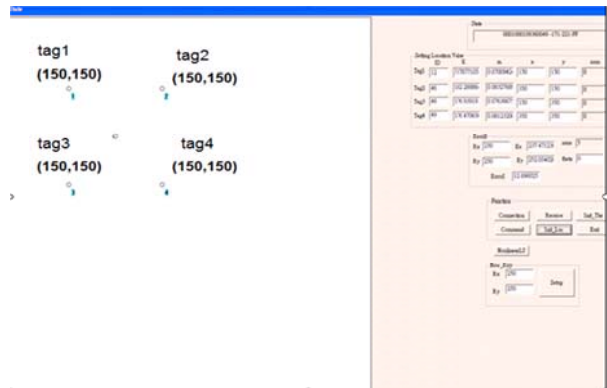


圖 3 使用者操作介面

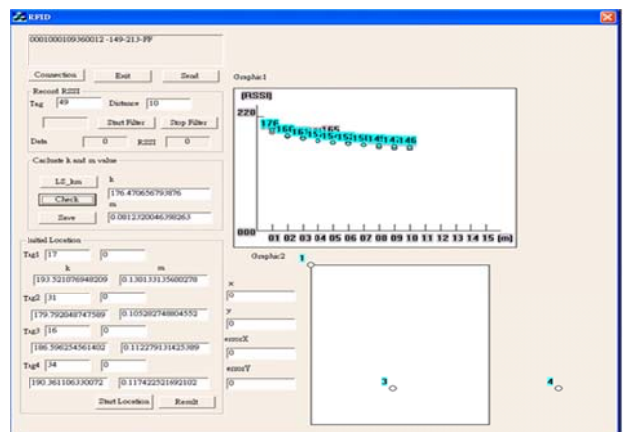
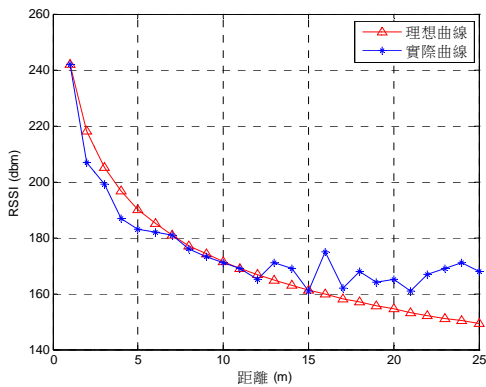
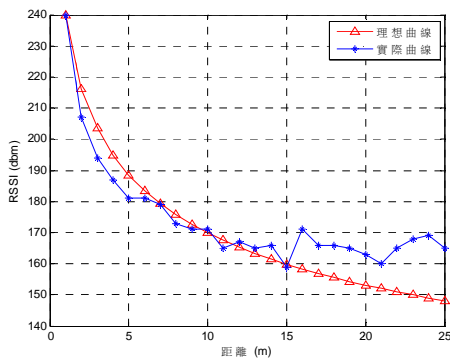


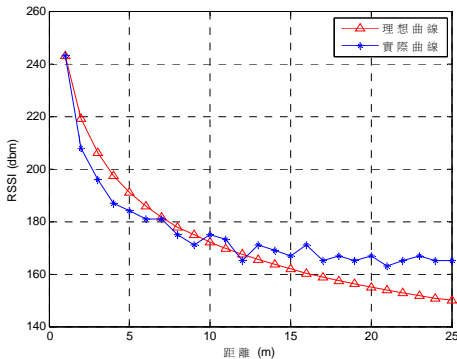
圖 4 利用 Tag 校正特性曲線



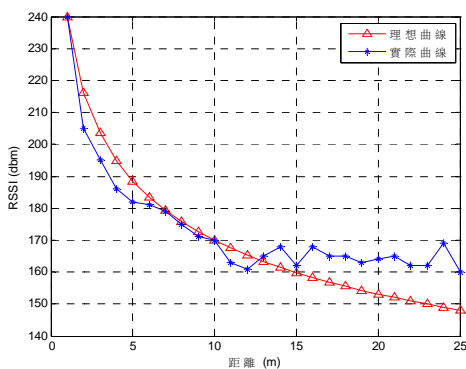
(a) 節點 A



(b) 節點 B



(c) 節點 C



(d) 節點 D

圖 5 各感測節點 RSSI-Distance 特性曲線圖

## 5.2. 校正實驗

RFID 無線感測器節點校正實驗是為了解決每個無線感測器節點因製程與使用環境不同所產生的個別差異，故在不同環境中都必須先對每個無線感測器節點進行校正，建立較為精確的 RSSI-Distance 特性曲線如圖 5 所示。

## 5.3. 靜態初始化實驗結果

圖 6 是由使用者操作介面擷取的靜態實驗結果。藍色標籤為 Tag 編號；以原點座標(250,250)為 RFID Reader 架於自走車來測試 10 次的訊號接收，從 0(360)、45、90、135、180、225、270、315 度可以發現 RFID Reader 所顯示出的訊號越接近原點代表此定位實驗的訊號越準確。

表 1 是靜態定位結果彙整；當中記錄了從一個角度裡的讀寫器原點、測量出來的估測值、估測值的 x、y 座標對原點之誤差、估測值跟原點的 x、y 座標計算後之角度。

## 5-4 動態實驗結果

此實驗開始以自走車方位角從 0、45、90、135、180、225、270、315 度做 A 點到 B 點直線移動為實驗目標；0、90、180、270 度動態實驗由預設起點到預設終點做 400

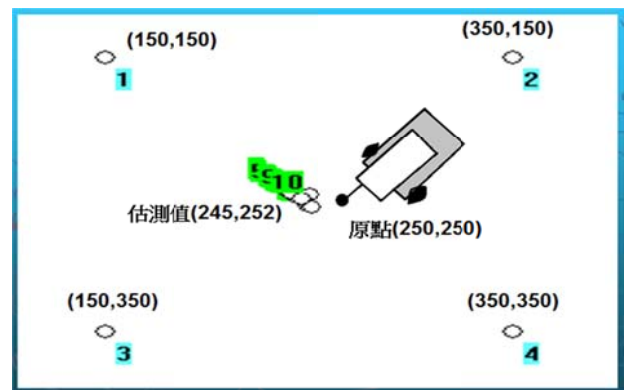


圖 6 靜態 225 度靜態定位結果

表 1 靜態定位結果

$\theta(\text{degree})$	0	45	90	135
$[X, Y]$	(250,250)	(250,250)	(250,250)	(250,250)
$[\hat{X}, \hat{Y}]$	(238.88,252.00)	(244.31,254.89)	(247.27,258.85)	(242.46,254.56)
$ \hat{X} - X $	11.12	5.69	2.73	7.54
$ \hat{Y} - Y $	2	4.89	8.85	4.56
$\hat{\theta}(\text{degree})$	10.15	40.7	72.86	30.96
$ \hat{\theta} - \theta $	10.15	4.3	17.14	104.04
$\theta(\text{degree})$	180	225	270	315
$[X, Y]$	(250,250)	(250,250)	(250,250)	(250,250)
$[\hat{X}, \hat{Y}]$	(245.34,251.49)	(245.87,252.36)	(245.67,252.01)	(239.90,260.94)
$ \hat{X} - X $	4.66	4.13	4.33	10.1
$ \hat{Y} - Y $	1.49	2.36	2.01	10.94
$\hat{\theta}(\text{degree})$	17.74	29.68	24.7	1.08
$ \hat{\theta} - \theta $	162.26	195.32	245.3	313.92

個單位;45、135、225、315 度動態實驗由預設起點到預設終點做 300 個單位，實驗之中的 RSSI 校正方法跟前面的定位實驗相同，但由於車體做定位實驗過程中的訊號偏差極大，故用數組定位監控軟體經分次實驗後再截取而互相連接的方式完成；另外做 0、90、180、270 度動態實驗需增置 4 個 Tag；而 45、135、225、



圖 7 自走車以直線移動定位實驗圖

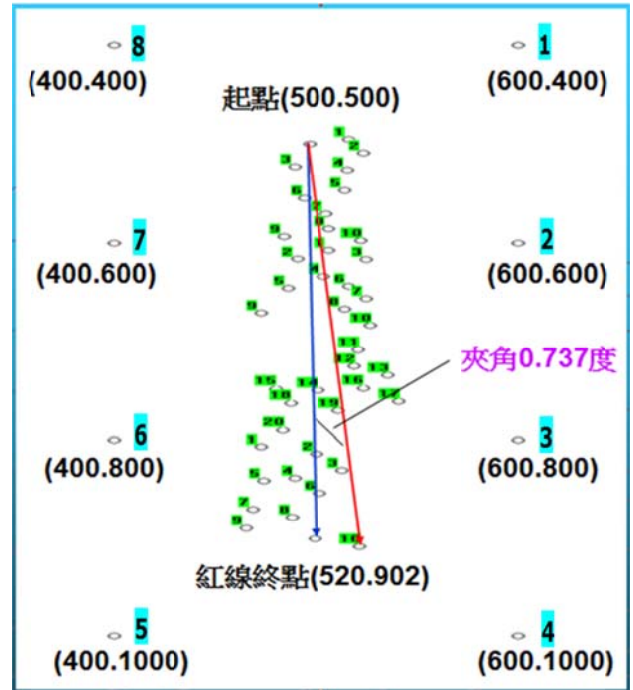


圖 8 自走車 270 度移動定位(誤差=20.1 cm)

315 度動態實驗需增置 2 個 Tag，這些動作是為了增強 Reader 與 Tag 之間相互收發訊號的靈敏度，由此方能做自走車的動態定位實驗；如圖 7 所述實驗裡的座標代表意義，左跟前為負值，右跟後為正值；藍色標籤為 Tag 編號及位置；圖中藍線為理想路徑，紅線為實際路徑，而實驗過程方有誤差，所以本實驗便產生了預設理想終點跟車體最後到達的實際終點間的誤差距離及誤差夾角，誤差結果分別標示於在圖 8 中和說明。

## 6. 結論

本研究利用校正公式求出 RSSI-Distance 特性曲線來轉換量測的 RSSI 值到所相對應距離，再使用最小平方法來實現室內定位系統。RFID 會因為方向性的問題造成動態的誤差無法像靜態如此的小，未來工作可增加 Tag 數量建立更完善的定位環境，達到更精確的定位效果。

因為訊號是相當不穩定的，故在定位上常常受到多方的干擾，想要降低誤差，提高系統的性能，在演算法方面也可以設計具有容錯能力和快速的演算法。

## 7. 參考文獻

- [1] G Song, K. Yin, Y. Zhou and X. Cheng, "A Surveillance Robot with Hopping Capabilities for Home Security," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 55, No. 4, pp.2034-2039, 2009.
- [2] H. H. Lin, C. C. Tsai, J. C. Hsu, "Ultrasonic localization and pose tracking of an autonomous mobile robot via fuzzy adaptive extended information filtering," IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 57, no.9, pp.2024-2034, 2008.
- [3] P. S. Maybeck, Stochastic Models, Estimation, and Control, vol.1, New York, Academic Press, 1979.
- [4] K. Arras, N Tomaris, B. Jensen, and R. Siegwart, "Multisensor on-the-fly location: precision and reliability and reliability for application," Robotics and Autonomous Systems, vol. 34, no.(2-3), pp. 131-143, 2001
- [5] D. Hahnel, W. Burgard, D. Fox, K. Fishkin, and M. Philipose, "Mapping and localization with RFID technology," IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.1015-1020, 2004.
- [6] T. Tsukiyama, "Navigation system for Mobile robots using RFID(Tag)s," IEEE International Conference on Advanced Robotics, pp.TIV-4-1, 2003.

# 利用射頻磁控濺鍍沉積氧化鋅薄膜以作為表面聲波元件之應用

李吉昌<sup>1\*</sup>、李昆益<sup>1</sup>、施文欽<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 中華科技大學，機電光工程研究所，台北市

<sup>2</sup> 大同大學，光電工程研究所，台北市

caphew0610@gmail.com

## 摘要

本研究探討製作ZnO薄膜在不同基板上以作為表面聲波之應用。先以射頻磁控濺鍍法沉積氧化鋅壓電薄膜在不同基板上，並使用黃光微影、熱蒸鍍法、舉離法製作指叉電極在具有ZnO薄膜的不同基板上以作為表面聲波元件之應用。

關鍵字：氧化鋅薄膜、濺鍍、表面聲波。

## 1. 前言

在西元1885年英國科學家Lord Rayleigh從地震現象的研究中推斷出表面聲波(Surface acoustic wave, SAW)的存在[1]，因此Surface wave又稱為Rayleigh wave。當沿著晶體表面行進時，在垂直晶體表面的方向，其傳遞能量會以指數型式衰減，而當其傳播深度超過一個波長的深度時，能量密度則降為在表面時的十分之一，因此這種波在晶體表面行進時，最主要的優點就是能量集中在表層。但是直到1965年才由美國加州大學柏克萊分校的R. M. White與F. W. Voltmer兩位教授在壓電基板上製作指叉狀換能器，藉由壓電效應產生表面聲波的形式，開始了表面聲波在各領域的應用[2-3]。

產生表面聲波最簡單的方式，就是利用指叉狀換能器(inter-digital transducer, IDT)，來直接激發表面聲波。當一個訊號電壓外加到輸入換能器的正負電極上時，在每對指叉(finger)電極之間就會建立電場，壓電基板表面一受到電場的作用，便會產生同步耦合之上下震動，而激發出表面聲波。當同極指叉間的距離等於表面聲波波長時，所激發的表面聲波效率為最大[4]。

SAW元件當外加一個時變電場訊號於壓電薄膜輸入端的IDT電極時，由逆壓電效應將電能轉換成為機械能後，在經由輸出端IDT電極的正壓電效應由機械能轉換成電能後輸出。

整體而言，SAW元件具有下面幾項特點。

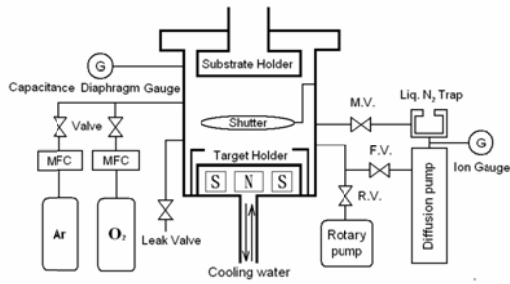
1. 元件體積小、且重量輕。
2. 針對不同的IDTs設計可以得到不同的頻率響應。
3. 元件屬被動元件，使用時不須外加偏壓且功率消耗少。
4. 元件製程與積體電路相似，可大量生產，降低製作成本。
5. 元件操作頻率範圍廣，通常在10 MHz至數GHz之間。

以應用的領域來區分，大致上可分為以下幾項：

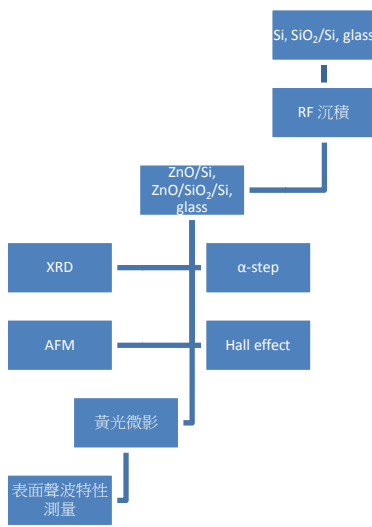
1. 無線射頻模組發射/接收端：如遙控器、編碼/解碼器等。
2. 視訊傳播：如中頻率波電路、衛星電視接收、有線電視轉換器及高解析度電視等。
3. 中頻訊號電路處理：本地震盪電路、光纖通訊、數據傳輸等。
4. 無線通訊：如行動電話、呼叫器等[5]。

## 2. 實驗方法

本實驗利用射頻磁控濺鍍法(RF magnetron sputtering)沉積氧化鋅(ZnO)壓電薄膜在不同基板上，並使用熱蒸鍍法(evaporation)及微影、舉離法製作指叉電極。圖一為射頻磁控濺鍍系統示意圖。圖二為實驗流程圖。表一為ZnO薄膜的沉積參數。



圖一:射頻磁控濺鍍系統示意圖。



圖二:實驗流程圖。

表一:氧化鋅的沉積參數。

氧化鋅薄膜沉積參數	
基板	ZnO/SiO <sub>2</sub> /Si ZnO/Si ZnO/glass
基板溫度	RT、380°C
基板至靶材距離	4 cm
背景壓力	8×10 <sup>-6</sup> torr
製程功率	150 W
製程壓力	5 mtorr
沉積時間	60 min
氧氣氧氣流量比 Ar:O <sub>2</sub> =2:2	

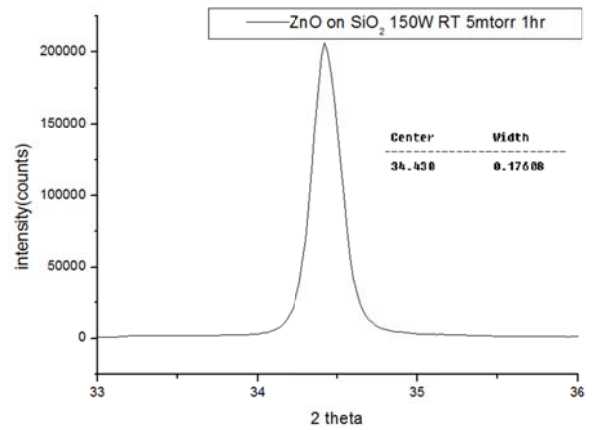
### 3. 結果與討論

#### 3.1 常溫和升溫對於氧化鋅薄膜物性的影響

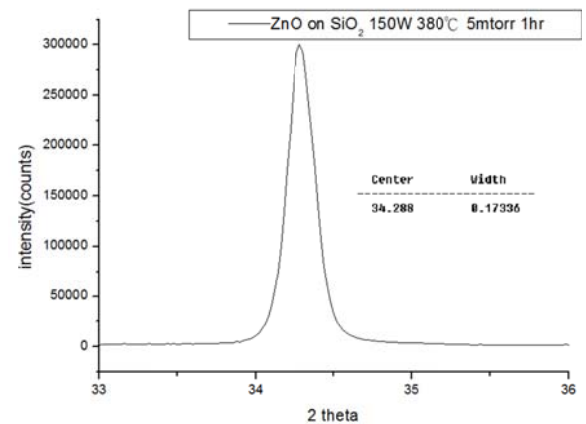
表二、圖三和圖四為在SiO<sub>2</sub>/Si上固定所有條件只改變基板溫度對於氧化鋅薄膜物性的影響。我們發現:基板溫度380°C下沉積的氧化鋅薄膜的半高寬、強度與平坦度都較常溫下沉積的氧化鋅薄膜來得好,但電阻率卻略微下降。

表二:ZnO 薄膜改變基板溫度的平坦度與電阻率比較表

沉積溫度	平坦度(nm)	電阻率(Ω-cm)
RT	17.0	2.849×10 <sup>6</sup>
380°C	14.3	4.286×10 <sup>5</sup>



圖三:ZnO 薄膜在常溫下沉積的XRD圖。(強度約為20萬、半高寬為0.176、沉積膜厚為1.08 μm。)



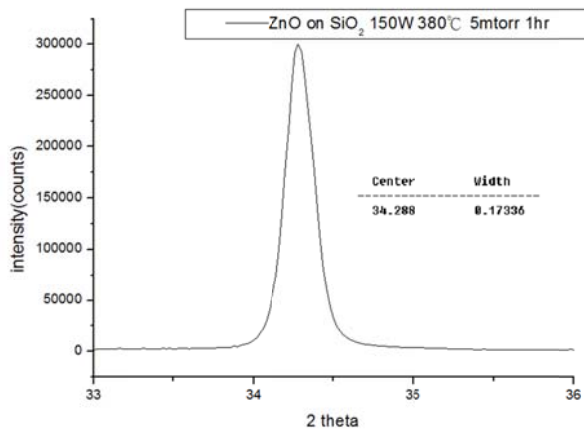
圖四:ZnO 薄膜在380°C下沉積的XRD圖。(強度約為30萬、半高寬為0.173、沉積膜厚為1.09 μm。)

### 3.2 氧化鋅薄膜沉積在不同基板上的特性

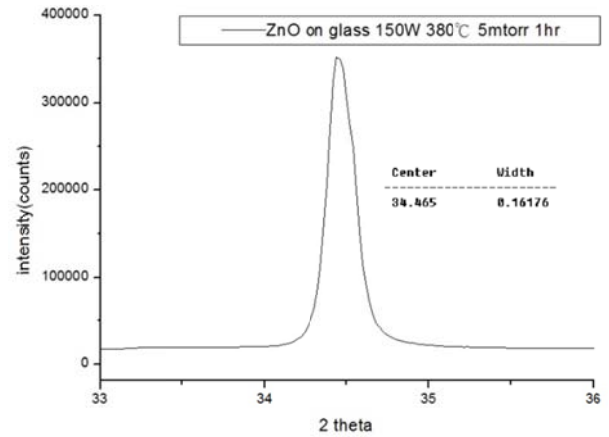
表三、圖五至圖七為固定條件以380°C 下沉積在不同基板上的氧化鋅薄膜之特性比較。在玻璃基板上沉積的氧化鋅薄膜，其半高寬、強度、電阻率與平坦度在三者之間較好，而在矽基板上沉積的氧化鋅薄膜則在三者之間較差，在 SiO<sub>2</sub>/Si 上沉積的氧化鋅薄膜特性則較接近玻璃。

表三:氧化鋅薄膜在固定條件下以380°C 沉積在不同基板上的平坦度與電阻率比較表。

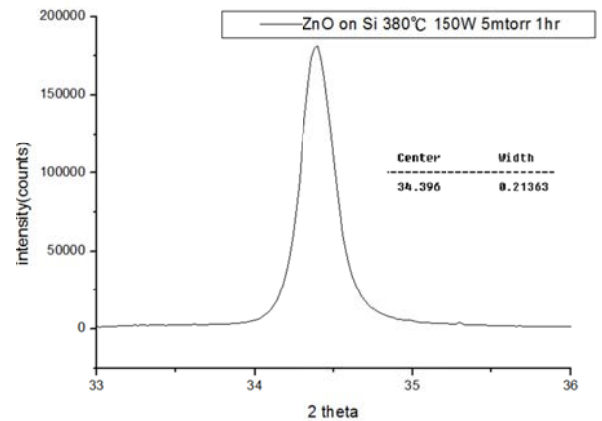
試片種類	平坦度(nm)	電阻率(Ω-cm)
380°C/Si	22.3	1.498×10 <sup>5</sup>
380°C/SiO <sub>2</sub>	14.3	4.286×10 <sup>5</sup>
380°C/glass	13.9	1.671×10 <sup>6</sup>



圖五: ZnO 薄膜在 SiO<sub>2</sub> 下沉積的XRD圖。強度約為30萬、半高寬為0.173、沉積膜厚為1.09 μm



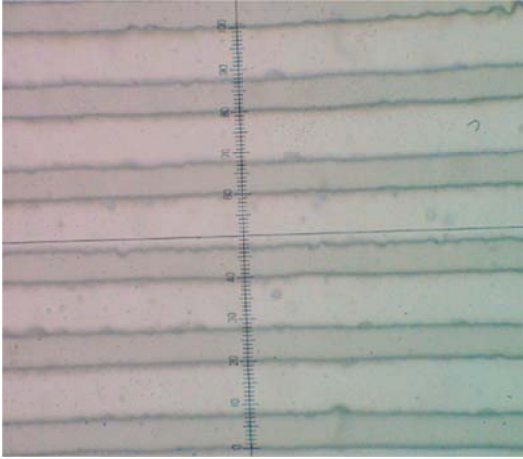
圖六: ZnO 薄膜在 glass 下沉積的XRD圖。強度約為40萬、半高寬為0.161、沉積膜厚為1.14 μm



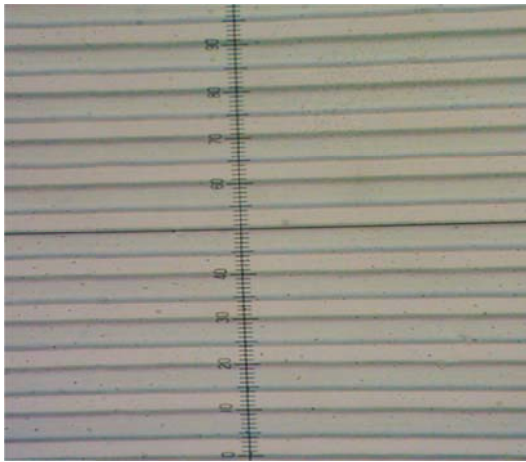
圖七: ZnO 薄膜在 Si 下沉積的XRD圖。強度約為17萬、半高寬為0.213、沉積膜厚為1.15 μm。

本實驗使用氧化鋅靶材，藉由射頻磁控濺鍍法沉積氧化鋅薄膜並且經過黃光微影製程製作 IDT，再以熱蒸鍍法蒸鍍鋁薄膜，最後再以舉離法來製作 IDT。

由於顯影時搖晃的程度會大幅影響顯影的時間，如圖八、圖九會有顯影不足及顯影過頭的情況，因此也嘗試過使用變壓器控制超音波震洗機來做顯影，但是如圖十會導致原本要顯影出的形狀跑掉，或者是鍍鋁後舉離時常常出現殘留或是震斷之情況。



圖八:顯影不足之示意圖。圖中為10  $\mu\text{m}$  的線寬，每一格代表1  $\mu\text{m}$ ，圖中較暗沉之地方為曝光後顯影之部分，可以看出較明亮的地方還留有12  $\mu\text{m}$ ，圖中有鋸齒的地方為顯影不平均的地方。



圖九:顯影過頭之示意圖。圖中為10  $\mu\text{m}$  的線寬，每一格代表2  $\mu\text{m}$ ，圖中較暗沉之地方為曝光後顯影之部分，可以看出較明亮的地方還留有8  $\mu\text{m}$ 。



圖十:使用超音波震洗機顯影之示意圖。途中上方可以看出即使降低電壓震洗依然會將形狀給震散。

#### 4. 結論

在製程功率150 W、基板溫度380  $^{\circ}\text{C}$ 、沉積壓力5 mtorr、沉積時間1 hr、沉積在玻璃上有著良好的特性，然而，玻璃的耐溫只到600  $^{\circ}\text{C}$ ，為了符合現在的半導體製程，所以選用  $\text{SiO}_2/\text{Si}$  作為基板來製作表面聲波元件。

#### 5. 參考文獻

- [1] Lord Rayleigh, "On wave propagating along the plane surface of an elastic solid." Proceedings London Mathematical Society, pp. 74-11, 1885.
- [2] R. M. White and F. W. Voltmer, "Direct piezoelectric coupling to surface elastic waves", Appl. Phys. Lett, vol. 58, pp. 1238-1276, 1970.
- [3] H. Matthews, Surface Wave Filters, John Wiley & Sons, Inc., pp. 1-53, 1927.
- [4] 黃瑞成, "利用射頻磁控濺鍍法成長類鑽碳膜於矽基板上以製備高頻氧化鋅薄膜之表面聲波元件," 大同大學光電工程研究所, 碩士論文, 2007.
- [5] 盧志軒, "利用電子束蒸鍍在  $\text{ZnO}/\text{Glass}$  上沉積氧化鋁薄膜以改善表面聲波元件之特性," 大同大學光電工程研究所, 碩士論文, 2010.



# 利用旋轉塗佈法製作高效率鈣鈦礦有機太陽能電池之研究

陳致錡、陳隆建\*、梁凱傑、黃俊凱

國立台北科技大學，光電工程研究所，台北市  
ocean@ntut.edu.tw

## 摘要

本論文利用旋轉塗佈(Spin-coating)方式，製作鈣鈦礦(Perovskite,  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ )主動層的異質接面(bulk heterjunction)結構有機太陽能電池。為了探討元件的效率，本篇論文以探討不同厚度的  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜對於鈣鈦礦有機太陽能電池元件轉換效率的影響。實驗結果  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜厚度從 180 nm 至 200 nm 時，於 200 nm  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜太陽能電池顯示了最高的轉換效率可達  $\eta = 12.006\%$  ( $J_{\text{SC}} = 21.86 \text{ mA/cm}^2$ )，進一步將  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜增加至 210 nm，元件的轉換效率減少至  $\eta = 10.069\%$  ( $J_{\text{SC}} = 21.99 \text{ mA/cm}^2$ )，從 J-V 曲線和  $\eta$  值，得知  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜的優化厚度是 200 nm，最佳厚度的  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜會吸收更多的光，並產生較高的電流。

關鍵字：鈣鈦礦，有機太陽能電池

## 1.前言

鈣鈦礦有機太陽能電池由於它獨特的性能和巨大的潛力而引起相當大的關注。作為有機/無機鉛鹵化物鈣鈦礦材料，鈣鈦礦具有高的吸收係數以及高功率轉換，長電洞-電子的擴散長度，可調帶隙，以及高載子遷移率[1-22]，鈣鈦礦及其衍生物已經應用在各種類型的太陽能電池結構，包括已實現鈣鈦礦有機太陽能電池中  $\text{TiO}_2$ /鈣鈦礦材料和平面的 p-i-n 的異質結構太陽能電池 [23-26]。 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜可以利用雙源的熱蒸發系統 [27]，蒸氣輔助系統，一步(one-step)和兩步(two-step)旋塗法來製備 [28-29]。鈣鈦礦有機太陽能電池有許多優點，例如成本低，低溫，和易於控制。本研究利用 spin coating 技術製作鈣鈦礦有機太陽能

電池的溶液製造過程，以及研究不同厚度的  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜生長在 ITO/PEDOT:PSS 結構上的高轉換效率鈣鈦礦有機太陽能電池的結構、表面特性和光電轉換效率。

## 2.實驗

### 2.1 溶液調配

本研究  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  溶液調配是在充滿高純度氮氣的手套箱中，將 1.2M 的  $\text{PbI}_2$  和 1.2M 甲基銨碘化物(methylammonium iodide, MAI) 溶於 imethyl sulfoxide (DMSO) 和  $\gamma$ -butyrolactone (GBL) (體積比為 1:1) 之中，並放入磁石攪拌子，使用磁石攪拌器攪拌 24 小時。PCBM 溶液調配，PCBM 以 20 mg/ml 溶於鄰一二氯苯(1,2-dichlorobenzene, DCB) 之中，並放入磁石攪拌子，使用磁石攪拌器攪拌 24 小時。

### 2.2 實驗流程

本研究利用 Spin-coating 技術，將 PEDOT:PSS 塗佈於已清洗好之圖樣化 ITO 基板，旋轉塗佈機的轉速與時間為 5000 rpm，30 s，接著在 140 °C 的溫度下退火 10 分鐘。 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  溶液塗佈於 ITO/PEDOT:PSS 基板，第一段轉速與時間為 1000 rpm，10 s，第二段轉速與時間為 5000 rpm，20 s，在第二段 17 s 時，滴入 50  $\mu\text{l}$  甲苯，旋轉塗佈後，將  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜退火 100 °C，10 分鐘，完成  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜成膜動作。PCBM 溶液塗佈於結構 ITO/PEDOT:PSS/Perovskite 上，轉速與時間為 3000 rpm，30 s。最後使用熱蒸鍍方式將金屬電極 Ca/Al 蒸鍍在結構 ITO/PEDOT:PSS/Perovskite 上，完成鈣鈦礦有機太陽能電池元件製作，完整的結構如圖 1 所示。

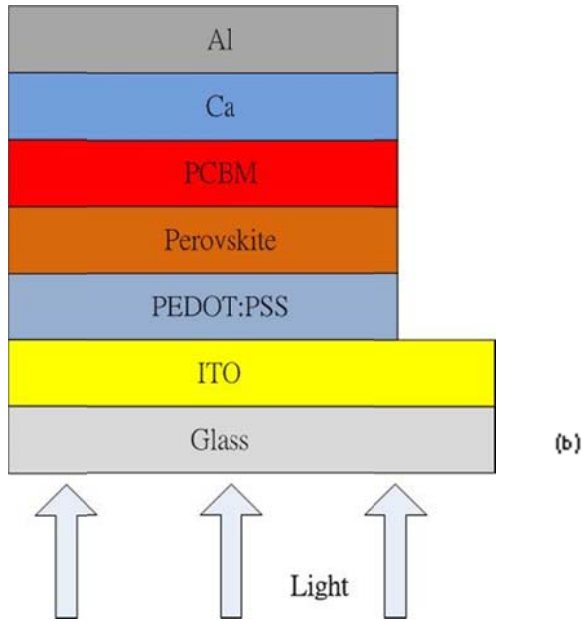


圖 1 鈣鈦礦有機太陽能電池元件示意圖

### 3. 結果與討論

$\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜由 one-step 塗佈法製備出長方體狀晶體，平均  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  晶體尺寸約從 200 nm 至約 600 nm 如圖 2(a) 所示。圖 2(b) 為高分辨率的鈣鈦礦有機太陽能電池結構橫截面，從 FESEM 圖中可以清楚的看出每一層的存在 ITO (200 nm)、PEDOT:PSS (30 nm)、鈣鈦礦 (200 nm)、和 PCBM (~50 nm)。

鈣鈦礦有機太陽能電機元件在 AM 1.5G 光功率為  $100 \text{ mW/cm}^2$  的太陽光模擬器下鈣鈦礦有機太陽能電池的 J-V 曲線，如圖 3 所示。該電池具有  $5 \times 2 \text{ mm}^2$  有效區和無抗反射塗層。 $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜的厚度會影響激子的擴散長度，其強烈吸收光在紅色光譜區。從量測結果可以發現  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜厚度從 180 nm 提升至 200 nm 時可使  $\eta = 9.716\%$  ( $J_{\text{SC}} = 21.45 \text{ mA/cm}^2$ ) 提升至  $\eta = 12.006\%$  ( $J_{\text{SC}} = 21.86 \text{ mA/cm}^2$ )，進一步增加  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜厚度至 210 nm，元件的轉換效率減少至  $\eta = 10.069\%$  ( $J_{\text{SC}} = 21.99 \text{ mA/cm}^2$ )，從 J-V 曲線和  $\eta$  值，實驗結果發現  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜的優化厚度是 200 nm，最佳厚度的  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜會吸收更多的光，並產生較高的電流。

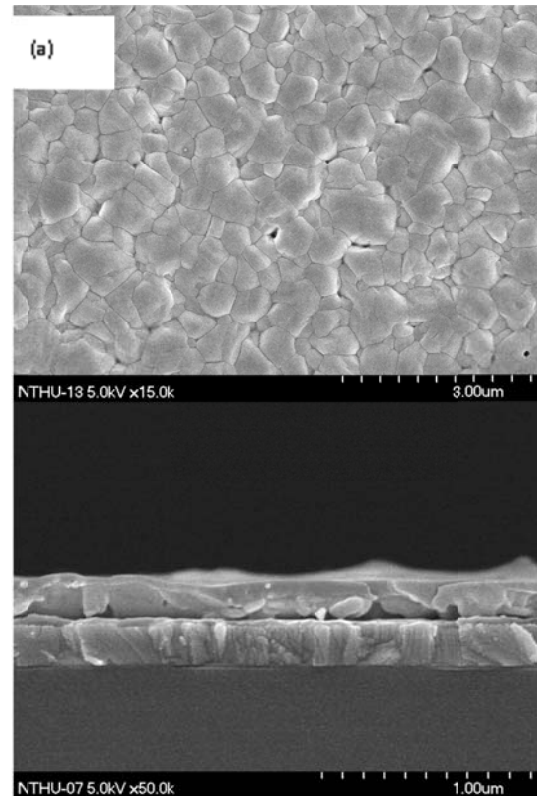
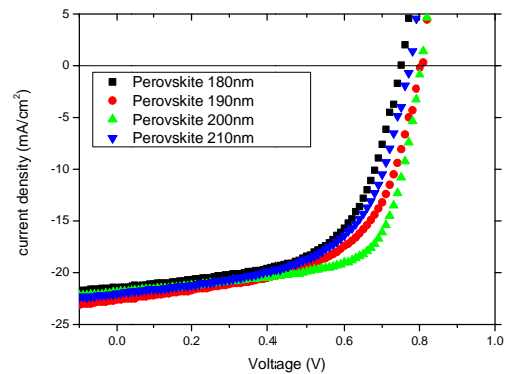


圖 2(a)  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜表面形態圖。  
 (b)  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜元件橫截面圖。

圖 3 不同  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜厚度之 J-V 曲線

### 4. 結論

本研究利用 spin-coating 技術製備高轉換效率鈣鈦礦有機太陽能電池。由 FESEM 表面觀察  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜由 one-step 塗佈法製備出均勻的長方體狀晶體，平均  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  晶體尺寸約從 200 nm 至約 600 nm。從 J-V 曲線和  $\eta$  值，得知  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜厚度從 180 nm 至 210 nm 時，於 200 nm  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜太陽能電池顯示了最高的

轉換效率可達  $\eta = 12.006\%$ ，最佳厚度的  $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$  薄膜會吸收更多的光，並產生較高的電流。

## 5.致謝

感謝國科會研究計畫 (NSC 103-2221-E-027-029-MY2) 對本研究的支持和經費協助。

## 6.參考文獻

- [1] C. C. Stoumpos, C. D. Malliakas and M. G. Kanatzidis, *Inorg. Chem.*, 2013, 52, 9019–9038.
- [2] H. J. Snaith, *J. Phys. Chem. Lett.*, 2013, 4, 3623–3630.
- [3] J. H. Noh, S. H. Im, J. H. Heo, T. N. Mandal and S. I. Seok, *Nano Lett.*, 2013, 13, 1764–1769.
- [4] F. Hao, C. C. Stoumpos, R. P. H. Chang and M. G. Kanatzidis, *J. Am. Chem. Soc.*, 2014, 136, 8094–8099.
- [5] K. Liang, D. B. Mitzi and M. T. Prikas, *Chem. Mater.*, 1998, 10, 403–411.
- [6] A. Kojima, K. Teshima, Y. Shirai and T. Miyasaka, *J. Am. Chem. Soc.*, 2009, 131, 6050–6051.
- [7] J.-H. Im, C. R. Lee, J. W. Lee, S. W. Park and N. G. Park, *Nanoscale*, 2011, 3, 4088–4093.
- [8] L. Etgar, P. Gao, Z. S. Xue, Q. Peng, A. K. Chandiran, B. Liu, M. K. Nazeeruddin and M. Grätzel, *J. Am. Chem. Soc.*, 2012, 134, 17396–17399.
- [9] M. M. Lee, J. Teuscher, T. Miyasaka, T. N. Murakami and H. J. Snaith, *Science*, 2012, 338, 643–647.
- [10] H.-S. Kim, C.-R. Lee, J.-H. Im, K.-B. Lee, T. Moehl, A. Marchioro, S.-J. Moon, R. Humphry-Baker, J.-H. Yum, J. E. Moser, M. Grätzel and N.-G. Park, *Sci. Rep.*, 2012, 2, 1–7.
- [11] J. H. Noh, S. H. Im, J. H. Heo, T. N. Mandal and S. I. Seok, *Nano Lett.*, 2013, 13, 1764–1769.
- [12] J. H. Heo, S. H. Im, J. H. Noh, T. N. Mandal, C.-S. Lim, J. A. Chang, Y. H. Lee, H. Kim, A. Sarkar, M. K. Nazeeruddin, M. Grätzel and S. I. Seok, *Nat. Photonics*, 2013, 7, 486–491.
- [13] J. Burschka, N. Pellet, S.-J. Moon, R. Humphry-Baker, P. Gao, M. K. Nazeeruddin and M. Grätzel, *Nature*, 2013, 499, 316–319.
- [14] M. Liu, M. B. Johnston and H. J. Snaith, *Nature*, 2013, 501, 395–398.
- [15] H. J. Snaith, *J. Phys. Chem. Lett.*, 2013, 4, 3623–3630.
- [16] M. D. McGehee, *Nature*, 2013, 501, 323–325.
- [17] S. Ryu, J. H. Noh, N. J. Jeon, Y. C. Kim, W. S. Yang, J. Seo and S. I. Seok, *Energy Environ. Sci.*, 2014, 7, 2614–2618.
- [18] G. C. Xing, N. Mathews, S. Sun, S. S. Lim, Y. M. Lam, M. Grätzel, S. Mhaisalkar and T. C. Sum, *Science*, 2013, 342, 344–347.
- [19] S. D. Stranks, G. E. Eperon, G. Grancini, C. Menelaou, M. J. P. Alcocer, T. Leijtens, L. M. Herz, A. Petrozza and H. J. Snaith, *Science*, 2013, 342, 341–344.
- [20] N. J. Jeon, H. G. Lee, Y. C. Kim, J. Seo, J. H. Noh, J. Lee and S. I. Seok, *J. Am. Chem. Soc.*, 2014, 136, 7837–7840.
- [21] G. E. Eperon, S. D. Stranks, C. Menelaou, M. B. Johnston, L. M. Herz and H. J. Snaith, *Energy Environ. Sci.*, 2014, 7, 982–988.
- [22] A. Kojima, K. Teshima, Y. Shirai and T. Miyasaka, *J. Am. Chem. Soc.*, 2009, 131, 6050–6051.
- [23] N. J. Jeon, J. H. Noh, Y. C. Kim, W. S. Yang, S. Ryu and S. I. Seok, *Nat. Mater.*, 2014, 13, 897–903.
- [24] N. J. Jeon, J. H. Noh, W. S. Yang, Y. C. Kim, S. Ryu, J. Seo and S. I. Seok, *Nature*, 2015, DOI: 10.1038/nature14133.
- [25] J. M. Ball, M. M. Lee, A. Hey and H. J. Snaith, *Energy Environ. Sci.*, 2013, 6, 1739–1743.
- [26] D. Liu and T. L. Kelly, *Nat. Photonics*, 2014, 8, 133–138.
- [27] M. Liu, M. B. Johnston, H. J. Snaith, *Nature*, 2013, 501, 395.
- [28] J. Burschka, N. Pellet, S. J. Moon, R. H.

