

第九屆旺宏科學獎

成果報告書

參賽編號：SA9-251

作品名稱：光學感應鎖

姓名：王星萌

關鍵字：光學、鎖、邏輯電路

研究題目：光學感應鎖

摘要

鎖的設計方式種類繁多，有機械鎖、磁性鎖、電子鎖、指紋鎖等方式，一般傳統的機械鎖容易被撬開，而電子式的密碼鎖則可以利用嚐試錯誤的方式來破解，傳統上的鎖較少利用光學方式來設計製作。物理老師在上課時有提過全像光學鎖的設計，它是利用雷射的干涉現象來製作的鎖，運用光的二元隨機相位來編碼，就很難被破解。學校物理課程有上過幾何光學，光線具有反射與折射的性質，因此我們想設計一個利用光學控制的鎖，初步的構想是利用光敏電阻來感測光的存在，利用一個圓柱型的導光壓克力棒，在圓棒上的特定位置上加工有刻痕孔洞，由於光線在圓棒內傳導時，有全反射的現象，當光線射到加工刻痕時，因為入射角度關係，光線會經由刻痕折射透出，再經光敏電阻感應後透過邏輯電路計算達到開鎖的功能。我們先設計光敏電阻感應光線的實驗裝置，了解光線經由不同位置孔洞洩漏出來的程度，及可能互相干擾的情況，最後根據實驗的結果，修改光敏電阻的排列方式，並搭配邏輯電路的設計製作，完成一組光學感應鎖。

壹、研究動機

有一次到朋友家玩，朋友是住在公寓的 8 樓，樓下沒有管理室，因此要進到樓梯間需要使用鑰匙，不然就是要用對講機連絡住戶開門。到了朋友家後聊天中才知道，他們對面的住戶曾經遭小偷，大家討論的原因是樓下大門的鑰匙被偷走了，因此要重新換一個鎖，這時大家又要花錢換鑰匙了。

有什麼方式可以避免這種情況發生，如果每一個住戶的鑰匙都不一樣，同時開門時就會有紀錄時間及用戶編碼，誰的鑰匙掉了就重新設定，這樣就很方便。因此就研究有什麼方法可以做到用戶的鑰匙不同，又都可以開同一扇門鎖，觀察了一般的鎖設計，都有使用到銅針，因此能開的鑰匙就是一種組合，如果不用銅針的話，可以用什麼來感應呢？可以用磁場、光學等方式，剛好學校電學有教到光敏電阻，因此我就想利用光學的方式來設計這個鎖。

貳、研究目的

- 一、 了解光線在壓克力圓棒內傳送的現象，及光線經由孔洞透出的效果。
- 二、 應用光學折射與反射原理及光敏電阻來製作光學鎖。
- 三、 設計並且製作一組邏輯電路可隨意控制光學鎖開關組合。

參、研究設備及器材

一、 機械部分

1. 車床
2. 數值控制加工中心機
3. 雷射切割機
4. 使用材料：鋁材、壓克力等

二、 電子電路部份

1. 銲槍
2. IC--89s51
3. 光敏電阻
4. 三用電表
5. 電子電路實作工具

肆、研究過程

研究過程如圖 1 所示，分爲三個部分，第一個部分爲實驗設備的設計製作，實驗研究以壓克力棒作爲光學鎖的光線導引裝置時，可能有哪些現象產生，並設法解決這些問題。第二部分是在鎖頭的設計，包含光敏電阻的位置、光源作動的方式等等。第三部分爲邏輯電路設計、製作及測試修正。

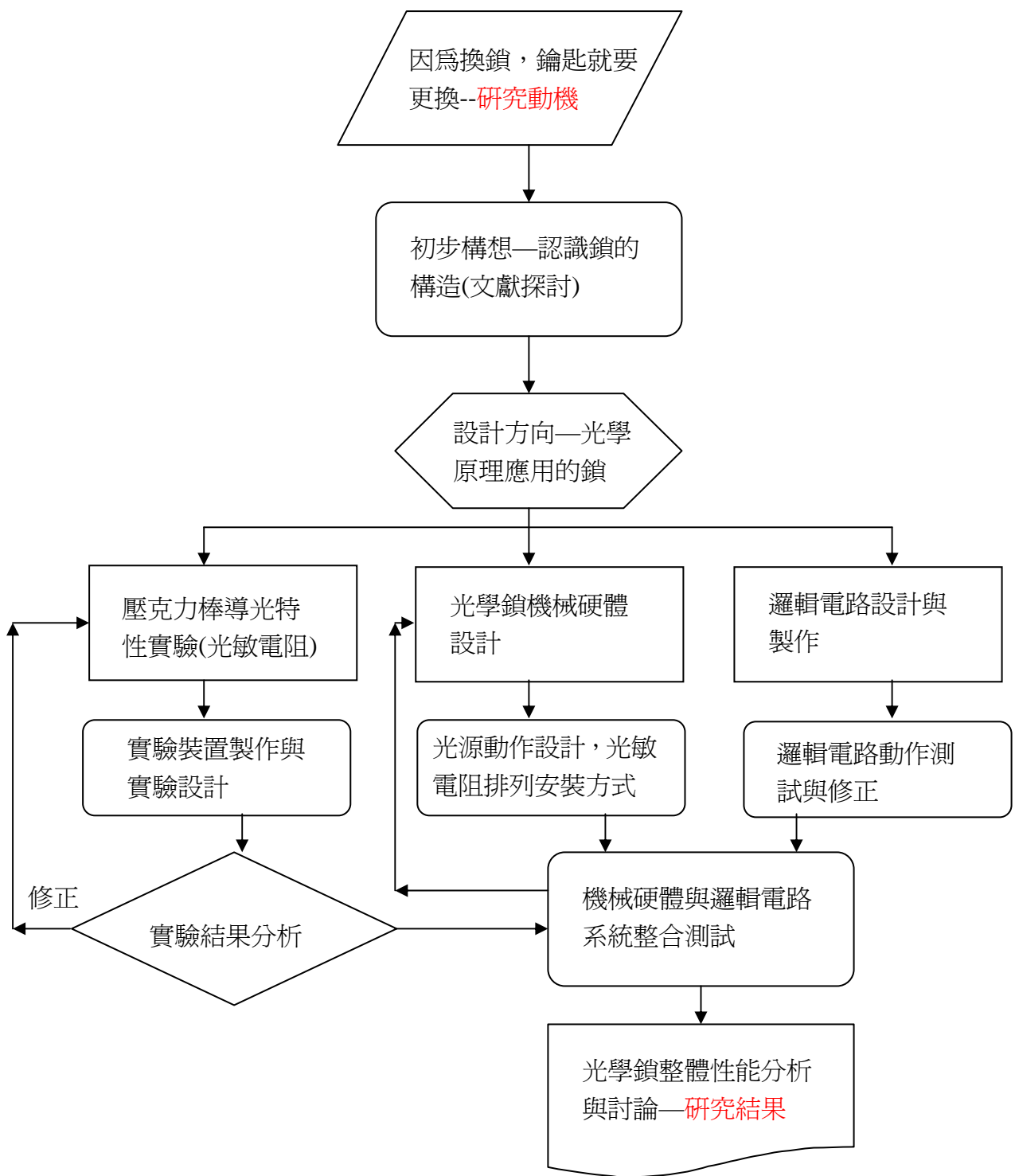


圖 1、研究流程圖

一、 文獻探討

1. 各種鎖的設計及原理

在專利搜尋中我們發現有利用條碼的方式作為鎖的設計，如專利證書 M214056 之**光學式門鎖**安全辨識裝置，圖 2 所示，設計在鑰匙表面設置條碼圖案，並且在鑰匙槽道外側裝設有光電模組，包含發光元件及光感測元件，利用紅外線掃描鑰匙上之條碼圖案後產生相對應之類比訊號輸出，經由控制端來進行比對與儲存，並依據比對的結果決定是否傳輸訊號給電磁閥解除對於大門卡樺之開關控制。還有其他利用光學原理設計的鎖，例如 2008 年 U19 的最佳創意作品，也是利用光學原理的方式來設計一個鎖，其設計方式為『在鑰匙的構造部份按下按鈕後即會從不同方位及角度投射數道光線，而鎖本身內部是光滑的金屬弧面，上面佈滿光線感應點，只有在特定定點感應到光線，才能順利將鎖打開。如要提高防盜效率，可設置二到三組光線密碼，連續解開後才有辦法順利開鎖。有了這套光學鎖，就可以向小偷說掰掰』！他的設計如圖 3 所示。