Baker, P. Gao, M. K. Nazeeruddin, M.  
Grätzel, Nature, 2013, 499, 316.

- [29] H. Zhou, Q. Chen, G. Li, S. Luo, T. Song,  
H.-S. Duan, Z. Hong, J. You, Y. Liu, Y.  
Yang, Science, 2014, 345, 542.

# 利用射頻磁控濺鍍成長奈米碳片於玻璃基板上並研究其場發射特性

賴俊翰<sup>1\*</sup>、李昆益<sup>2</sup>、施文欽<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 中華科技大學, 機電光工程研究所, 台北市

<sup>2</sup> 中華科技大學, 電機工程系, 台北市

<sup>3</sup> 大同大學, 光電工程學研究所, 台北市

a94090801@gmail.com

## 摘要

本研究利用射頻磁控濺鍍系統成長奈米碳片於玻璃基板上, 成長前在玻璃基板上先鍍一層鉬, 鉬的厚度為180 nm, 藉由改變基板溫度、射頻功率以及製程壓力, 並透過拉曼光譜、SEM以及場發射量測, 從中找出具有高電流密度及低起始電壓的最佳場發射特性之製程條件。

關鍵字：射頻磁控濺鍍、奈米碳片。

## 1. 前言

奈米碳片是繼奈米碳管發現之後另外一種碳的同素異形體, 是一種二維結構的材料, 在不需要催化金屬的輔助之下, 以垂直的方式成長於基板上, 在此稱之為奈米碳片(carbon nanoflakes, CNFs), 其結構與性質值得仔細探討。文獻中大多數以化學氣相沉積的方式進行成長, 如2002年N. G. Shang團隊使用熱燈絲式化學氣相沉積(hot filament chemical vapor deposition, HF-CVD) [1], 以及2004年J. J. Wang等人使用電漿輔助化學氣相沉積系統(plasma enhanced chemical vapor deposition, PE-CVD) [2-3], 製程方式都是通入乙炔或甲烷當作碳源, 在基板加熱之下進行沉積, 不同的地方在於HF-CVD方式運用熱鎢絲加至高溫使碳源的碳分解後沉積在基板上, 而PE-CVD則是使用高功率RF(13.56 MHz)的電漿能量進行碳源的解離。在以往文獻當中大多數的研究學者皆以化學氣相沉積(CVD)或是射頻磁控電漿輔助化學氣相沉積(RF PECVD)的

製程方式來進行奈米碳片的合成, 我們則是使用射頻磁控濺鍍系統, 以物理氣相沉積(PVD)的方式進行奈米碳片的成長, 為了解不同製程參數對場發射特性的影響, 本研究將進行一連串的實驗以及藉由拉曼光譜、SEM、I-V等量測方法, 探討其成長機制及結構性質, 希望將其應用於電子場發射元件。

## 2. 實驗方法

本實驗利用射頻磁控濺鍍系統成長奈米碳片於玻璃基板, 由於直接成長在玻璃上有附著不均勻以及場發射特性不佳等問題, 在成長奈米碳片前我們先在玻璃基板上鍍上一層180 nm的鉬, 以提高附著力以及改善場發射特性, 藉由SEM觀察不同參數下所成長出的奈米碳片表面型態上的變化, 最後經由拉曼光譜、I-V測量, 找出最適合應用於電子場發射源的奈米碳片。圖1為本研究之實驗流程, 表一為製程參數表。

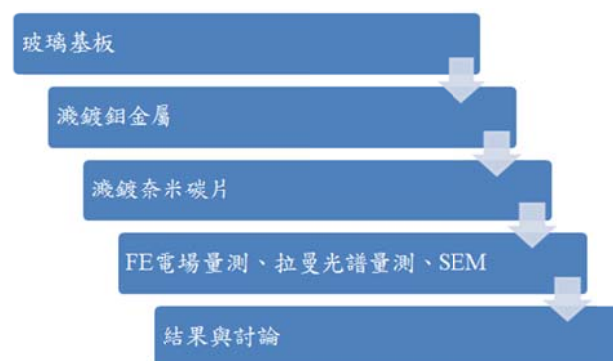


圖1. 實驗流程圖

表一、奈米碳片沉積參數表

Gas flow ratio (H <sub>2</sub> :Ar:CH <sub>4</sub> )	3:9:2
Deposition pressure (mTorr)	5~10
Substrate temperature (°C)	450-500
Power (W)	100-200
Deposition time (min)	60

### 3. 結果與討論

#### 3.1 製程溫度對成長奈米碳片的影響

製程溫度：450 ~ 500 °C

射頻功率：200 W

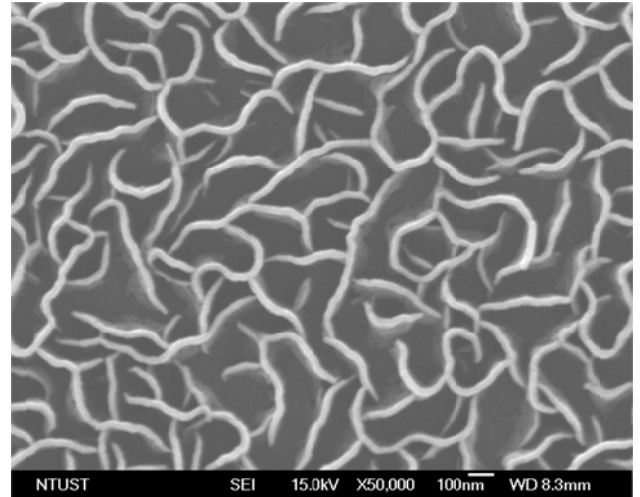
氣體流量：H<sub>2</sub> : Ar : CH<sub>4</sub>=3 : 9 : 2

製程壓力：5 mTorr

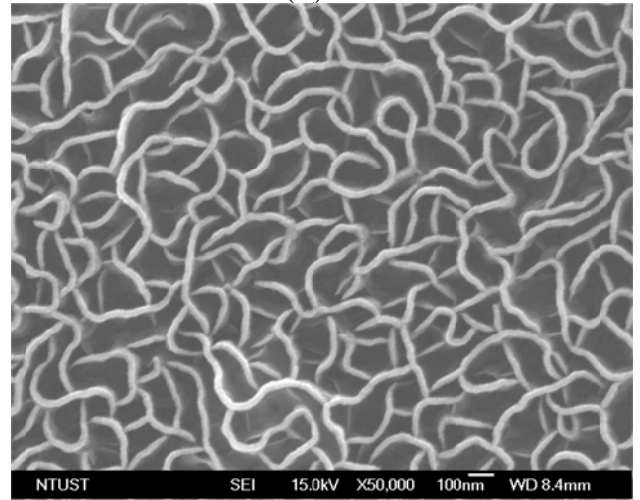
成長時間：60 min

在成長奈米碳片時，當製程溫度越高時，碳原子由於獲得足夠的能量，會造成碳原子的遷移率提高，其成長的速度也會有所加快。觀察圖 2 可以發現當溫度越高其結構會越密集，較低溫度成長時反而比較稀疏。當溫度太低時，在相同的成長時間下，只有相當稀少的奈米碳片或者根本就沒有沉積在鍍銅玻璃基板上而且還容易剝落。

圖 3 為改變基板溫度沉積奈米碳片之場發射特性 I-V 圖，圖 4 為拉曼圖，我們將其結果整理如表二、表三所列。

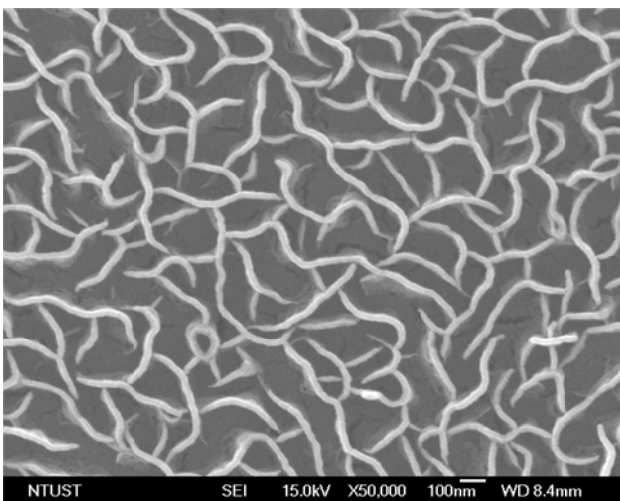


(b)



(c)

圖 2 改變基板溫度沉積奈米碳片之 SEM 圖  
(a) 450°C (b) 475°C (c) 500°C



(a)

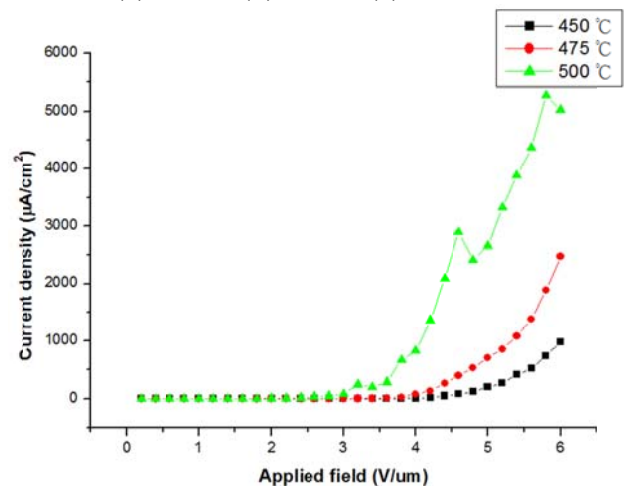


圖 3 改變基板溫度之場發射特性 I-V 圖

表二、改變製程溫度對奈米碳片之場發射特性比較表

Temperature (°C)	Eth (V/μm)	Je (uA/cm <sup>2</sup> ) at 6 V/μm
450	3	977
475	3.2	2479
500	2	5032

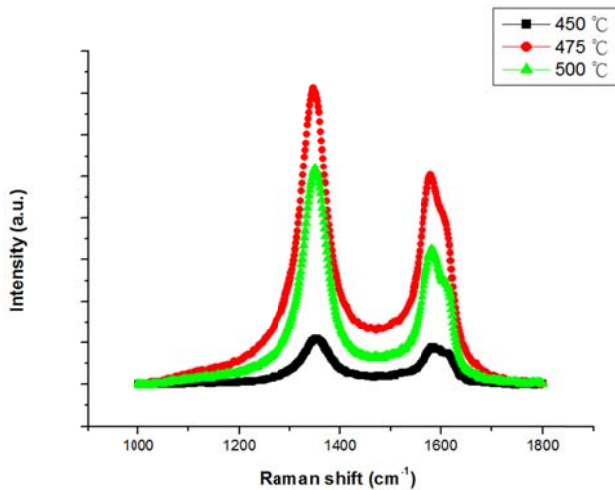


圖 4. 改變基板溫度沉積奈米碳片之拉曼圖

表三、 改變製程溫度對奈米碳片之 Raman 比較表

Temperature (°C)	I <sub>D</sub> /I <sub>G</sub>	FWHM	
		D-band (cm <sup>-1</sup> )	G-band (cm <sup>-1</sup> )
450	1.53	64.16	59.57
475	1.48	73.68	69.36
500	1.6	60.99	60.86

### 3.2 射頻功率對成長奈米碳片的影響

製程溫度：500 °C

射頻功率：150~200 W

氣體流量：H<sub>2</sub>：Ar：CH<sub>4</sub>=3：9：2

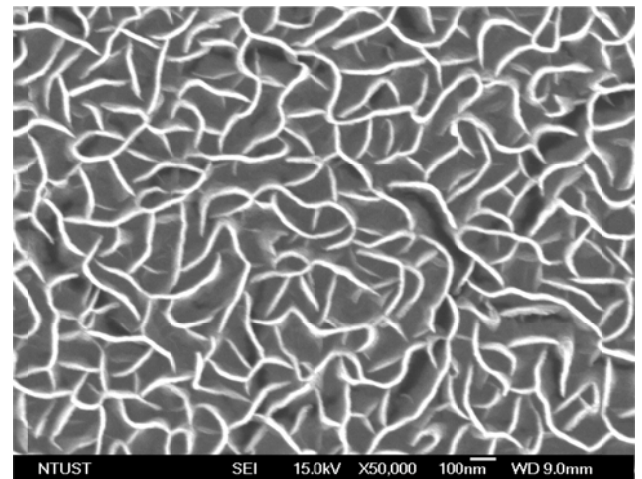
製程壓力：5 mTorr

成長時間：60 min

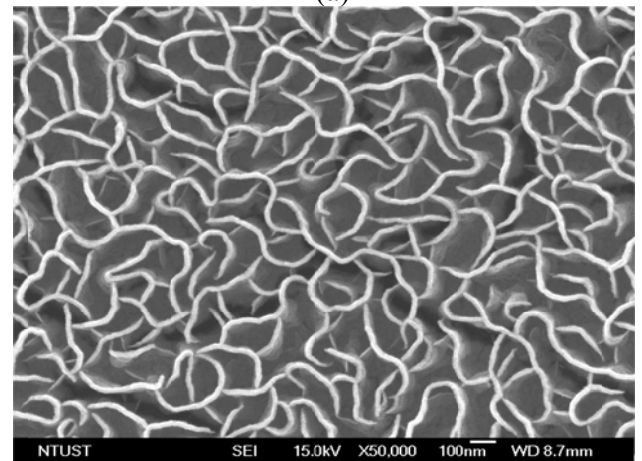
從圖 5 觀察不同功率成長的奈米碳片，可看出功率較高所提供的能量多，沉積的速率會有所增加，成長出來的奈米碳片也比低功率來的密集一點。

從圖 5 可以發現，功率 200 W 時的奈米碳片有較低的起始電場，且其電流密度能

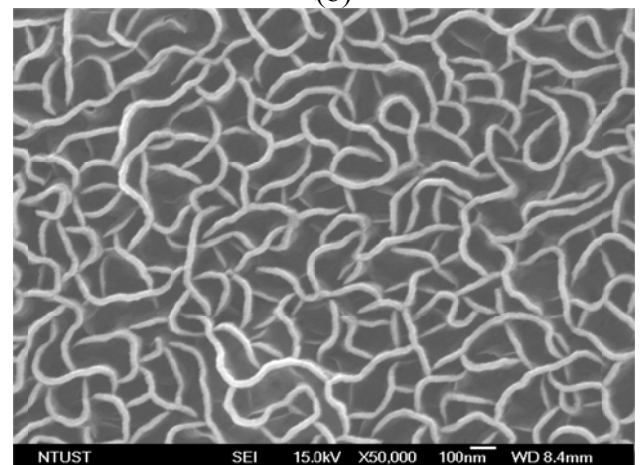
到達 5032 μA/cm<sup>2</sup>。圖 6 為不同功率成長奈米碳片場發射特性量測圖。圖 7 為改變射頻功率沉積奈米碳片 Raman 圖，我們將結果整理如表四、表五所列。



(a)



(b)



(c)

圖 5 改變射頻功率沉積奈米碳片之 SEM 圖  
(a) 150 W (b) 175 W (c) 200 W

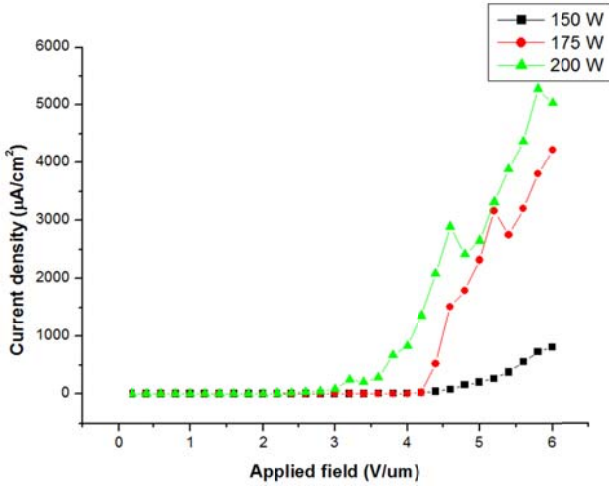


圖 6 改變射頻功率沉積奈米碳片之場發射特性 I-V 圖

表四、 改變射頻功率對奈米碳片之場發射特性比較表

RF power (W)	Eth (V/µm)	Je (uA/cm <sup>2</sup> ) at 6 V/µm
150 W	3.4	801
175 W	3.2	4218
200 W	2	5032

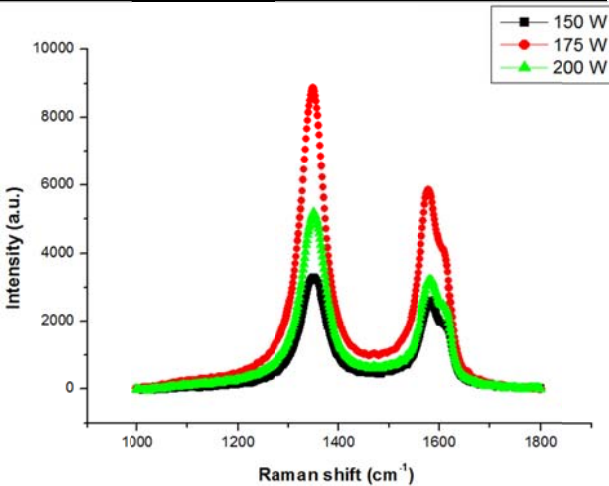


圖7 改變射頻功率沉積奈米碳片之拉曼圖

表五、 改變射頻功率對奈米碳片之Raman比較表

RF power (W)	I <sub>D</sub> /I <sub>G</sub>	FWHM D-band (cm <sup>-1</sup> )	FWHM G-band (cm <sup>-1</sup> )
150	1.28	61.13	61.78
175	1.51	57.98	58.78
200	1.6	60.99	60.86

### 3.3 製程壓力對成長奈米碳片的影響

製程溫度：500 °C

射頻功率：200 W

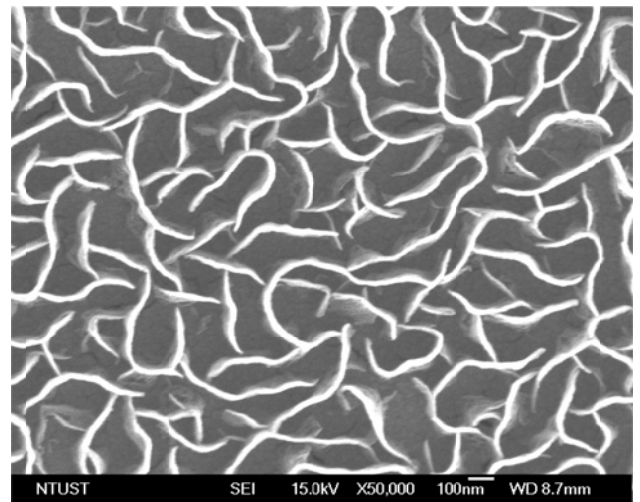
氣體流量：H<sub>2</sub>：Ar：CH<sub>4</sub>=3：9：2

製程壓力：5~10 mTorr

成長時間：60 min

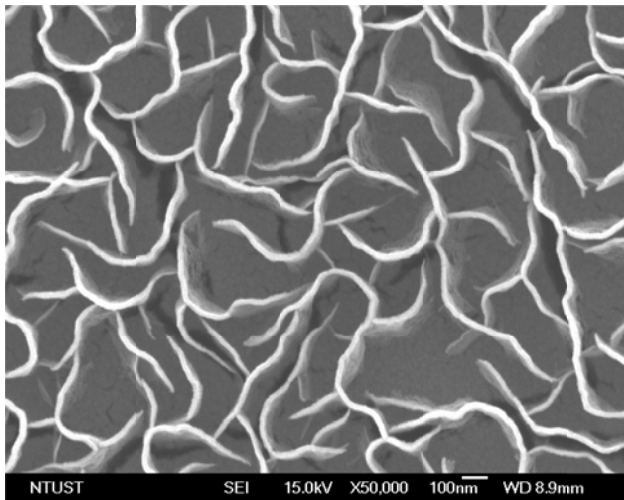
從圖 8 觀察不同製程壓力成長的奈米碳片，可看出製程壓力越低所提供的能量較多，沉積的速率會有所增加，成長出來的奈米碳片也比較密集。

圖 9 為改變製程壓力沉積奈米碳片之拉曼圖，我們將其結果整理如表六所列。



(a)





(b)

圖 8 改變製程壓力沉積奈米碳片之 SEM 圖  
(a) 5 mtorr (b) 10 mtorr

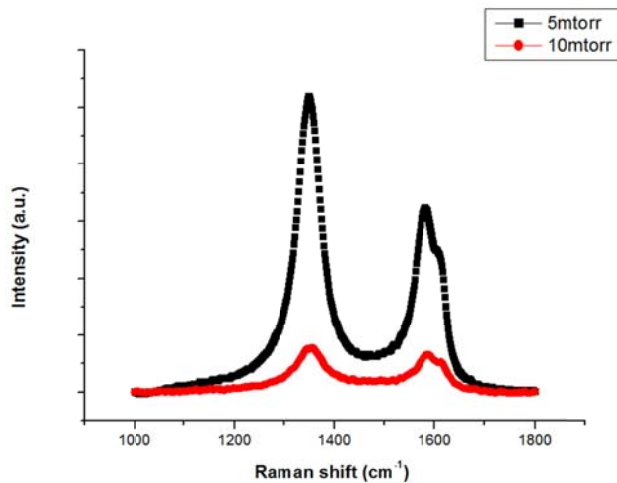


圖 9 改變製程壓力沉積奈米碳片之拉曼圖

表六、 改變製程壓力對奈米碳片之 Raman 比較表

Deposition pressure (mTorr)	$I_D/I_G$	FWHM	
		D-band ( $\text{cm}^{-1}$ )	G-band ( $\text{cm}^{-1}$ )
5	1.6	60.99	60.86
10	1.38	82.59	68.74

#### 4. 結論

由以上結果我們可以得知在高溫高瓦數的情況下可以有比較高的電流密度，本實驗的目標是以物理氣相沉積的方式成長奈米碳片，藉由拉曼光譜、SEM 和場發射特

性的量測，優化奈米碳片的品質及獲得最佳的場發射特性。隨後將會利用熱處理的方式來改善場發射的特性，希望能夠降低奈米碳片的起始電場和提升電流密度，使其能夠應用於場發射顯示器上。

#### 5. 參考文獻

- [1] N.G. Shang, F.C.K. Au, X.M. Meng, C.S. Lee, I. Bello, S.T. Lee, “Uniform carbon nanoflake films and their field emissions”, Chemical Physics Letters, 358, pp. 187–191 (2002)
- [2] M. Zhu, J. Wang, B. C. Holloway, R. A. Outlaw, X. Zhao, K. Hou, V. hutthanandan, D. M. Manos, “A mechanism for carbon nanosheet formation”, Carbon, 45, pp. 2229–2234 (2007)
- [3] Wang, M. Zhu, R. A. Outlaw, X. Zhao, D. M. Manos, B. C. Holloway, “Synthesis of carbon nanosheets by inductively coupled radio-frequency plasma enhanced chemical vapor deposition”, Carbon, 42, pp. 2867–2872 (2004)

## 陽極氧化鋁板特性及散熱分析

秦浩庭、李耿華、李軒緯、林金雄\*、邱煥鈞

勤益科技大學，機械工程系，台中市

d25507239@gmail.com

### 摘要

本研究採取二次式陽極處理在鋁基材上鍍一層多孔性之氧化鋁，經過一系列的後處理使得薄膜可產生半透明狀，使用SEM觀察AAO之表面形態，之後針對鋁片及AAO做熱溫升量測，目的是為了評估AAO與鋁片的散熱效果，並且利用Solidwork Simulation做暫態熱分析預測在加熱時溫度的變化，實驗分別量測在絕熱與自然對流情形下的鋁片及AAO溫升，絕熱過程實驗目的是為了找到熱源的熱功率，對流過程實驗以不同片數的鋁片及不同材質在固定的環境中進行加熱，所得到的結果與熱分析結果做比對，從研究結果可得知AAO的散熱效果比1070鋁片好。

**關鍵字：**氧化鋁、陽極處理、對流係數。

### 1. 前言

散熱片在電子工程設計的領域中被歸類為被動性散熱元件，以導熱性佳、質輕和易加工之金屬，多為鋁或銅，以複合的熱交換模式來散熱，為了強化散熱片的散熱效率，一般會採取兩種方式，第一種是與發熱表面間不採用直接貼附接觸，而是在兩界面間追加塗抹導熱膏，導熱膏能夠加強熱傳導效率，勝過兩金屬直接接觸，第二種是增加散熱片的散熱面積，增加面積的方式即是將散熱片以溝槽化方式設計，以溝槽來增加散熱面積。隨著時代與科技的進步，電子產品漸漸成為人類的必需品，大至機器小至手機都與人們生活密不可分，而電子產品溫度控制是十分重要的，但由於電子元件不同的熱膨脹係數，導致在溫度劇烈上升時，產生熱應力從而降低設備使用的耐久度[1]，目前的

散熱片設計都趨向於增加散熱片面積，增加空氣的對流，來提高散熱效率，但散熱片的設計不只需要增加面積或加強對流，而是要在空間和成本的限制下，達到最佳效能的散熱方法[2,3]。陽極處理氧化鋁 AAO 為機械結構性強的絕緣材料 ( $E_g=7\sim 9.5\text{eV}$ )， $\text{Al}_2\text{O}_3$  具有高熔點 ( $2054^\circ\text{C}$ )、高硬度 ( $1800\text{HV}$ )、耐磨、耐腐蝕及多孔性的陶瓷材料，管密度介於  $10^8\sim 10^{11}\text{pore}/\text{cm}^2$ ，因此適用於模板材料[4,5]，AAO 的孔徑尺寸可由電解液種類、外加電壓( $C=\text{mV}$ )、陽極處理時間和擴孔時間來控制，電解液大致可區分為硫酸、磷酸和草酸，硫酸可製得直徑  $10\sim 40\text{nm}$  的孔洞、草酸可製得直徑  $40\sim 100\text{nm}$  的孔洞、磷酸可製得直徑  $100\sim 500\text{nm}$  的孔洞、氧化鋁薄膜厚度可由溫度、電流密度及陽極處理時間來控制，其厚度介於  $20\mu\text{m}\sim 200\mu\text{m}$ [6-8]。本研究針對 AAO 與 1070 鋁片進行散熱評估，以 Solidwork Simulation 模擬產生的熱功率及自然對流係數，通過實驗來驗證模擬結果，並以模擬評估 AAO 與鋁片的散熱效果。

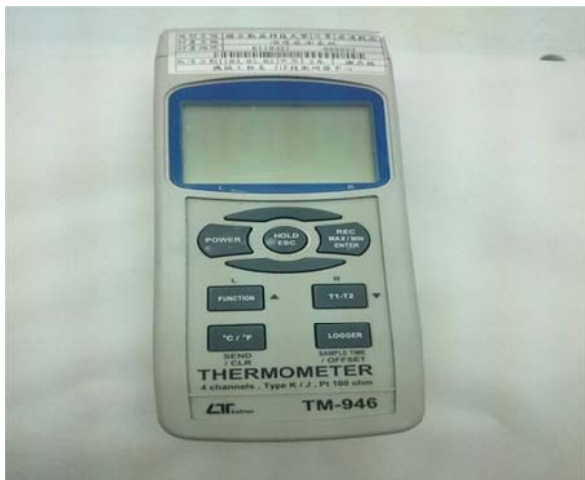
### 2. 實驗步驟與設備

#### 2.1. AAO試片製備

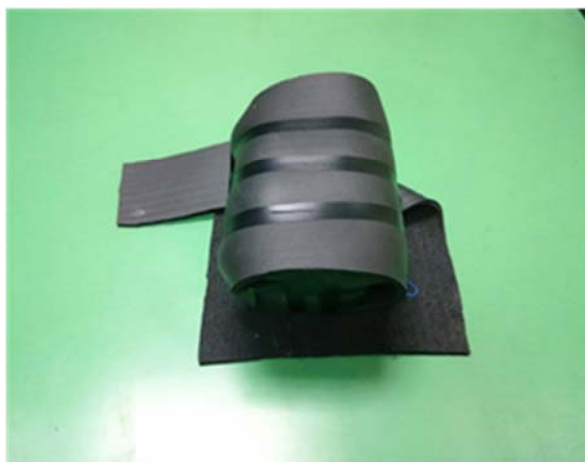
將 1070 的鋁片做熱處理消除應力後，以 2000 號水砂紙做研磨，把鋁片置放在拋光液中進行電解拋光，將拋光後的光滑面放入草酸做第一次的陽極處理，操作參數為：40min、40V、 $20^\circ\text{C}$ ，一次陽極處理完後，將試片放入鉻酸做去化學蝕刻 40min，把剩下基底的 AAO 試片做第二次的陽極處理，操作參數：12hr、40V、 $20^\circ\text{C}$ ，最後將試片做擴孔、去阻障層等後處理。

### 2.2. 絕熱過程實驗

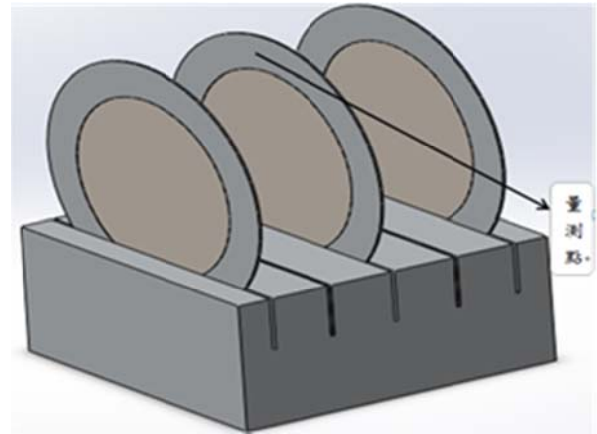
首先使用絕熱泡棉將 1 片、3 片、5 片的鋁片散熱模組及 3 片 AAO 散熱模組做絕熱包覆，加熱兩小時，以電子式溫度計同步紀錄，用 Solidwork simulation 熱分析建立與實驗相同的模組，分別以不同的對流係數及  $Q$  做暫態熱分析 AAO 和鋁片加熱了 2 小時的溫度，再以兩階段之方式做分析找出熱功率及  $Q$  絕熱對流係數，第一階段為抓取分析 1 小時的溫度與實驗值 1 小時的溫度，做直線散佈圖找出實驗值所相交之數個交點，此數個交點用意在於縮小  $Q$  及絕熱對流係數的範圍，再以多個交點所對應的  $Q$  及對流係數做 2 小時的分析即為第二階段，最後做出曲線散佈圖找出與實驗值符合的  $Q$ 。



圖一、電子式溫度計



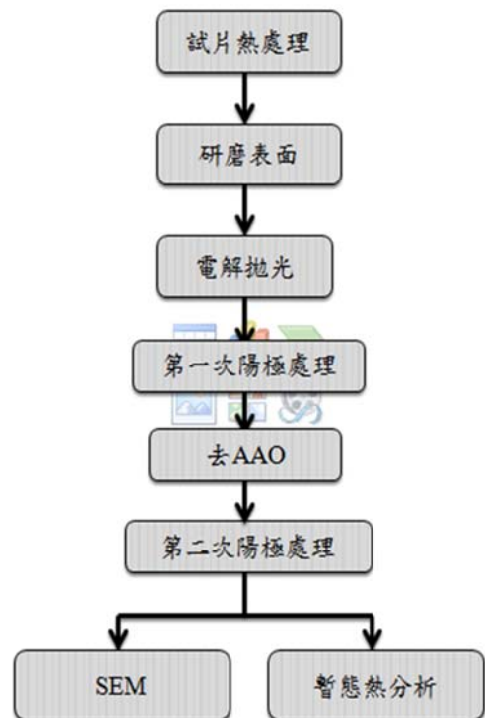
圖二、絕熱包覆



圖三、3 片散熱模組

### 2.3. 對流過程實驗

1 片、3 片、5 片的鋁片散熱模組及 1 片、3 片、5 片 AAO 散熱模組放在環境溫度為 22.5°C 加熱兩小時，利用電子式溫度計同步紀錄，以絕熱實驗所找出的  $Q$  及不同的對流係數分析 AAO、鋁片加熱 2 小時的溫度，在抓取分析值 1 小時的溫度與實驗值 1 小時的溫度做比對找出 1 個交點，再以此交點所對應的  $Q$  及對流係數做 2 小時的分析，此分析值即為自然對流的對流係數。



圖四、實驗流程圖

### 3. 結果與討論

圖五所示，二次式陽極處理可得到筆直性及陣列性佳的奈米孔洞，控制擴孔時間參數可增加孔徑。圖六所示，擴孔時間為70min以SEM觀察到孔徑在92nm~99nm時AAO薄膜成長速率為6 $\mu$ m/hr，圖二及圖三是利用絕熱包覆將散熱模組包起來用加熱2小時，利用Solidwork Simulation以不同的 $\dot{Q}$ 及對流係數來做二階段式之分析，為了縮小尋找熱功率的範圍，利用圖七的方式可得到數個與實驗值的交點，從圖八、圖九和圖十所示，曲線散佈圖可得知5片鋁片的熱源為22.9W、3片鋁片的熱源為23.5W、1片鋁片的熱源為23.5W。從絕熱實驗所找到的熱源做2小時的自然對流，以圖十一、圖十二、圖十三中可得知，5片的自然對流係數為7.5 W/m<sup>2</sup>·°C、3片自然對流係數為10.7 W/m<sup>2</sup>·°C、1片自然對流係數為11.2 W/m<sup>2</sup>·°C，從表一數據可證明片數的改變，將影響空氣流動進而影響自然對流係數，從表二所示，得知在相同的加熱環境下，3片AAO的溫度比3片1070鋁片還低2.1°C對流係數則高0.6 W/m<sup>2</sup>·°C。

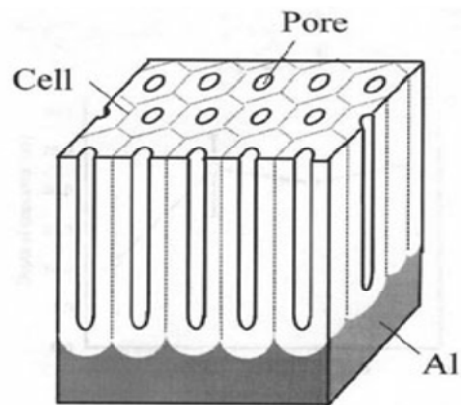
### 4. 結論

AAO是多孔性及絕緣性良的陶瓷材料，以SEM量測草酸製備的奈米孔洞，得知孔徑介於92nm~99nm，利用Solidwork simulation暫態熱分析得知隨著鋁片數目增加，自然對流係數則下降，鋁片鍍上一層膜厚約0.05mm的3片AAO與3片1070鋁片做比較，前者的溫度比後者低2.1°C，自然對流係數則高0.6W/m<sup>2</sup>·K，從此實驗可證實形狀因數和材料因數的改變，亦會改變對流係數，AAO與空氣接觸的表面積比鋁片大，使AAO散熱效果比鋁片佳。

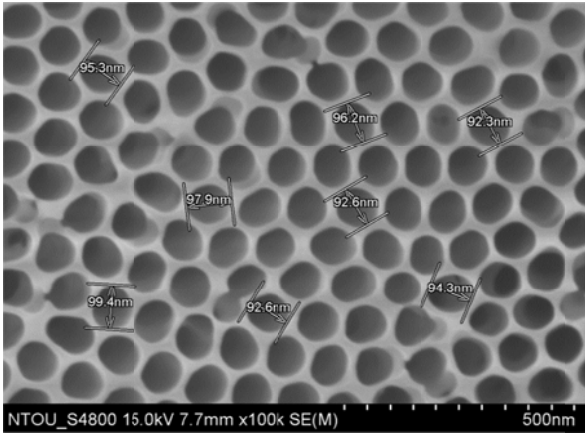
### 5. 參考文獻

[1] 陳賢仁,散熱鰭片使用於自然對流、強制氣冷與水冷之散熱效能之比較,國立成功大學工程科學研究所,碩士,2006.

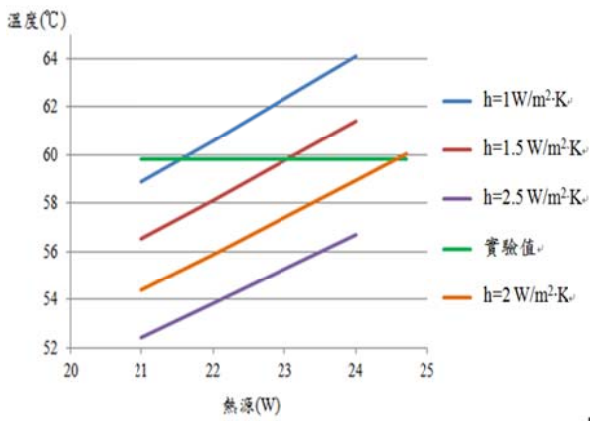
- [2] 胡凡勳,朱朝煌,邱漢傑,Holman,熱傳遞學,2013年6月,初版,台灣,台灣高立書局股份有限公司.
- [3] 李冠賢,垂直放置鰭片之自然對流熱傳性能實驗研究,國立中央大學機械工程學系,碩士,2010.
- [4] 林金雄,氧化鋁與氧化鈦奈米碳管的製作與應用研究,國立交通大學材料科學與工程研究所,博士,2008.
- [5] 黃永祥,以陽極氧化鋁製作奈米模板知接機械性質分析,逢甲大學航太與系統工程研究所,碩士,2007.
- [6] Xin Wang , Gao-Rong Han , Microelectronic Engineering 66 (2003) 166-170
- [7] 林金雄、林孟泓、鄭伊傑、葉宜融、江敏慧,高深寬比陣列式奈米孔結構之製作及機械特性探討,2005.
- [8] 林孟泓、黃永祥、林金雄、張子欽、方俊,陣列式奈米孔洞之奈米結構機械性質探討,奈米工程暨微系統技術研討,2007



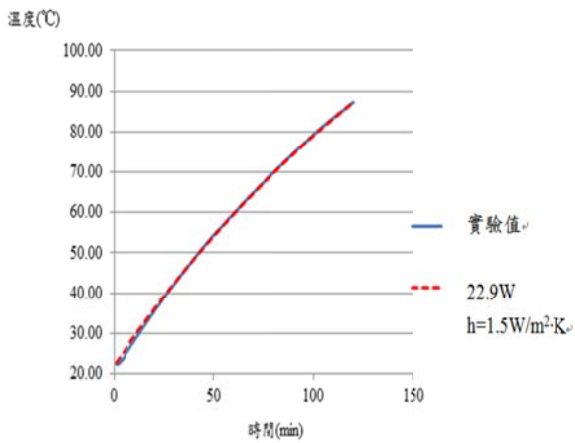
圖五、陣列奈米孔洞示意圖



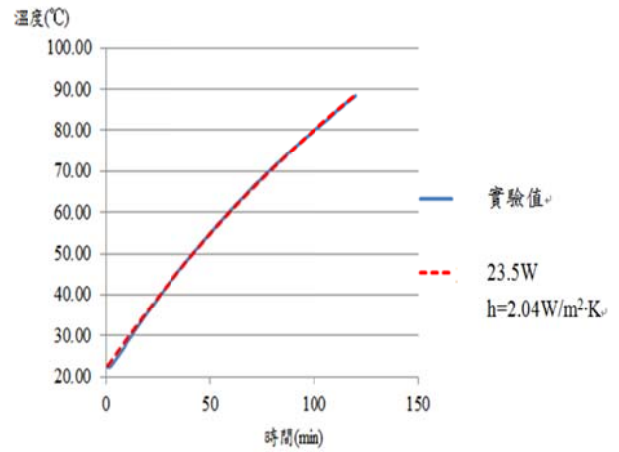
圖六、奈米孔洞表面型態



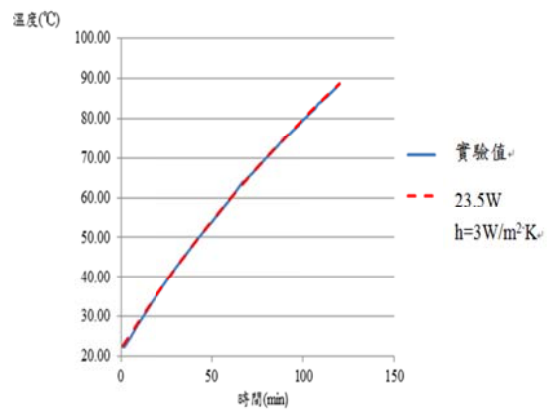
圖七、5片鋁片絕熱實驗比對 1 小時



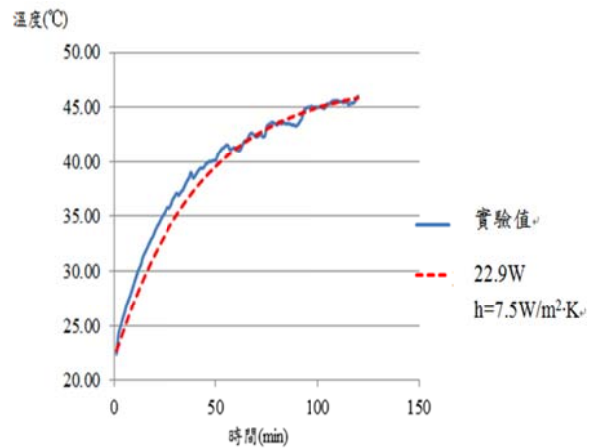
圖八、5片鋁片之熱源瓦數及對流係數



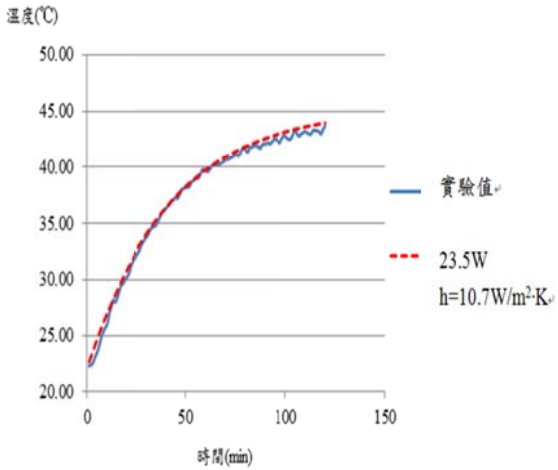
圖九、3片鋁片之熱源瓦數及對流係數



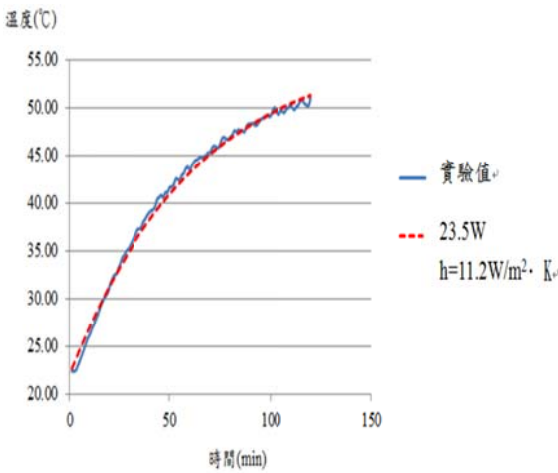
圖十、1片鋁片之熱源瓦數及對流係數



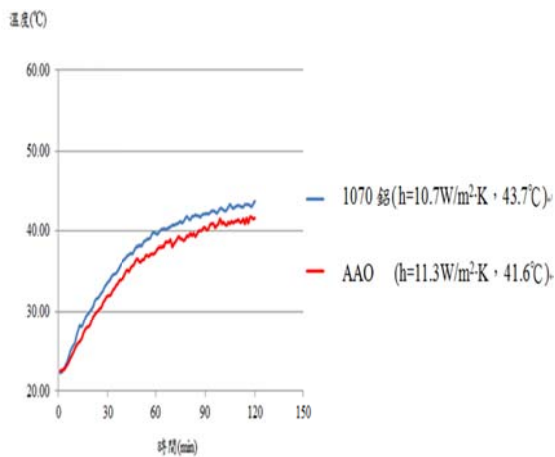
圖十一、5片鋁片之熱源瓦數及對流係數



圖十二、3片鋁片之熱源瓦數及對流係數



圖十三、1片鋁片之熱源瓦數及對流係數



圖十四、鋁片與 AAO 溫度比對曲線圖

表一、片數不同的比對

幾何因素	
片數	自然對流係數
1片鋁片	11.2 W/m <sup>2</sup> ·°C
3片鋁片	10.7 W/m <sup>2</sup> ·°C
5片鋁片	7.5 W/m <sup>2</sup> ·°C

表二、材質不同之比對

材料因素		
材質	溫度	自然對流係數
1070 鋁片	43.7°C	11.3W/m <sup>2</sup> ·°C
AAO	41.6°C	10.7W/m <sup>2</sup> ·°C

# 萬用全方向性之可見光抗反射設計與蒸製

劉裕永、張恩璋\*

建國科技大學

彰化市介壽北路1號

yyliou@ctu.edu.tw, cew189@yahoo.com.tw

## 摘要

本研究以反覆跳躍搜尋演算法 (Iterative jumping search algorithm)，針對折射率分佈於 1.472-1.800 之八種常用玻璃基板，作出全方向性的可見光抗反射設計，吾人發現針對 0-49° 角度範圍作廣角度抗反射設計，可達到最佳之全方向抗反射效果，在 0-90° 的平均可見反射率可以從未鍍膜基板的 18.02% 降低至 11.41%，而在設計的角度範圍 (0-49 度) 之平均反射率可以從未鍍膜的 6.28% 降低至 0.47%。再者，運用離子輔助蒸鍍技術完成此萬用全方向性的可見光抗反射製鍍，其蒸鍍成效與設計之全方向性可見光抗反射效能相符合。

關鍵字：反覆跳躍搜尋演算法、全方向性可見光抗反射、離子輔助蒸鍍

## Abstract

In this study, an iterative jumping search algorithm was applied to design the omnidirectional visible antireflection for a set of eight commonly used glass substrates with refractive indices ranging in 1.472-1.800. We found that the optimal omnidirectional antireflective effect can be obtained when a wide-angle antireflection was designed in the range of 0-49°. And the average visible reflectivity in the range 0-90° was reduced to 11.41% from the uncoated substrates of 18.02%, whereas in the design range of 0-49° the average reflectivity was reduced to 0.47% from 6.28% (uncoated substrates). Furthermore, the omnidirectional visible antireflective coating was implemented utilizing the ion-assisted deposition (IAD) technique, and the coating performance was consistent to that of the omnidirectional visible antireflective design.

*Keywords: iterative jumping search algorithm, omnidirectional visible antireflection, ion-assisted deposition*

## 1. 前言

在光學與光電系統中，抗反射薄膜之運用非常廣泛，其原因是為了降低元件的表面反射，須在元件上製鍍抗反射薄膜，藉由干涉效應來改變光波的傳遞特性，以達到降低反射損耗，並增加穿透率[1,2]。

抗反射設計通常是針對單一基板作最佳化設計，若能同時適用於不同折射率玻璃基板的萬用抗反射設計[3-6]，則可將不同基板放入同一蒸鍍系統作同時的抗反射處理，如此，便能夠節省蒸鍍材料、電力、人力與時間，降低製作成本。

關於萬用可見抗反射濾光片設計的研究，有 Honciuc 和 Singurel [3] 使用尖針優化法，設計折射率介於 1.48-1.85 之六層正射萬用抗反射設計，在 400-700、400-900 & 800-1600 nm 等區域的平均反射率可分別降低至 0.3%、0.5% & 0.5%，但其設計結構使用四種不同薄膜材料，相較於二元化膜系架構顯得複雜。另外，Vvedenskii 和 Stolov [4] 使用梯度下降法，設計兩種材料系統之七層結構的萬用可見抗反射，其折射率適用範圍為 1.53-1.76、上下界之波長比  $\lambda_U/\lambda_L = 1.66$ ，所達成之平均可見反射率可降至 0.35%，不過此設計之波長涵蓋範圍並無法完全涵蓋到整個可見光區域 400-750 nm。再者，Liou 運用 Flip-flop synthesis method [5]，以三種材料系統設計折射率範圍介於 1.45-1.784 之萬用可見抗反射，其平均反射率可降低至 0.34% 以下。另外，在 2012 年提出以螺旋搜尋演算法[6]，對於入射角度 0-30°、折射率介於 1.472-1.750 的七種斜射萬用可見光抗反射設計，其 0 & 30 度之平均反射率可

分別降低至 0.34% & 0.49%，成效優良，但其設計上並未考慮材料與基板之色散特性。

本研究針對折射率分佈於 1.472-1.800 之玻璃基板，應用反覆跳躍搜尋演算法[7-9] 設計出一萬用廣角度可見光抗反射，以得到一個優化的全方向可見光抗反射效應，並運用離子輔助蒸鍍技術實現此萬用廣角度可見光抗反射蒸鍍。結果顯示，當對 0-49 角度範圍作萬用廣角度可見光抗反射設計，其整體之平均反射率由未鍍膜之 6.28% 降低至 0.47%，並可得到全方向可見光之平均反射率由未鍍膜基板之 18.02% 降低至 11.41%。再者，以離子輔助蒸鍍此萬用廣角度可見光抗反射，其 0-49 度之平均可見反射率為 0.50%，與設計成效相吻合。但在全方向可見光抗反射成效量測方面，因反射率在角度 65° 以上無法被儀器精準地量度，故只能呈現 0-65 度之平均全方向可見反射率，其為 1.42% 與設計值 1.40% 相符，顯示著萬用廣角度可見光抗反射蒸鍍成效與其全方向可見光抗反射成效良好。

## 2. 設計演算法

本文應用反覆跳躍搜尋演算法[7-9]，針對 8 種玻璃基板：BOROSILICATE ( $n_1=1.472$ )、BK-7 ( $n_2=1.516$ )、KAK-5 ( $n_3=1.551$ )、BF-27 ( $n_4=1.619$ )、TK-21 ( $n_5=1.672$ )、TF-3 ( $n_6=1.718$ )、SF-4 ( $n_7=1.750$ ) 及 S-TIH-6 ( $n_8=1.800$ )，作全向性優化之萬用廣波域可見光(400-750 nm)抗反射設計，以高、低折射率材料之二元化多層膜系為起始設計，在搜尋過程中，優化整體廣角度  $0\sim\theta$  之平均可見抗反射成效  $MF$ ，其中  $MF$  定義如下

$$MF = \frac{1}{71} \sum_{\lambda=400}^{750} \left\{ \frac{1}{2} [R(\lambda, 0) + R(\lambda, \theta)] \right\}$$

此處 0 度與  $\theta$  角度之反射率  $R(\lambda, 0)$  &  $R(\lambda, \theta)$  是根據薄膜特徵矩陣理論計算，而優

化  $MF$  之搜尋演算法簡述如下。

- 1) 設定膜系之起始總物理厚度，並將膜系區分為 10 層等厚度膜層，折射率分佈為  $n_H-n_L-n_H-n_L\cdots-n_H-n_L$ ，其中  $n_H$ 、 $n_L$  分別為高、低折射率。
- 2) 以反覆跳躍搜尋來優化  $MF$  之步驟：首先由第一層與第二層作反覆跳躍搜尋膜層之厚度以降低  $MF$ ，當  $MF$  無法被降低時；則變換成第一與第三層作反覆跳躍搜尋，直到  $MF$  無法再改善；再接由第一與第四層作反覆跳躍搜尋，直到  $MF$  無法再被改善；...；反覆跳躍搜尋第一與第  $N$  層之膜層，直到  $MF$  不再改變。然後，改變搜尋方向，續作反覆跳躍之搜尋：先由第一與第  $N-1$  層作反覆跳躍搜尋，直到  $MF$  值不再改變；變換為第一與第  $N-2$  層作反覆跳躍搜尋；...；最後，反覆跳躍搜尋第一與第二層直到  $MF$  之值不再改變。在進行膜層搜尋時，是以減少或是增加該膜層厚度的方式來降低  $MF$  值(調整厚度為 0.1 nm)，並由具有較低  $MF$  值之膜層厚度來取代；若  $MF$  值無法再被改善，則變更膜層作調整。當所有膜層均經過調整，且  $MF$  值已不再被優化，便終止反覆跳躍搜尋之操作。
- 3) 為了進一步簡化膜系結構與精煉抗反射成效，以下不同形式之刪除操作被運用來達成此目的：
  - a. 由基板至入射介質方向，對膜層作逐一刪除搜尋。
  - b. 由入射介質至基板方向作逐一刪除搜尋。
- 4) 在刪除操作過程中，當一膜層被上述之一方式刪除，此時便重新啟用步驟(2)之操作以獲得較低的  $MF$ ；若  $MF$  沒被改善，則回復原本被刪除之膜層，接著對下一膜層進行刪除操作。如果  $MF$  獲得改善，便對新的結構作下一回合之刪除搜尋操作；當所有膜層均已被刪除操作過，且  $MF$  值不再被改善，則終止刪除操作。改變膜系厚度，重複(1)-(3)步驟，以搜尋  $[0, \theta]$  角度範圍之最低  $MF$ ，並計



算其全方向之平均反射率。

改變角度範圍 $[0, \theta]$ ，以搜尋整體最低之平均全方向可見反射率成效。

### 3. 設計、實驗結果與討論

在設計中所使用的高和低折射率之材料分別為二氧化鈦( $\text{TiO}_2$ )和二氧化矽( $\text{SiO}_2$ )，膜系為10層結構，其搜尋之目標為八種不同折射率 (1.472-1.800)玻璃基板的平均值，入射介質為空氣，在搜尋過程中，薄膜材料與基板之色散如表1，一併納入計算。

表 I 薄膜材料與基板之光學常數色散值

Wavelength $\lambda$ (nm)	$\text{TiO}_2$		$\text{SiO}_2$		八種基板 折射率平均	
	$n_H$	$k_H$	$n_L$	$k_L$	$n_s$	$k_s$
400	2.639	0.006	1.491	0	1.687	0
450	2.514	0.004	1.480	0	1.664	0
500	2.438	0.003	1.471	0	1.649	0
550	2.402	0.002	1.463	0	1.639	0
600	2.371	0.002	1.457	0	1.632	0
650	2.347	0.002	1.452	0	1.626	0
700	2.332	0.002	1.447	0	1.623	0
750	2.318	0.002	1.444	0	1.620	0

以不同厚度和角度範圍來尋找反覆跳躍搜尋演算法的最佳起始點，吾人發現以膜系厚度340 nm、角度範圍 $[0, 49^\circ]$ 作設計，其平均全方向可見反射率從未鍍之18.02%減少到最低之11.41%，如圖1所示，其間經過84回合之反覆跳躍搜尋操作，與22回合之刪除操作，所得之最終設計為9層結構、總厚度為421.5 nm，如圖2所示

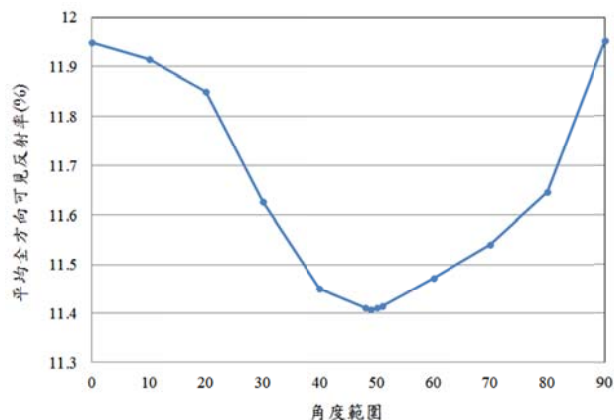


圖1、不同角度範圍設計之平均全方向可見反射成效

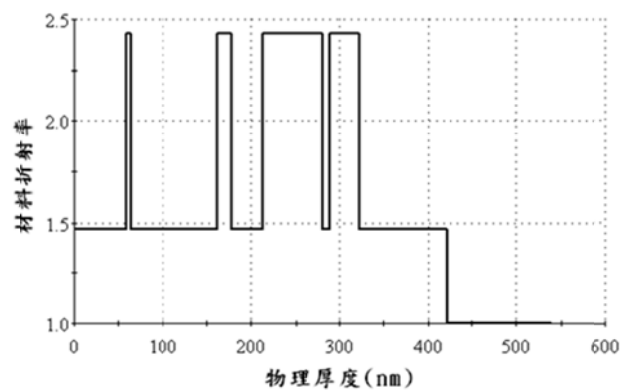


圖2、9層抗反射設計結構、總物理厚度421.5 nm

對應於此最終設計之萬用抗反射成效如圖3所示，其0與 $49^\circ$ 之平均可見反射率分別由未鍍膜之5.91% & 7.63%被降低至0.35% & 1.40%，而0- $49^\circ$ 範圍之總平均可見反射率為0.47%，顯示著此一廣角度萬用可見抗反射之設計成效良好。在利用離子輔助蒸鍍技術[11, 12]鍍製廣角度萬用可見抗反射濾光片方面，其蒸鍍系統如圖4所示；首先將清洗過之八種不同玻璃基板置於腔體內之基板夾具上，然後使用真空系統將腔體壓力抽真空至 $5 \times 10^{-5}$  Torr，再混合使用 Ar與 $\text{O}_2$ 兩種氣體，穩定腔體壓力至離子槍的工作氣壓 $2 \times 10^{-4}$  Torr。使用離子電壓 130 V、電流0.5 A 以助鍍 $\text{TiO}_2$ 與 $\text{SiO}_2$ 材料，在蒸鍍過程中，膜層之鍍率為 0.1 nm/s、基板夾具以轉速21 rpm作旋轉，腔體之溫度由100

℃變化至185℃。整個蒸鍍成效顯示於圖5(a) & 5(b);在0度之平均可見反射率可從未鍍膜的5.91%降低至0.37%、而在49度之平均可見反射率從未鍍膜的7.63%降低至1.41%，分別與設計成效0.35% & 1.40%相當吻合，而0-49°範圍之整體總平均可見反射率為0.50%，也相接近於設計成效0.47%，顯示著此一廣角度萬用可見抗反射蒸鍍之成效相當可被接受。

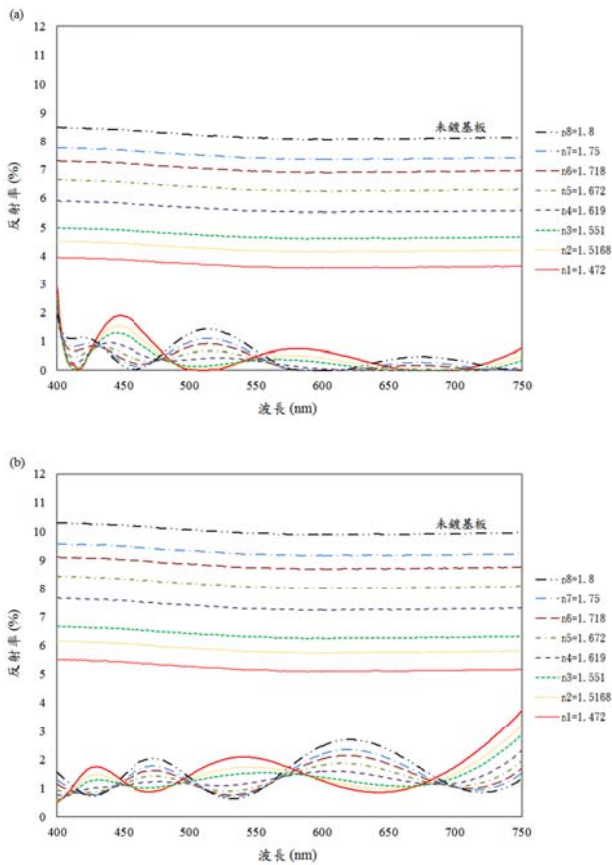


圖3、廣角度萬用廣波域抗反射設計在(a)0度之成效，其平均反射率由未鍍膜的5.91%降低至0.35%、(b)49度之成效，其平均反射率由未鍍膜的7.63%降低至1.40%。

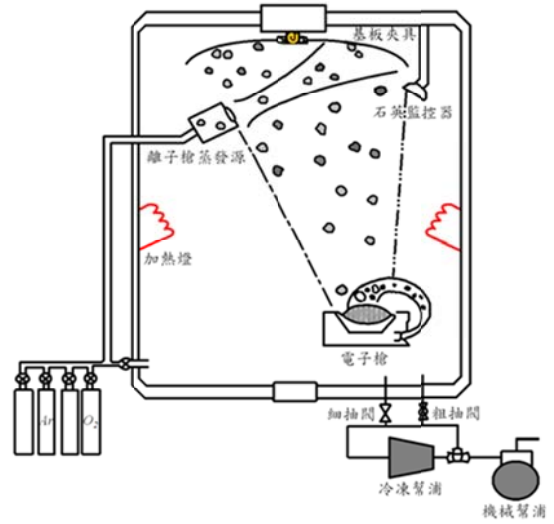


圖4、離子助鍍示意圖

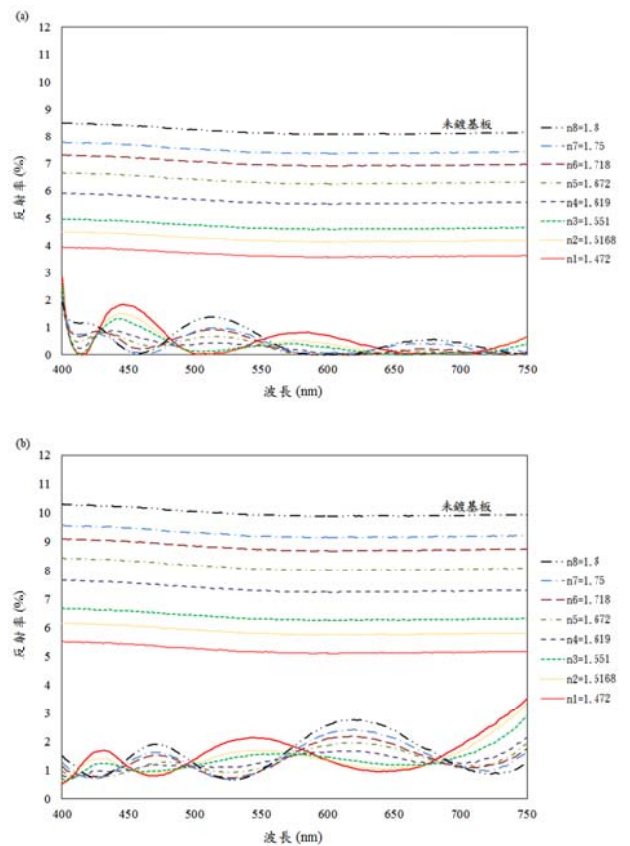


圖5、廣角度萬用廣波域抗反射蒸鍍在(a)0度之成效，其平均反射率從未鍍膜的5.91%降低至0.37%、(b)49度之成效，其平均反射率從未鍍膜的7.63%降低至1.41%。

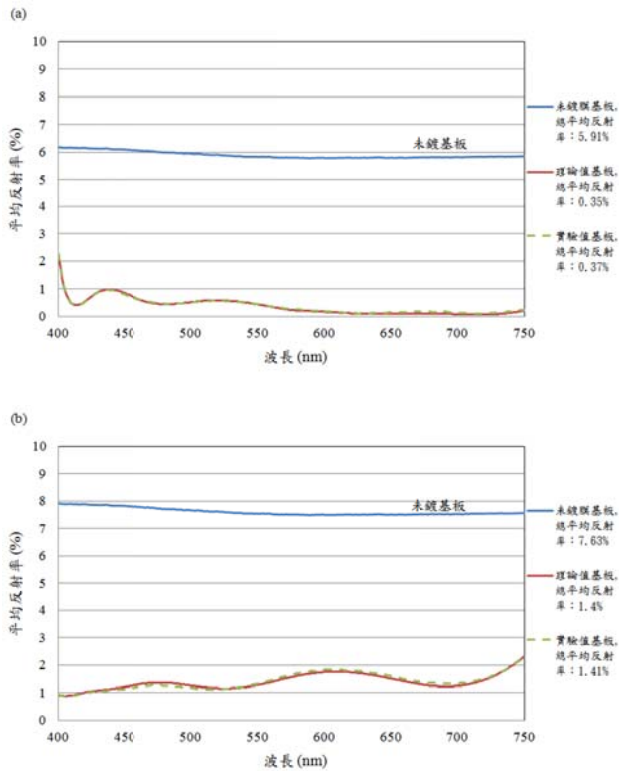


圖6、廣角度萬用廣波域可見抗反射，(a)在0度之未鍍膜、理論和實驗的平均抗反射成效；八種基板的總平均反射率分別為 5.91、0.35與0.37%，(b) 在49度之未鍍膜、理論和實驗的平均抗反射成效；八種基板的總平均反射率分別為 7.63、1.40與1.41%。

在八種玻璃之理論設計與蒸鍍實驗的全方向可見抗反射成效方面: 0-49度範圍的各角度平均反射率顯示結果於圖7(a)、50-90度範圍的各角度平均反射率顯示結果於圖7(b); 此處，因為反射率在65度以上無法被儀器精準量度，故65度以上之量測成效不顯示於圖7(b)之中。圖7(a) & 7(b)指示著理論設計與蒸鍍實驗之抗反射成效良好且相接近，在0-65o範圍之理論與實驗的平均可見反射率分別達到1.40% & 1.42%; 由此顯示吾人成功地實現萬用廣角度可見光抗反射蒸鍍，達到不同玻璃基板可在同一回合作抗反射蒸鍍，以降低製鍍成本，並且使得基板具有全方向性的抗反射效能。

許多論文針對正射情形作萬用抗反射設計，其正射抗反射都有良好成效，而吾人作廣角度萬用抗反射設計以獲得優化之全方向性抗反射效能，其設計只利用兩種材料系統，並考慮到材料與基板的色散，其結果不只是正射之萬用抗反射成效與文獻中[3-6]的效果相當，且在所設計之廣角度範圍也展現出良好的抗反射效果。

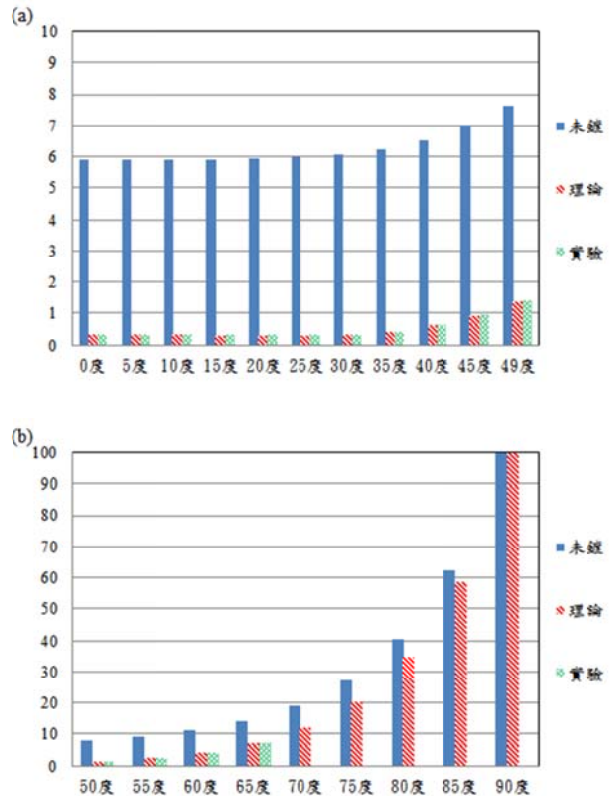


圖7、八種玻璃之理論設計與蒸鍍實驗的全方向可見抗反射成效:(a)0-49度 & (b)50-90度範圍之各角度平均反射率。

#### 4. 結論

本研究運用反覆跳躍搜尋演算法以設計萬用廣角度廣波域可見光抗反射，其結果顯示在0-49度範圍之廣角度抗反射設計，可具有最佳化的全方向抗反射效果，在0-90o的總平均可見抗反射率可由未鍍膜之18.02%降至11.41%，而在所設計的0-49度範圍之總平均反射率可從6.28%降低至0.47%，另外，應用離子輔助蒸鍍技術實現

此設計之蒸鍍成效方面，在 0 度之未鍍膜、理論和實驗的八種基板之總平均反射率分別為 5.91%、0.35%與 0.37%，以及 49 度之未鍍膜、理論和實驗的反射率分別為 7.63%、1.40%與 1.41%，顯示著理論設計與蒸鍍實驗之萬用廣角度廣波域可見光抗反射成效良好且相吻合，再者，所產生之全方向性抗反射效能，於可被量測之 0-650 範圍的蒸鍍與設計成效也相符合。

## 5. 誌謝

This research was supported by the Ministry of Science and Technology, Taiwan, Republic of China, under contract numbers MOST 101-2221-E-270-009.

## 6. 參考文獻

- [1] M. H. Asghar, F. Placido, and S. Naseem, "Reactively evaporated multilayer antireflection coatings for Ge optical window," *J. Phys. D*, vol. 40, pp. 2065-2070, April 2007.
- [2] H. A. Macleod, *Thin-Film Optical Filters*, Chap. 3, New York: McGraw-Hill, pp. 71, 1986.
- [3] G. Honciuc and G. Singurel, "antireflection optical coatings for the spectral range 400 - 700nm , 400 - 900nm AND 800 -1600 nm," *J. Optoelectron. Adv. Mater.* 6 1199, 2004.
- [4] V. D. Vvedenskii and E. G. Stolov, "Universal Constructions of Achromatic Antireflection Coatings," *Sov. J. Opt.* 49, pp. 127-132, 1982.
- [5] Y. Y. Liou, "Universal Broad-Band Antireflection Coating Designs for Substrates in the Visible Spectral Region," *Jpn. J. Appl. Phys.*, 41, pp. 6409-6410, 2002.
- [6] Y. Y. Liou, L. H. Kuo, J. Y. Yan, and C. C. Jaing, "Implementation of Universal Broadband Visible Antireflection Coating for Various Glass Substrates Using Ion-Assisted Deposition," *Jpn. J. Appl. Phys.* 51 042501, 2012.
- [7] Y. Y. Liou, "Design of Universal Broadband Visible Antireflection Coating for Commonly Used Glass Substrates," *Jpn. J. Appl. Phys.*, 46, pp. 5143-5147, 2007.
- [8] J. Y. Yan, Y. Y. Liou, and K. H. Kuo, "Design of low-loss wideband visible antireflection coating using recurrence jumping search method," *Taiwan Association for Coating and Thin Film Technology*, B21, 02-036, December 2010.
- [9] Y. Y. Liou and J. Y. Yan, "Design of wide-angle and broadband visible antireflection coating using recurrence jumping search method," *International Photonics Conference 2011*, PE-TH-12, December 2011.
- [10] Y. Y. Liou and J. Y. Yan, "Optimization of wideband multilayer antireflection coating design using iterative jumping search algorithm," *International Symposium on Computer, Consumer and Control*, pp. 729-732, July 2012.
- [11] S. Takahashi, T. Tsujioka, M. Kume, K. Matsuura and Y. Abe, "Effects of substrate temperature on magnetic properties of iron nitride thin films prepared

## 利用化學溶液法製備銀奈米線之研究

董威佐<sup>1\*</sup>、李昆益<sup>2</sup>、李偉裕<sup>2</sup>、莊為群<sup>3</sup>

<sup>1</sup>中華科技大學，機電光工程研究所，台北市

<sup>2</sup>中華科技大學，電機工程系，台北市

<sup>3</sup>虎尾科技大學，光電工程系，雲林縣

wewe6479@yahoo.com.tw

### 摘要

本研究是利用化學溶液法(Soft Solution)中的多元醇還原法(alcohol reduction methods)，硝酸銀為前驅物來製備奈米銀線，乙二醇(Ethylene Glycol)作為還原劑，聚乙烯吡咯烷酮(N-vinylpyrrolidone, PVP)作為表面活性劑，加入少量氯化鈉(Sodium chloride)在加熱的環境下， $2Ag + HOCH_2COOH + 2H^+(M=Ag)$ 將銀離子還原成單質銀奈米離子(Elemental silver nano ions)，通過調整硝酸銀(Sodium chloride)溶液體積，合成奈米銀線。當硝酸銀之濃度增加時，所成長之銀線平均線徑增大。此外，當 PVP/硝酸銀比例為 0.586g/1.58g 時，產生凝聚作用最大。最後，當氯化鈉當做添加物時，反應 2 小時後，奈米銀線反應產率最佳，線徑約 500 nm，線長約 30-50  $\mu\text{m}$ 。

**關鍵字：**多元醇法、奈米銀線

### 1. 前言

材料進入奈米尺度後，由於結構尺寸變小，表面原子數、體積比例增大，表面位能增加，造成材料性質如光、電、機械、化學等特性隨著尺寸的縮小、組成的變化、結構的不同而有許多新的奈米特性產生。奈米材料指直徑大小介於 1~100nm 之間的超微小粒子，考慮到材料的增強效果與材料的形狀有很大的關係，陸續有學者們研究合成出各種尺寸如，一維(棒、管、線)、二維(如鍍層或薄膜)與三維奈米等不同結構之材料。因此，奈米材料的合成是目前材料科學領域中

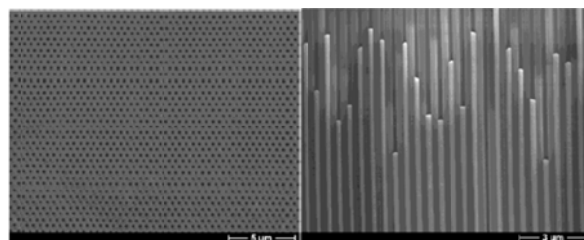
的熱門研究。



圖(一)零維、一維、二維結構圖

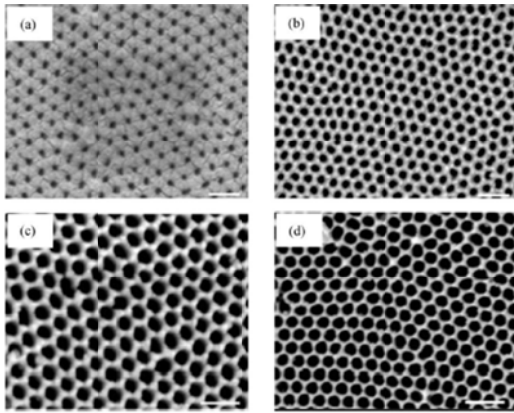
目前已有各種物理或化學的方式用來合成銀奈米線，為取得較多產量的一維銀奈米結構，較常製成金屬奈米線的方式分為模板合成法(template)、晶種合成法、多元醇合成法。

雖然模板合成法具有可控制奈米線的直徑與生長方向的優勢，但是內在的缺點跟限制是奈米線的數量會受模版內通道密度的限制，奈米線的長度也因受到模板厚度影響，極限值只在 20  $\mu\text{m}$  以下；再者，藉由模板控制成長的一維奈米結構大部份為多晶(polycrystalline)結構，若要作為導線應用上會有導電率不佳等缺點；且過程中為了量測或元件製作上的應用，必須將一維奈米結構從模板中分離出來，需使用腐蝕性物質，可能會對生成產物有所破壞。

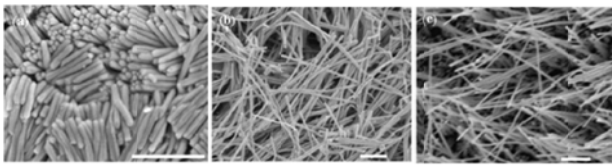


圖(二)[A]陽極氧化鋁薄膜表面 SEM 圖[B]

奈米銀線於孔徑 180 nm 之陽極氧化鋁薄膜成長剖面圖。



圖(三)氧化鋁(AAO)板模不同孔洞之 SEM(a)36nm(b)67nm(c)100nm(d)93nm; Scale bar:200nm

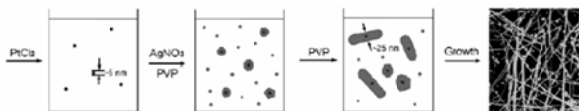


圖(四)利用不同氧化鋁模所合成出不同尺寸之奈米銀;Scale bar: 1μm

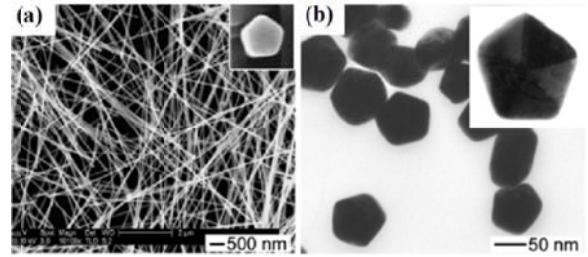
而目前晶種合成法及多元醇合成法多半需要添加金屬奈米粒子作為一維奈米結構成長的晶種跟界面活性劑等控制成長為一維結構；晶種合成法是由改變晶種與金屬鹽類的濃度比例可以控制一維奈米線的長寬(aspectratio)，但是必須先合成晶種。



圖(五)晶種合成法之主要合成步驟



圖(六)藉由白金成核 Polyol Process 成長奈米銀線



圖(七)[A]多醇合成法所製備之奈米銀線的 SEM 圖；(B) 奈米銀線經過超音波震盪破碎之後的 TEM 圖，截面呈現為五角形

金屬銀在所有金屬中，導電和導熱的能力十分優異，隨著尺寸縮小、組成的變化，結構不同而有許多新奈米特性的產生，隨著奈米化的發展，現今有許多方式可將金屬銀製作成奈米銀或奈米銀線，不過在製程過程中通常需要在真空高溫下進行，時間成本較高，希望以化學還原法中多元醇合成法，利用乙二醇作為溶劑及還原劑，使硝酸銀還原銀，聚乙烯吡咯烷酮(PVP)作為表面活性劑，再加入少量氯化鈉(NaCl)做為核種反應，通過調整硝酸銀濃度與反應時間，合成奈米銀線，此製作方式簡易且耗能低，可在短時間內大量合成，可以降低製作時間與成本。

## 2. 實驗部分

### 2-1 實驗材料

硝酸銀( $\text{AgNO}_3$ )、聚乙烯吡咯烷酮(PVP)、乙二醇(EG)、氯化鈉(NaCl)，實驗所使用之試藥級藥品均購自光洋應材公司；一般溶劑亦購自第一化工公司；藥品及溶劑直接開瓶使用，並未加以純化。

### 2-2 實驗設備

#### 2-2-1 超音波震洗機(DC-400)

超音波洗淨是以每秒4萬5千次的振動傳導，在清洗液內反覆產生空洞位置的現象，形生孔蝕效應(cavitations)；當空洞相互撞擊時，即有極大之壓力產生，透過吸引或剝脫的作用，消除附著在清洗物上的污垢，且不傷材質，達到徹底洗淨的絕佳效果。

#### 2-2-2 台製離心機(CF-15C)

可藉由電動機或其他機械的帶動而高

速轉動，產生數千倍於重力的離心力，以加快液體中顆粒的沉降速度，把樣品中不同沉降系數和密度質量的物質分離開。離心力的大小，依轉動速度、旋轉半徑以及物質的質量而決定。

### 2-2-3 電磁加熱攪拌器(PC-420D)

電磁加熱攪拌器 (hot plate/magnetic stirrer) 是一個可以提供安全穩定熱源及均勻攪拌溶液的器具。

### 2-2-4 掃描式電子顯微鏡 (Scanning Electron Microscopy, SEM)

由電子槍(Electron gun)發射出電子束，以一組磁透鏡(Condenser lens)聚焦，經遮蔽孔徑(Condenser aperture)選擇電子束的尺寸(Beam size)後，並通過掃描線圈控制電子束，透過物鏡(Objective lens)聚焦，打在試片上。在試片的上側裝有訊號接收器，用以擇取二次電子(Secondary electron)或背向散射電子(Back scattered electron)成像。

## 2-3 實驗方法及步驟

本研究主要分為二部分來進行，其一多元醇法製備奈米銀線，其二為以奈米銀線為塗佈於玻璃基板實驗方法與步驟如下：

### 2-3-1 配置溶液

### 2-3-2 混合溶液

### 2-3-3 清洗

流程如圖(二)所示，而詳細實驗步驟則說明如下：

#### 2-3-1 配置溶液：

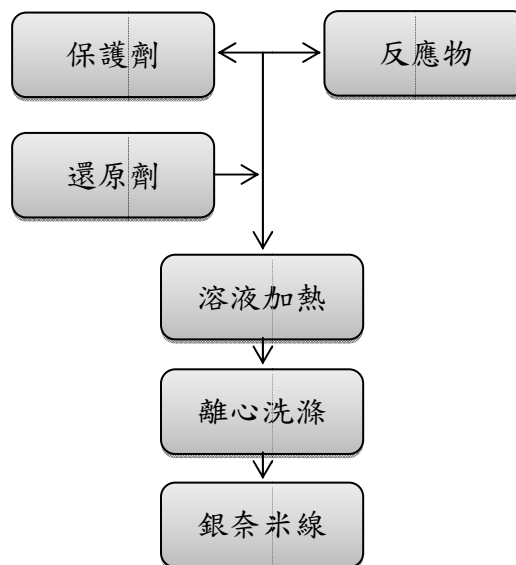
- (1)將硝酸銀( $\text{AgNO}_3$ )1.58g 與 10ml 乙二醇(EG)混合。
- (2)將聚乙烯吡咯烷酮(PVP)1.172g 與 36.8ml 乙二醇(EG)混合。
- (3)將氯化鈉( $\text{NaCl}$ )與 10ml 乙二醇(EG)混合。

#### 2-3-2 混合溶液

- (1) 先將 PVP 乙二醇溶液置於電磁加熱攪拌器上攪拌，將  $\text{AgNO}_3$  乙二醇溶液用滴管取 2ml 滴入 PVP 乙二醇溶液。
- (2) 再將  $\text{NaCl}$  乙二醇溶液取 1.1ml 滴入 PVP 乙二醇溶液，使三種溶液均勻混合。
- (3) 將混合溶液封緊，置於加熱器上  $160^\circ\text{C}$  加熱兩小時後，取出置於室溫冷卻。