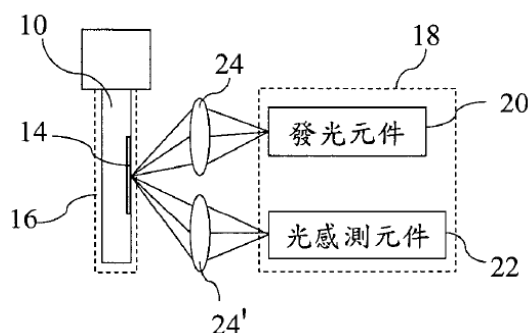


圖 2、條碼式光學鎖設計

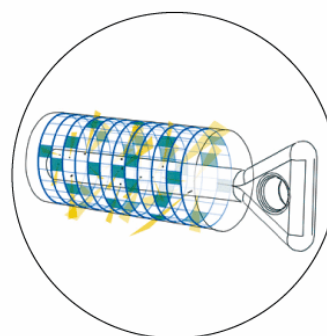


圖 3、U19 2008 年最佳創意作品示意圖

(摘錄自 U19 網站)

2. 光的反射與折射

光的折射定律如圖 3 所示。

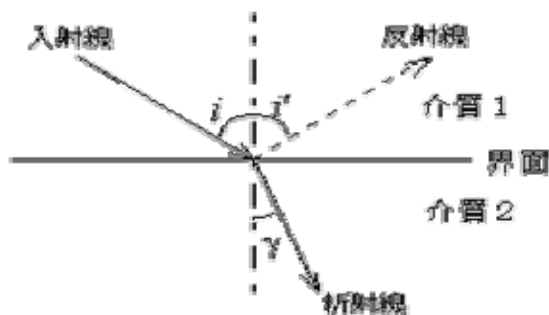


圖 4、反射與折射定律

3. 光纖原理

“光纖”(optical fiber)是一種可以傳送光線而外形非常微細的玻璃纖維，光纖由兩部分組成,內層部分稱為核心，外層部分稱為外殼如圖 5 所示，爲了使光線能在介質中傳送,所以核心部分的折射率(光密)比外殼折射率(光疏)大一些，方能滿足光由密介質(高折射率區域)入射疏介質會發生全反射的原理，而使光線能繼續不斷的在介質中傳播如圖 6 所示。

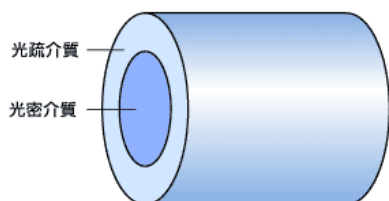


圖 5、光纖的切面

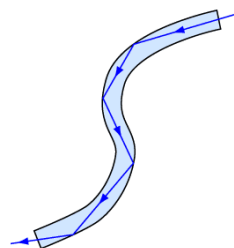


圖 6、光線在光纖中被全內反射

學校之前學長有一件科展作品跟光學有關，他們是利用光在壓克力內前進，當遇到刻痕或是一些加工處理的孔洞時，會有光線從加工處漏出，因爲當光線遇到刻痕處時，可能因爲入射角小於臨界反射角，光線就穿過刻痕，洩漏出來，實際測試如圖 7 所示，我們想利用這個特性來製作一組光學鎖。並且實驗了解其穩定性與可能遇到的問題。

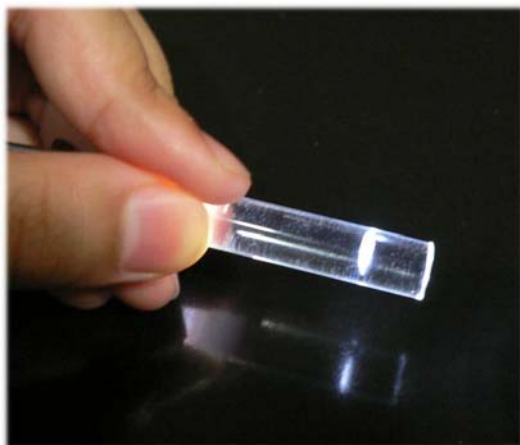


圖 7、壓克力圓棒的光纖現象

4. 單晶片微電腦硬體結構

微電腦硬體結構包含中央處理單元、記憶體單元、輸入單元與輸出單元等四個主要單元，其結構關係則如圖 8 所示。

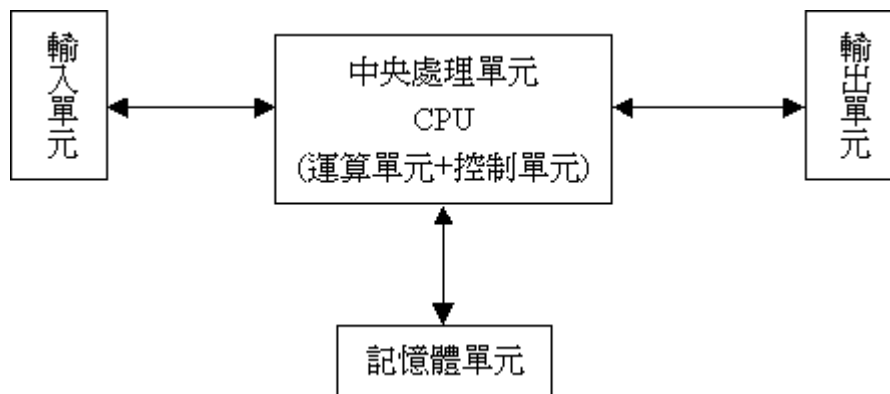


圖 8、微電腦硬體結構示意圖

5. 光敏電阻

圖 9 為 CDS 光敏電阻是一種薄膜的電子元器件，阻值隨著光源強度而變化。靈敏度高，體積小。當有光線照射時，電阻內原本處於穩定狀態的電子受到激發，成為自由電子。所以光線越強，產生的自由電子也就越多，電阻就會越小。



圖 9 光敏電阻

二、光學鎖機械硬體設計

設計的方式如圖 10 所示，其中鑰匙孔外有一中空圓柱，圓柱上有加工輻射狀的孔洞，每一個孔洞都可以裝設一個光敏電阻，鑰匙孔底部有一 LED 光源，我們使用壓克力圓棒作為鑰匙材料如圖 11 所示，壓克力鑰匙的外周圍刻有不同位置的加工痕跡，可以讓光線從加工刻痕透出。當鑰匙插入鑰匙孔內後，朝內壓住 LED 燈泡，燈泡後方有開關同時使 LED 亮起，LED 光線經由壓克力鑰匙導光出來，在刻痕處光線溢出，同時使光敏電阻動作，若光敏電阻的啟動或關閉是我們設定的排列時，門鎖就能打開，在不同的光敏電阻數量排列之下，就可以有很多種開門的組合。

整體設計特性

1. 利用光學方式控制門，不易被小偷打開門鎖。
2. 鑰匙遺失可以隨時修改，每戶人家的鑰匙都不一樣，便於人員管制。
3. 利用光纖傳遞光時，從光密物質到光疏物質時會有臨界反射角，因此當 LED 燈照入壓克力