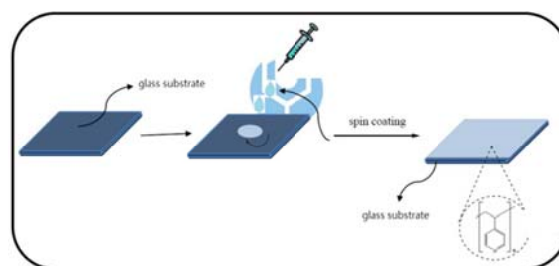
### 2-3-3 清洗

將液體冷卻至室溫後，裝入試管置於離心機離心分離，並用去離子水與乙二醇清洗數次。



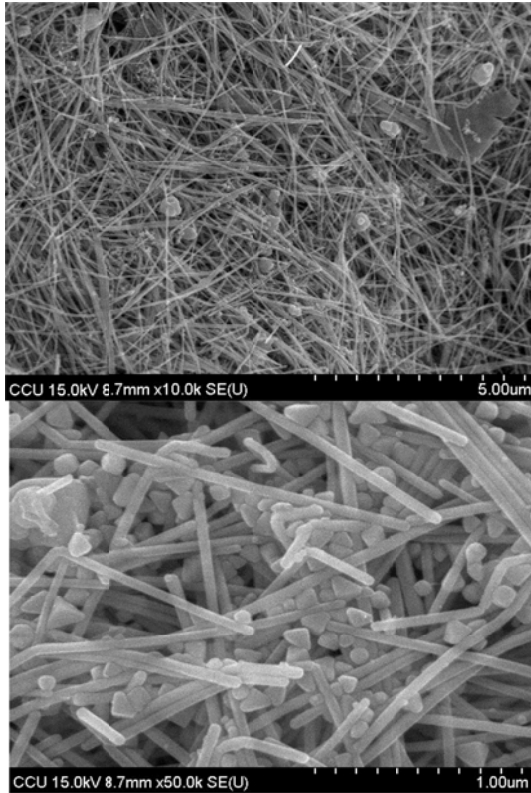
圖(八)銀奈米線製備流程

將已離心洗滌過後的奈米銀線溶液備齊，並用去離子水將奈米銀線溶液稀釋數倍，利用滴管取奈米銀線溶液滴於玻璃基板上，設定塗佈機一段轉速 600 轉塗佈 10 秒後置於電磁加熱攪拌器上烘乾，將樣本使用 SEM 進行觀察。



圖(九)奈米銀線塗佈製作流程

## 3. 結果與討論



圖(十)不同倍率下之 SEM 圖

圖片中出現了各種形貌的奈米顆粒，銀奈米線較多，奈米線是由具十面體的多重雙晶奈米粒子開始生長而成。部分生長成片狀、板狀奈米顆粒，在表面活性劑的作用下成長，也因添加了活性劑，阻止了銀奈米線之間的團聚。

改變  $\text{AgNO}_3$  溶液體積，發現銀奈米線先增加後減少。這可能是由於  $\text{Cl}^-$  對某個特殊晶面有較強的吸附能力，導致各個晶面的生長速率不同，產生不同形貌的奈米顆粒。此外，當  $\text{Cl}^-$  濃度較低時，體系中形成低濃度的  $\text{AgCl}$  膠體，作為形成銀奈米線晶種。體系中較高濃度的  $\text{Ag}^+$  吸附在銀的晶核上，乙二醇在此溫度下被氧化為乙醛而還原  $\text{Ag}^+$  為  $\text{Ag}$ ，繼續生長成奈米銀線。

#### 4. 結論

在溫度  $160^\circ\text{C}$  下，合成了縱橫比均勻、長徑達  $30\text{-}50\mu\text{m}$  的奈米銀線，並伴隨少量的立方體、三角體、片狀等結構生成。當反應時間為  $2\text{hr}$ 、 $\text{AgNO}_3$  比例為  $1.58\text{g}$  時，銀

奈米線最多，當增加或減少  $\text{AgNO}_3$  比例時，獲得的奈米線較少。使用此方法可大量合成奈米線，由於核種導向作用下，獲得主產物奈米線外，還有立方體、三角、片狀等粒子結構，儘管此法可簡易快速合成出銀奈米線，但還需提高銀奈米線純度。

#### 5. 參考文獻

- [1] CHU SHU MEI. Reduction method between citric acid and alcohol synthesize to nano silver wire for touch panel thin film application.
- [2] Chu, I - Chen. Research on the growth of silver nanowires on flexible substrates.
- [3] ZHANG Yujuan, DUAN Tao, ZHU Wenkun. Sodium Chloride Assisted Synthesis of Silver Nanowires.
- [4] Chiung-Yi Huang. Growth of silver nanowires on anatase titania thin film by thermal reduction method.
- [5] Meng-Suan Lin . Study and fabrication of Ag-SrTiO<sub>3</sub> core-shell nanoparticles
- [6] T. Linnert, P. Mulvaney and A. Henglein, *J. Phys. Chem.*, 97,679(1993).
- [7] D. W McKee, *J.Phys. Chem.*, 67,841(1963).
- [8] N. Toshima, Y. Shiraishi, T. Teranishi, *J. Molecular Cat. A-Chemical*,177, 139(2001).
- [9] Jinsub Choi, *Chem. Mater.*, (2003), 15, 776
- [10] Jana, N. R.; Gearheart, L.; Murphy, C. J. *Chem. Commun.* (2001), 617.
- [11] Junping Zhang, Jerrold E. Kielbasa, David L. Carroll *Materials Chemistry and Physics* 122 (2010) ,295 - 300
- [12] Yugang Sun, Younan Xia et al. , *Chem. Mater.*14 (2002),4736
- [13] Liangbing Hu, Han Sun Kim, , Jung-Yong Lee, Peter Peumans, and Yi Cui , (2010) ,2955-2963
- [14] Pei-shiun Chu, Preparation of Silver Nanowires by Chemical-Synthesis and Electric Resistance Property of Ag NW/Nafion Transparent Film



## 藍芽遙控之綠能照明調光系統設計

楊瑞錶<sup>1\*</sup> 楊大緯<sup>1</sup> 楊博惟<sup>2</sup> 謝汶靜<sup>1</sup> 范家騏<sup>1</sup> 陳利益<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 中華科技大學電機工程系

<sup>2</sup> 台北市立成功高級中學

\*e-mail : april4120@cc.cust.edu.tw

### 摘要

本文旨在研製一個藍芽遙控之調光控制系統，並將調光的節能效果，應用於戶外照明系統設計，達到節能之目的。綠能發電經由充電電路對蓄電池進行儲能，並由蓄電池提供電能給照明系統。照明系統設計有調光控制，調光控制由手機藍芽發射信號，再透過單晶片將接受器接收的信號進行解碼調光，達成照明系統群控、單控的調光控制。當綠能發電無法產生電能時，市電主動提供照明系統用電，以防照明系統的孤島效應發生。

**關鍵字：**藍芽遙控，區段調光，群控，單控，孤島效應。

### 1. 簡介

日本 311 福島核災雖已屆滿四週年，但核災造成的後遺症，仍影響全球的環境生態。核電約占台灣總發電量的 10%，因此政府若能大規模採用綠能發電並輔以節能的政策，將能逐步淘汰核能發電廠，讓台灣免於核災之威脅。

近年來，石化產業所仰賴的石油存量以趨殆盡，人們開始尋找替代能源並檢討舊有的能源型式對環境造成的負面影響，也使得環保節能及生態維護的議題漸漸地受到各國政府重視[1]，其中以利用綠能來取代現有非再生能源的技術尤其為重，各國除積極地培養相關方面人才外，更是大力建設再生能源相關設備。

綠能包含太陽能、風力、海洋能、地熱

能、生質能等[2]。利用綠能發電技術，搭配高發光效率的燈具，作為夜間照明，可達到降低用電量及無公害的綠色環保要求。由於目前綠能發電的轉換效率低，為使蓄電池儲存的電能有效地運用，照明系統的節能，僅靠提升照明設備的效率是不足的，必須以更積極有效的方法來管理照明設備。

為了達到照明系統的節能，關於照明節能與照明系統管理的研究亦逐漸受到重視，在照明系統的節能方面，文獻[3]提出將日光導入室內使用，並搭配調光控制，亦能達到照明節能的功效。文獻[4]提出以監控的策略作為小型超商照明系統節能管理的方法，當白天戶外較亮時，利用調光器減少走道電燈的亮度；當夜間來店人數少時，利用調光器減少市內燈的亮度。文獻[5]利用微處理器控制技術，對建築物內外的照明設備進行監控，並運用時程預設管理、日照特性感測及空間特性規劃等功能的相互運作，以達到節能與維持照明品質之目的。文獻[6]提出電力線載波器(power line carrier)的方法，透過中央控制器及網路發送辨識碼，並藉由辨識碼改變載波的設定，對公共照明設備進行管控，以達到照明管理之目的。上數文獻採用有線的方式達成調光的功能，而電能的供給為市電。

凌晨到清晨的這段時間，人類夜間的戶外活動幾乎處於休息的狀態，庭院、公園及廣告看板的照明負載，若持續以額定功率作為輸出，將造成不必要的電能浪費。因此，若能依季節特性及人類夜間的作息習慣，對

照明負載進行管控，將可達到節能之功效。在室內照明設計，若能將室內照明的調光分成多段的無線遙控設計，使用者可依環境的實質需求進行調控，便可達到節能之目的。

本論文將綠能發電儲存於蓄電池，於夜間提供給照明負載使用，將藍芽遙控調光的節能效果，應用於戶內外照明系統設計，並對調光的使用場所及條件作進一步的探討，使調光功能確實達到節能之實質目的。

圖1所示為本文所提綠能藍芽遙控之照明調光系統設計的系統架構圖，綠能發電經由充電電路對蓄電池進行儲能，蓄電池提供電能給LED照明系統。LED照明系統設計有調光控制，調光控制由手機藍芽發射信號，再透過控制單晶片將接受器接收的信號進行解碼調光，達成LED照明調光控制。當綠能發電無法產生電能時，市電主動進行充電儲能，以防照明系統的孤島效應發生。

圖 1 系統架構

## 2. 系統描述

### (一) 無線遙控設計

◎以 APP Inventor 開發 Android APP 藍芽程式：App Inventor 為全雲端的開發環境，只要透過瀏覽器登入 App Inventor 伺服器就能開發 Android App(建議使用 Firefox or Google Chrome)，簡單易上手、不須 Java 程式基礎，程式架構簡單、功能強。本研究將透過 App Inventor 直接開發 Android App 程式，並直接於手機面板製做成人機介面，讓使用者先鍵入密碼，再進行調光操作。整體人機介面操作簡易，方便使用者遙控。

◎藍芽信號接收端程式：Arduino 提供了

簡單好用的 I/O 介面，並具可使用類似於 Java、C 語言等高階語言的開發環境，是一種開放授權的互動環境開發技術。本研究可使用 Arduino IC ATmega328P 作為藍芽遙控信號發射後的接收解碼控制器，並進一步將解碼後的信號，轉換成對應於控制 LED 輸出功率的信號。

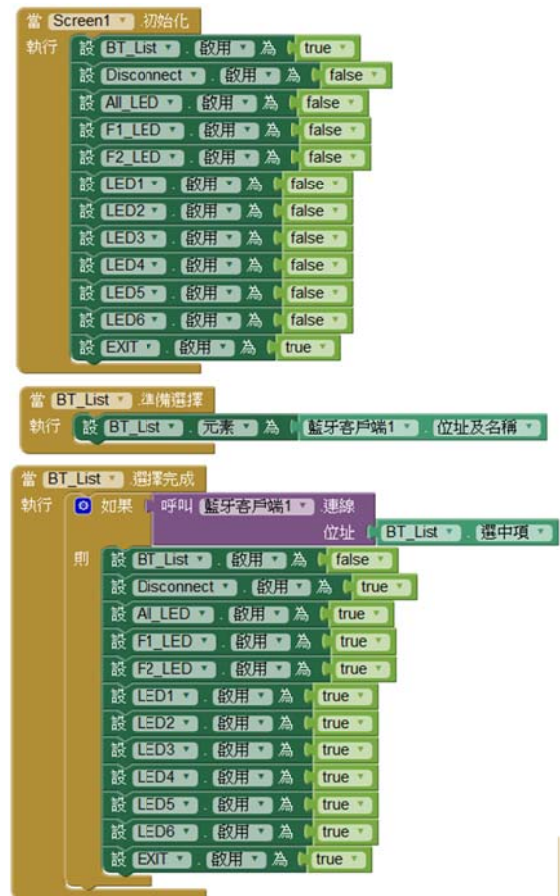


圖 2 以 APP Inventor 設計 App 程式

### (二) 戶外照明區段調光設計

凌晨到清晨的這段時間，人類夜間的戶外活動大都處於休憩的狀態，庭院、公園及廣告看板的照明負載，若持續以額定功率作為輸出，將浪費蓄電池所儲存之電能。圖3所示為本文的區段調光照明控制系統，系統採用微控器作為控制核心，並藉由外部設定照明管理控制器的工作模式，區段調光曲線轉換器會根據讀入的模式，決定照明系統的夜間區段調光曲線及點燈時數。為預防蓄電池過度放電影響壽命，藉由偵測蓄電池電壓，

當蓄電池放電達終端電壓(terminal voltage)時，停止蓄電池放電。

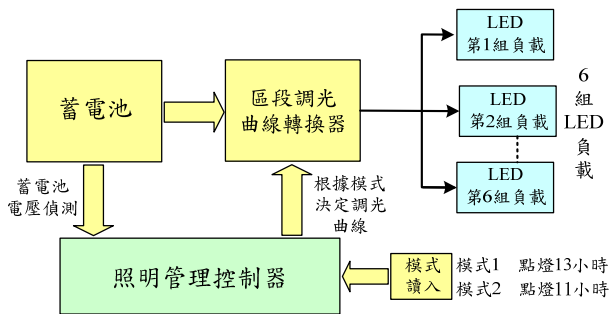


圖 3 區段調光照明控制系統

以庭院及廣告看板的照明負載為例，夜間區段調光曲線的規劃說明如下：

(1) 季節與點燈時數的考量：圖 4 及圖 5 為夜間區段調光規劃圖。其中圖 4 為春冬季節所規劃的調光曲線，圖 5 為夏秋季節所規劃的調光曲線。基於台灣春冬晝短夜長及夏秋晝長夜短的考量，規畫夏秋季節點燈時間為夜間 6 點到隔日清晨 5 點合計 11 小時；春冬季節為傍晚 5 點到隔日清晨 6 點，合計 13 小時。季節的點燈時數可依使用者的實質需求而進行調整。

(2) 各區段 6 組 LED 的點燈總功率及時間：在圖 4 及圖 5 的調光曲線規劃圖中，每條曲線可分為四個區段，各區段依序為黃昏、前段、後段及接近黎明時刻，區段點燈時間的長短及 6 組 LED 的點燈總功率說明如下：

(I) 前段時刻：台灣地區在深夜 11 點以前，人類的戶外活動頻繁，所需夜間照明負載的光輸出量較大，故在此區段照明負載於夏秋季節及春冬季節，均規劃 6 組 LED 點燈電路的總功率為 32.1W 輸出(接近照明負載之額定功率 36W)，此區段的點燈時間長度規劃為春冬季節 6 小時，夏秋季節 5 小時。

(II) 中段時刻：台灣地區在深夜 11 點以後，人類夜間的戶外活動不如 11 點以前頻

繁，故規劃 6 組 LED 點燈電路的總功率為 24.5W 輸出，而規劃的點燈時間長度為春冬季節 3 小時，夏秋季節則規劃 2 小時。

(III) 後段時刻：台灣地區在凌晨時刻，人類夜間的戶外活動幾乎處於休息狀態，此時照明負載的點燈功率可大幅降低，規劃 6 組 LED 點燈電路的總功率為 18.4W 輸出，而規劃此區段的點燈時間長度為春冬季節 2 小時，夏秋季節則規劃 2 小時。

(IV) 接近黎明時刻：台灣地區在接近黎明時，人類的戶外活動逐漸轉為熱絡，包括早起運動或工作等，此時太陽光線亦逐漸轉強，故此時夜間照明光輸出可轉弱，規劃 6 組 LED 點燈電路的總功率為 12.2W 輸出，而規劃此區段的點燈時間長度為春冬季節 2 小時，夏秋季節 2 小時。

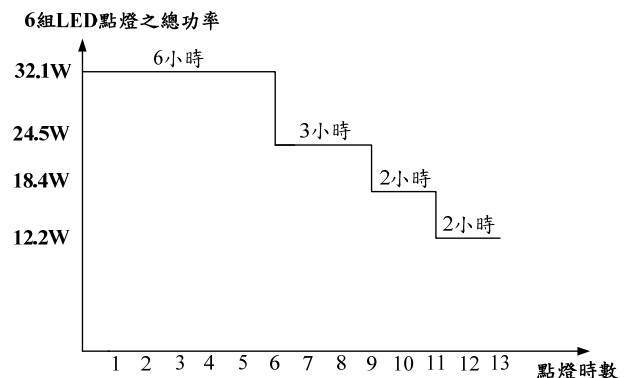


圖 4 春冬季節自動區段調光

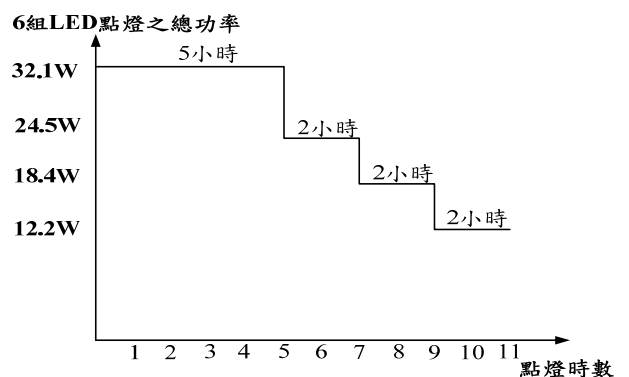


圖 5 夏秋季節自動區段調光

### (三) 戶內照明調光設計

基於調光實用上的考量，設計藍芽調光控制器設計 LED 驅動電路的功率開關導通責任週期為4段式，分別為32.1W(第一段)、24.5W(第二段)、12.2W(第三段)、0W(第四段)。使用者可依環境需求，調控手機 APP 版面，可單獨控制單一組燈具之光源，亦可進行多組燈具光源的群控，達到節能目的。



(a)室內調光選擇畫面 (b)室外調光選擇畫面  
圖 6 手機 APP 介面控制圖

### 3. 實驗結果

圖 7 為儲能充電電路的實作成品圖，採用昇壓直流/直流轉換器作為儲能充電電路。圖 8 所示為儲能充電電路的功率開關脈寬調變之實測波形。圖 9 為結合 arduino 控制之 LED 驅動電路的實作成品圖，採用降-昇壓型直流/直流轉換器作為 LED 驅動電路，並應用 arduino 晶片作為控制核心。圖 10 為 LED 驅動電路的功率約 32.1 W 時，系統的整合實測。

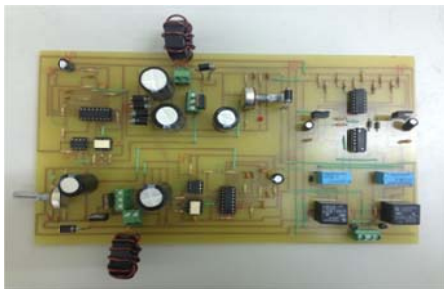
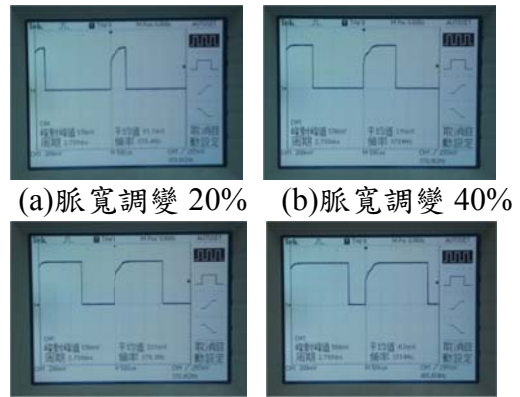


圖 7 儲能充電電路



(a)脈寬調變 20% (b)脈寬調變 40%  
(c)脈寬調變 60% (d)脈寬調變 80%  
圖 8 儲能充電電路的功率開關脈寬調變之實測波形

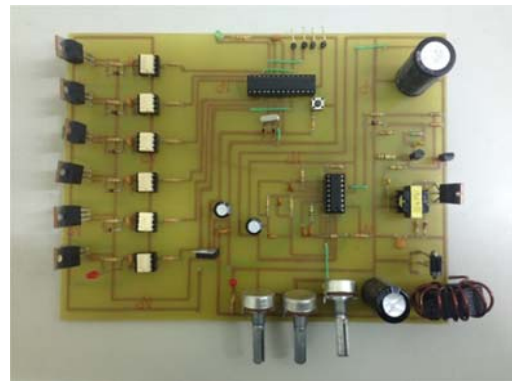


圖 9 結合 arduino 控制之 Led 驅動電路



圖 10 LED 功率 32.1 W 的系統整合實測

圖 11 所示為執行春冬季節區段調光的實測情形，為能完整展示其功能，春冬季節區段調光的各個區段的顯示時間設定為 30、15、10、10 秒代替實際運作 6、3、2、2 小時的時間，若需使用較長的時間，只要修改計時副程式內的參數即可。表 1 所呈現為夏秋與春冬調光的節能百分比，其中節能百分

比的計算，是以春冬區段調光 13 小時及夏秋 11 小時，LED 輸出功率皆為 32.1W 為基準，所計算得出之結果。

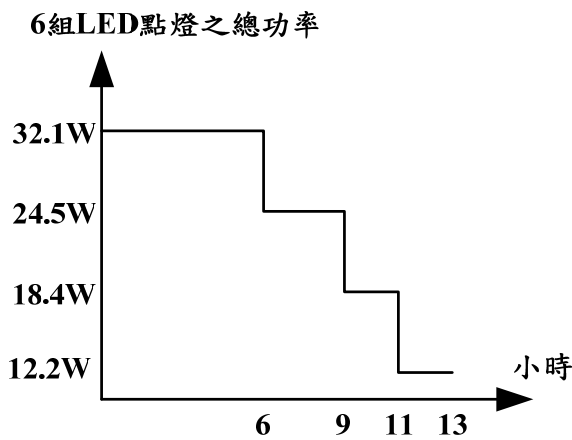


圖 11 春冬季節區段調光的實測情形

表 1 節能百分比

區段調光所消耗之電能	節能百分比
春冬季節(327.3 Wh)	21.6 %
未執行區段調光(417.3 Wh)	0 %
夏秋季節(270.7 Wh)	23.3 %
未執行區段調光(353.1 Wh)	0 %

#### 4. 結論

本文藍芽遙控之綠能照明調光系統設計具有以下特點：

- (1) 將綠能轉成電能，再供電供照明系統使用，有效利用大自然資源，達到環保與節能兼顧之效果。
- (2) 以手機藍芽遙控取代紅外線遙控器，縮小遙控器體積，有效減少遙控器的電路成本。手機藍芽遙控裝置隨身攜帶容易，藍芽遙控程式可多人持有，克服遙控裝置損壞、遺失、找尋不易之問題。
- (3) 將區段調光的節能設計應用於夜間戶外照明，對調光的使用條件限制作進一步的探討，並根據氣候季節特性及人類夜間的作息習慣，使調光功能確實達到有效利用蓄電池的儲能，達到節能與持續照明之實質效果。

- (4) 在屋內調光照明設計方面，調光控制可分多段，可單獨控制單一組燈具之光源，可進行多組燈具光源的群控，使用者依環境實質需求進行調控，達到節能目的。

#### 5. 參考文獻

- [1] 王端正，「台電太陽能應用與展望」，電機技師雜誌，第 132 期，第 32 頁～第 49 頁，民國九十七年。
- [2] 綠色能源產業資訊網，<http://www.taiwangreenenergy.org.tw/>，2014 年。
- [3] 李麗玲，李清然，林士凱，「照明節約能源概論」，台電工程月刊，第 687 期，第 91 頁～第 104 頁，民國九十四年。
- [4] 黃素琴，方世雄，鍾國光，「小型超商耗能設備調查分析與節能監控策略研究」，台電工程月刊，第 687 期，第 122 頁～第 131 頁，民國九十四年。
- [5] Xu, D. G., Y. F. Mou, X. S. Liu and W. Q. Zhang, "Reliable Distributed Power Line Communication for New Public Lighting Management System," IEEE Proceedings of The International Conference on Industrial Informatics, pp. 73-78(2003).
- [6] Casa, G. and F. Veroni, "A New Way to Manage Public Lighting," IEEE Proceedings of The 9-th International Conference on Metering and Tariffs for Energy Supply, pp. 91-95(1999).

## 具有功因修正之無線數位調光LED驅動器之研製

# Design and Implementation Wireless Digital Dimming Control for the LED Driver with Power Factor Correction

謝宗煌 Tsung-Huang Hsieh<sup>1\*</sup>、李皓平 Hao-Ping Lee<sup>2</sup>、顏敘伍 Wu-Xu Yan<sup>1</sup>  
 顏守一 Yi-Shou Yan<sup>1</sup>、林鈞浩 Hao-Jun Lin<sup>1</sup>、林子鈞 Jun-Zi Lin<sup>1</sup>、施漢煒 We-Han Shih<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> 中華科技大學，電機工程系，台北市  
<sup>2</sup> 中華科技大學，機電光工程研究所，台北

### 摘要

本文旨在研製具功因修正之無線數位可調光 LED 驅動器。驅動器採用雙級式架構，前級為返馳式 PFC 的功因修正架構，後級為具可調光功能的降壓式電路。調光控制的方法，利用無線數位控制模組以實現無線數位調光控制之 LED 驅動器。本文可以達到提高功率因數、延長燈具壽命與節能之效果。

### 1. 緒論

#### 1.1 研究動機

自人類發明燈具以來，夜晚的活動時間也跟著延長，隨著科技的進步燈具的使用也跟著普及，但近年來能源的需求越來越大，而國內自產能源有限，傳統電廠以燃煤與燃油為主，其所產生大量溫室氣體，為溫室效應之黑手，而新一代發電技術以核能為主，核能卻有著操控技術不容易以及核廢料處理困難等缺點，基於群眾環保意識的抬頭，各國不停致力尋找替代能源—綠色能源。

除了發展綠色能源外，降低電源的使用、提高用電的使用效率也成為目前的課題之一。現在市面上隨處可見的照明設備普遍有白熾燈泡非常便宜，但效率低，家用鎢絲燈為 16lm/W，鹵素燈大約為 22lm/W。螢光燈效率很高，可達 50 到 100lm/W (平均 60lm/W)，但是燈管易碎，舊式的螢光燈需要起輝器和鎮流器，因而有時會產生聽覺噪

音，光度也有閃爍問題。新式螢光管及節能燈(適用於標準燈座)裡面集成了電子鎮流器，比較堅固和高效，目前仍是家用照明的最佳選擇。

LED 燈泡本來就比傳統燈泡來的優點多並且又節能省電，但現在 LED 普及的情況下，就變的普通，而感受不到有節能省電的感覺，為了能 LED 整個系統更具有明顯效果，就必須要修正功因，這樣就更才有達到節能省電的功能。為了方便操控可以加上無線數位控制可調光的功能[1,2]。

因此設計一種具功因修正及無線數位控制的功能可調光 LED 節能驅動之產品是有其必要的，本文預期可以達到提高功率因數、延長燈具壽命與節能之效果。

#### 1.2 文獻探討與回顧

##### LED 驅動器

##### (1)LED 特性：

發光二極體(LED)是一種單色光源之發光的半導體電子元件。自然界的白光(陽光)的光譜是闊頻帶的，LED 本身不可能做到。白光發光二極體是通過發出三源色的單色光(藍、綠、紅)，使整體光譜含為含有三源色的光譜，刺激人眼感光細胞，使人有看見白光的感覺。

##### (2)LED 優點：

LED 在點亮反應時間僅需 100 ns 比白熾燈泡的 0.2 秒及螢光燈還要來的快，且耗電量僅傳統燈泡的 10%，其體積也因為

發光晶片極為細小，可以點線面搭配組合，且可以隨意與建築結構彈性結合。容易配合應用需求製成極小或陣列式的元件。並且沒有熱輻射光，紅外線會有熱效果。LED 照明應用於光譜，係屬冷光源，不會因為用太久而發燙。

(3)LED 驅動器：

LED 驅動器主要功用為提供恆電壓源或是恆電流源以驅動LED，但在設計上除了需要符合LED 的電氣規格之外，還尚需考慮其功率因數、效率、調光方式、保護功能，才能實際應用於日常生活中，若是設計不良，除了有可能造成耗電、驅動器容易損壞，甚至於若無保護功能會有發生火災等危險因素，因此在設計上更是需要特別注意及小心 [3]。

Zig Bee

無線感測網路大多應用於數位家庭控制、安全監控、物流追蹤與居家照護等領域，而為了達到大量佈建的目的，無線感測網路必須具備低成本、低耗電、小體積、容易佈建，並具備可程式化、可動態組成等特性。目前資策會發展的 802.15.4/Zig Bee 如圖 1-1 正符合以上種種需求。Zig Bee 一詞源自於蜜蜂（Bee），係因蜜蜂看似隨意在跳的字形舞，實際是將有花和蜂蜜的地方，正確傳達給其他蜜蜂，而 Zig Bee 正是採用這種通訊方式。本文開發之 Zig Bee 無線數位控制模組，具三組 PWM 輸出介面，採用開集級控制電路設計，可產生切換頻率為 200Hz 之 PWM 調變信號，可同時調控三組燈具或 RGB 混光控制，輸出 PWM 調光介面或 1~5V 類比調光介面，此外其中一組 PWM 輸出介面可輸出 100KHz 之 PWM 調變信號[4]。

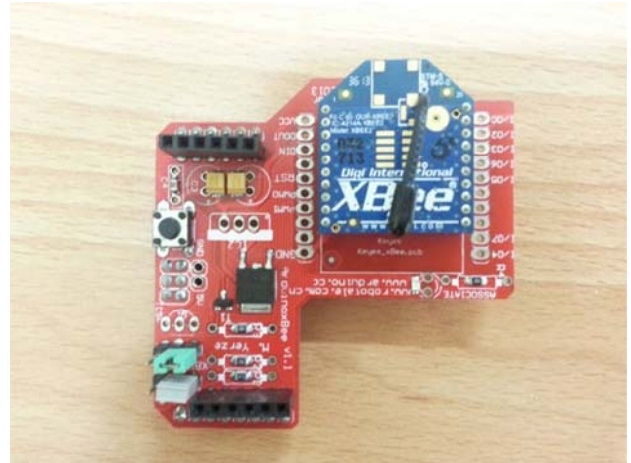


圖 1-1 Zig Bee 無線數位控制模組照片

研究系統架構動作說明

整體系統架構，首先由市電透過整流濾波電路換成直流再以 PFC 電路提高整體電路的功率因數，再透過返馳式轉換器與降壓式降成後續電路所需之電源，供給無線遠端調控 LED 電路及 LED 燈具，則無線遠端控制主要是以遠端做 LED 亮度調控。

系統架構圖

具功因修正之無線數位控制可調光的驅動電路系統架構圖：

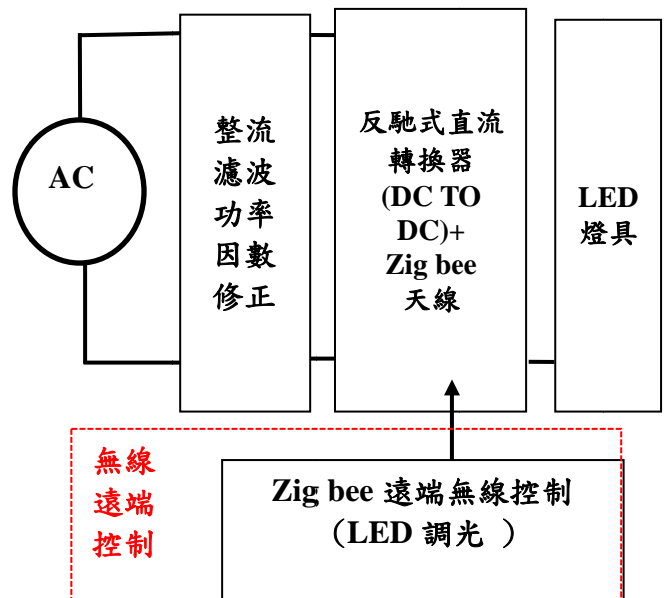


圖 1-2 具功因修正之無線數位控制可調光的驅動電路系統架構圖

## 2. 研究方法

### 硬體電路部分:

首先透過 Arduino 單晶片微電腦撰寫程式經由 Zig Bee 遠端遙控器端傳遞所需的訊息。再者訊息會傳至經由 Fly Back 返馳式直流轉換器與 PFC 功率因數校正先做濾波及功因校正的 Zig Bee 遠端遙控設備端；最後會經由 LED 驅動器對 LED 送至點燈訊號。

#### (1).PFC 功因校正電路:

在整流器與輸出級間引入一功因校正電路，以獲得輸入電流近似於正弦波形來完成與電壓同相之目的。

轉換器部份主要由功率二極體 D1、D2、D3、D4 所組成的橋式整流電路串接一升壓電感 L 所組成。經由施以適當的控制功率二極體開關 Q，來達成調整輸出直流電壓 Vdc 的大小。同時，完成輸入電流自動追隨輸入電壓成為同相位之目標，進而達成高功因的需求[5]。

#### (2).Fly Back 返馳式電路:

輸出為 15V / 3A，並在主電路及驅動電路都有二次濾波效果。在電路上，主電路(一次側)大多為高壓側，驅動電路(二次側)多為低電壓，所以必須將一、二側完全隔離，所以藉由光隔離 IC PC817，它可以將輸入側電流轉換到輸出側，即輸入電流增加、輸出側電流也跟著增加，這樣就具有隔離一、二側也有回授功能如圖 2-1。

電壓回授：主要由 R17、18、19 做輸出分壓，使 U2 Pin6 之電壓保持 2.5V。當 R18 可變電阻往上調時分壓之比例較高，U2 Pin6 之電壓應高於 2.5V，但由於閉迴路回授電壓控制使輸出電壓降低，U2 Pin6 之電壓保持在 2.5V。

電流保護：R15、28 將 2.5V 做分壓，使 U2 Pin3 之電壓為 0.0375V(3A\*0.0125)。當負載電流增加時 R2 電壓增加，使 V-端(U2 Pin2)之電增加。

若電壓高於額定電流 3A 所產生之壓降 0.0375V 時，使 U2 Pin1 之電壓降低使光耦

合 IC 輸入電流增加，U1 接收到回授電壓升高之信號，所以自動將輸出電壓調降以保持輸出電流降低。

#### (3).Zig Bee 無線數位控制模組:

Zig Bee 無線數位控制模組，該模組採用 Microchip 公司生產之 8 位元微處理器 12F1822 做為控制核心晶片，結合 Zig Bee 無線通訊模組 X Bee，並搭配新型諧振式低漣波直流轉換電路，以實現 Zig Bee 無線數位調光控制之 LED 驅動器。

#### 軟體部分:

Arduino 是一個開放原始碼的單晶片微電腦，它使用了 Atmel AVR 單片機，採用了基於開放原始碼的軟硬體平台，構建於開放原始碼 simple I/O 介面板，並且具有使用類似 Java，C 語言的 Processing/Wiring 開發環境。我們主要使用型號 MEGA2560 的開發板來達成我們的目標[7-11]。

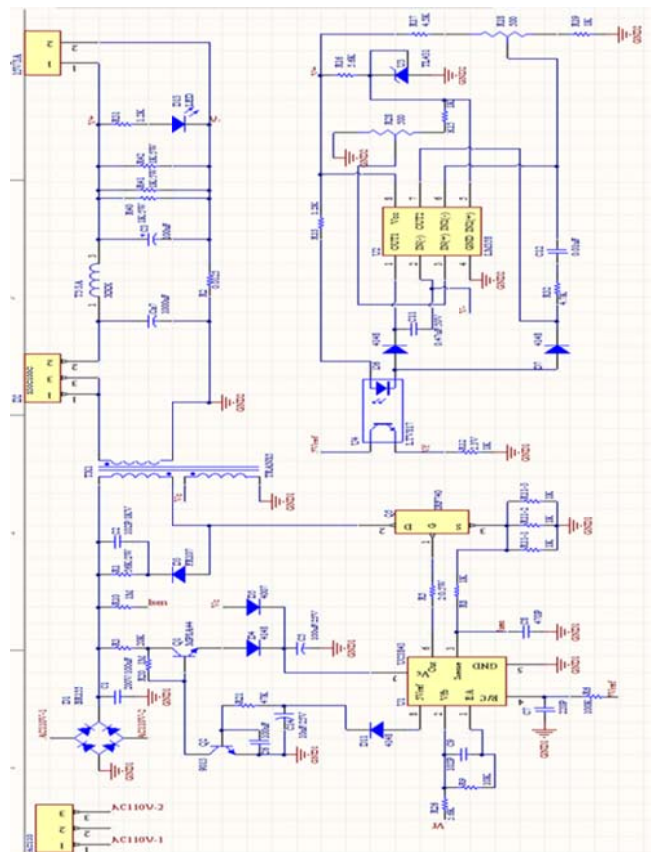


圖 2-1 返馳式直流轉換器電路圖



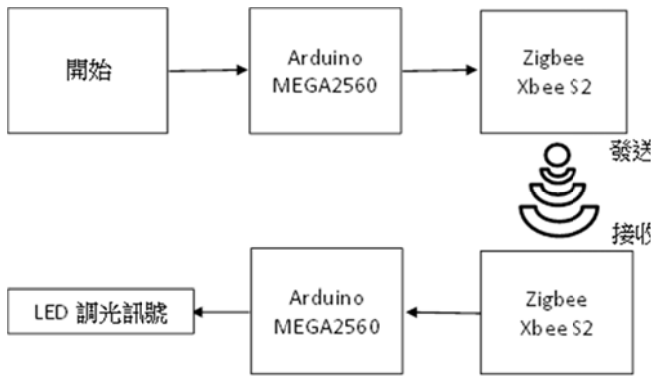


圖 2-2 Zig bee 動作方塊圖

Arduino 單晶片微電腦撰寫程式軟體流程圖如圖 2-3 所示：

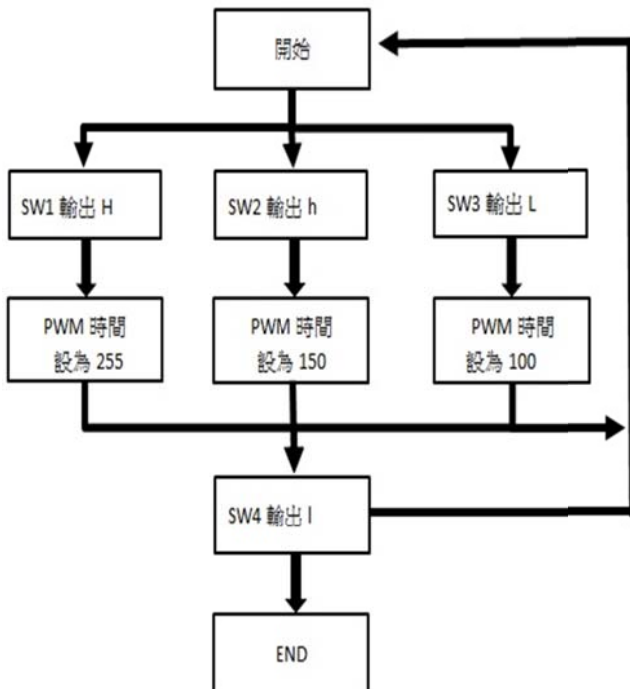


圖 2-3 Arduino 軟體流程圖

### 3. 研究成果

功率因數校正(PFC)電路接上負載，經實測後得到功因改善，並且返馳式電路也有回受負載電流進而達到保護負載之效果並穩定電壓輸出。無線傳輸 Zig Bee 經遠端遙控測試，距離 30m 以上，亦有達到控制遠端 LED 燈具之效果。

#### (1).濾波+PFC 功因校正電路:

市電 AC 110V 經由三用電表測量結果，濾波+PFC 功因校正電路後輸出端電壓約

190V。使用接上負載使用 digital power meter 測得未修正前測得功率因數為 0.78，經過功因校正電路後功率因數得以修正至 0.96。

如圖 3-1 為功率因數修正電路，圖 3-2 為功率因數修正後測得功率因數為 0.96

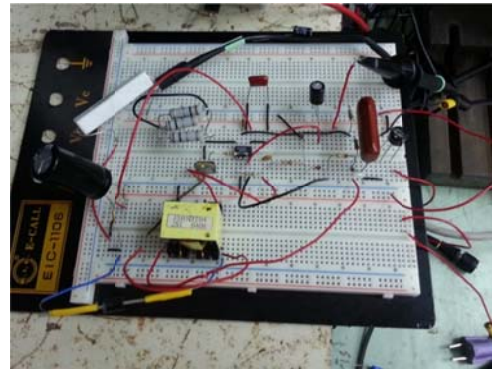


圖 3-1 功率因數修正電路



圖 3-2 修正後測得功率因數為 0.96

#### (2).Fly Back 返馳式電路:

經過電腦程式所模擬出來的返馳式直流轉換器電路經雕刻實作如圖 3-3。

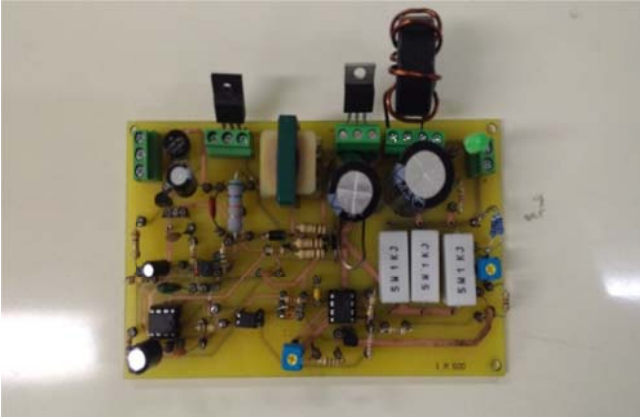


圖 3-3 返馳式直流轉換器實作電路

### (3). Zig Bee 無線數位控制模組:

Zig bee 設備端連接之後再接上負載，利用 Zig bee 遙控器端來遠端操控負載（燈具）的輸出測試結果如圖 3-4 Zig bee 遠端遙控測試(75%)。