導光鑰匙內時，因為角度關係，所以光線不會從鑰匙外圓透出，當我們將鑰匙上切出一個刻痕時，光線就會從這個地方溢出，達到控制的功能。

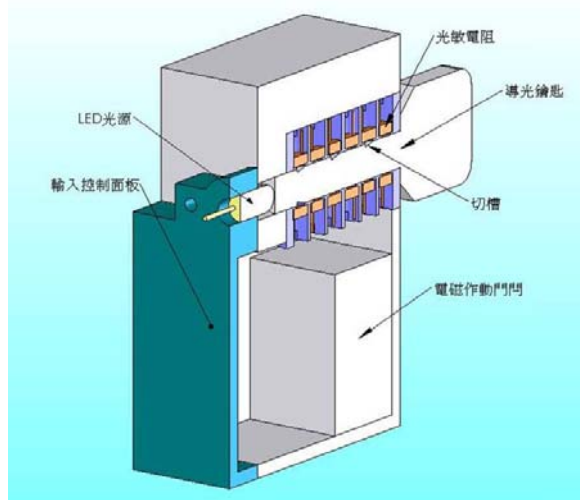


圖 10、整體設計剖視圖

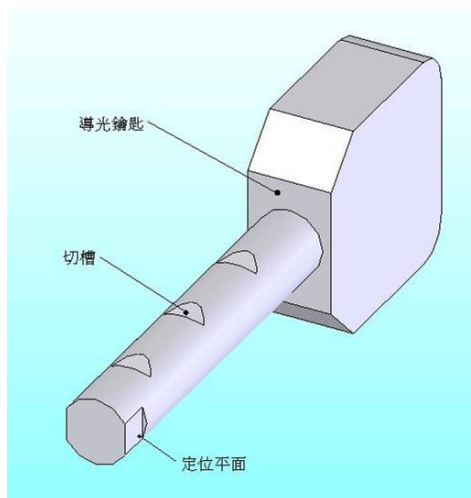


圖 11、導光鑰匙

將鑰匙往內加壓使 LED 燈亮起來，這時候設計位置的光敏電阻感受光源，訊號傳至控制器，控制器確認可開啓後，啓動電磁作動門門，使門打開。目前的鑰匙是利用壓克力製作，未來製作時可以使用如水晶或是玻璃等物質，可以有很高雅的質感。

三、 光敏電阻的應用實驗

在設計構想上會使用到光敏電阻，在實際測試時發現壓克力圓棒在加工後，在各感應點上可能會有互相影響的現象發生，因此我們想先設計一個實驗來了解可能會遇到的問題，實驗架構與設計如下。

在實驗架構設計時，我們只設計一排光敏電阻，如圖 12 所示，在鎖內裝置有一個 LED 光源，在將各種加工過的壓克力圓棒插入，再以三用電表來檢測各點的電阻值如圖 13 所示。

壓克力圓棒的加工排列如圖 14~16 所示，是利用學校的五軸加工機來加工圓棒如圖 17 所示，圓棒的加工設計有全部加工、單排加工、雙排加工、單環加工、兩環、三環、四環、五環加工。經過實際加工完成的各種壓克力圓棒如圖 18 所示。實驗時壓克力圓棒插入鎖內可以轉動，因此有些排列方式可以透過轉動圓棒得到不同組合。在圓周上我們分為四部份，分別為 0 度(A)、90 度(B)、180 度(C)、270 度(D)，光敏電阻感應位置為正上方位置，當壓克力棒旋轉時，可以得到不同位置凹孔對光敏電阻的影響。再與光源距離部分分別為 5、11、17、23、29mm，也就是當環加工時的相對位置。