圖 3-4 Zig bee 遠端遙控測試(75%)

圖 3-5 為 Zigbee 遙控器端發送信號為 H，設備端使負載輸出為 100%。



圖 3-5 Zigbee 遠端遙控測試 (100%)

由圖 3-4 和圖 3-5 證實可以無線數位調控亮

度。遙控距離 30m 以上，因受限於測場地應該可以更遠。

## 4. 結論

本文已經完成研製具功因修正之無線數位可調光 LED 驅動器。驅動器採用雙級式架構，前級為返馳式 PFC 的功因修正架構，後級為具可調光功能的降壓式電路。調光控制的方法，利用無線數位控制模組以實現無線數位調光控制之 LED 驅動器，都能得到滿意結果。

數位與無線控制將是重要趨勢，本文有利於未來智慧家電或智慧辦公大樓照明控制之整合。

## 5. 參考文獻

- [1] 謝宗煌 陳佳鴻，“Design and Implementation of Power Saving for Driving the Advertising LED”，Journal of China Institute of Technology Vol.40, pp.327-336, june, 2009.
- [2] 周佳賢、施易杰，“焦電型紅外線感測器文論文”，逢甲大學，P.14~P.16，2006 年 5 月。
- [3] 何金滿、邱昇瑜，“具保護功能之非線性可調光 LED 驅動器研製”，中華民國第三十三屆電力工程研討會，P.215、P.216，2012 年 12 月。
- [4] 潘晴財、陳伯彥、李清然、王敬皓、蔡文田，“新型低漣波直流轉換電路應用於無線數位調光 LED 驅討會，P.1180、P.1181，2012 年 12 月。
- [5] 劉俊佑、簡政賢、羅一峰、劉益華，“數位化控制單級返馳式功率因數修正器之研製，”中華民國第三十三屆電力工程研討會，P238，2012 年 12 月。
- [6] 江建成，“單級功因修正返馳式電源轉換器之製作”，國立中山大學，P.79~P.81，民國九十六年七月。
- [7] 趙英傑 編著，“超圖解 Arduino 互動設計入門(第二版)”，旗標出版股份有限公司，民國 103 年 4 月。
- [8] 孫駿榮 編著，“最簡單的互動設計

Arduino 一試就上手(第二版)”，碁峰資訊股份有限公司，民國 101 年 9 月。

- [9] 葉難 編著，“Arduino 輕鬆入門：範例分析與實作設計”，博碩文化股份有限公司，民國 103 年 2 月。
- [10] [http://newsletter.ascc.sinica.edu.tw/news/read\\_news.php?nid=2782](http://newsletter.ascc.sinica.edu.tw/news/read_news.php?nid=2782)
- [11] <http://www.doc88.com/list-564-1.html>

## 應用全內反射技術設計透鏡元件以改善檯燈照明系統

謝宗煌<sup>1</sup>、范翔富<sup>2</sup>、潘隆華<sup>2</sup>、林濟翔<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 中華科技大學，電機工程系，台北市

<sup>2</sup> 中華科技大學，機電光工程研究所，台北市  
[s905213@hotmail.com](mailto:s905213@hotmail.com)

### 摘要

目前全球都面臨能源緊張及全球暖化的問題，故綠色能源之發展已成為目前最重要課題，電價上漲後如何減少電價負擔為現行最熱門研究。燈具在日常生活中，不管是一般上班族或是從事精密加工行業、學生書桌，或是基礎照明不足的地方，皆需要燈具的光源輔助，一般市面LED檯燈功率至少6瓦至12瓦不等，且疊影現象嚴重。本文重點在於

使用LED光源配合全內反射定律(Total Internal Reflection, TIR)透鏡以達到

- (1) 相較於市面上較高瓦數的檯燈，本文以低瓦數輸出功率達到相同甚至更高照度的改善。
- (2) 即使減少檯燈照度也能達到照明法規要求。
- (3) 改善疊影現象。

**關鍵字：**透鏡、照明、全內反射、發光二極體、照度、非成像光學、均勻度。

### 1. 前言

1993年，日本日亞化學工業(Nichia Corporation)工作的中村修二成功把鎂摻入，造出了基於寬能隙半導體材料氮化鎵和氮化銦鎵(InGaN)、具有商業應用價值的藍光發光二極體。2002年，在市場上開始有5W的發光二極體的出現，而其效率大約是每瓦18-22lm流明。

2003年9月，Cree, Inc.公司展示了其新款的藍光發光二極體，在20mW下效率達35%。他們亦製造了一款達65lm/W(流明

每瓦)的白光發光二極體商品，這是當時市場上最亮的白光發光二極體。

2005年他們展示了一款白光發光二極體原型，在350mW下，創下了每瓦70 lm的記錄性效率。2012年4月、美國發光二極體大廠科銳(Cree)推出254 lm/W光效再度刷新功率。中村修二於2014年與天野浩及赤崎勇得到諾貝爾物理學獎[1]。

隨著提倡環保和節能減碳，LED(Lighting Emitting Diode)成為新一代照明光源新寵，早期LED光源亮度和傳統氣體燈源相比，只能用在指示燈和輔助光源，近年來逐漸進步到一般居家照明到室內商業照明室外商業照明、醫療照明、車燈、特殊照明，可以預期未來LED會成為照明光源的主流。

LED相較於傳統的光源如高壓鈉燈、鹵素燈、水銀燈、螢光燈、白熾..等，LED具有壽命長、耐震動、環保優勢。隨著環保意識的上漲，歐盟ROHS(電子電機產品限用危害物質令)的環保新規定已經規定於2006年7月1日起、凡是含有鉛、水銀、鎘、六價鎘、等重金屬及多溴二苯醚(PBDE)和多溴聯苯(PBB)等阻燃劑的電子電器設備將被禁止進入歐盟消費市場[2]。

目前市售LED光效已達到150lm/W，其光效已可取代傳統光源的標準。LED應用在照明領域也越來越廣泛，但因光學設計不佳，使得照度不均勻，造成長時間使用檯燈後，人眼視覺調能過度頻繁而產生眼睛疲勞現象，而光線利用率上不盡理想，使得能效不

佳。LED封裝完，出廠時就已配備一次光學，但還需要下游供應商提供二次、三次光學設計的方案才能將LED的優勢發揮得淋漓盡致。

因此本文重點在於使用LED光源配合全內反射定律(Total Internal Reflection, TIR)透鏡以達到

- (1) 相較於市面上較高瓦數的檯燈，本文以低瓦數輸出功率達到相同甚至更高照度的改善。
- (2) 即使減少檯燈照度也能達到照明法規要求。
- (3) 改善疊影現象。

表一、各類光源光效比較

燈具種類	實際光效 (lm/W)
白熾燈	8 - 14
鹵鎢燈	15 - 24
高壓鈉燈	85 - 150
水銀燈	50-55
T8 燈管	90 - 100
T5 燈管	70 - 104 (功率約 28W 的情況下)
白光 LED	85 - 120

高功率白光 LED	100 - 140 (功率約 1W 的情況下)
-----------	----------------------------

## 2. 光學設計概述

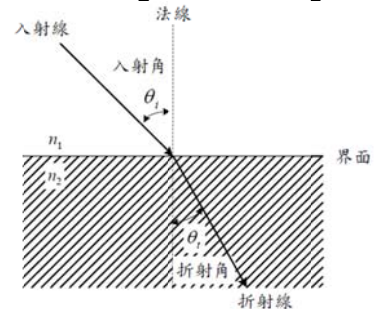
### (1) 光學基礎概念-Snell's Law :

當光波從一種介質傳播到另一種具有不同折射率的介質時，會發生折射現象，其入射角與折射角之間的關係，可以用思內爾定律 (Snell's Law)來描述。思內爾定律是因荷蘭物理學家威理博·思內爾而命名，又稱為「折射定律」。

在光學設計中，光線跟蹤科技應用思內爾定律來計算入射角與折射角。

思內爾定律表明，當光波從介質1傳播到介質2時，假若兩種介質的折射率不同，則會發生折射現象，其入射光和折射光都處於同一平面，稱為「入射平面」，並且與介面法線的夾角滿足如下關係：

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \quad (1)$$



圖一、Snell's Law 示意圖[3]

### (2) 光學基礎概念-全內反射與臨界角:

全內反射(又稱全反射)(total reflection)是一種光學現象。當光線經過兩個不同折射率的介質時，部份的光線會於介質的介面被折射，其餘的則被反射。但是，當入射角比臨界角大時(光線遠離法線)，光線會停止進入另一介面，反之會全部向內面反射。這只會發生在當光線從光密介質(較高折射率

的介質)進入到光疏介質(較低折射率的介質),入射角大於臨界角時。因為沒有折射(折射光線消失)而都是反射,故稱之為全內反射。例如當光線從玻璃進入空氣時會發生,但當光線從空氣進入玻璃則不會。最常見的是沸騰的水中氣泡顯得十分明亮,就是因為發生了全內反射[4]。

$$\text{臨界角: } \theta_c = \arcsin \frac{n_2(\text{疏介質})}{n_1(\text{密介質})} \quad (2)$$

### 3. 問題描述

本研究設定檯燈照射範圍為40cm x 30cm,檯燈出光面放置高度為40cm。

因為台灣目前尚無關於檯燈的照明相關規範,只有工作或上課環境所需照度規定及被照面均勻性須大於70%,所以本研究達成目標如下:

(1) 工作或上課場合所需照度的標準(CNS12112)[6][7],此標準內規定各類辦公室或是教室內的照度須達到750 lux至1200 lux不等。

(2) 均勻性標準為在40cm x 30cm 照射面積下,取樣九個待測點照度,再經由公式:

$$\text{均勻度} = \frac{E_{min}}{\sum_{i=1}^9 E_i} \quad (3)$$

均勻度達到70%以上。[12]

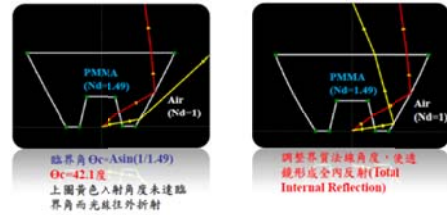
(3) 避免疊影產生,LED封裝本身就在很小的區域中把LED晶片中的光源調整到正面的方向,亮度這麼集中一點,同時發射光源又那麼集中在正面方向的光源,造成物體在比較近的距離下被照到後,所產生影子的亮暗界線就會非常明顯。

### 4. 研究方法

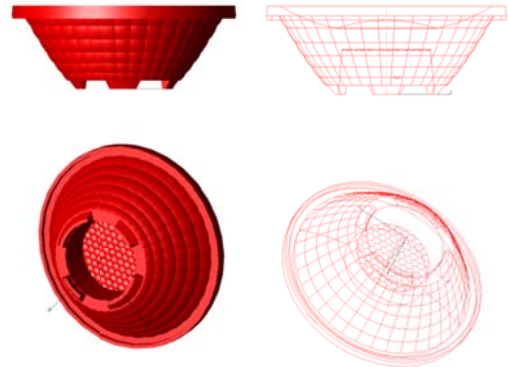
#### 2.7. 透鏡元件開發

本文使用光學機構模擬分析軟TracePro進行光線追跡模擬。[8]

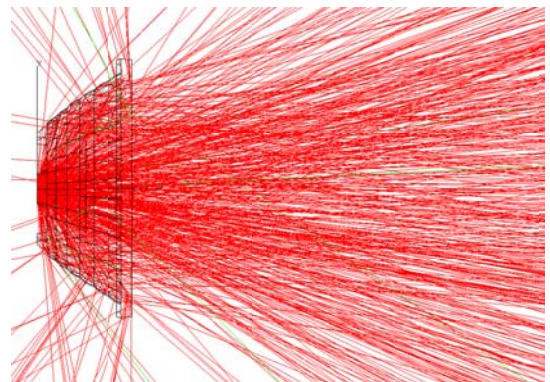
圖二為材料使用PMMA[5](聚甲基丙烯酸甲酯),利用折射定律(Snell's Law)和全內反射定律(TIR)所射出成型的透鏡,圖三為透鏡元件3D圖、圖四為光線模擬追跡圖(側視)、圖五為光線模擬追跡圖(正視)、圖六為光線模擬追跡極座標曲線圖[9][10][11]



圖二、全內反射-臨界角示意圖



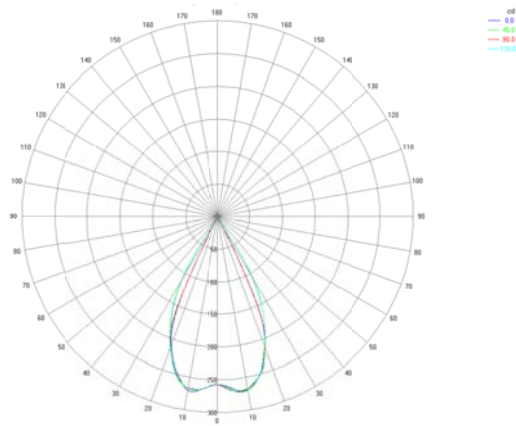
圖三、透鏡元件3D圖



圖四、光線模擬追跡圖(側視)



圖五、光線模擬追跡圖(正視)



圖六、光線模擬追跡極座標曲線圖

### 5. 研究方法

光學設計模擬完成後進行透鏡成品製作，並與市售檯燈進行各項光學性能比較。

#### 照度測試

使用照度計量測上述開發之透鏡及市售檯燈A所照亮面積的照度值比較。



表二、照度比較

樣品	使用瓦數	光源	量測結果(lux)
本研究透鏡	3W(包含變壓器損耗)	Cree CXA1304	1469 lux
市售檯燈 A	8W(包含變壓器損耗)	NICHIA 3030	756 lux

#### 均勻度測試

量測上述開發之透鏡及市售檯燈A的均勻度比較。

表三、均勻度比較

樣品	圖片	量測結果
本研究透鏡		73.3%
市售檯燈 A		86%

#### 疊影測試

量測上述開發之透鏡及市售檯燈A是否有疊影現象產生。

表四、疊影比較

樣品	圖片	量測結果
本研究透鏡		PASS
市售檯燈 A		PASS

### 6. 結論

本研究已達成照度提升、照度均勻度達到70%以上並避免疊影現象，完成預設目標，結論及建議如下：

1. 本研究利用了TIR透鏡來當作二

次光學元件，雖然效果較好，但是額外的透鏡在量產時需要進行開模、且透鏡材料要求非常高，會導致商業銷售整體成本上升許多，所以本次透鏡元件設計初期不只是為了要放在檯燈上做應用，而是為了用於商業用途，例如崁燈、射燈、洗牆燈、天井燈等，隨著擴大透鏡的整體適用範圍及應用層面，成本的問題也可隨之降低。

2. 為了因應特殊商業用途，不能只滿足檯燈配光需求，所以在均勻度的表現上還有加強的空間，目前達成預設目標值70%，希望後續可以開發檯燈專用套件補足均勻度不足之遺憾。

## 7. 致謝

感謝正能光電股份有限公司的支持與合作使得本文得以順利進行並完成，也謝謝指導教授及研究夥伴們的合作，特此致上感謝之意

## 8. 參考文獻

- 統開發計畫”，國立台北科技大學光電工程系,碩士,2012.
- [12] 謝志鐸, “光學擴散板光學模型之研究”，國立中央大學光電科學與工程學系,碩士,2008.
- [1] 維基百科:發光二極體。
- [2] Quality Taiwan 中文品質百科，歐盟危害物質限用指令 (Restriction of Hazardous Substance)<http://qualitytaiwan.atwiki.com>
- [3] 維基百科:思內爾定律。
- [4] 維基百科:全內反射。
- [5] 奇美實業:<http://www.chimeicorp.com/zh-tw/products/electronic-materials/pmma/>
- [6] 日本工業規格 JIS C8112。
- [7] 中華民國國家標準CNS 12112。
- [8] 訊技科技，2007，Trace pro 快速學習手冊，五南書局。
- [9] <http://www.cree.com/LED-Components-and-Modules/Products/XLamp/Arrays-NonDirectional/XLamp-CXA1304>
- [10] 陳再祐, “LED低眩光非對稱二次光學元件的設計應用與開發”，國立高雄應用科技大學電機工程系,碩士,2011.
- [11] 陳建偉, “反射式防眩LED檯燈照明系



# 大尺寸觸控面板之專利佈局與攻防

林晏瑞<sup>1,2</sup>、李昆益<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中華科技大學，遊戲系統創新設計學位學程，台北市

<sup>2</sup>中華科技大學，電機工程系，台北市

[yilin999@gmail.com](mailto:yilin999@gmail.com)

## 摘要

台灣是目前全球觸控面板主要生產基地，然而在產品行銷時，不免發現歐、美、日的專利智財阻礙了產業的獲利，亦限制了產品的擴張，握有專利權的大廠發動專利侵權訴訟，往往讓台灣的代工業者難以招架，因此，台灣主要的觸控面板廠也已開始積極做相關專利佈局。本文將主要聚焦於光學式和表面聲波式的大尺寸觸控面板，我們會介紹該類技術之最新發展，也將分析其相關專利的佈局，最後我們提出大尺寸觸控面板技術未來可能發展的方向。

關鍵字：大尺寸觸控面板、紅外線式、表面聲波式、光波導。

## 1. 簡介

觸控面板主要應用於平板電腦、智慧手機、筆記型電腦、桌上電腦、電視、個人導航設備、遊戲機等，廣泛滲透至現代生活中的3C電子產品。目前中小尺寸的主流技術為電容式觸控技術，然而，這種技術在大尺寸的應用將會遭遇到以下的技術瓶頸：1. 由於觸控面板大尺寸的定位為23吋以上，大尺寸觸控面板的線性準確度是產品規格中最主要的項目，若因為線性的不準確導致訊號發送錯誤將引起嚴重後果；2. 雜訊處理之好壞，將會影響觸控的準確性，當觸控面板愈大，整個線路設計、雜散電容處理及雜訊過濾的難度也將愈高，雜訊過高會造成觸控系統操作不穩；3. 製程精度及維持均勻度也是一大問題，基板尺寸放大對維持製程之精度及均勻度形成新的挑戰，若以製程

對位精度為例，當尺寸放大一倍，相同之精度下便可能產生一倍的偏差量，所以為控制偏差量便須提高精度。大尺寸觸控面板生產之設備投資成本、原材料成本、生產成本及包裝運輸成本均較生產中小尺寸觸控面板增加許多，良率的控制困難度也提高許多。

大尺寸觸控面板可以運用於戶外廣告看板、自動櫃員機、公車候車資訊系統、多媒體資訊導覽系統KIOSK、銷售點終端機、遊客導覽系統或工業控制系統、教學用電子白板、博奕機台...等，市場前景也相當好，但目前有產品價格普遍昂貴、觸控解析度不足、觸控靈敏度欠佳、觸控模組體積龐大或不能多點觸控等缺點，急需產學界攜手共同解決問題。

本文將以大尺寸觸控面板相關技術為限定範疇，檢索條件原則上以主IPC「G09G 5/00」與主UPC「345/173」為其他限制條件，當然比較精確的方式係透過關鍵字分組及IPC、UPC分組做聯集或交集後，經確認珍珠型專利後，再聯結檢索較佳，但由於光學式的技術和表面聲波式，甚或跟電容式有不易單從專利關鍵字選擇、區分之困擾，且有些技術分類已有舊文獻刊載，因此，仍以上述條件嘗試（try error）檢索足夠樣本。

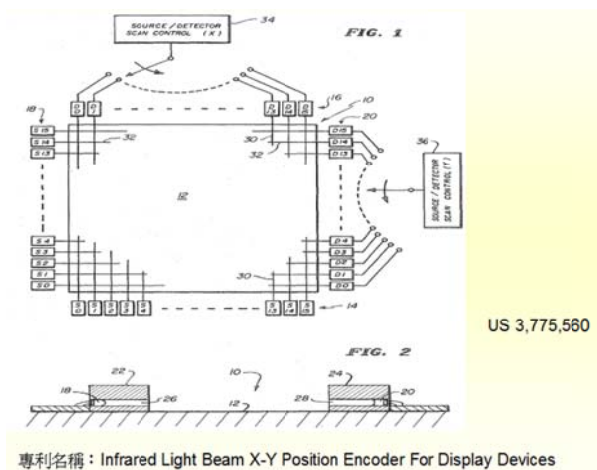
## 2. 使用紅外線偵測方式之觸控面板

光學式觸控螢幕是利用光源接收遮斷原理，當光線遭遮斷時，即可得知收不到信號接收器的位置，進而確定其精確位置。

有一種光學式觸控螢幕的組成元件，其

設計包括玻璃基板、發光裝置、光接收器與透鏡。裝置方式是將發光裝置與光接收器配放於玻璃基板的右上頂角上，並在玻璃基板的左側與下側裝置反光條。經由發光裝置照亮遠端的反光條，當手指或接觸物遮斷光線時，光接收器可以經過透鏡收集到手指或接觸物在玻璃基板的相對位置。

另一種紅外線式技術是類似棋盤矩陣式的設計，如圖(一)所示，以 LED 部置在面板的 X 或 Y 軸一端，另一端則以光偵測器來對應，利用光阻斷原理來感測觸控點；但其限制為會面臨鬼點問題，僅能單點觸控，無法真實鑑別多點觸控。而且此種設計需要數量龐大的發光二極體及光偵測器，隨著顯示屏尺寸放大，將造成負擔。每一顆二極體的壽命可能不一致，且很耗電。

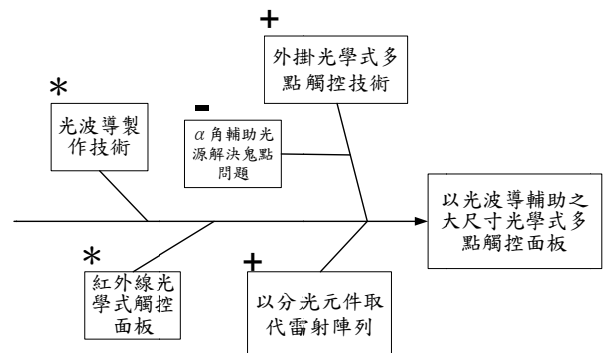


圖(一) 棋盤矩陣紅外線觸控偵測

還有一種專利是採用視覺影像感測技術，如微軟所推出的神桌(Surface computer)，可達成多人、多點觸控感測，其原理為一個表面安裝 30 吋觸控顯示器的工作檯，在這層防刮、防水面板下，隱藏多台紅外線攝影機，可感應手指或其它碰觸表面的物件，另有一個 DLP 投影機側放，投放用戶可看得到的影像；但其缺點為體積過於龐大。

此外，有一種技術是將光耦合元件嵌入到面板製程當中，但目前生產良率仍然太低，大尺寸之價格過於昂貴。

本團隊提出一種具光波導傳遞之大尺寸光學式多點觸控面板。其包括發光源、x 軸橫向光波導、y 軸直向光波導及複數個以  $\alpha$  角度方式排列之光波導，以產生橫向光波、直向光波及  $\alpha$  角度光波。此系統使用一個或兩個低成本光源投射進入高分子光波導元件，以形成發射光源陣列，單獨的光波導通道寬度為 10  $\mu$ m，而在邊框的另二端也以高分子光波導將接收光束耦合進入光檢測器陣列。光束在整個顯示畫面中將創建一個網格及複數個  $\alpha$  角度線。當手指或筆觸摸屏幕時將中斷光束，造成相應的光檢測器的光減少，因此可用於定位多個觸摸點的坐標。相較於傳統的紅外線觸控面板，我們的設計大幅縮減光源及光檢測器的數量，並藉由  $\alpha$  角度的光線輔助，更可克服鬼點問題，以實現多點觸控功能。我們預計，此光學觸控技術將提供比其他競爭者更多的優勢。圖(二)為相關光學式觸控技術的關聯圖。



圖(二) 光學式觸控技術關聯圖

### 3. 使用表面聲波偵測方式之觸控面板

聲波式觸控螢幕事先利用電訊號經由轉能器轉換成超音波，並直接傳送過觸控面板的表面，當使用觸控面板時，接觸指標物

會吸收超音波造成衰減，經由比對使用前後的衰減量並計算後得出精確位置。

目前表面聲波式觸控面板判斷觸控面板位置的方法約可分為兩類：一類為單一發射轉能器與單一接收轉能器，而另一類為陣列式發射轉能器與陣列式接收轉能器。上述以單一發射轉能器與單一接收轉能器組成之表面聲波式觸控面板係由發射轉能器激發一表面波，經由眾多反射柵或與面板邊緣成一特定角度斜向發射，使行經面板不同位置之表面波在不同的時間抵達接收轉能器，經由接收轉訊號強度與時間的關係曲線，即可判斷觸碰面板的位置。如美國專利第4,644,100號案，其即揭露一應用具該單一發射轉能器與單一接收轉能器之工作原理的表面聲波式觸控面板。

我們提出一種以具有收發裝置之手寫筆來改良聲納式觸控面板及其系統，其係包括：一面板，該面板表面之任一邊緣上形成至少二個聲波發射器和一個電波接收器，該接收器與發射器的數量關係係為一對二、多對多及二對多之其中一者；一輸入/輸出控制單元，係用二個聲波發射器來激發聲波發射和一個電波接收器來接收，當手寫筆點觸該面板上任意位置時，該位置的表面聲波受到手寫筆內部的聲波接收器接收，再經轉譯器轉換成電信號，由電波發射器發射到面板上的電波接收器，經由電波接收器接收而產生訊號輸出處理；一訊號處理單元，係以接收器接收到的訊號，以檢測出反射的振幅信號進而確定面板被點觸的位置座標。

此外，我們也提出一種以具有三角柱之陶瓷壓電材料來改良聲波式觸控面板系統，係包括一聲波式觸控面板、一輸入/輸出控制單元、一檢測單元及一信號處理單元，及六個三角柱，該觸控面板係包括一平板，並於該平板上兩個相鄰邊緣上形成有至少一第一、第二發射器，該平板表面與設有該第一及第二發射器之邊緣的對向角落上亦分別形成有至少第一、第二、第三及第四接收器，發射器、接收器下方各放置一個三角柱，

使得陶瓷壓電材料與面板間的夾角成三角形，使聲波降低損失，分別接收來自該第一及第二發射器所傳來的發射信號，其中該接收器與發射器的數量關係為多對多、多對一及一對多之其中一者，該輸入/輸出控制單元以分時多工掃描方式控制該發射器發射表面聲波信號與控制該檢測單元拾取經該接收器接收表面聲波而產生之電信號；且透過訊號處理單元以減法器判斷出該電信號之衰落特徵以確定使用者於該觸控面板上之點觸位置，提高該觸控面板之解析度與訊號處理速度。

#### 4. 未來發展方向

自從電影《阿凡達》上映以來，國內外都掀起了一股3D的熱潮。我們認為藉由3D眼鏡發展3D技術並不是一件長久之計，雖然目前沒有明確的報告指出配戴3D眼鏡會對人體造成傷害，但還是有不少的消費者對於配戴3D眼鏡有一定的障礙，更別說看到3D重疊影像之後所引起的暈眩感。

隨著科技的進步以及技術的逐漸成熟，3D立體顯示圖像也漸漸由3D非裸視技術轉向裸視3D技術的發展。隨著數位行動時代的來臨，大眾對於行動裝置的需求與日漸增，而從行動3D發展的佈局來看，掌上型裝置3D介面將漸漸成為主流。如果採用3D視覺設計人機介面，可運用3D空間概念中Z軸的一種方式，形成一個虛擬的空間，此方式不但可以提供更大的可視範圍，在執行切換、視窗的重複堆疊等作業，便能更有效地進行。

立體顯示可以提供更寬的視野，使部分重疊的左右眼圖像，同時保持水平解析度。我們提出以裸視3D顯示器結合體感辨識器，將可達成大尺寸大範圍之虛擬觸控。

說到體感最成功的產品就屬微軟的 Kinect，不過 Kinect 不但不能給電腦使用，其靈敏的程度要拿來操控電腦還是有些吃力。有一家叫做 Leap Motion 的公司提出名為 Leap 的體感裝置，只要放在電腦的螢幕前面，接上 USB 就能使用，能偵測到 0.01mm 範圍的動作，號稱比一般體感裝置要靈敏200倍，比 Kinect 要高出100倍。不同於 Kinect 只能用手臂來操控，靈敏的 Leap 感應裝置可以偵測到手指或是筆的 3D 動作，完整地顯示在電腦之中，能夠用 3D 的模式來操控電腦。而我們實驗室已經初步實現以裸視 3D顯示器結合Leap體感辨識器，達成大尺寸之虛擬觸控。

其系統。

- [10] 3D 原理探討  
<http://chinese.engadget.com/2010/09/09/3d-column-05/>
- [11] 裸視 3D 電視顯示器原理  
<http://i24k.pixnet.net/blog/post/30357373>
- [12] 美國專利，編號：US4,644,100
- [13] <http://www.techbang.com/posts/9478-computers-can-also-play-leap-in-your-air-control-computer>

## 5. 參考文獻

- [1] 林晏瑞、李昆益、簡達益、許海音、李偉裕，「觸控面板技術發展與專利布局」，display all，光電科技工業協進會PIDA出版，NO.21, pp.54-61, 2011。
- [2] 李昆益、簡達益、許海音、林晏瑞、李偉裕，「觸控技術與產業-專利概述與分析」，五南出版，2010年10月。
- [3] 中華民國專利M436872，具光纖傳遞之改良式光學觸控面板。
- [4] 中華民國專利M436871，改良式光學觸控模組。
- [5] 林晏瑞、李昆益、簡達益、許海音、李偉裕，「觸控面板技術現況與未來展望」，2011年平面顯示器市場與產業技術發展年鑑，光電科技工業協進會PIDA出版，第六章。
- [6] 美國專利，編號：US3,775,560
- [7] 中華民國專利M366122，具有三角柱結構之改良式聲波式觸控面板。
- [8] 中華民國專利M386549，以具有陶瓷壓電材料元件之彎曲波傳遞方式來改良聲波式觸控面板。
- [9] 中華民國專利M397552，以具有收發裝置之手寫筆來改良聲納式觸控面板及

# 大陸行政判決正確性的探討-以北京高院 2011 高行終字第 667 號判決 為例

\*  
歐陽傑、吳宜庭、李采芳  
致理技術學院, 商務科技管理系, 新北市  
ouyangjay@gmail.com

## 摘要

專利制度的設計是在法定期間內保障專利權人的研發成果, 促進國家的產業發展。專利訴訟是專利權人維護其專利權的一種方法, 但現實環境下的司法卻是在保護「有錢、有權和懂法律」的人。因此, 專利訴訟文化的特殊性是在侵權人會有意願支付遠高於專利權人願意支付的訴訟費用, 司法又沒有「冤假錯案」的有效懲處機制, 判決在缺乏證據和邏輯的情況下, 就輕易能夠形成「法官說了算!」的現象, 導致專利權人敗訴和專利無效的結果。雖然專利權人可以不服上訴, 但在官官相護的情況下, 判決維持率高就是必然的結果, 使得「判決正確性」的重要性, 完全不是「依法治國」的要求下, 勢必成為司法改革應該要考量的基礎條件。

本文是以通過中國大陸發明專利實質審查, 取得有專利號 ZL 200610035815.9 的「LED 快速變焦照明裝置」, 在主張專利侵權的訴訟後, 隨即被提起兩件專利無效的舉發。複審委員會合併審理和審查決定專利無效宣告的理由是「公知常識」和「容易想到」; 北京第一中級人民法院對複審委員會依職權認定的「公知常識」, 判決並無不法; 而北京高級人民法院已裁決原審判決認定事實清楚, 上訴理由不成立。

本文將就商業利益的訴訟、科技法律的事實和訴訟技巧的管理三個面向, 探討客觀事實與主觀意見的真相, 分析可能存在的疏失和因應之道, 提供給海峽兩岸有意從事專利訴訟實務的參考。

關鍵字: 專利潛規則、公知常識、聽證原則、

依職權調查。

## 1. 前言

專利制度的目的是在於鼓勵民眾從事發明, 保護發明人或其受讓人或繼承人的權利, 並指導專利權人與民眾以合法、適當的方式利用發明, 以促進產業發展。專利制度是讓專利權人在法定期間內享有專利技術的排他權, 使其享有商業上的特權利益, 以鼓勵其將知識公開分享。當專利權法定期間屆滿, 專利權即告消滅, 民眾即可根據專利說明書所揭露的內容, 自由運用其專利技術。

專利產業的良性發展, 是經濟成長的動力, 也是提高國家競爭力的指標之一。中國經濟的快速發展, 已成為世界上的第二大經濟實體, 在智慧財產權的保護, 除了積極的鼓勵創意和專利申請, 也出爐了能媲美歐美日等先進國家的相關法規。創新發明的企業面臨的是生死難關, 但“不創新在等死, 而創新是在找死”, 說明對專利權人的知識產權保護意識和國家執法司法保障存在的問題。

## 2. 商業利益的訴訟

發明人研發的專利技術在商品化成功後, 當產品在有利可圖的情況下, 具有相同或近似功能的低品質和低價格產品, 就有可能在市場氾濫成災, 進而導致發明人無法獲利和回收研發的成本。如果發明人能夠順利取得專利的排他權, 就可以主張民事的專利侵權訴訟; 同時, 被控的侵權人可以提起專利無效宣告的行政訴訟。

## 2.1. 專利權資訊

## 2.2. 被控侵權商品

在淘寶網搜尋[1]浙江省東陽市小太陽照明有限公司(簡稱小太陽)販售的各種LED變焦手電筒,依據其價格進行區分,如表一:

表一、依價格區分

圖片(單位:元)	產品特色
 ¥26 元	貨號: A638 連續照明時間: 2-5 小時 最大射程: 100m(含)-200m(不含)
 ¥30 元	貨號: R827 連續照明時間: 3-5h 最大射程: 200-500m(不含) 充電時間: 2-4 小時
 ¥38 元	貨號: 628 連續照明時間: 3-6 小時 最大射程: 200(含)-500m(不含)
 ¥170 元	貨號: R803 連續照明時間: 5-10 小時
 ¥256 元	貨號: 628 連續照明時間: 2 充電時間: 2-4 小時

針對型號進行區分,如表二。

表二、依型號區分

圖片(單位:元)	網路販售名稱
 ¥13.8 元	小太陽正品 LED 迷你手電筒 伸縮 變焦強光手電筒 防水

 ¥39 元	小太陽 R638 抗 氧化強光手電筒 Q5LED 充電機械 變焦調焦戶外遠 射王
 ¥66.64 元	小太陽迷你聚光 強光超小手電 筒 led 探照燈家用 可充電手燈變焦 遠射
 ¥119 元	小太陽強光手電 筒 LED 可充電 26650 家用迷你伸 縮變焦防身遠射 打獵 T6
 ¥172 元	小太陽迷你強光 超小手電筒袖珍 led 變焦遠射探照 燈可充電手燈

在淘寶網上的銷售,小太陽販售的售價可以從人民幣¥13~250 元,產品的庫存數量更可能多達 975 件,假設每月銷售狀況都一樣,即可算出小太陽每年銷售變焦手電筒,賺進的獲利就有人民幣¥87,750,000 元。

在大陸,專利有效期限是專利申請日起至 20 年間,此專利的無效宣告是在 2010 年 6 月 2 日,根據計算出來的每年小太陽營收預估,從本專利被判無效日起至申請日後 20 年,即 2026 年 6 月 2 日,在這 16 年期間的預估獲利約有人民幣¥1,404,000,000 元,相當於有新台幣 50 億萬元左右。相對的,專利權人在這項產品的損失將遠超過 50 億萬元。

## 2.3. 民事的維權過程

專利號 ZL 200610035815.9 的「LED 快速變焦照明裝置」(簡稱系爭專利)的專利權

人是格瑞電子(廈門)有限公司(簡稱格瑞)，在進行專利維權的行動中，當知悉有在販賣專利侵權產品的商家，就需要安排公證人員到各個專利侵權產品販賣點，進行蒐集證據的公證程序，待取得完整公證證據後，陸續在北京、寧波、廣州、東莞、廈門等地，先後提起了專利侵權的民事訴訟案共有118件。

### 2.4. 行政的專利無效訴訟過程[2]

在專利侵權訴訟過程中，部分的專利侵權產品是小太陽和廈門愛的科技有限公司(簡稱愛的)製造的，因此小太陽和愛的就向專利複審委員會(簡稱複審委)舉發專利無效[3]和後續的上訴[4]、[5]。

表三、行政訴訟案件歷程的整理

行政案件	複審委	北京第一中級人民法院	北京高級人民法院
類型	專利無效審查		
決定日	2010/6/2	2010/12/20	2011/10/17
審理人員	張曦； 肖霞	姜庶偉； 司品華； 吳紅衛	李燕蓉； 潘偉； 馬軍
決定號	WX1493 3 WX1493 4	(2010)一中知行初字第3027/3208號	(2011)高行終字第667號
類型	專利無效	維持專利無效	維持專利無效
當事人	告訴人	小太陽、愛的	格瑞
	被告訴人(參與)	格瑞	複審委(小太陽、愛的)
無效理由	公知常識，容易想到，不具創造性	主要證據充分，適用法律正確，程序合法，應予維持	認定事實清楚，適用法律正確，應予維持

### 3. 科技法律的事實

系爭專利授權的依據是2001年《專利法》和《專利法實施細則》，以及2006年《審查指南》[6]。在2001年《專利法實施細則》第二條專利法所稱發明，是指對產品、方法或者其改進所提出的新的技術方案，故本案有關專利有效性判斷的顯規則是以該發明所屬技術領域的通常知識者，在申請日之前

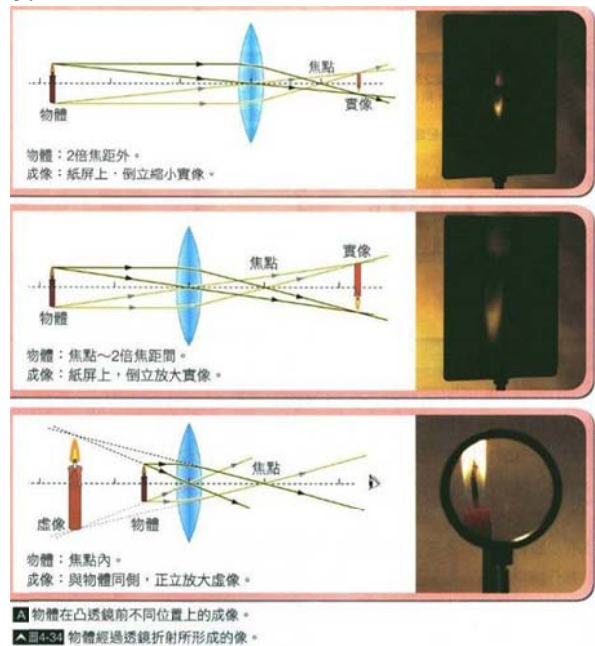
的先前技術，客觀的整體觀察系爭專利是否符合專利要件的創造(進步)性。

### 3.1 光學的通常知識

國中程度的光學常識[7] - 凸透鏡成像原理的光束的形狀圖(簡稱光形圖)。

有關的區別技術特徵，如圖一所示有：

1. 燈距為光源(蠟燭或LED)與凸透鏡之間的距離，F是凸透鏡的焦距。
2. 燈距的變焦範圍僅有在1F內，才會形成錐形散光的寬窄光束(愈靠近1F，會是愈窄的光束)。
3. 燈距的變焦範圍在1F~2F內，在近1F處必然會形成光線交錯之沙漏形散光的窄寬光束(愈靠近2F，會是愈寬的光束)。
4. 燈距的變焦範圍在0F~1F與1F~2F是具有完全不同的區別技術特徵。
- 5.