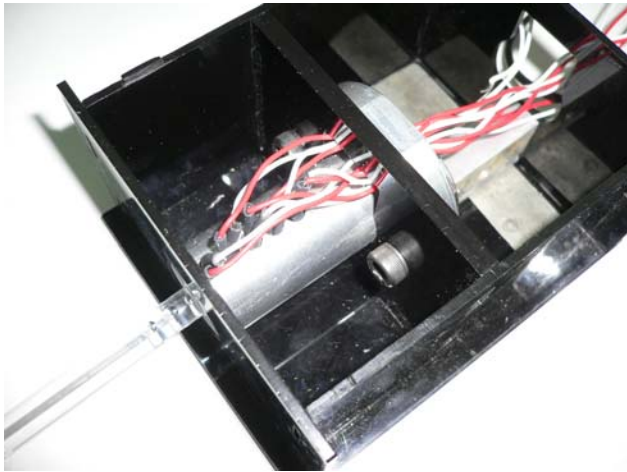


圖 12、實驗設備光敏電阻位置



圖 13、光敏電阻實驗架構

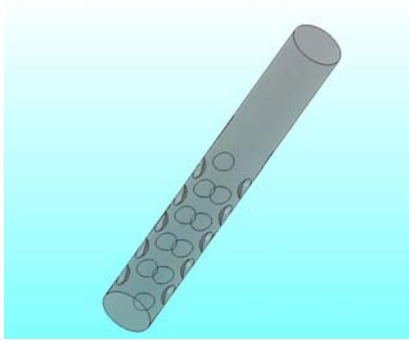


圖 14、全部加工的圓棒

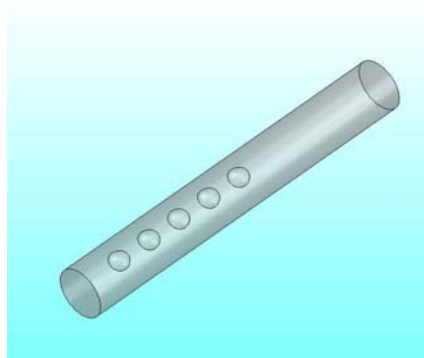


圖 15、加工一排的圓棒

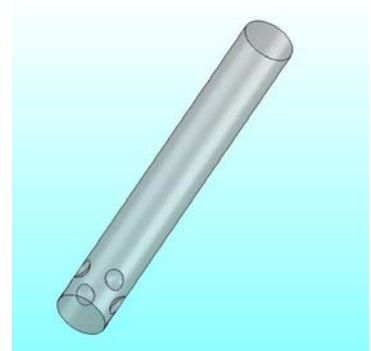


圖 16、加工一環的圓棒

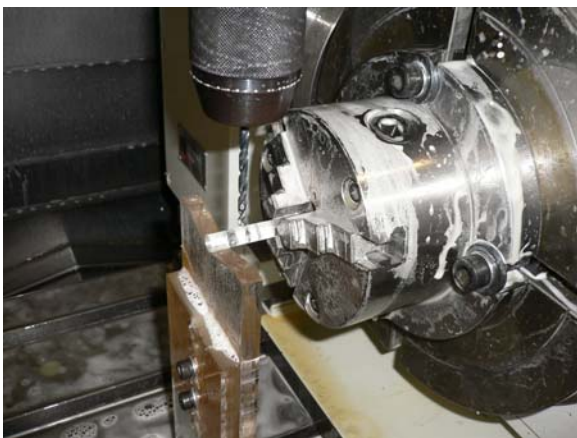


圖 17、壓克力圓棒加工方式



圖 18、各種加工完成壓克力圓棒

四、 邏輯電路設計

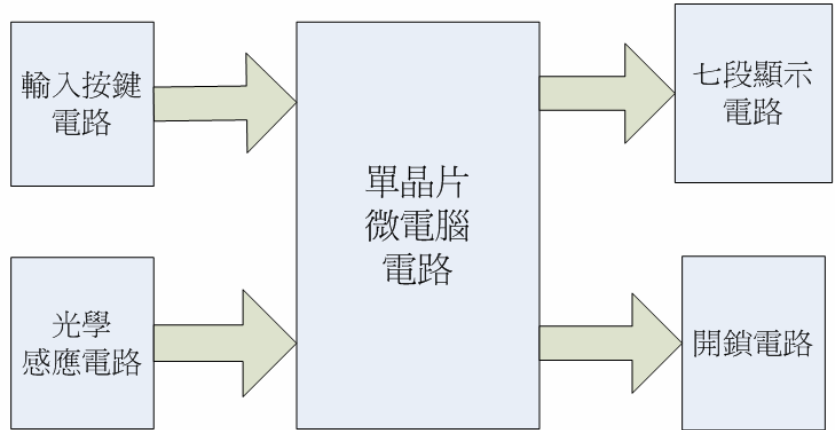


圖 19、系統結構圖

圖 19 為系統結構圖，輸入按鍵電路來設定光學鑰匙能開鎖的正確編碼，當光學鑰匙插入鎖孔時光學感應電路會將光學鑰匙的編碼輸入至單晶片微電腦電路中作判斷，當與所輸入的正確密碼相同時，會由開鎖電路來啟動開鎖並在七段顯示器上顯示 OPEN，若與所輸入的正確密碼不同時就不會啟動開鎖電路並會在七段顯示器上顯示 ERROR，邏輯電路如圖 20 所示，相關電路如圖 21、22 所示。