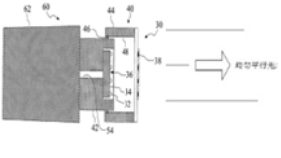
112

圖一、有完全不同區別技術特徵的3個燈距變焦範圍(2F~∞F、1F~2F、0F~1F)。

### 3.2 審查指南3.2.1突出的實質性特點的判斷三步驟：

1. 步驟一：確定最接近的現有技術：[8]、[9]

表四、對比文件所揭露的區別技術特徵：

對比文件	光束形圖示	區別技術特徵
對比文件4 Flashlight <a href="#">Zweibrüder</a> 兩兄弟光電		1. 錐形的寬窄光束 2. 散光 3. 圓形光斑
對比文件6 Zoomable spot module Sommers	均勻平行光 	1. 准直或校直的平行光束散光 (collimated or partially collimated beam) 2. 圓形光斑

2. 步驟二：確定發明的區別技術特徵和發明實際解決的技術問題：

表五、區別技術特徵和解決技術問題的比對：

對比	區別技術特徵	解決技術問題
先前技術	1. 錐形的寬窄光束，且最窄光束的是准直或校直的平行光(燈距變焦範圍在1倍焦距內) 2. 散光 3. 圓形光斑	變焦照明裝置可有遠近的照明，存在技術的偏見有： 1. 燈距在1倍焦距產生的近似平行光可以照射最遠(專利審查委員意見) 2. 使用燈距超過1倍焦距是不科學的(廈大專家意見)
系爭專利	1. 錐形的寬窄光束(燈距變焦範圍在1倍焦距內) 2. 沙漏形的寬窄光束(燈距變焦範圍在1~2倍焦距)	變焦照明裝置當燈距變焦範圍選擇在1~2倍焦距，可有形成最窄(最小散光)角度的沙漏形光束，才是可以提供最遠的照明距離

3. 步驟三：判斷要求保護的發明對本領域的技術人員來說是否顯易見：

依據2006年審查指南第二部分第四章的相關規定[6]:

2.2 突出的實質性特點:變焦照明裝置當燈距變焦範圍選擇在1~2倍焦距，可有形成最窄(最小散光)角度的沙漏形光束，才是可以提供最遠的照明

距離：

2.3 顯著的進步:在1米和5米的距離比較，光斑面積比有2000倍，光斑亮度比有10倍。

4. 幾種不同類型發明的創造性判斷

4.1 開拓性發明:首創將燈距變焦範圍選擇在1~2倍焦距產生最窄角度的沙漏形光束，才是可以提供最遠的照明距離。

4.2 組合發明:燈距變焦範圍在0~1倍焦距形成寬窄的錐形光束與在1~2倍焦距的較窄角度的沙漏形光束，兩者的組合才是燈距最大的變焦範圍。

4.3 選擇發明:在0~∞倍焦距的完整燈距變焦範圍，選擇較小的0~2倍焦距範圍，可以達到大範圍變焦和最遠照明距離的無法預期功效。

4.6.3 要素省略的發明:反光杯已經不是系爭專利的要件。

5. 判斷發明創造性時需考慮的其他因素。

5.1 發明解決了人們一直渴望解決但始終未能獲得成功的技術難題:變焦照明裝置的有效遠距離照明一直無法解決。

5.2 發明克服了技術偏見:

1. 燈距在1倍焦距產生的近似平行光可以照射最遠(專利審查委員意見)

2. 使用燈距超過1倍焦距是不科學的。

5.3 發明取得了預料不到的技術效果:在1米和5米的距離比較，光斑面積比有2000倍，光斑亮度比有10倍。

5.4 發明在商業上獲得成功:取得3件發明專利、專利產品榮獲有3金牌和3銀牌的發明獎項，專利侵權品有氾濫成災，民事侵權訴訟案有118件。

綜上所述，根據專利法第二十二條第三款的規定：整體看待發明所屬技術領域、所解決的技術問題和所產生的技術效果，系爭專利不但具有突出的實質性特點，還有顯著的進步。



## 4. 訴訟技巧的管理

司法案件的審理程序是要先論事，然後才是用法，且要在符合程序正義的情況下，才會有真正的實體正義。

### 4.1 虛偽陳述

#### 4.1.1 翻譯錯誤的故意改變標點符號：小太陽提交的對比文件4是

DE202005007500U 1[8]，第10欄的中文譯文被故意將標點符號的逗號改為頓號，內容為：“光線經凸透鏡沿著光軸...形成匯聚的、至少產生平行的或擴散的光束”[10]，其目的是在擴大和誤導燈距的變焦範圍為1F以上(整體觀察當然不會是聚光)、1F(平行光)和1F內(散光光束)。

### 4.2 不該採信意見的爭點卻被採信(潛規則)

1. 燈距變焦範圍應為0~無窮遠，被認定僅有0~2倍焦距。
2. 以公知常識，判定此專利不具創造性。
3. 用容易想到，宣告專利全部無效。

#### 4.2.1 隱藏毀滅證據：

1. 對比檔六有明確15次準直校直平行光。

#### 4.2.2 偽造證據：

1. 偽造有超過1F的啟示。
2. 偽造光束始終變窄是本領域公知常識。
3. 偽造生產生活中，要泛光照明設定0F到1F，要聚光照明設定1F到2F的公知常識。

因此，就不須要勞動創造，而且有動機去超過1F，完成先現有技術啟示後結合公知常識的“不可能任務”。

#### 4.2.3 新的技術方案都會是公知常識：

新的技術方案是選擇燈距變焦範圍在0F~1F和1F~2F，應用在變焦照明裝置可以產生完全不同的照明效果，具有近距離大面積和遠距離高亮度的積極顯著功效；反之，在對比文件的燈距變焦範圍完全沒有在

1F~2F的任何教示，僅需使用“公知常識”之名，就可以輕易的無效專利。

### 4.3 程序正義

聽證原則[11]是現代行政程式法基本制度的核心，是實現行政公正的保證，有利於防範行政機關的專橫恣意，促進其依法行政和公平行使權力。對“認定的事實、理由和證據”，既應滿足“合法性”要求，也要追求“合理性”目標。行政訴訟的舉證、質證與認證是行政訴訟庭審中不可缺少的訴訟環節[12]，也是強化庭審功能的核心內容。舉證是質證、認證的前提，質證是認證的基礎，認證是舉證、質證的結果，這都是為了最終確定有關證據的有效性、真實性、合法性，並以此查明被訴的具體行政行為是否合法，從而為法庭作出公正的裁判創造條件。

#### 4.3.1 依職權調查：

雖然小太陽沒有請求對比文件與公知常識證據結合起來評述系爭專利的創造性問題(請求原則)，以及依據審查指南第四部分第三章第4節4.1中的(3)項規定，專利複審委可以依職權(依職權審查原則)認定技術手段是否公知常識，但發明任何一種新的技術方案，是否都能恣意的被認為是公知常識？在2010年的《審查指南》就有明確指出：對於專利複審委員會依職權引入的無效理由和證據，即使雙方當事人均發表了意見，在專利權人不同意引入該無效理由和證據的情況下，不能簡單地認為滿足聽證原則即為程序合法。

#### 4.3.2 聽取意見：

專利複審委在口頭審理時，合議組詢問專利權人[10]：“0到2倍焦距對凸透鏡的成像規律是公知常識是否有異議？”專利權人回答：有異議。因此，對於問題未能探討系爭專利是否為新的技術方案是毫無意義的，同時，是否就能逕行認定複審委是有聽取格瑞瑞公司的意見？還是技巧性卸責的流於形式？

#### 4.3.3 缺席的證據和邏輯[13]：

複審委依職權引入公知常識性證據，卻始終未能具體舉證是出自那本教科書、工具

書或技術手冊，故既無舉證，如何質證？如何辯證？更如何聽證的給予當事人有陳述意見機會。類似的案件，如宗延傑等[14]和左生華[15]發明專利權無效行政糾紛案，判決皆是認定專利複審委員會依職權引入無效理由違反法定程序的聽證原則，屬於超越職權的行政行為。

#### 4.3.4 事實真相 vs 歪曲意見

表六、事實真相與歪曲意見表

事實真相	歪曲意見
專利中利用到1到2倍焦距，現有技術中常用的都僅是利用0到1倍焦距的變化範圍。	光源與凸透鏡之間的物距從0到2倍焦距從小到大進行變化時，凸透鏡對光源射出的光束始終進行會聚，並形成不同狀態的射出光線，這一點是本領域的公知常識。

### 5. 結論

在司法不公正的情況下，發明人苦心研究專利未受到國家應有的保護，申請專利通過且公告有效後，又被恣意的認定是無效專利。在法院判決的基礎沒有保持中立及司法的公平，那麼人民的權益就會消失。本專利具有不可預期的經濟效益，但是卻被判定為專利無效，而專利人申請專利是希望該專利可以商品化，進而大量製造創造龐大的商機，但是因為專利無效案的糾紛會影響專利人的權益。

傳統的手電筒都是在0~1倍焦距範圍內，並沒有人想到把1~2倍焦距應用在手電筒上面，系爭專利克服先前技術都是在使用1倍焦距產生近似平行光的技術偏見，創造龐大的商業利益，卻因為司法的不公正，讓專利權人沒有受到應該有的保護，反而在得到專利有效後，又狠狠地打的專利權人一巴掌，說專利無效，司法判決不公正，讓專利人無法得到真正的保護，這樣只會讓仿冒者更加的氾濫。

專利有效性和是否侵權的判斷雖然有明確專利審查指南，但在涉及技術認定的審查，就沒有嚴格的標準，故對審查員或法官在沒有監督機制可以制約和承擔法律責任

的情況下，透過中間代理人以權謀私，就算有錯誤也沒有相應的追究和處罰。因此，專利審理可以輕易的在沒有證據和合理邏輯情況下，被恣意的逕行率斷，使用專利訴訟就會存在不正當的潛規則。通常在專利有效性判斷的潛規則都是會被主張「公知常識、容易想到」，而判斷專利是否有侵權的潛規則都是會主張對爭點內容的「不知道」，以及主觀的擅用「法律思維」角度，來迴避明顯就是錯誤的事實真相。

### 6. 誌謝

感謝台北市發明人協會、專利維權聯盟和教育部服務學習課程的協助，使得本論文可以順利進行，特此致上感謝之意。

### 7. 參考文獻

- [1] 淘寶網-台灣，<http://tw.taobao.com/>。
- [2] 歐陽傑，"從LED快速變焦裝置案論中國專利訴訟應有的認知"，致理法學第九期，2011年3月。
- [3] 專利複審委員會審查決定書 - 無效宣告請求審查決定(第14933/14934號)，2010年6月11日。
- [4] 北京市第一中級人民法院，(2010)一中知行初字第3207/3028號民事判決書，2010年12月20日。
- [5] 北京高級人民法院，(2011)高行終字第667號民事判決書，2011年10月17日。
- [6] 國家知識產權局，《審查指南》2006，2006年6月修訂，大陸，知識產權出版社。
- [7] 《自然與生活科技》國中第三冊4.3「光的折射與透鏡」第112頁，2014年3月4日國家教育研究院准予修訂，台灣，康軒文教事業股份有限公司。
- [8] Oec Ag, Zweibrüder Optoelectronics GmbH, Taschenlampe, 德國專利 DE 202005007500 U1.
- [9] Mathew Sommers and James Petroski, Zoomable spot module, U. S. Pat., 20030117797A1, 2003.

- [10] 國家知識產權局專利複審委員會無效案件口頭審理記錄，2010年3月9號。
- [11] 國家知識產權局網站，聽證原則在專利複審程式中的把握，2014年6月12日，<http://goo.gl/zcTZhM>。
- [12] 黃一哲 紀永明，行政訴訟的舉證、質證與認證問題的研究，2006年10月30日，<http://goo.gl/j6cHbw>。
- [13] 田蒙潔，法官說了算！：缺席的證據與邏輯，2013年12月，初版，台灣，元照出版有限公司。
- [14] 複審委依職權引入公知常識的無效理由違反聽證原則，北高院（2009）高行終字第652號，<http://goo.gl/skMlyS>
- [15] 複審委依職權引入公知常識的無效理由屬於超越職權的行政行為，北高院（2010）高行終字第283號，2010年8月13日，<http://goo.gl/sCI0om>。

## 台灣行政判決正確性的探討-以最高行 102 判字第 713 號為例

\*  
歐陽傑、王裕豪、黃連杰、李尚珉  
致理技術學院, 商務科技管理系, 新北市  
ouyangjay@gmail.com

### 摘要

台灣行政判決正確性的探討以最高行 102 判字第 713 號為例, 系爭專利是 I309729 的「一種 LED 的快速變焦照明裝置」, 在透過前往智慧財產局、經濟部訴願委員會、智慧財產法院的閱卷, 並分析市面上專利侵權廠商等資訊, 探討整個案件的歷程。

依據智慧財產局專利審查基準的規定, 系爭專利之發明是否具進步性, 通常得依進步性的五個步驟進行判斷。因此, 法官的見解是否符合事實的真相? 或者是有錯誤的判定? 探討專利權的保障、司法判決的正確性與爭點效、專利無效潛規則等議題進行探討。

台灣的競爭力應該是在拓展實質的發明創新, 如果現行的專利制度無法提供實質的維權和損害賠償金額普遍過低的現象, 那就勢必無法將正向發展的發明專利產業鏈能夠實質超越逆向發展的專利侵權產業鏈?

**關鍵字:** 進步性判斷、判決正確性、爭點效、專利無效潛規則

### 1. 前言

「一種 LED 的快速變焦照明裝置」的專利是在改進傳統固定焦距或極小範圍變焦照明, 卻被其他業者製造和販賣的侵權產品。法官能夠自創新的光學定律, 就逕行率斷的否定系爭專利, 難道司法正義的真相就是「法官的權力會大於專利權的保護」嗎? 此事件已經是「第一屆司法酷斯拉網路票選第 7 名」, 法官的創新是在自創新的光學定律, 法官就能輕易的變身為愛因斯坦。整個案件關鍵是在「仿冒商品猖獗」與「法官自為判斷專利的有效性」。透過智慧財產局審定、經濟部訴願決定、智財法院和最高行政

法院的爭點比較, 從中找出關於訴訟案件不為人知的秘密, 探討系爭專利與引證文文件之間, 存在判決涉及爭點判斷的正確性為何? 本文探討法官的判決涉及的議題有商業利益、科技的事實真相、管理的訴訟技巧與潛規則, 藉此揭開台灣目前專利判決的神秘面紗, 法官的判決是會帶來公平正義? 還是在玩弄訴訟技巧呢?

## 2. 商業利益

### 2.1 專利創意

系爭專利所要解決的問題是在改進傳統燈距在 1F 產生平行光、固定焦距或極小範圍變焦照明裝置、以及有效照明距離不夠遠的缺失。系爭專利所使用的技術手段是在變換焦距 1 至 2 倍焦距之間, 能夠產生最小散光角度的沙漏形光束, 系爭專利能夠達到的技術效果有近距離具有大面積的照明, 遠距離也能具有照射 30 公尺以上的高亮度照明。

### 2.2 專利商品化[1]

台灣格瑞電子股份有限公司創立於 2010 年 2 月, 將發明專利「一種 LED 的快速變焦照明裝置」具體商品化, 並擁有多國 (3 個發明: 美國、台灣和大陸; 2 個新型: 日本和德國), 主要販賣商品[2]是具有專利的 LED 變焦手電筒如圖一, 並提供高品質和售後服務的相關行銷事務。



圖一、系爭專利商品化

經實際測試和使用系爭專利的商品, 確認是有符合其專利申請時所提出之功能說

明，專利產品透過伸縮方式達到焦距的改變，讓 LED 光源照射的散光光束角度、光斑大小與光強度，有明顯的產生變化，明顯改善過去變焦手電筒長期存在有變焦範圍太小和有效照明距離不夠遠的問題。

### 2.3 案件相關訴訟文件的資料收集

實際前往智慧財產局、經濟部訴願委員會和智慧財產法院，取得智慧財產局的專利無效審定書、經濟部訴願委員會的專利無效訴願決定書、智慧財產法院的專利無效判決和最高行政法院的專利無效判決的閱卷資料，針對實際取得的相關事實證據，做後續問題的分析，探討法官判決是否有符合公平正義和正確性？

### 2.4 市面上專利侵權廠商

2015 年 05 月 07 日抽樣統計專利侵權產品販售狀況清單，如圖二。

產品名稱	販售業者	價位	計數/品牌
CREE XM-L2	創維光電	\$420	計數/38件
CREE XML-T6	華光光電	\$190	計數/31件
CREE Q5	方科光電	\$140	計數/349件
XML2 U2	創維光電	\$360	計數/27件
X 1 amp XML-L2	華光光電	\$300	計數/99件
CREE Q5	華光光電	\$140	計數/96件
CREE XML-T6	華光光電	\$290	計數/58件
CREE XM-L2	華光光電	\$300	計數/495件
CREE L2 手電筒 c550	綠能光電	\$900	計數/13件
XML-T6	【含贈品】廣東德山創維電器	\$279	計數/13件
88 88 CREE T6	【含贈品】廣東德山創維電器	\$690	計數/13件
CREE Q5 手電筒	廣東德山創維電器	\$190	計數/29件
CREE XM-L2	廣東德山創維電器	\$390	計數/29件
CREE Q5 手電筒	廣東德山創維電器	\$190	計數/24件
CREE XML-L2 手電筒 雙燈設計 (豪華)	廣東德山創維電器	\$470	計數/13件
CREE XML-L2 手電筒	廣東德山創維電器	\$290	計數/13件
豪華 XML-L2 手電筒	廣東德山創維電器	\$290	計數/24件
CREE XML-L2	廣東德山創維電器	\$290	計數/29件
CREE XM-L2	廣東德山創維電器	\$480	計數/13件
L2 神速變焦手電筒	【NFC】廣東德山創維電器	\$370	計數/14件
CREE Q5 手電筒 LED 手電筒 雙燈設計 豪華手電筒	廣東德山創維電器	\$190	計數/12件
CREE Q5 手電筒	廣東德山創維電器	\$390	計數/13件

圖二、專利侵權產品販售清單列表圖

在網路上關鍵字使用變焦手電筒的搜尋中，發現有 22 件販售侵害系爭專利申請專利範圍的變焦手電筒。根據這 22 件侵權產品的販售，預估造成專利的侵權損失就有新台幣 393,049 元。

其中販售侵權的網路拍賣平台如網路家庭 Pchome 就有觸犯專利法第 58 條第 1 項規定，專利排他權的「販賣和販賣之要約」部份之權利。

### 2.5 民事和行政案件

經統計，民事判決已有 77 件。

一審判決共計 39 件(100,民專訴,136、99,民專訴,161、99,民專訴,163、99,民專訴,168、99,民專訴,169、99,民專訴,177、99,民專訴,184、99,民專訴,185、99,民專訴,194、

99,民專訴,183、99,民專訴,164、99,民專訴,170、99,民專訴,171、99,民專訴,178、99,民專訴,182、99,民專訴,186、99,民專訴,195、99,民專訴,155、99,民專訴,175、99,民專訴,180、99,民專訴,115、99,民專訴,122、99,民專訴,126、99,民專訴,135、99,民專訴,145、99,民專訴,90、99,民專訴,71、99,民專訴,96、99,民專訴,58、99,民專訴,70、99,民專訴,84、99,民專訴,85、98,民專訴,158、99,民專訴,38、99,民專訴,57、99,民專訴,39、99,民專訴,64、99,民專訴,78、98,民專訴,157)。

二審判決共計 26 件(100,民專上易,23、100,民專上易,25、100,民專上易,29、100,民專上易,11、100,民專上易,9、100,民專上易,12、100,民專上易,22、100,民專上易,8、100,民專上易,2、100,民專上易,15、100,民專上易,10、100,民專上易,4、100,民專上易,5、99,民專上易,34、99,民專上易,31、99,民專上易,27、99,民專上易,26、99,民專上易,30、99,民專上易,23、99,民專上易,29、99,民專上易,22、99,民專上易,24、101,民專上,37 判決、99,民專上,58、99,民專上,39、101,民專上,37)。

三審共計 7 件(103,台上,839、102,台上,654、102,台上,577、102,台上,2471、102,台上,655、101,台上,349、102,台上,349)。

再審共計 5 件(103,民專上再,1、102,民專上再,2、102,民專上再,3、101,民專上再,3、103,民專上再,2)。

行政訴訟已有 4 件，智慧財產局(專利舉發審定書 095120629)、經濟部訴願委員會(決定書經訴字第 10106110640 號)、智財法院(101,行專訴,96)、最高行院(102,判,713)。

## 3. 科技的事實真相

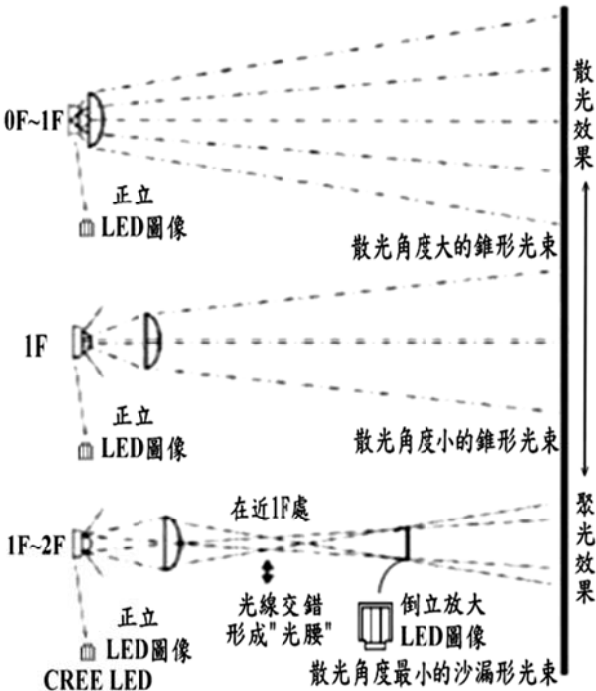
### 3.1 顯規則

專利案件審理的「顯規則」：有關事實認定的判斷、應回歸技術價值的判斷。

進步性之判斷步驟：依據智慧財產局專利審查基準的規定，系爭專利是否具進步性，通常得依下列五個步驟進行判斷：

步驟 1：確定申請專利之發明的範圍。

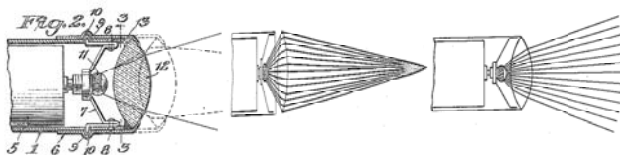
區別技術特徵：燈距在 1~2 倍焦距產生最小光束角度的沙漏形光束，才是可以照射到最遠的距離，如圖三。



圖三、系爭專利的區別技術特徵和技術方案

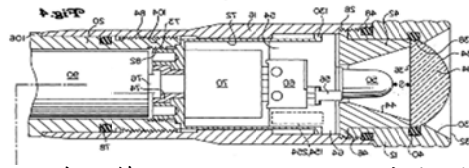
步驟 2：確定相關先前技術所揭露的內容

引證 Hunter：1923/12/18 公告的美國第 1478282 號[3]，如圖四。



圖四、美國第 1478282 號公告專利

引證 Chapman：2004/09/30 公開的美國第 20040190299A1 號，如圖五。



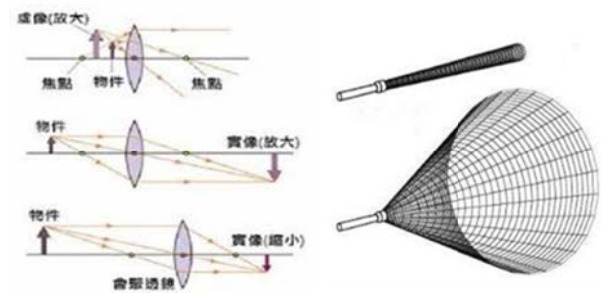
圖五、美國第 20040190299A1 號公開專利

區別技術特徵：

1. 燈距的變焦範圍必定是在 1 倍焦距內，故是非成像的光學設計。
2. 等同有使用反光杯的明確教示，故是使用凸透鏡要完全吸收光的光學設計。

步驟 3：確定申請專利之發明所屬技術領域中具有通常知識者之技術水準。



技術手段都是在使用燈距在 1 倍焦距內，變焦產生有寬與窄的錐形光束，如圖六。

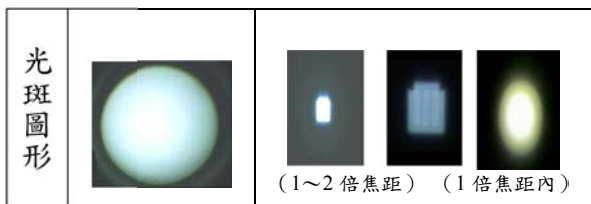


圖六、凸透鏡成像原理的區別光束和光斑

步驟 4：確定申請專利之發明與相關先前技術兩者之間的差異。

表一、系爭專利與先前技術兩者之差異

引證	先前技術 & 系爭專利的變焦範圍在 1 倍焦距內	系爭專利焦距範圍在 1~2 倍焦距
光束形狀		

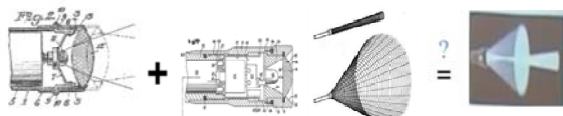


表二、系爭專利與先前技術兩者之差異

區別技術特徵	Hunter	Chapman	系爭專利
成像與非成像光學設計	非成像	非成像	非成像+成像
透鏡吸收光光學設計	要完全	要完全	不要完全
使用反光杯	有	( $\leq 50^\circ$ )無 ( $\geq 60^\circ$ )有利	非必要元件
照明光斑	不均勻的環狀光斑	均勻	均勻+方形LED圖案

步驟 5：該發明所屬技術領域中具有通常知識者參酌相關先前技術所揭露的內容及申請時的通常知識、判斷是否能夠輕易完成申請專利之發明的整體。

根據引證文件的組合和內容對照是完全沒有提到燈距變焦範圍在 1~2 倍焦距(如圖七)產生最小光束角度的「沙漏形光束」(如圖八)教示。



圖七、先前技術組合示意圖



圖八、系爭專利沙漏形光束

### 3.2 1.3.4.2 進步性的輔助性判斷因素

- 3.4.2.1 發明具有無法預期的功效：近距離大面積，光斑面積比可達 2000 倍遠距離高亮度，光斑亮度比可達 10 倍。
- 3.4.2.2 發明解決長期存在的問題：傳統

是無法兼具近距離大面積和遠距離高亮度二合一功能的手電筒。

- 3.4.2.3 發明克服技術偏見：在遠距離照明應用的光學設計，先前技術的燈距是要在 1 倍焦距內和凸透鏡要完全吸收光(反光杯是一種必要的元件)，當燈距超過 1 倍焦距就會有光損耗。故在光學設計上，系爭專利使用燈距變焦範圍在 1~2 倍焦距克服的技術偏見有：最小散光角度的沙漏形光束、不完全吸收光和成像的光學設計、以及無需使用反光杯的組合。
- 3.4.2.4 發明獲得商業上的成功：專利產品榮獲 3 金牌和 3 銀牌的發明獎項，遠距變焦功能的優良信譽受到廣大消費者喜愛，大陸製造台灣販售的專利侵權品有氾濫成災，說明商業上的成功。

### 3.2 判斷專利進步性的標準

- (一)3.5.1 開創性發明：系爭專利燈距在 1~2 倍焦距產生最小散光角度沙漏形光束的聚焦成像，才是真正可以照射到最遠距離的技術方案。
- (二)3.5.4.2 省略技術特徵之發明：反光杯已經不是系爭專利的要件。
- (三)3.5.5 組合性發明：1 倍焦距內的錐形光束與 1~2 倍焦距的最小散光角度的沙漏形光束的組合。
- (四)3.5.6 選擇性發明：系爭專利是在 0~ $\infty$  倍焦距的完整變焦範圍，選擇較小範圍的 0~2 倍焦距，產生最小散光角度沙漏形光束的聚焦成像，具有無法預期的功效。

## 4. 判決探討

### 4.1 專利保障&判決正確性

根據專利法[5]第 1 條為鼓勵、保護、利用發明與創作，以促進產業發展，特制定本法。

司法是正義的最後一道防線，專利制度的設計是在促進產業經濟的發展，並鼓勵和維護研發的成果。

### 4.2 爭點效 - 事實(顯規則)、意見(潛規則)

簡單來說，就是存在不斷的抄襲前案判

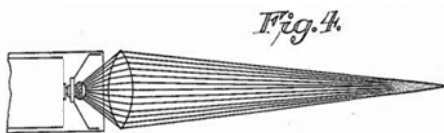
決論點(爭點)，維持”判決一致性”。

但依據智慧財產案件審理法第 16 條規定，法院應自為判斷專利的有效性，使得就能輕易迴避應有的技術專家、鑑定報告和證人證言，就可逕行率斷的以歪曲意見做出判決，並擅用爭點效的抄襲前案判決書，導致判決的一致性能夠輕易的凌駕判決正確性。

### 4.3 潛規則-法官見解的科學定律

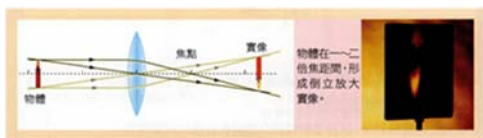
法官的見解是否符合事實?或者是錯誤的判定?以下有兩項舉例說明，法官的自行創新的科學認知和判斷。

(一)、舉例：98 年度民專訴字第 157 號存在的曾氏光學定律：法律見解在拉長三角光束之聚光(如圖九)，該燈距的變焦範圍必定會是在 1~2 倍焦距；



圖九、1923 年引證 Hunter 第 4 圖的聚光圖

但國中康軒教材課本[4]：燈距的變焦範圍在 1~2 倍焦距的光束圖(如圖十)。



圖十、國中教材燈距在 1~2 倍焦距的光束圖

而系爭專利之燈距在 1~2 倍焦距的光束圖，如圖十一。



圖十一、系爭專利之沙漏形光束圖

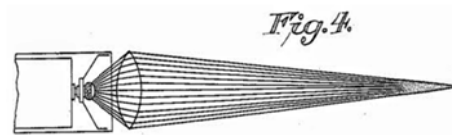
經由表三可以顯而易見的得知，Hunter 第 4 圖聚光的示意圖是與國中康軒教材和

系爭專利之沙漏形光束存在有明顯的多個差異點。

表三、曾氏光學定律、國中課本和系爭專利比較表(光源使用方形圖案的 LED)

特徵	Hunter 第 4 圖	國中康軒教材	系爭專利
光腰	無光腰	在近 1 倍焦距處會有光腰	
光形	聚光		散光
光斑形狀	圓形	圓形(<1F) + 方形(1~2F)	
光束形狀	錐形光束		沙漏形光束
正確燈距範圍	正確應在 1 倍焦距內	具有上述的技術特徵才會是在 1~2 倍焦距	

(二)、舉例：99 年度民專上字第 39 號存在的李王汪氏光學定律：法官見解該拉長三角形光束之聚光(如圖十二)，光線繼續行進就會是沙漏形光束(如圖十三)。



圖十二、1923 年引證 Hunter 第 4 圖的聚光圖

因為 1923 年引證 Hunter 第 4 圖的聚光是受到燈泡的光源弱和光衰所形成，光線自然就沒有繼續前進的可能性。



圖十三、引證 Hunter 第 4 圖聚光會繼續延伸



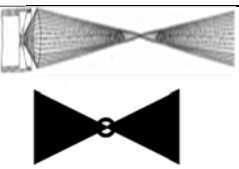
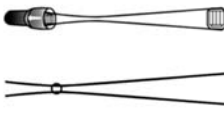
圖十四、系爭專利之沙漏形光束

另外，縱使 Hunter 第 4 圖的聚光可能



會延伸，藉由表四的比較表，仍會與國中康軒教材和系爭專利的沙漏形光束有明顯的多個差異點。

表四、李王汪氏光學定律和系爭專利的比較表

特徵	Hunter 第 4 圖的聚光延伸示意圖	國中康軒教材和系爭專利之沙漏形光束
光腰	無光腰	近 1F 處有光腰
圖形辨識		

#### 4.4 法律見解擅用專利無效潛規則

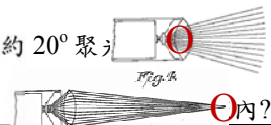
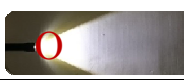
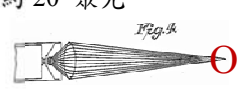

法官無視事實的真相，枉法判決的基礎是在自創偽科學的光學定律，利用職權先射鏢後畫靶的自為判決結果，直接就給發明人蓋布袋打悶棍。

依據閱卷資料整理出有 12 點待探討的相關議題：無視正義程序、隱藏證據、毀滅證據、無中生有、斷章取義、偷天換日、指鹿為馬、對原告有利證據不予評述、事後分析、後見之明、突襲審定、專利無效潛規則事實，分析分不清楚究竟是“事實真相”與“歪曲意見”。

#### 4.5 光學定律有關光束散光角度的判斷

經由表五可知 Hunter 第 4 圖的聚光光束圖和實體系爭專利產品的相異點。

表五、Hunter 第 4 圖和系爭專利產品比較表

特徵	Hunter 第 4 圖的聚光光束圖	實體光束圖
0~1 倍焦距	約 35° 散光 約 20° 聚光 	約 40° 散光 
1~2 倍焦距	約 20° 聚光 	約 10° 散光 

## 5. 結論

由於司法存在的不公平正義，造成擁有專利的發明人受到專利被判無效的事實。當侵權的成本比支付權利金還划算，這樣還有誰願意去發明創新和申請專利？如果專利的制度無法落實專利維權和提高損害賠償的金額，又要如何建立發明產業鏈去替代侵權產業鏈？

發明人的悲哀是因為台灣無法有效的獲得專利排他權的保護，希望未來台灣的專利維權能得到一個公平正義的判決。如果司法不公成為事實，推翻革命就是義務。

## 6. 參考文獻

- [1] 歐陽傑、彭衣翎，專利價值案例的法律思維探討，致理學報第 34 期，2014 年
- [2] 台灣格瑞電子股份有限公司網站，<http://eshop012.webdiyonline.com/>
- [3] Robert L.Hunter, Flashlight, U. S. Pat., 1,478,282
- [4] 《自然與生活科技》國中第三冊 4.3「光的折射與透鏡」第 112 頁，2014 年，康軒文教
- [5] 專利法，<http://goo.gl/jnwJE>

# 應用田口方法於橡膠按鍵分析

陳政順<sup>1</sup>，周敬晨<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> 國立台北科技大學，製造科技研究所，台北市

E-mail: cshchen@ntut.edu.tw

<sup>2</sup> 國立台北科技大學，製造科技研究所，台北市

E-mail: t102568051@ntut.edu.tw

## 摘要

本研究利用有限元素分析軟體及田口方法，針對矽橡膠按鍵進行段落比最佳化設計。先對一般按鍵作荷重位移分析，再選用對按鍵段落比影響較大的參數為變動因子，如彈力臂角度、厚度、圓角半徑以及行程。經由分析模擬之後，用田口方法找出段落比最佳化參數組合為彈力臂角度 40°、厚度 0.2mm、圓角半徑 0.4mm 以及行程 1.5mm，段落比提升約 9.8%。

關鍵字: 有限元素法；按鍵；田口方法

## 1. 前言

現今隨處可見 3C 產品、家電產品，而與這些物品最常見的互動就是按按鍵，在文獻[1]矽橡膠按鍵中，其段落比的大小，與彈力臂厚度及角度有關係，經由作者設計的三種彈力臂厚度及三種彈力臂角度製成的九組尺寸不同之按鍵，做完各組實驗後發現彈力臂厚度及角度的增加，段落比會隨之下降。

在文獻[2]矽橡膠按鍵受力之運動行為屬非線性，而按鍵失效常是因為按鍵本身破損導致。分析結果發現最佳參數在外形之轉角，所以使用圓角可以避免應力集中，減小最大等效應力進而延長按鍵壽命。

在文獻[3]分別對半球形金屬彈片與矽橡膠製成之按鍵做靜態模擬、動態模擬及實驗分析，所得之靜態模擬與實驗平均段落比相差 2.67%，其誤差約 11.19%，動態模擬與實驗平均段落比相差 0.66%，其誤差約 2.69%，顯示動態模擬較為貼近，不過皆在可接受範圍。

## 2. 理論探討

理論探討分成三部分，首先對橡膠材料做簡單介紹，接著簡介有限元素軟體 ANSYS WORKBENCH [4]，最後說明本文所使用的田口理論。

### 2.1 橡膠的特性及分析理論

橡膠可分成熱固型及熱塑型兩種，這是以材料受熱後的行為而分別。熱固型不能透過簡單的加熱後加工，回收不易；熱塑型加熱後可軟化，因此可以反覆加工且不損其材料性質。

在矽橡膠產品加工上，一般採取的方式是熱壓成型(Compression Molding)、輥軋成型(Calendering)、射出成型(Injection Molding)、擠出成型(Extrusion)、移轉成型(Transfer Molding)等加工方式，且以熱壓成型最為普遍。

#### 2.1.1 Mooney Rivlin 理論

超彈性材料是具備應變能函數的材料，可用的五種超彈性模型[5]有 Mooney-Rivlin、Gent、Haines、Wilson 和 Ogden。而在彈性材料的非線性分析上，Mooney-Rivlin 因為它可良好的表現變形且簡便，常用於橡膠分析上。

一般橡膠硬度都在 50HS 以上，大部分在 60HS 左右。在選用 HS 硬度 50、60、70 三種橡膠材料，當  $(C_{01}/C_{10})$  取 0.25 時[6]，其各剛性值大約於剛性一位移曲線中間位置，在本研究，材料係數可用此數值如表 1，將其代入 Mooney-Rivlin 兩個參數中，繪出各向之應力應變圖，如圖 1 所示。

表 1: Mooney–Rivlin 兩個參數值

Silicone Rubber	
Material Constant C10	0.4825
Material Constant C01	0.1206
Incompressibility Parameter D1	0

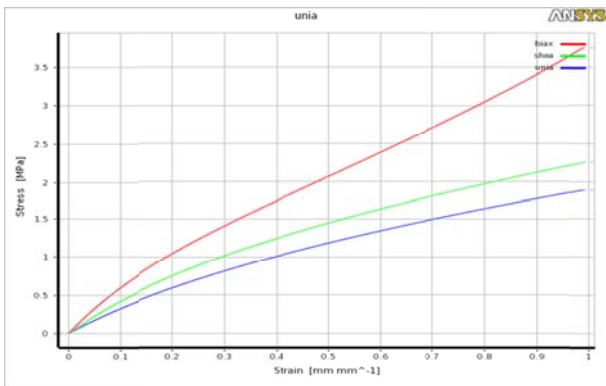


圖 1: 橡膠應力應變圖

### 2.1.2 矽橡膠按鍵受力之行為

矽橡膠按鍵受力過程，可使用「荷重曲線圖」來表示，如圖 2 所示。X 軸為動作行程，；Y 軸為按鍵壓下之操作力。荷重曲線圖是將按鍵從靜止狀態開始受力最後再釋放的過程所繪成，其按壓路徑如圖示箭頭方向，圖中各點所對應的負載，說明如下：

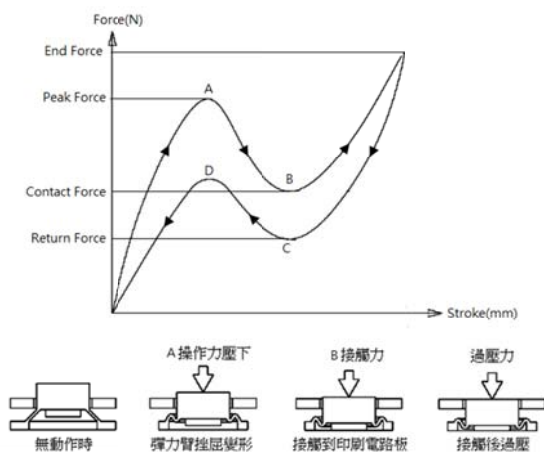


圖2: 荷重曲線圖[1]

1. A：最大操作力(Peak Force)，表示按鍵彈力臂發生挫屈時，所需要的最大操作力。

2. B：接觸力(Contact Force)，表示按鍵接觸到印刷電路板時之作用力。
3. 過壓作用力(End Force)，按鍵接觸到電路板之後的過壓作用力。
4. C：回復力(Return Force)，按鍵彈力臂挫屈變形後，開始回復原狀時的作用力。
5. D：最大回復力，表示按鍵彈力臂回復原狀過程中的最大作用力。

按壓按鍵時，過程中彈力臂在A點發生挫屈後，所需之荷重開始下降到B點，反應到按壓者的一種觸覺，即是段落感。

$$\text{段落比} = \frac{A - B}{A} \times 100 \% \quad (1)$$

## 2.2有限元素分析理論

### 2.2.1 有限元素基本理論

有限元素法是利用數學描述，一種求解微分方程式的近似方法。用有限個節點 (node) 連接有限個元素 (element) 的離散系統 (discretal system)。

1. 節點：節點為構成有限元素系統最基本的元件，即分布在系統中的物理座標參考點。
2. 元素：元素為各個不同的節點連結而成，是有限元素法最重要的元件。在求解分析問題時，選取正確的元素能有效率的求得答案且避免錯誤。
3. 自由度：每個節點上都有用來描述其物理量的變數，這些變數的數量稱為節點的自由度。

本文將以軸對稱方式作分析以減少運算時間，故採用元素種類為PLANE 183。此元素為八節點四邊形之二維平面結構元素，各節點有兩個自由度，分別為X與Y方向。如圖3，該元素可用來做為一個平面元素或是axisymmetric。其具備plasticity、creep、hyperelasticity、stress stiffening、large deflection以及large strain capabilities。