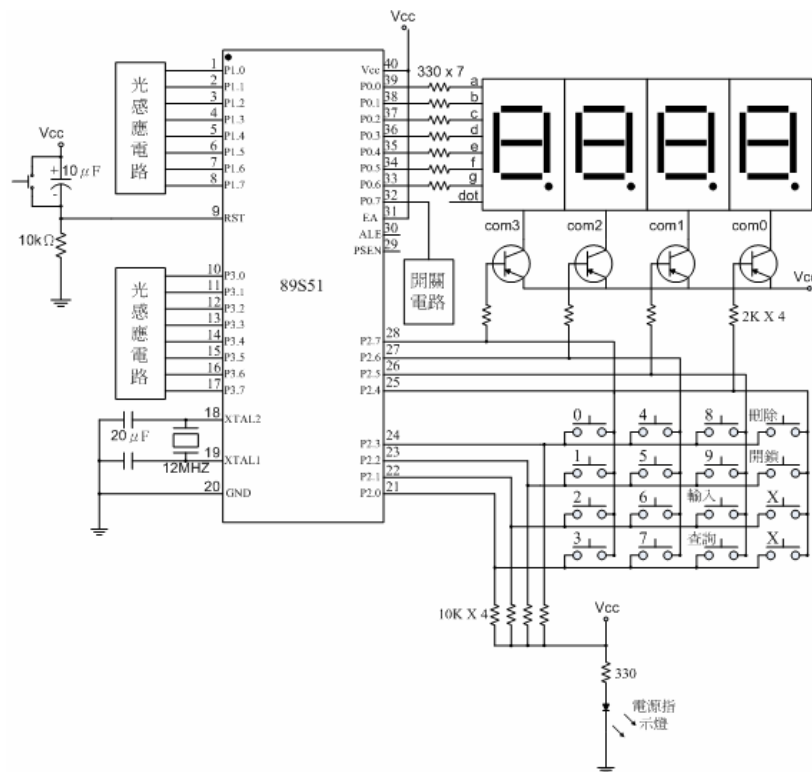


圖 20、邏輯電路

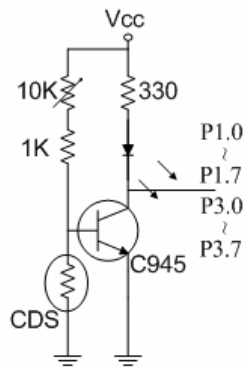


圖 21、光感應電路

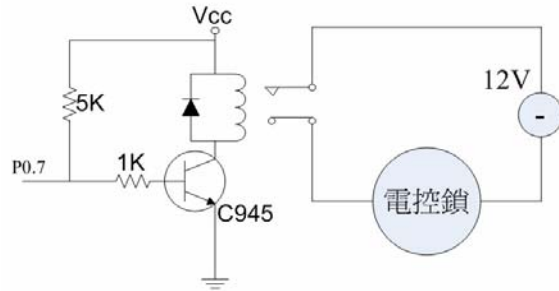


圖 22、開關電路

在鎖的開關控制上，我們目前先設定為 16 點的光敏電阻，每一個點的控制為 ON 及 OFF 兩段，因此理論上的排列組合為 2^{16} 個，共有 65536 個排列組合，但我們想用數字來代表每支鑰匙的編號，因此在組合上我們使用四個數字，每個數字以二進位表示，所以目前我們設計的鎖的開關組合為 0000~9999 共有 10000 個排列組合，其中 0000 的組合不使用，因為當鑰匙沒有插入鑰匙時，所有的光敏電阻沒有作用就是 0000 的組合。

例如我們使用『1234』的號碼作為開啓號碼，則光敏電阻需要感應到如下的光源

0001	0010	0011	0100
1	2	3	4

每一組有四個光敏電阻，在硬體上可以設計為同一排或同一環。0 表示其為無光源感應，1 表示壓克力棒有加工刻痕，光線會從刻痕漏出使光敏電阻值降低。

伍、研究結果

一、光敏電阻應用實驗結果

在光敏電阻實驗中，初步測試時發現當圓棒的一頭遮住時，光敏電阻的顯示狀況會改變，因此我們另外加工一個圓蓋，在測試時分別實驗，來了解差異性有多大，是否有線性關係。實驗紀錄表格如表一所示，表中分別紀錄有圓棒的加工位置、測試時的圓棒角度，每種狀態各做四次實驗在取平均值。

我們將各種排列的圓棒完成實驗結果分別說明如下：

(一)圓棒無任何孔洞加工

從圖 23 中我們可以發現幾個現象：

1. 圓棒靠近光源端面有磨光時，光敏電阻的電阻讀值會升高，表示圓棒的端面不要加工時，光線會因為散射，使得光線會從圓棒周圍漏出，比較多的光線因為臨界折射角的關係，透射出來。
2. 端面有加蓋時，光線從光源進入圓棒後在圓棒的另外一側反射，所以會使光線更多從圓棒周圍漏出。
3. 在各種情況下距離光源 11mm 的電阻值最低，後面的電阻值則越來越高，表示光線在圓棒中會有光線衰減的現象，我們設計圓棒加工時，後面的刻痕深度要深一點。