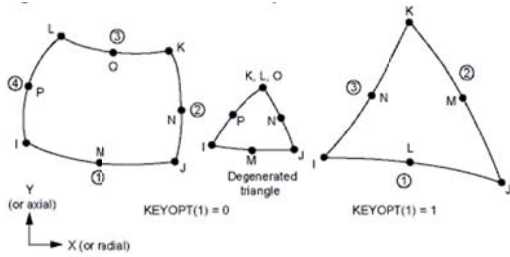


圖3: PLANE 183 元素圖[4]

### 2.2.2 軸對稱之有限元素分析

在軸對稱問題中，通常採用圓柱座標對稱軸為z軸，所有應力、應變和位移都與θ方向無關，只是r、z的函數，因此軸對稱的問題可將實際的三維問題化簡為二維問題分析。

### 2.2.3 接觸分析

接觸問題分為兩種基本類型：剛體—柔體的接觸，柔體—柔體的接觸。在剛體—柔體的接觸問題中，接觸面的一個或多個被當作剛體（與它接觸的變形體相比，有大得多的剛性，認為是完全剛體的，沒有應力，沒有變形）。一般情形下，一種軟材料和一種硬材料接觸時，可以假定為剛體—柔體的接觸，許多金屬成形問題都是此類接觸。柔體—柔體的接觸是一種更普遍的類型，在這種情況下，兩接觸體都是變形體（有相似的剛度）。

### 2.3 田口方法

田口方法就是定義在於一個損失函數的觀念上，其用於定量評估產品因偏差所造成的品質損失，它是以目標值來作泰勒級數展開的近似值，田口博士認為品質不應該只是滿足客戶需求，符合圖面公差等，舊有的品質觀念，應該要和成本與損失相結合。因此他提出了損失函數的二次式，用來表現經濟損失L(y)、品質特性與目標值間之差值(y-m)，這兩者之間的關係。

#### 2.3.1 品質計量方法

計算品質計量有三種型態：

1. 望目特性 (nominal-the-best)：品質特性有限定的目標值，品質目標比目標值大或小都不好，期望值能趨近於

目標值。

2. 望小特性 (smaller-the-best)：品質特性為非負值，且值愈小愈好，最好為零。
3. 望大特性 (larger-the-better)：品質特性為非負值，且值愈大愈好。本文是對段落比分析，希望段落比值越大越好，所以採用望大的特性。

#### 2.3.2 望大特性 (larger-the-better)

當品質特性是越大越好時，其S/N比公式如下[7]：

$$S / N_{LB} = -10 \log \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}}{n} \quad (2)$$

#### 2.3.3 直交表

表2: L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)直交表

Exp.	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

田口式直交表是由日本田口玄一博士所設計出來的，其構想是以相對性較少的實驗次數來獲得有用的統計資訊。此研究使用的是L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>)直交表，如上表2。

### 3. 個案研究分析與討論

在運用田口法找出最佳化參數前，先把原始設計分析結果與文獻[1]做比對以確認本分析過程之正確度。接著決定控制因子及水準，以田口直交表決定分析案例之參數。使用有限元素分析軟體 ANSYS Workbench 模擬按鍵按壓過程之行為，求得段落比，並將結果利用田口法找出最佳參數組合。

#### 3.1 有限元素分析

##### 3.1.1 按鍵尺寸

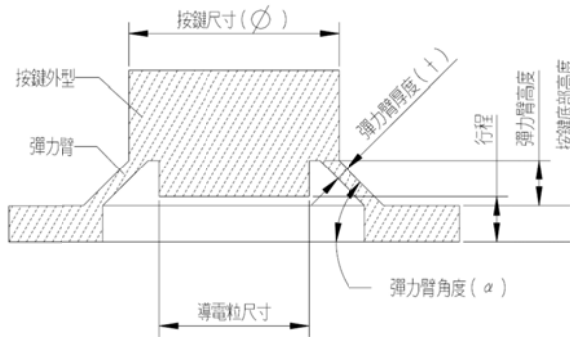


圖4: 按鍵剖面圖[1]

模擬分析所採取的尺寸分別為：彈力臂厚度0.25mm、彈力臂角度45°、行程1.6mm、彈力臂高度1.6mm。如圖3.1。

### 3.1.2 分析驗證

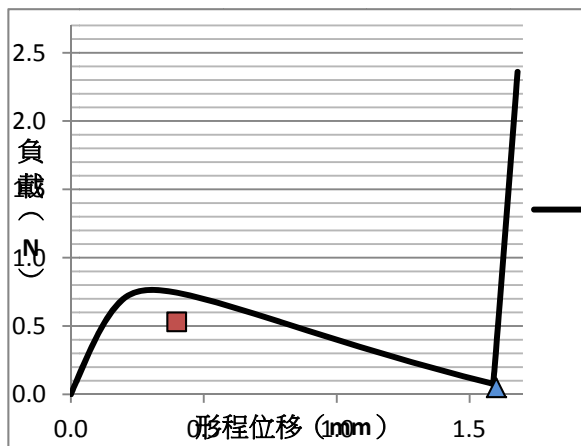


圖5: 荷重曲線圖與文獻實驗平均結果比較

在研究之前，先與文獻實驗平均結果所得的段落比做比較，其分析結果與實驗結果如上圖5，平均段落比為90.7%，本研究模擬分析所得的段落比為89.7%，誤差為1.1%，在可接受範圍，因此分析方法正確。研判因橡膠材料性質變化很大，進而影響到操作力。

## 3.2 田口法找最佳參數

### 3.2.1 控制因子及水準

選定幾個會對段落比有影響的參數來作探討分析(如圖6)，也就是決定田口方法

內的控制因子，最後我們決定以四個控制因子及三個水準作分析，如下表3所示：

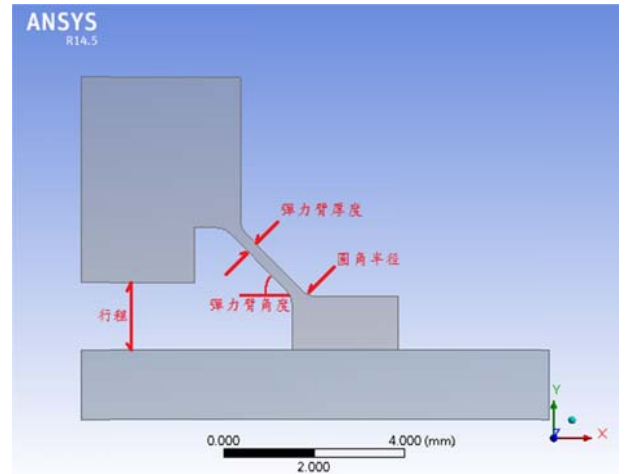


圖6: 四個控制因子

表3: 控制因子及水準

因子	說明	Level 1	Level 2	Level 3
A	彈力臂角度	45°	42.5°	40°
B	彈力臂厚度 (mm)	0.25	0.225	0.2
C	倒圓角半徑 (mm)	0.4	0.3	0.2
D	行程 (mm)	1.5	1.35	1.2

### 3.2.2 田口法分析

配合田口方法設計的因子及水準，決定了九組按鍵的參數，針對按鍵外型、網格劃分以及定義邊界條件等加以處理。完成後利用ANSYS Workbench模擬分析。分析結果如下表4。

表4: 模擬分析按鍵之段落比

Exp.	段落比	S/N
1	93.1%	-0.6208
2	92.2%	-0.7064
3	91.1%	-0.8060
4	86.5%	-1.2560
5	93.0%	-0.6291
6	97.1%	-0.2593
7	90.2%	-0.8999
8	91.1%	-0.8141
9	97.3%	-0.2346

將模擬所得九組按鍵段落比數據，用田口法內之望大特性公式，來計算其中的S/N比的因子反應，對各個要因的水準強度做成S/N比的因子反應圖表(表5、圖7)，來決定四個因子間段落比最佳化的搭配組合。

表5: S/N比的因子反應表

	A	B	C	D
Level1	-0.7111	-0.9256	-0.5647	-0.4948
Level2	-0.7148	-0.7165	-0.7323	-0.6219
Level3	-0.6495	-0.4333	-0.7783	-0.9587
Range	0.06526	0.49229	0.21365	0.46387
Rank	4	1	3	2

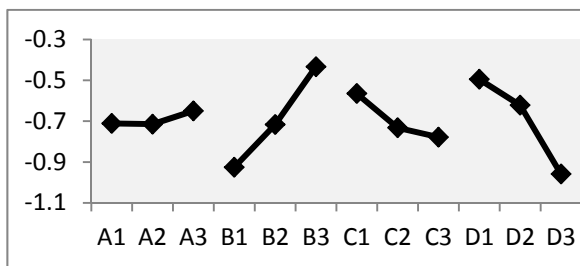


圖7: S/N比的因子反應圖

從S/N比的因子反應圖中，我們可以決定對段落比最佳的組合就是A3 B3 C1 D1，也就是彈力臂角度40°、彈力臂厚度0.2mm、圓角半徑0.4mm以及行程1.5mm。將所求之

最佳組合代入進行模擬求解，所得之段落比結果為99.5%，段落比跟原先的89.7%改善了9.8%。如下圖8：

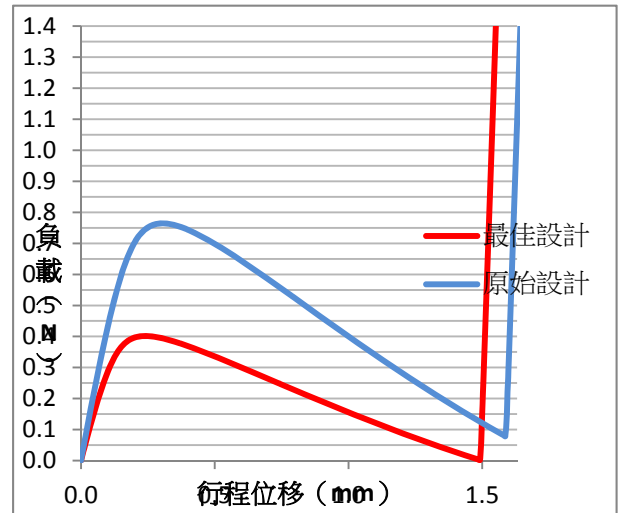


圖8: 最佳設計與原始設計之比較圖

#### 4. 結論與建議

透過模擬分析與文獻實驗數據比對，確認模擬分析程序之正確性，再以田口法找取最佳組合參數為彈力臂角度40°、彈力臂厚度0.2mm、圓角半徑0.4mm以及行程1.5mm進行模擬，所得之段落比較原始設計提升9.8%。與文獻做完各組實驗後發現彈力臂厚度及角度的增加，段落比會隨之下降之結果一致。更進一步可從表3.3中得知，彈力臂厚度及行程的選取，對段落比的影響較大。

#### 5. 參考文獻

- [1] 陳啟榮，葉維馨，“彈力臂厚度及角度對矽膠按鍵影響之探討”，碩士論文，國立中央大學機械工程研究所，2009
- [2] 陳宏明，吳俊瑩，“結合多項式網路與基因演算法於按鍵膠彈片外型尺寸最佳化設計”，碩士論文，大同大學機械工程研究所，2006，第 20-34 頁
- [3] 詹永吉，“半球形金屬彈片應用於行動電話按鍵之非線性分析”，碩士論文，

- 國立臺北科技大學製造科技研究所，  
2011
- [4] ANSYS 14.5 Help
- [5] L. Meunier, G. Chagnon, D. Favier, L. Orgeas, P. Vacher, “ Mechanical experimental characterization and numerical modelling of an unfilled silicone rubber ;” *Original Research Article Polymer Testing*, Vol.27, Issue 6, September 2008, pp.765-777
- [6] 左亮，肖緋雄，“橡膠 Mooney-Rivlin 模型材料系數的一種確定方法”，*機械製造* 46 卷。第 527 期，2008，第 38-40 頁
- [7] 李輝煌，*田口方法—品質設計的原理與實務*，高立圖書有限公司，2000
- [8] 左亮，肖緋雄，“橡膠 Mooney-Rivlin 模型材料系數對軸向剛度影響”，西南交通大學，2008，第 54-56 頁
- [9] 廖芯蘭，“應用有限元素法於鈹金固定件之結構最佳化分析”，碩士論文，國立臺北科技大學製造科技研究所，2008，第 6-18 頁
- [10] 葉坤豪，“壓力容器與引流管接合處之有限元素分析”，碩士論文，國立中央大學機械工程研究所，2000，第 11-15 頁
- [11] John H. Lau and Albert H. Jeans, “Nonlinear analysis of elastomeric keyboard domes”, Hewlett-Packard Laboratories, 1989, pp. 299-312.
- [12] 邱武耀，楊淳守，賴姿吟，譚世偉，陳彥伊，吳伯毅，“應用田口方法之渦流風扇噪音研究”，*中華民國振動與噪音工程學會論文集*，2008，第 320-326 頁
- [13] 浦廣益，*ANSYS Workbench 基礎教程與實例詳解*，中國水利水電出版社，2013
- [14] 林金燕，“彈性臂按鍵最佳化設計”，碩士論文，國立台北科技大學製造科技研究所，2013

## 波長980nm脈衝式雷射測距電路之研製

康何謙<sup>1</sup>、謝文德<sup>1</sup>、黃凱琦<sup>2</sup>、陳德請<sup>1\*</sup>、李世文<sup>3</sup>

<sup>1</sup>逢甲大學，電機工程學系，台中市

<sup>2</sup>逢甲大學，光電能源與視覺科技碩士在職專班，台中市

<sup>3</sup>中華科技大學，電機工程系，台北市  
kanatasan.tw@yahoo.com.tw

### 摘要

飛時式雷射測距儀依光源調制的形式可以概分為脈衝式與連續式兩種類型。脈衝式雷射測距以直接測量光脈衝的飛行時間來計算距離；連續式雷射測距則對光波作某種形式的調變，由於回波的往返需要時間，造成回波與發射波間的調變相位差異，測量此相位差異而得距離。

本研究建立一波長980nm脈衝式雷射測距電路。電路研製完成之後發射及接收模組將進行頭對頭測試，驗證其功能正確性。最終將增強MCU處理、增加脈衝數及利用公式算出要調製的脈衝波頻率，以期達成測距之功能。

關鍵字：雷射測距儀、脈衝式、980nm。

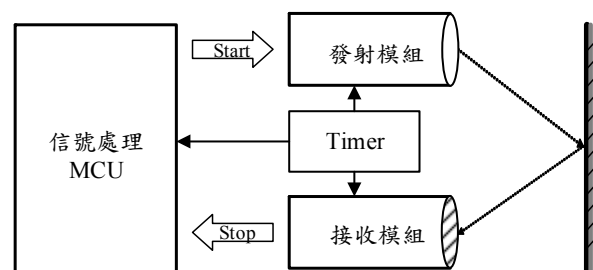
### 1. 前言

由測量雷射光的往返目標物的時間，判斷特定方位目標物之距離的方法稱為飛時式(time-of-flight)雷射測距方式，與傳統的無線電波(或微波、毫米波)雷達相較，雷射雷達的橫向解析度比飛時式雷射測距佳，因無線電波的波束比雷射光束大，而雷射光在縱向的解析度比雷射雷達佳；因雷射光的頻率高及波長短，因此容易受到大氣中的懸浮微粒(aerosol)或不良天候時的霧靄、雨滴等散射或吸收而影響測量精度，但是傳統雷達卻比較不易受天候的影響。同時，大氣對於不同光波長有不同的穿透率，因此必須針對需求選擇適當的光源。

### 2. 原理

典型的脈衝式雷射測距儀具備五個模組：發射模組、接收模組、時脈震盪模組、距離計算與顯示模組以及準直與聚焦模組，如圖一所示。

發射模組朝著目標物發射一個高功率的雷射脈衝，同時計時器開始計時，經過目標物的反射，最後接收模組接收到待測物反射回來的雷射脈衝信號，此時計時器停止，根據光脈衝往返所需的時間計算出距離。



圖一、飛時式脈衝測距示意圖

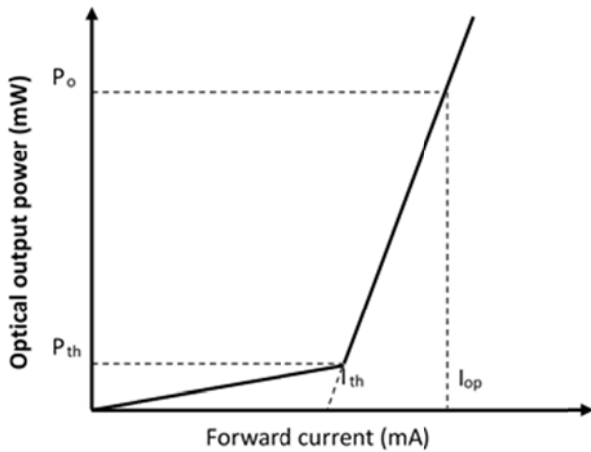
#### 2.1. 雷射二極體特性

輸入電流-輸出功率曲線(I-P Curve)是雷射二極體最重要的特性指標；當雷射二極體輸入電流小於閾值電流 $I_{th}$  (Threshold Current)時，雷射二極體發出的光為自發性輻射，屬於發光二極體(Light-emitting diode)。

當輸入電流大於閾值電流 $I_{th}$ 時，雷射震盪開始動作，激發輻射強度隨著輸入電流而



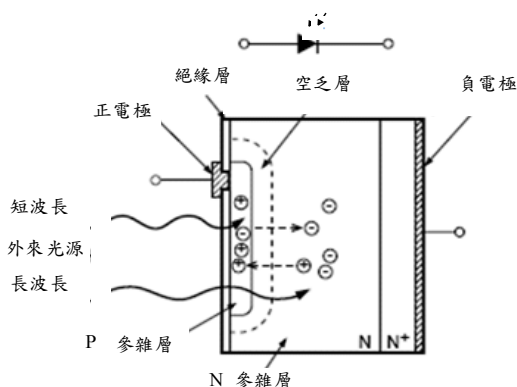
增加。在設計時須注意雷射二極體之 $I_{th}$ 及 $I_{op}$ ，應避免設計之電流值超 $I_{op}$ 而燒毀雷射二極體，最佳的雷射二極體，具有極低的 $I_{th}$ 、線性度佳的I-P特性與極高的光電轉換效率，如圖二所示為I-P特性曲線。



圖二、雷射二極體輸出I-P曲線

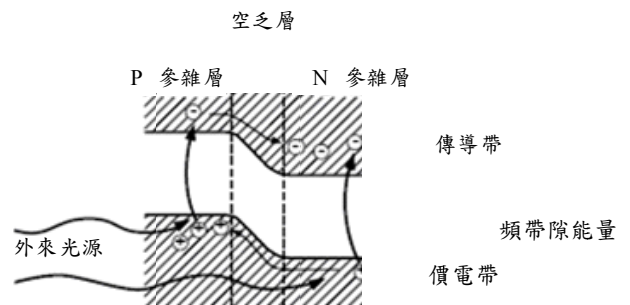
### 2.2. 光檢知器之特性

圖三為光檢知器橫截面示意圖，其係由P層與N層所形成的PN接面進行光電轉換。通常矽光檢知器的P層由硼的選擇性擴散形成，其厚度小於 $1\mu m$ ，而P層和N層間的中性區域稱為空乏層。P層、N層及底層N+的厚度可控制光檢知器的光譜響應與頻率響應。若光能大於能帶間隙 $E_g$ ，電子躍遷到導帶，原本價帶的位子則形成電洞[1]。



圖三、光檢知器橫截面示意圖

電子電洞對的產生由空乏層內的電場使得電子往N層移動，電洞往P層移動，N層產生的電子電洞對，P層的電子流入N層的導電帶，同時電洞擴散到空乏區，並收集在P層的價帶。而在入射光所產生的電子電洞對都被收集在P層及N層，即P層帶正電荷，N層帶負電荷。如果P層及N層外接一個電路，電子、電洞將朝著相反的極性流出，而這些產生電子流的電子電洞我們稱為載子，如圖四所示。



圖四、雷射二極體輸出I-P曲線

### 2.3. 偵測距離估算

進行估算距離時，須先得知雷射測距的發射功率，利用測距方程式反推算出發射功率，則先假設雷射測距接收端之光檢知器(APD)規格，如下表一所示[2]。

表一、雷射測距儀之接收端參數

Parameter	Symbol	Conditions	Typ		Units
			IAG 200X	IAG 350X	
Active Diameter	$\phi$		205	352 $\phi$	$\mu m$
Responsivity	$R(\lambda)$	$\lambda=1550nm, M=1$	0.90	0.94 $\phi$	A/W
Dark Current	$I_d$		8	190 $\phi$	nA
Bandwidth	$\Delta f$		1.5	0.6	GHz
Excess Noise Factor	$F(M, k)$		3.2	3.2	
Noise Equivalent Power	NEP	$M=10$	$3.2 \times 10^{-14}$	$0.12 \times 10^{-12}$	W/Hz $^{0.5}$
Wavelength Range	$\lambda$		1000-1630	1000-1630	nm
Breakdown Voltage	$V_{br}$	$I_d > 100\mu A$	50-83	35-70	V

其中光檢知器接收微弱的光信號，則載子發生碰撞激發電子電洞對，便會藉由碰撞而產生新的電子電洞對，此程序持續的進行而增強並轉為光電流，其與多餘雜訊因子

(F)關係式如下：

$$F(M, k) = M \left[ 1 - (1 - k) \left( \frac{M - 1}{M} \right)^2 \right] \cong 3.2 \quad (1)$$

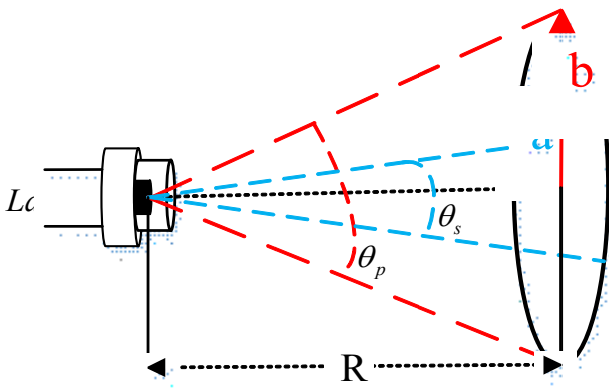
其中常見光檢知器 InGaAs APD 之 k 值約為 0.4。

由於雷射光束具有一定的發散角  $\theta$  (Divergence Angle)，假設雷射的發散角為  $20^\circ \times 40^\circ$ ，其中水平發散角  $\theta_s$  為  $20^\circ$  以及垂直發散角  $\theta_p$  為  $40^\circ$ ，最大距離 R 為 15,000m，如圖五所示。為了計算 a 與 b 的長度，引用三角函數公式：

$$\begin{cases} a = R \cdot \tan\left(\frac{\theta_s}{2}\right) \\ b = R \cdot \tan\left(\frac{\theta_p}{2}\right) \end{cases} \quad (2)$$

算出 a 的長度為 2645m；b 的長度為 5459m，即可算出目標面積  $A_T$ ：

$$A_T = \pi ab \quad (3)$$



圖五、雷射光束發散角示意圖

雷射光束在大氣中傳輸時，大氣吸收和散射的總效果使光強在大氣界值中傳輸值受到影響，則假設能見度數值  $V_m = 10\text{km}$ ，雷射二極體波長  $\lambda = 1550\text{nm}$ ，則大氣衰減係數  $\sigma(\lambda)$  為：

$$\sigma(\lambda) = A \cdot \lambda^q = \frac{3.91}{V_m} \cdot \left( \frac{\lambda_0}{\lambda} \right)^q = \frac{3.91}{10000} \cdot \left( \frac{0.55}{1.55} \right)^{13} = 1.017 \cdot 10^{-4} \quad (4)$$

$$T_\sigma = e^{-2\sigma(\lambda)R} \cdot 100 = e^{-1.831} \cdot 100 = 13.08\% \quad (5)$$

光檢知器的雜訊等效功率 (Noise Equivalent Power) 與雷射光功率  $P_r$  有關，其

關係是由(6)式表示：

$$NEP = \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot M^2 \cdot F(M, k) \cdot I_d}{R(\lambda) \cdot M}} \cong 3.2 \times 10^{-4} \quad (6)$$

其中  $q = 1.6 \times 10^{-19}$  (C) 為電子電荷量，M 為 APD 之增益， $F(M, k)$  為多餘雜訊因子， $I_d$  為 APD 之飄移電流， $R(\lambda)$  為 APD 之單位響應。

最小雷射光功率  $P_{r\min}$  為：

$$P_{r\min} = NEP \cdot \sqrt{\Delta f} \quad (7)$$

其中  $\Delta f$  為 APD 的頻帶寬度。

接收透鏡區域及 APD 感光面積，可分為  $A_l$  與  $A_r$  由(8)式表示：

$$\begin{cases} A_l = \pi \cdot \left( \frac{D}{2} \right)^2 \\ A_r = \pi \cdot \left( \frac{D_r}{2} \right)^2 \end{cases} \quad (8)$$

其中  $D_r$  為光檢知器之直徑，D 為接收透鏡之直徑，若所需的雷射光功率較小時，所述接收透鏡直徑必須很大。

則雷射光經過距離 R 後，目標物上的光功率  $P_t$  可由(9)式表示：

$$P_t = \frac{P_r \cdot \pi \cdot R^2}{\tau_r \cdot \tau_t \cdot \rho \cdot A_l \cdot A_r \cdot T} \quad (9)$$

其中  $P_t$  為雷射發射功率， $P_r$  為 APD 最小能接收的光功率， $\tau_t$  與  $\tau_r$  分別為發射接收鏡組的穿透率， $\rho$  為紅外線訊號的反射率， $A_l$  與  $A_r$  分別為目標面積與 APD 的感光面積，T 為大氣穿透率。

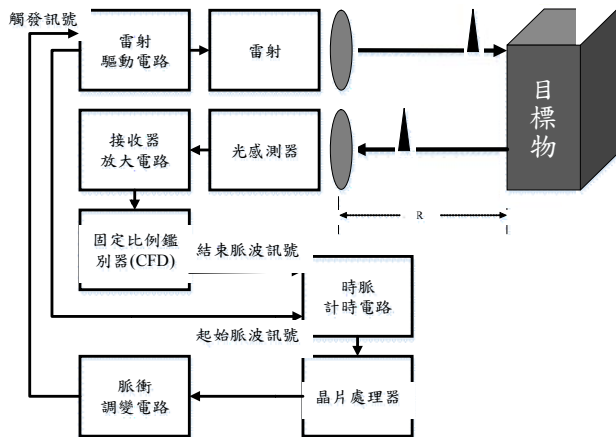
由上述考慮的參數，以 IAG200X 及 IAG350X 為例，在相同距離、透鏡面積以及環境參數下，求得光功率  $P_t$  值如下表：

表二、在相同距離、環境下求得之  $P_t$  值

APD	IAG 200X	IAG 350X
NEP (W/Hz <sup>0.5</sup> )	$1.01 \times 10^{-14}$	$4.692 \times 10^{-14}$
$P_t$ (W)	$3.91 \times 10^{-10}$	$1.149 \times 10^{-9}$
$A_r$ (m <sup>2</sup> )	$3.30 \times 10^{-8}$	$9.73 \times 10^{-8}$
R(m)	15,000	
$D_l/D_r/D_s$ (m)	0.052 / 0.042 / 0.032	
$A_{l1}/A_{l2}/A_{l3}/A_r$ (m <sup>2</sup> )	$2.12 \times 10^{-3} / 1.38 \times 10^{-3} / 8.04 \times 10^{-4} / 4.5 \times 10^7$	
$\tau_t/\tau_r/\rho$	80%/80%/60%	
$P_{t1}$ (W)	9.84	9.85
$P_{t2}$ (W)	15.09	15.10
$P_{t3}$ (W)	26	26.02

### 3. 系統架構

本系統架構主要係由MCU控制輸入脈衝訊號、雷射二極體驅動電路、目標物、光接收電路、晶片處理等五模組組成，圖六所示為系統示意圖。



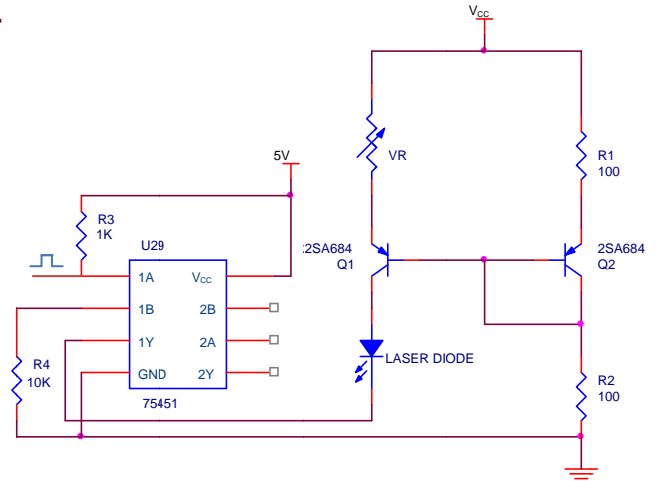
圖六、系統示意圖

由發射模組發射雷射光至接收模組接收後，接收訊號經訊號處理及分析，而獲得距離。

#### 3.1. 雷射二極體

雷射光束具有一定的發散角(Divergence Angle)，因此距離的增加使得光斑 (spot size) 面積增大，單位面積上的光能量變小。距離越遠時，受大氣吸收衰減量越大，因此，接收模組接收到的光功率越小。

為了使LD(Laser Diode)之輸出穩定，除了使用穩壓IC作為穩定的電壓源，還須加入一個穩定的電流源如圖七所示，設計一個電流鏡(Current Mirror)作為電流源，而R作為限流作用以保護雷射二極體，再利用可變電阻VR調整電流大小，藉此改變雷射二極體輸出的光功率，則利用晶片(LM75451)加入Pulse訊號成為此系統之雷射驅動電路[3]。

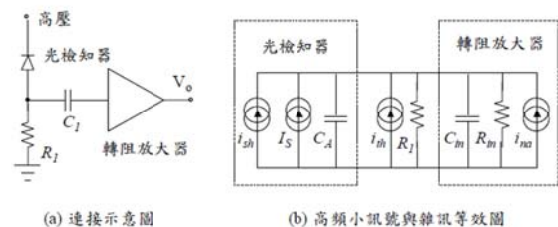


圖七、雷射二極體驅動電路

#### 3.2. 光檢知器

在符合解析度的穩定偵測下，則回波訊號必須大於雜訊至一個相當程度才能確保系統解析度需求。預估測量距離範圍時，就必須考慮系統中的雜訊影響。雜訊的來源主要有三種：光檢知器產生之雜訊、背景光輻射以及前置放大器(pre-amplifier)產生的雜訊。為減少背景輻射雜訊，在接收透鏡後方加上一片窄帶濾光片(narrow band filter)F。

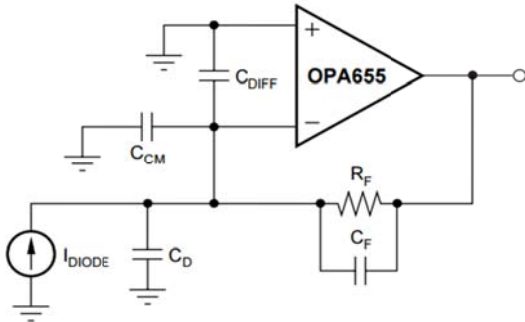
由於接收到的光功率與待測物之距離成四次方成反比，接收模組端的訊號將會急遽下降。當光檢知器接收到光脈衝訊號，利用轉阻放大器(transimpedance amplifier)把電流訊號轉成電壓訊號，如圖八所示。



圖八、光檢知器與轉阻放大器的連接

本研究選用OPA655作為轉阻放大器，其具有400MHz增益頻寬乘積(Gain Band-width Product; GBP)·10<sup>12</sup>Ω//1pF輸入特性、極低的輸入飄移電流5pA及60mA的輸出電

流。OPA655放大器分析電路如圖九所示[4]。

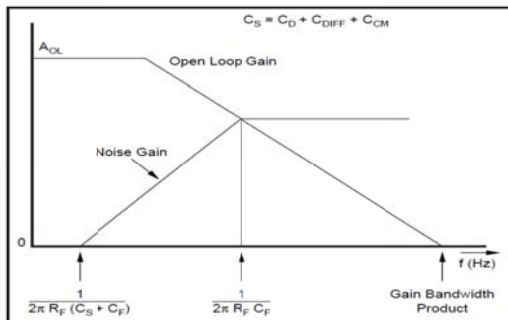


圖九、OPA655放大器分析電路

使用時必須考慮輸入端電容值，以及放大器輸入電容，其電容值的大小將影響頻率響應。反向輸入端總電容值定義為 $C_S$ ，可表示為：

$$C_S = C_D + C_{DIEF} + C_{CM} \quad (10)$$

其中 $C_D$ 為光檢知器之電容， $C_{DIFF}$ 為差動輸入電容， $C_{CM}$ 為共模輸入電容。



圖十、轉阻放大器之波德圖[5]

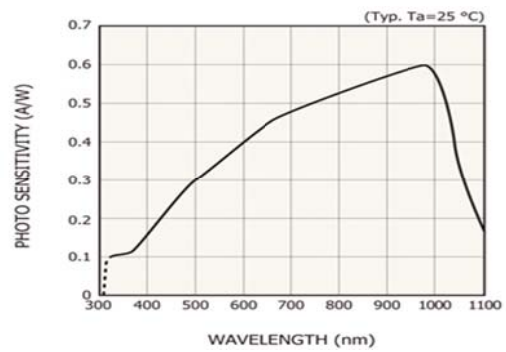
由圖十所示可得知，在低頻時雜訊增益為1 (0dB)，輸入頻率大於 $\frac{1}{2\pi R_F (C_S + C_F)}$ 時，雜訊增益將隨頻率增加而上升，代表輸入的雜訊電壓也會隨之上升。

為了得到較大的頻寬，需在回授電阻上並聯一回饋補償電容 $C_F$ ，通常定義在開迴路增益及雜訊增益之交點頻率，此頻率值等於

單位增益頻寬與零頻率之幾何平均數。假設 $C_F \ll C_S$ ，元件增益總頻寬單位為Hz，可得：

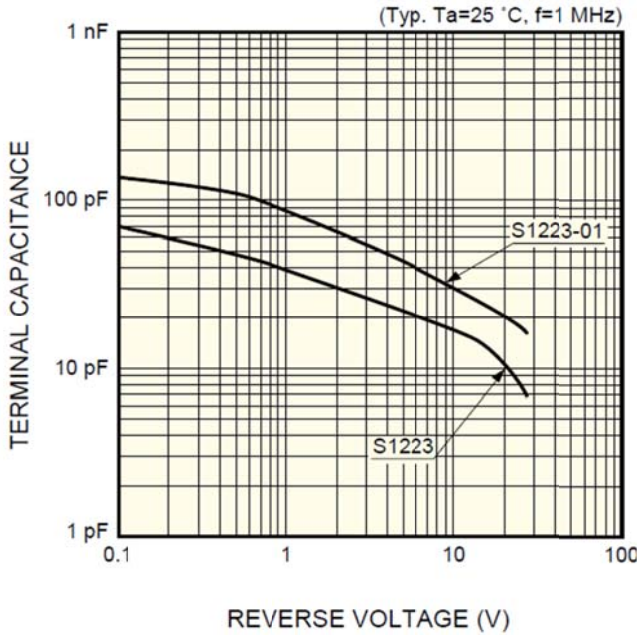
$$C_F = \frac{1}{R_F \cdot \sqrt{\frac{2\pi \cdot GBP}{R_F \cdot C_S}}} \quad (11)$$

本研究使用之光檢知器為日本HAMAMA生產之Si PIN photodiode，型號為S1223。此光檢知器之最佳響應波段於960nm，極符合本研究所使用雷射二極體之輸出波段，且其具高靈敏度、高反應速度( $f_c=30\text{MHz}$ )、低接面電容(10pF)以及較大的感光面積(2.4mm×2.8 mm)，響應範圍為320~1100nm如圖十一所示。



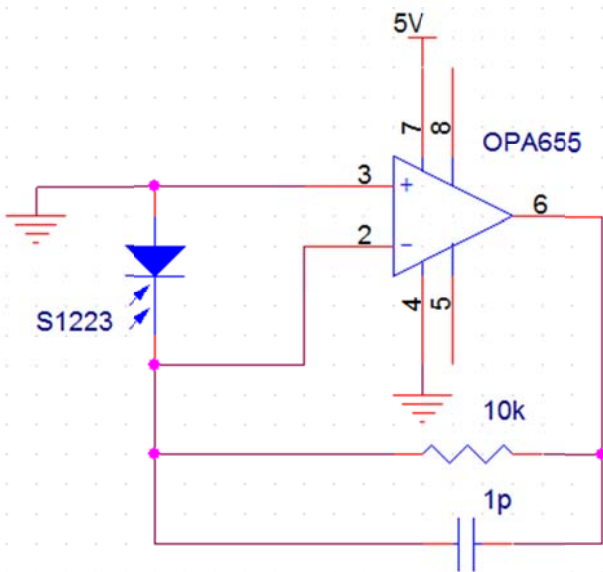
圖十一、S1223光檢知器光譜響應圖[6]

圖十二顯示此Photodiode在逆向偏壓下的電容值，當使用5V逆偏時，接面電容 $C_D$ 約為10pF，而OPA655之差動輸入電容 $C_{DIFF}$ 以及共模輸入電容 $C_{CM}$ 皆為1pF，可計算出總輸入電容近似約為1pF。選擇10kΩ為轉阻電阻，計算出回饋補償電容值約為1pF，此設計下的頻寬值約為30MHz。



圖十二、S1223 逆向偏壓與界面電容關係圖

最終設計之接收端電路如圖十三所示。



圖十三、轉阻放大器電路

#### 4. 實驗結果與分析

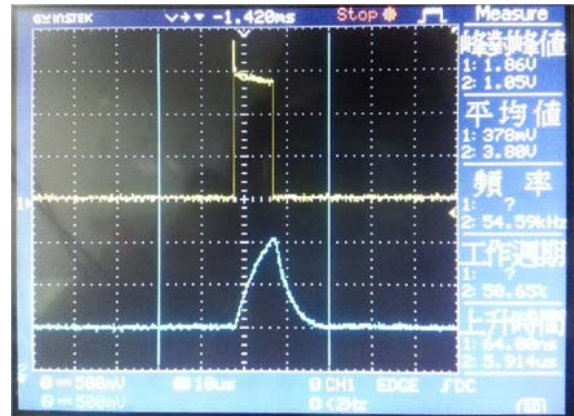
由於目前僅完成發射及接收模組之設計，實驗架構為發射模組發射雷射至接收模組後訊號處理，分析及比對波形，距離為

30mm，以確認發射模組及接收模組有效運作。

本次實驗驅動電路設計條件：可變電阻 VR 為 15Ω、電壓為 2.8V、電流 50mA。

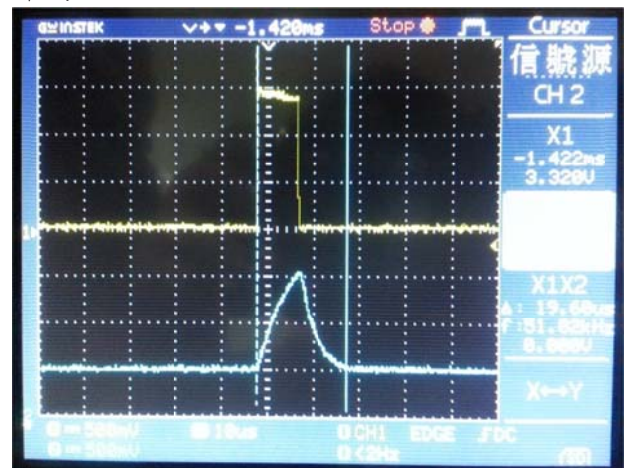
由圖十四可得：上方黃色波形(ch.1)為發射模組輸出波形；下方藍色波形(ch.2)為接收模組接收放大後波形。

由此實驗結果確認發射及接收模組皆有效運作、正確[7]。輸出模組訊號瞬間峰值電壓為 1.86V，接收模組訊號瞬間峰值電壓為 1.05V，計算得其峰值功率約為 52.5mW。



圖十四、實驗結果波形

下圖十五中，由示波器量測出本次實驗接收模組接收之波形脈寬約為 19.60μs，頻率為 54.59kHz。



圖十五、實驗結果脈寬

#### 5. 結論

由簡單的實驗架構驗證至目前為止發收及接收模組之完整性、正確性。

由於980nm雷射二極體的光束屬於近紅外線為不可見光，人眼看不到，而且也不可以用人眼直視雷射光，所以我們使用近紅外線轉換底片或智慧型手機觀察近紅外線雷射光；在校準上也無法像一般可見光可以直接確認是否有對準接收模組，著實費了不少時間，在後續的實驗上需先架設固定軌道以確認光路之正確，才能節省時間。

未來將增強MCU處理、增加脈衝數及利用公式算出要調製的脈衝波頻率，以期達成測距之功能。

## 6. 參考文獻

- [1] HAMAMATSU photodiode technical information
- [2] K.C. Bahuguna, Prabhat Sharma, N.S. Vasan and S.P. Gaba, "Laser Range Sensors," Defence Science Journal, Vol. 57(6), pp. 881-890, November 2007.
- [3] 蘇靖元, "智慧型紅外線雷射測距儀反制系統之研究," 逢甲大學 電機工程學系研究所, 碩士, 2012.
- [4] 賴暉凱, "短波紅外線雷射反制系統之研究," 逢甲大學 電機工程學系研究所, 碩士, 2011.
- [5] S1223 Datasheet - Hamamatsu Photonics - <http://www.hamamatsu.com/>  
<http://www.hamamatsu.com/eu/en/product/category/3100/4001/4103/S1223/index.html>
- [6] S1223 Datasheet - farnell - <http://www.farnell.com>  
<http://www.farnell.com/datasheets/8765.pdf>
- [7] 簡國哲, "短波紅外線雷射測距系統," 逢甲大學 資訊電機工程碩士在職專班研究所, 碩士, 2012.

# 高功率雷射二極體驅動電路之研製

黃鴻仁<sup>1</sup>,李昆益<sup>2</sup>,陳德請<sup>1\*</sup>,邱秉文<sup>3</sup>,楊永福<sup>1</sup>

<sup>1</sup>逢甲大學, 電機工程學系, 台中市

<sup>2</sup>中華科技大學, 電機工程學系, 台北市

<sup>3</sup>軍備局生產製造中心第401廠

\*E-mail: kanatasan.tw@yahoo.com.tw

## 摘要

本文目的在研究高功率半導體雷射二極體在高功率雷射驅動電路之研製,以設計符合兩公里以上遠距測距所需特性的脈波。

本研究使用波長 635nm 的脈衝式雷射二極體(QL63F5SA), 驅動電路則用累崩電晶體(ZTX413)設計一個脈衝雷射驅動電路, 藉由電壓驅動雷射二極體[1-3]。利用電晶體的集極 C(collect)與射極 E(emitter)之累積崩潰效應(avalanche breakdown), 產生快速變化的電流脈衝。當集極所加的電壓越大, 累崩電流亦越大, 但是必須保持集極與基極 B(base)的電壓小於基納崩潰電壓, 以免造成電晶體的損毀。

由於將電晶體操作在累崩區, 並非電晶體正常的操作方式, 亦不保證其穩定度, 因此累崩電晶體多侷限於實驗室之使用。進行本電路研製時, 在提高驅動電壓時, 脈衝頻率會降低但是脈衝寬度會變窄, 輸出功率呈現成長趨勢。本實驗驅動電路條件在峰值電壓 4.2V、輸入電流 60mA 時觸發脈衝雷射, 可驅動最大輸出功率 252mW 的雷射二極體。

關鍵詞：雷射二極體、雷射驅動電路、電流鏡電路

## 1. 前言

高功率半導體雷射已經廣泛應用於通信、醫學和工業計量等各種場合。與其他雷射光源相比, 半導體雷射具有體積小, 質量小, 耗電省, 結構簡單, 價格低等優點。其輸出功率的穩定度主要受驅動電流及溫度

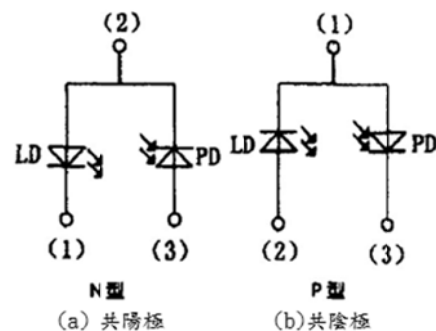
的穩定度影響, 且其易受過壓、過流及靜電損傷, 因此研製可靠的驅動電路是非常必要的。作為應用而言, 要求半導體雷射發射器應具有最低的電流雜訊和最高的穩定性, 因為驅動電流的波動不僅會造成LD的雷射強度雜訊, 還會造成輸出波長光譜線寬的加寬。又由於電流雜訊水平比例於驅動原件的最大功率容量, 所以電流源的選擇應與所使用的雷射相匹配。

這裡我們定義低功率的雷射二極體輸出功率約小於 10mW, 中功率輸出功率介於 10~100mW, 高功率則大於 100mW。

## 2. 原理

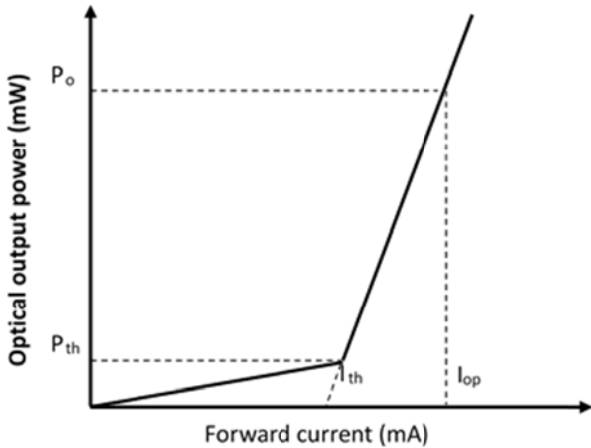
### (a) 雷射二極體驅動電路

雷射(Laser)為 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation 的縮寫, 指的是通過受激輻射而產生, 放大的光。常見的雷射二極體有兩種形式: 共陽極與共陰極, 如圖一所示。



圖一 雷射二極體電路符號

如圖二所示，當注入雷射二極體接面上的電流密度超過某個臨界值，亦即滿足了雷射二極體的居量反轉條件時，半導體雷射才會發出雷射光，而這個特別的電流密度值，被定義為臨界電流密度  $I_{th}$ 。



圖二 雷射二極體輸出 P-I 曲線

雷射二極體被操作在臨界電流以下時，發光機制主要為自發發射，二極體接面上的電子雖然由價帶被激發到導帶以上，但由於能量不足尚無法使居量反轉現象發生，此時雷射二極體的發光頻譜分佈較廣，頻譜寬度約數十個奈米(nm)，且為一種非同調光源。當界面電流密度的大小到達臨界值時，發光機制主要為激發發射，居量反轉發生，雷射震盪才會開始，如果持續增加二極體界面電流密度，將僅只有少數幾個主要模態可以繼續存在於主動區內，發光頻譜的寬度將因此變窄到只剩幾個奈米。

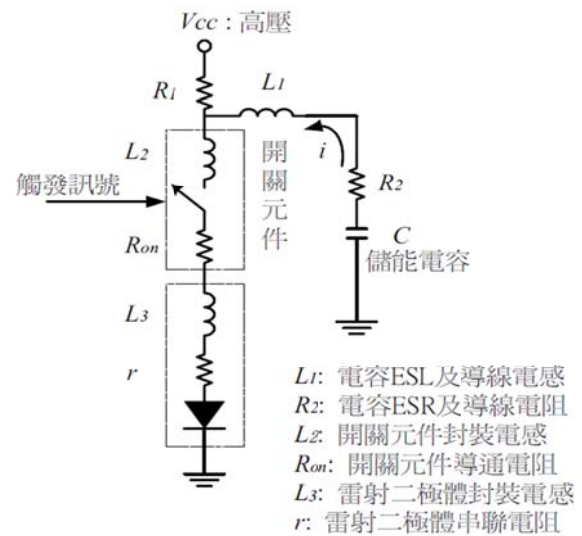
由於脈衝雷射二極體之激發必須在短時間內注入極大的電流，因此當注入的電流越大時，其電流脈衝的寬度也要越小，而且其激發之重復率或者工作週期因數(duty factor)也不能太大，以免雷射因過熱而損毀。脈衝雷射二極體驅動電路之基本原理如圖三所示，利用儲能

電容 C 在開關原件(Switching element)開路(turn-off)時，將電荷儲存起來，R 和 C 的值會決定充電的時間，亦即決定產生脈波的重覆率，當輸入觸發訊號使開關原件通路

時(turn-on)時，電荷由 C 經過開關原件，流過雷射二極體，C 及(L1+L2+L3)形成鬆弛振盪(relaxation oscillation)，開關原件的開啓時間(turn-on time)以及放電路徑的總電感，將會影響流進雷射二極體之峰值電流  $I_p$ [4]。  
 $LT=L1+L2+L3$ ， $RT=R2+Ron+r$ ，

$$\begin{cases} i = C \times \frac{dV_c}{dt} \\ V_L = L_T \times \frac{di}{dt} \end{cases} \quad (1)$$

$$I_p \approx \frac{V_{cc} - V_L}{R_T} \quad (2)$$



圖三 脈衝雷射二極體驅動電路之基本原理

增加 C 的電容值或 VCC 亦可使 IP 增加，但是再增加 C 的同時也會增加所儲存的電荷，需要較長的放電時間，會導致脈衝電流的寬度增加[5]，電流脈寬必須小於雷射二極體所容許的最大脈寬，以免損毀雷射二極體。

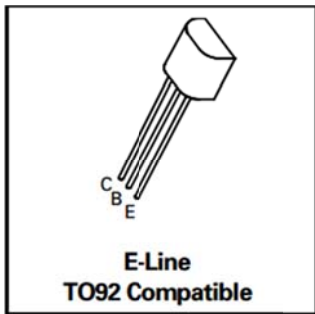
### 3. 系統架構



本論文研究目的在研製高功率雷射驅動電路，系統由ZTX413累崩電晶體、CW 808nm Laser Diodes、雷射二極體驅動電路等三個單元所組成。

**(a) ZTX413 累崩電晶體**

ZTX413 雪崩電晶體的產品特點有其在雪崩模式下操作，具有50A峰值雪崩電流與低電感包裝。常應用於雷射LED驅動器、快速邊緣產生器和高速脈衝產生器。下圖四所示為ZTX413的實體圖。



圖四 ZTX413 實體圖

**(b) QSI 635nm Laser Diodes**

本研究之雷射二極體選用QSI所生產的雷射二極體QL63F5SA、中心波長為635nm、閾值電流 ( $I_{th}$ ) 為35mA，表一所示為QL63F5SA的Datasheet資料表。

表一 雷射二極體 Datasheet

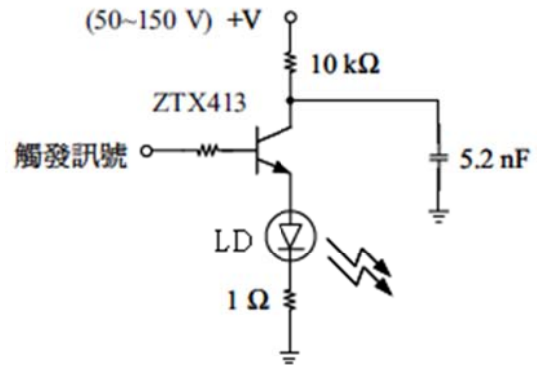
◆ELECTRICAL and OPTICAL CHARACTERISTICS at  $T_c=25^{\circ}C$  <sup>(1)(2)</sup>

Items	Symbols	Min.	Typ.	Max.	Unit	Condition
Optical Output Power	$P_o$	-	10	-	mW	-
Threshold Current	$I_{th}$	-	35	47	mA	-
Operating Current	$I_{op}$	-	45	55	mA	$P_o=15mW$
Operating Voltage	$V_{op}$	-	2.2	2.5	V	$P_o=15mW$
Lasing Wavelength	$\lambda_p$	-	637	645	nm	$P_o=15mW$
Beam Divergence <sup>(3)</sup>	$\theta_{  }$	6	8	12	deg	$P_o=15mW$
	$\theta_{\perp}$	28	34	40	deg	$P_o=15mW$
Beam Angle	$\Delta\theta_{  }$	-	-	$\pm 1.5$	deg	$P_o=15mW$
	$\Delta\theta_{\perp}$	-	-	$\pm 2.5$	deg	$P_o=15mW$
Monitor Current	$I_m$	0.05	0.15	0.3	mA	$P_o=15mW$
Optical Distance	$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$	-	-	$\pm 60$	$\mu m$	-

**(c) 雷射二極體驅動電路**

本研究針對高功率雷射二極體設計一種脈衝雷射二極體的驅動電路。

如圖五所示，利用ZTX413驅動波長635nm之脈衝雷射二極體，可透過選擇不同的集極電壓或儲能電容而得到不同的脈衝電流。QSI所生產的雷射二極體QL63F5SA最大閾值電流為47mA，最大峰值光功率為200mW，非常適合用於高功率雷射驅動電路。



圖五 雷射二極體驅動電路

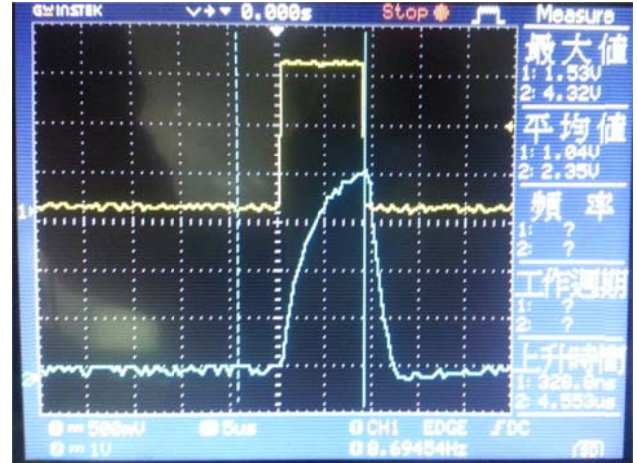
**4. 實驗結果與分析**

有幾件脈衝雷射的特性是我們來考慮的結果，如峰值功率，平均功率，脈衝寬度，和脈衝能量。

下圖六所示，為實計量測到的雷射脈衝波形，在可變電阻15Ω、輸入電壓3.6V、輸入電流約50mA下觸發脈衝雷射，黃色線段為輸入信號波形，藍色為光檢知器接收到的窄脈衝信號，由圖可知脈衝頻率為88.72KHz、瞬間輸出峰值電壓為2.1V、脈衝寬度約為15.4μs，計算可得峰值功率約為105mW。

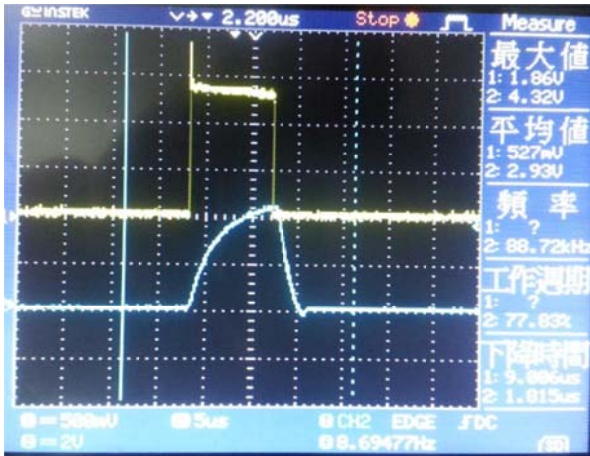
下圖七所示為可變電阻30Ω、輸入電壓4V、輸入電流約50mA下觸發脈衝雷射，黃色線段為輸入信號波形，藍色為光檢知器接收到的窄脈衝信號，由圖可知脈衝頻率為75.76KHz、瞬間輸出峰值電壓約為4.2V、脈衝寬度約為13.2μs，計算可得峰值功率約為210mW。

圖八所示為可變電阻45Ω、輸入電壓4.4V、輸入電流約50mA下觸發脈衝雷射，黃色線段為輸入信號波形，藍色為光檢知器接收到的窄脈衝信號，由圖可知脈衝頻率為74.63KHz、瞬間輸出峰值電壓約為4V、脈衝寬度約為13.4μs，計算可得峰值功率約為200mW。

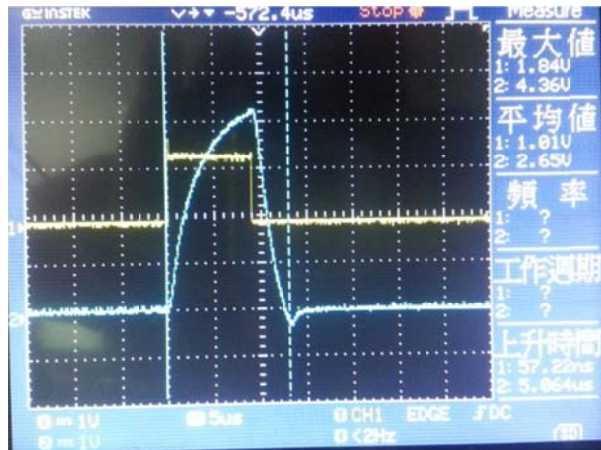


圖八 雷射脈衝波形圖

比較各項數值後整理如表二所示，可發現當VR提高時所需驅動電壓增加，脈衝頻率會降低但是脈衝寬度會變窄，當可變電阻到30Ω後，峰值功率幾乎一樣表示趨於穩，當驅動電壓提高，輸出功率呈現成長趨勢。



圖六 雷射脈衝波形圖

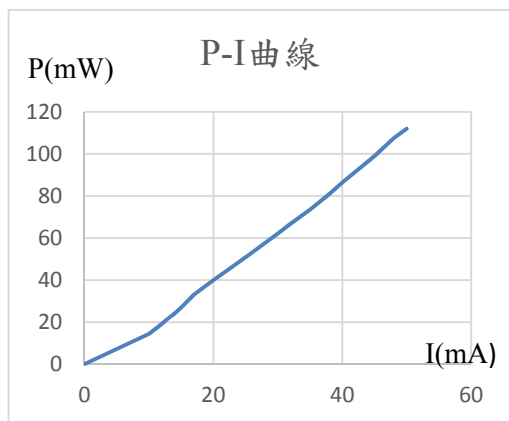


圖七 雷射脈衝波形圖

表二 雷射脈衝實驗之結果

	可變電阻 15Ω	可變電阻 30Ω	可變電阻 45Ω	可變電阻 60Ω	可變電阻 75Ω
輸入電壓(V)	3.6	4	4.4	4.5	5.7
輸入電流(mA)	50	50	50	50	60
脈衝頻率 (KHz)	88.72	75.76	74.63	73.53	99.01
輸出峰值電壓 (V)	2.1	4.2	4	4	4.2
脈衝寬度(μs)	15.4	13.2	13.4	13.6	10.1
峰值功率(mW)	105	210	200	200	252

圖十所示為635nm的雷射二極體測量到的P-I特性曲線。



圖十 雷射二極體 P-I 特性曲線

## 5. 結論

當VR提高時所需驅動電壓增加，脈衝頻率會降低但是脈衝寬度會變窄，當可變電阻到 $30\Omega$ 後，峰值功率幾乎一樣表示趨於穩，當驅動電壓提高，輸出功率呈現成長趨勢。本實驗可在可變電阻約為 $75\Omega$ 、峰值電壓 $4.2V$ 、輸入電流約 $60mA$ 下觸發脈衝雷射，得到最大輸出功率為 $252mW$ 的雷射驅動電路，其電路簡易電流穩定，為一個實用的高功率半導體雷射二極體驅動電路。

## 6. 參考文獻

- [1] 孫萬立，“時間振幅轉換鍵於雷射測距之應用”，國立中央大學光電科學研究所博士論文，2000年。
- [2] 蘇靖元，“智慧型紅外線雷射測距儀反制系統之研究”，逢甲大學電機工程學系碩士論文，2013年。
- [3] Masamitsu Kurisu, Yasuyoshi Yokohji, Yusuke Shiokawa, “Development of a Laser Range Finder for 3D”, IEEE, pp. 443–448, October 2004.
- [4] Robert Burman and George J.Krausse, “A High Current Fixed Pulse Width Laser Diode Driver”, Directed Energy Inc., 1996.
- [5] Ari Kilpela and Juha Kostamovaara,

“Laser Pulsar for a Time-of-Flight Laser Radar”,

Rev.Sci.Instrum.,68,6,pp.2253-2258, 1997.

- [6] Masamitsu Kurisu, Yasuyoshi Yokohji, Yusuke Shiokawa, “Development of a Laser Range Finder for 3D”, IEEE, pp. 443–448, October 2004.

- [7] ZTX413 Datasheet - DIODES Incorporated - Datasheets360.com, [http://www.datasheets360.com/part/detail/ztx413/-726966983744756390/?se=ggka&setag=d360&cid=paidsearch&gclid=Cj0KEQjwmqyqBRC7zKnO\\_f6iodcBEiQA9T996F5ZZttR37ypbRR1U-v4-sBODPRri4gHsV6zOJx1qEwaAqx58P8HAQ](http://www.datasheets360.com/part/detail/ztx413/-726966983744756390/?se=ggka&setag=d360&cid=paidsearch&gclid=Cj0KEQjwmqyqBRC7zKnO_f6iodcBEiQA9T996F5ZZttR37ypbRR1U-v4-sBODPRri4gHsV6zOJx1qEwaAqx58P8HAQ)

## 航空器交流電源故障隔離系統

劉子齊<sup>1</sup>, 陳德請<sup>1\*</sup>, 李昆益<sup>2</sup>

<sup>1</sup>逢甲大學, 電機工程學系, 台中市

<sup>2</sup>中華科技大學, 電機工程系, 台北市

\*kanatasan.tw@yahoo.com.tw

### 摘要

航空器在空中飛行時, 電源供應相當重要, 其交流電源供應品質依 MIL-STD-704D 電源規範交流電力 115/200V, 400Hz, 溫度容許範圍-55°C~+125°C。若於空中失去電源供應, 則飛機只有墜毀一途。本論文建構變速恆頻發電機故障模式, 與雷達發射機之故障隔離裝置。雷達全功率輸出時, 電子零件老化或作用不良, 有突波輸出, 影響電源輸出品質, 造成交流電源異常顯示, 需進行隔離。本文提出將使現行交流電源故障隔離之程序方法更完善。

**關鍵詞:** 航空器、變速恆頻發電機、雷達發射機

### 1. 簡介

目前噴射航空器使用變速恆頻發電機以提供交流電源, 主要因其轉速可配合 10000 轉以上航空器引擎。一般發電機工作轉速約 3000~5000 轉, 碳刷結構在長時間使用易產生損壞, 變速恆頻發電機內部為同步發電機連結一變速轉換系統, 因此可建構無碳刷發電機, 大大增加了可靠度。航空器在使用頻繁下, 常有非預期性故障產生, MIL-STD-704D 電源規範交流電源輸出範圍為 110~118V, 若有超出或低於此範圍之電源供應則航空器交流電源失效燈亮起, 因此建構一套快速隔離之故障方法是必要的。載客率及飛機妥善率對航空公司而言是非常重要的, 降低故障航空器滯場時間有需要。因為相對影響就是毛利率及失事率, 本文將討論現行故障分析方法, 加以補足發射機故障缺漏之處, 使現行之維修系統更趨完善。

### 2. 原理

#### 2.1 航空電氣系統原理概述

在電源供應系統中, 有主要幾個項次, 分別為交流電源、直流電源、外電源、緊急電源及電源分布等。簡單說明如下, 交流電源為航空器主要電源供應, 其原理如同輸配電, 來源若為直流, 將會大大增加傳輸成本及空間耗用, 對航空器而言也是相對不利, 因體積越大的航空器, 耗油就越多, 散熱也越差, 故現行作法皆為使用交流電源輸出, 經由變流器轉換為直流電源供應給航空器所有交直流所有系統, 例如飛控、液壓、燃油、發電機等諸如此類。

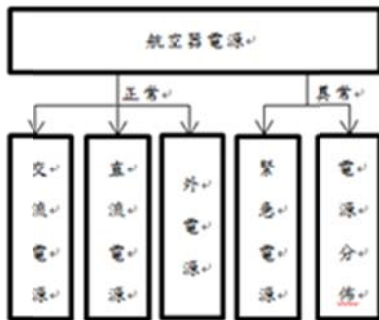
直流電源系統有兩大部分, 一為來自交流電源經變流器而來之主要供應電源, 此電源為供應全機直流之設備, 另一電源供應為飛機加裝之電瓶供電, 此電源為緊急狀況使用, 由電瓶充電器隨時監控電瓶是否損壞, 並且隨時對電瓶執行快充及慢充, 使用混和式充電方法, 低電量時採定電流充電, 已快速充飽, 當電壓趨近飽和時, 改以定電壓慢速充電, 使電瓶電量隨時達到最佳飽和狀態, 因電瓶供電只提供全機重要裝備使用(EX: 飛控系統), 故一定要隨時可供應最佳電力, 才可滿足緊急情況時, 供飛行人員能平安落地, 增加飛安可靠度。

外電源系統主要為供地面操作人員測試使用, 系統內有一電力監控器隨時比對輸入電源使否合乎規範, 以免品質不佳之電源損害飛機裝備, 因機上使用之裝備皆為高單價及高精密度之飛行儀表, 若電源產生突波, 很有可能損壞電子零件, 造成航空器無法正常運作, 故使用一監控單元隨時注意電源輸

入是否正常。

緊急電源一般泛指主電源完全無法供應時之備用系統，除了剛剛直流電源提到之電瓶電源，另外會加裝整合動力系統，此系統與主要電源供應相左，為一獨立完全之電源供應，啟動時供應全機所有緊急所需之裝備，其原理類似停電使用之緊急發電機，使用柴油發電，但僅能做小容量之電源供應，其電源品質亦不如主電源系統供應之品質良好，但飛安危急時可安全落地為最重要情況，故電源品質下降可粗略不計。

電源分佈系統為航空器所以電源供應之斷電器，分佈於所有機上裝備，目的也是防止燒損裝備，其原理類似家中變電箱之無熔絲開關，當某一處電流突然過大，超出斷電器控制流量，或者有線路短路，此時斷電器先行跳開，已避免更多裝備損壞，航空器電源控制系統如圖一所示：



圖一 航空器電源控制流程圖

正常：交流電源妥善、異常：交流電源故障

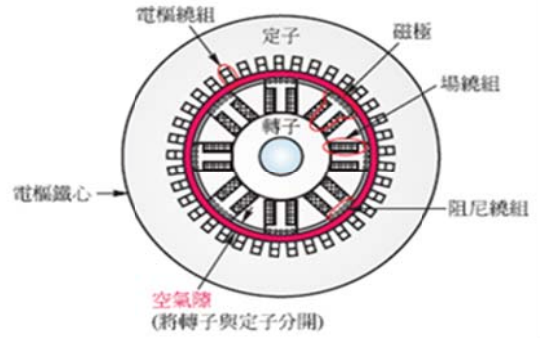
### 2.2變速恆頻發電機介紹

此款型式的發電機常使用於航空器，因可搭配附件齒輪箱，由發動機運轉時一起帶動，加上無碳刷機構，大大提高可靠度，因發動機轉速皆萬轉以上，因此採用同步發電機配合控制器，以達成飛行時需要，常見同步發電機構造及如圖二所示。單相定子感應電壓如方程式(1)：

$$E_A = \sqrt{2}\pi Nf \quad (1)$$

其中N為匝數比， $\omega$ 為角速度，f為頻率。

因同步發電機轉速與航空器轉速相同，因此在不同的速度變化下，發電機感應出之頻率會有大幅度變動，因此必須藉由轉換電壓之方式，使電源品質符合航空器使用規範，頻率轉換方式如圖三所示。

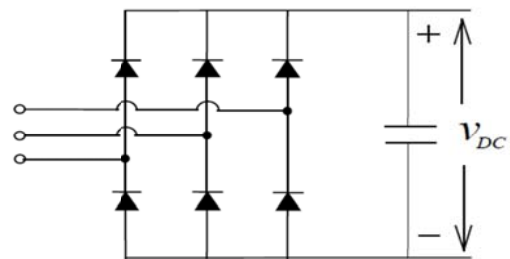


圖二 同步發電機構造



圖三 頻率轉換流程圖

其同步發電機產生具變動頻率之交流電壓，經整流及濾波電路，轉換成直流電壓，整流電路是用全波橋式整流電路，因為效率高，電路佔用體積小，因效率與變壓器整流相差不遠，且變壓器體積過大，故採用二極體做為整流軸，其控制電路如圖四所示：



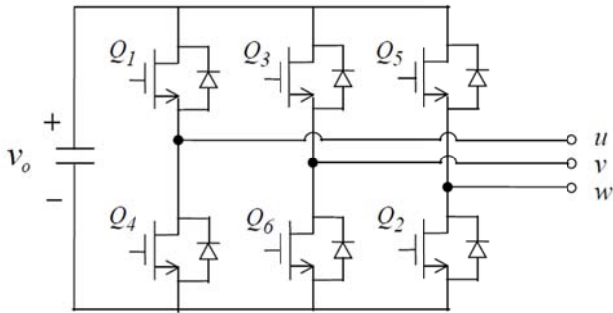
圖四 三相橋式整流電路

單相直流電壓有效值如方程式(2)：

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707V_m \quad (2)$$

其中 $V_m$ 為整流前峰值電壓。

轉換後之直流電壓，經由半波變流器轉換成具變動之交流電壓，利用MOS FET開關性質，加上方波及三角波之比較電路達成，已達成近似航空器所需之交流電壓，此電壓波形趨近於方波，後續採用PWM調變技術分段取樣，達成近似正弦波之交流電壓，因供應之直流電壓不具頻率變化特性，因此轉換出之交流電壓頻率可固定在航空器工作所需之交流電壓，變流器控制電路如圖五所示：



圖五 變流器控制電路

每相電壓輸出如方程式(3)：

$$V_{out} = \frac{V_o}{2} \quad (3)$$

其中 $V_o$ 為電容儲存電壓。

### 2.3航空器雷達系統簡介

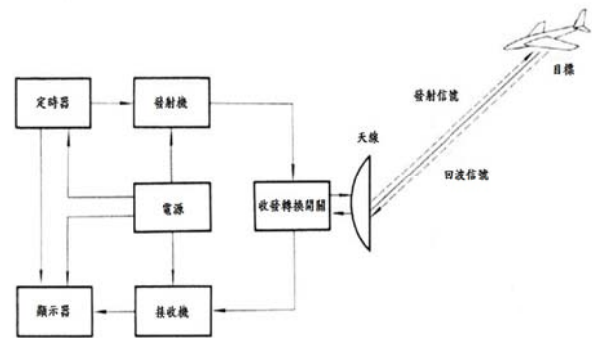
在航空器飛行時，雷達系統所扮演的功能為及時隨時告知操作人員是否在航行期間周圍有異樣產生，在交流電源系統供應全機時，幾乎所有的系統皆為啟動狀態，以應付飛行時所有可能遇到的情況，因此通訊系統、導航系統、飛行操縱、雷達偵測皆會同時使用電力，而雷達系統需要發射高功率之無線電訊號，因此對電力系統品質影響最劇。

一般常見於航空器的雷達系統，採用脈衝都卜勒雷達，因為體積小，量測範圍遠，

在發射和接收時，利用分工技術，故天線只一具即可共用，常見的雷達組件有發射機、機收機、天線、電源供應電路等，系統控制如圖六所示。

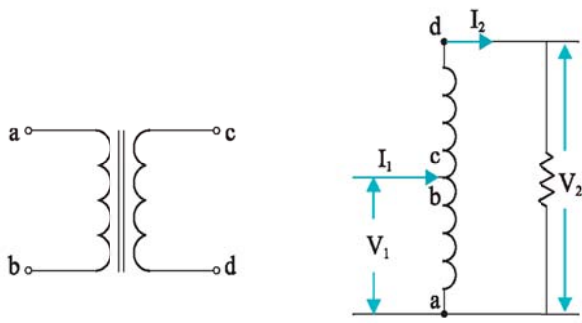
### 2.4發射機介紹

雷達發射機主要功能為將無線電波訊號做功率放大，本次探討的雷達發射機工作頻率為8~12.5GHZ之超高頻，之後送至天線發射，因為功率放大後，雷達掃描的距離可大幅增加，因此對航空器而言是相當重要的一項技術，如同開車時的視野，假設原本可



圖六 雷達系統控制圖

看距離為25公尺，經由放大後視野增加到100公尺，那可注意的地形和影響駕駛的物體將可提早許多察覺，駕駛反應的時間也大大增加。而無線電波的功率放大技術，主要使用高壓電源供應器配合行波管使用，行波管為常見之真空管，在無線電波放大時，需要相當大的電壓做電子發射，因此必須搭配高壓電源供應器使用，在高壓電源供應電路的部分採用自耦變壓器升壓，再搭配倍壓電路，乳此設計可將電路體積最小化，且達到電源供應(約數千伏特)，電路結構如圖七、圖八所示：



圖七 自耦變壓器電路

自耦變壓器電壓關係如方程式(4)：

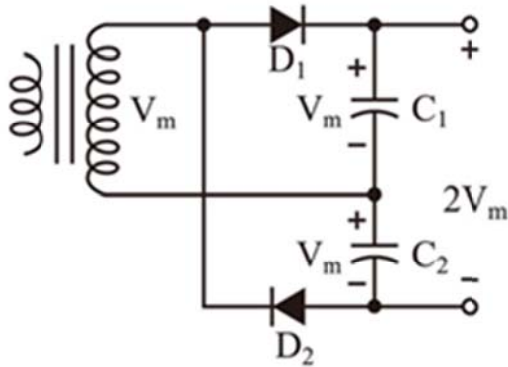
$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_{ab}}{(N_{ab}+N_{cd})} \quad (4)$$

其中 $V_1$ 為一次側電壓， $V_2$ 為二次側電壓， $N_{ab}$ 為公共匝數， $N_{cd}$ 為串聯匝數。

全波倍壓電路輸出如電壓方程式(5)：

$$V_o = V_{c1} + V_{c2} = 2V_m \quad (5)$$

其中 $V_{c1}$ 、 $V_{c2}$ 為電容儲存電壓。

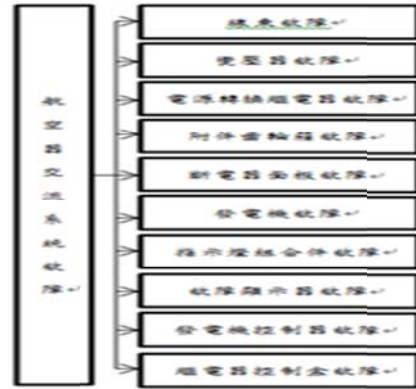


圖八 倍壓電路

### 3. 系統架構

因航空器電氣系統故障層出不窮，因電子零件壽命無法預先估算何時故障，如繼電器、電容、二極體等皆是常見故障主因，但影響使用時間的因素太多，諸如溫度、使用頻率、壓力等等，因此電子元件一般無固定更換時數，則是趨向於故障快速隔離組件，並立即更換妥善件，以迅速恢復航空器妥善

情況，以此方法也較經濟及迅速，因此在電源系統及其他系統也常用組件隔離之方式修復異常之航空器，在此先歸類出常見航空器電器故障之原因，以此方法做為基底，後續針對特殊異常現象，配合歷年數據分析，以儘快抓出肇因。現行交流電源所見故障分析如圖九所示：



圖九 航空器交流電源故障類別圖

另外隔離故障方法，採用逐項隔離之方式，先讀取飛機故障代碼，依指示項目執行組件更換，後續執行系統檢試是否妥善，若後續航空器飛行，重複故障依舊產生，先針對常發故障組件執行更換，因組件電子零件介於接觸不良狀態，亦會造成此現象產生，另為求保險起見，在重複故障產生後，所有相關電器線路執行線束檢測，因線束也有可能外層隔離脆化或線束連接不良造成線路搭接產生偶發性故障，因此執行線束電路檢測，以三用電表歐姆檔檢查交流電源相關線束，是否有阻抗過高或斷路情況，因航空器在空中產生電源故障是相當可怕的，若有不慎將造成航空器墜毀，因此要迅速並謹慎處理異常才能維持飛行安全，若已做上述措施，重複故障持續，則此時將會探討其他原因，並針對更替之組件做測台檢測，此時以經驗判斷其他故障之機率，並交叉比對前述更換之組件，因重複故障產生，先前更替之組件極有可能皆為妥善，因此再詳加以刪去法做隔離分析，分析流程圖如圖十所示：

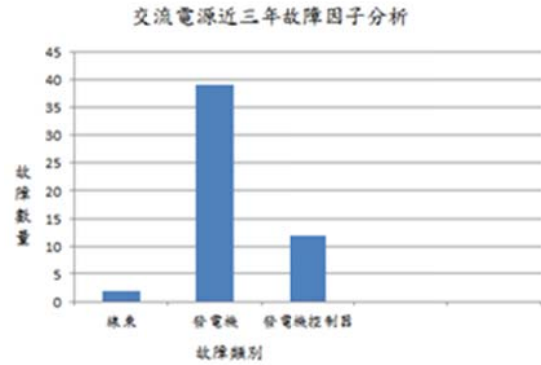


圖十 隔離分析流程圖

因航空器故障層出不窮，故常有故障代碼無法對應之情形，若遇到此種情況，通常藉由歷年故障分析最有可能發生故障之器材或系統，將故障範圍縮小，故障能盡快排除，另外在線束的部分，也會針對高震動及容易接觸油氣的線束做加強目視檢查及線路阻抗檢查，以儘快將故障複製出，進而解決故障。

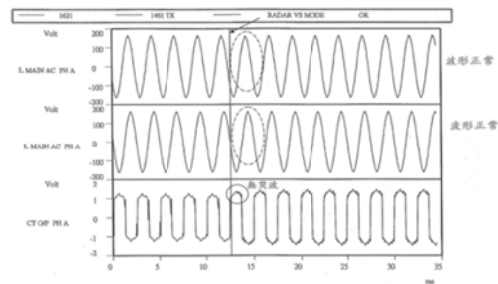
#### 4. 實驗結果與分析

首先，當航空器發電機失效燈亮時，採取隔離步驟，依據失效指示燈板所顯示出之故障執行組件更換，當交流發電機更換後，執行地面功能檢視正常後，使航空器飛行觀察，若相同故障持續發生，先行更換最有可能影響交流電源系統之組件，依據歷年交流電源故障頻率最高組件執行更換，再檢查相關電路是否有接觸不良及其他異常現象發生。常見故障組件由圖十一所示：



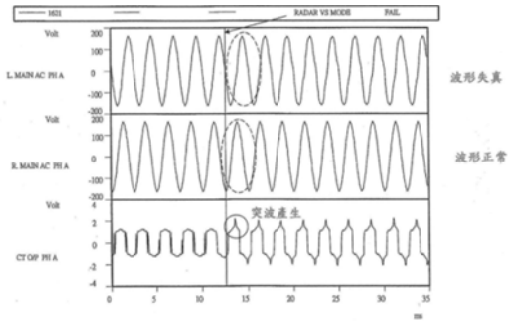
圖十一 航空器常見故障直條圖

當更換組件後再執行航空器飛行觀察，若故障持續產生，此時檢查所有用電設備，並分析用電需求最大之器材，執行隔離更換，後續執行航空器飛行觀察，看故障情況是否發生。因航空器飛行時所有設備皆會開啟，故皆有可能肇生電源品質不良，而在空用雷達發射接收部分，因需要發射機增加功率，唯有此器材內部裝有高壓電源供應器等控制，故最先隔離此器材以判斷是否故障原因，經拆下檢試，發現在最大功率輸出電壓時，有產生突波現象，因此判斷為影響交流電源故障之其他原因，測試結果如圖十二、圖十三所示：



圖十一 發射機電壓正常輸出





圖十二 發射機電壓異常輸出

### 5. 結論

當航空器交流電源故障產生時，可增列發射機之故障隔離程序，這樣可使交流電源系統產生異常時，縮短故障檢修時程，以增加航空器之可靠度，並降低人力負荷。

### 6. 參考文獻

[1] K. M. CHIRGWIN, L. J. STRATTON “Variable-Speed Constant-Frequency Generator System for Aircraft”, IEEE JOURNALS & MAGAZINES, Publication Year: 1959, Page(s): 304 - 310

[2] Stephen J.Chapman “電機機械”，高立圖書有限公司，2006年。

[3] 謝正雄“快速充電器之研製”遠東學報第二十八卷第二期，2011年。

[4] 簡鳳佐“功率金氧半電晶體(MOSFET)之簡介”電子資訊專刊第20卷第1期，2014年。

[5] 高廣權“航空發動機減速組齒輪箱失效調查與分析研究”國立成功大學 工學院工程管理研究所，碩士，2008。

[6] 林政達“數位式市電並聯型換流器與快速鎖相迴路控制器之研製”國立雲林科技大學 電機工程所，碩士，2003。

[7] 林筱秋“雙饋式感應發電機之低電壓忍受能力改善方法研究”國立中山大學，電機工程所，碩士，2010。

[8] 林俊宏“以FPGA晶片控制鉛酸電池快速充電器之研究”遠東科技大學，電機

工程所，碩士，2011。

[9] 陳明宏“交流-直流-交流功率控制器於三相雙繞組永磁式同步風力發電機系統之應用”國立台灣科技大學，電機研究所，博士。

[10] 王德緯“具能量回送與電量估測之鉛酸電池充電器設計與實現”國立中央大學，電機工程所，2007。

[11] Westinghouse Electric Corp.“專利 US4948209”，1990年。

國家圖書館出版品預行編目資料

積體光機電科技與智慧財產權實務會議論文集.  
2015 第九屆/中華民國積體光機電科技協會編著. --初版.  
-- 臺北市：積體光機電科技協會，民 104.6  
面； 公分  
部分內容為英文  
ISBN 978-986-85210-8-7 (平裝)  
1.光電科技 2.電機工程 3.文集  
448.6807 104011007

**2015 第九屆積體光機電科技與  
智慧財產權實務會議論文集**

---

編 著：中華民國積體光機電科技協會  
發行人：中華民國積體光機電科技協會  
出版者：中華民國積體光機電科技協會  
電 話：(02) 87850039  
傳 真：(02) 87850031  
地 址：台北市信義區忠孝東路五段 669 號 2 樓之 2  
初 版：中華民國 104 年 6 月

---

ISBN：978-986-85210-8-7