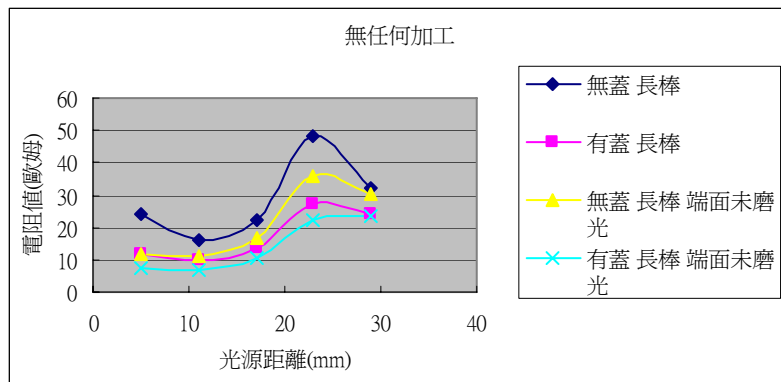


圖 23 無任何加工的圓棒測試實驗結果

(二)圓棒一排加工

從圖 24 中可以發現如下的現象：

1. 當刻痕位置剛好在光敏電阻的下方時，電阻值最低，當刻痕位置在左右 90 度時，其電阻值升高，刻痕位置在 180 度(光敏電阻的正對面)，其電阻值有略為下降。表示光線除了會從刻痕透出外，還會從另外一側透出，如果這個位置的光敏電阻作動就會有誤訊號輸出，我們必須考慮這一點。
2. 與無加工圓棒一樣，光線會因為距離的關係而衰減。

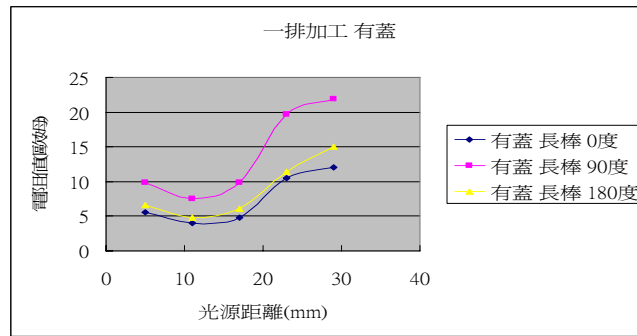


圖 24 一排加工有蓋實驗結果

(三)圓棒兩排加工

經過實驗後，我們得到的實驗結果如圖 25 所示，從圖中可以知道互相垂直兩排加工時，90 度與 0 度時光敏電阻下方正好為刻痕，所以電阻值較低。當放置位置為 90 度及 180 度時，90 度的刻痕影響較小，180 度的那一排影響和之前的實驗結果類似。

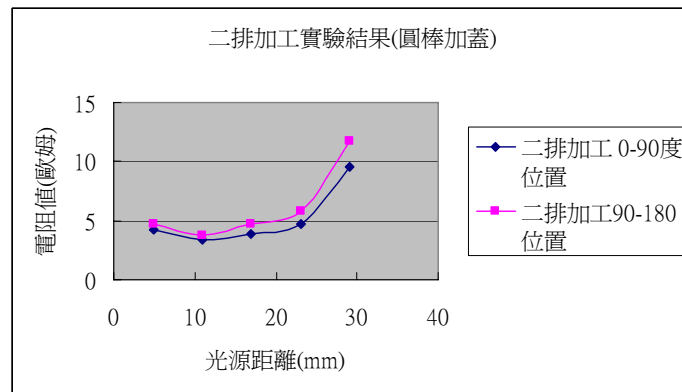


圖 25 二排加工有蓋實驗結果

(四)圓棒環狀加工

就環狀加工而言，每一個感測點在該點有光線透出時，感應電阻值較低，所以如圖 26 所示，當只有最前面一環時，距離 5mm 的光敏電阻值較低，後面的感測點則電阻值高，同樣的情況在全部 5 環都加工時，電阻值有明顯的下降。

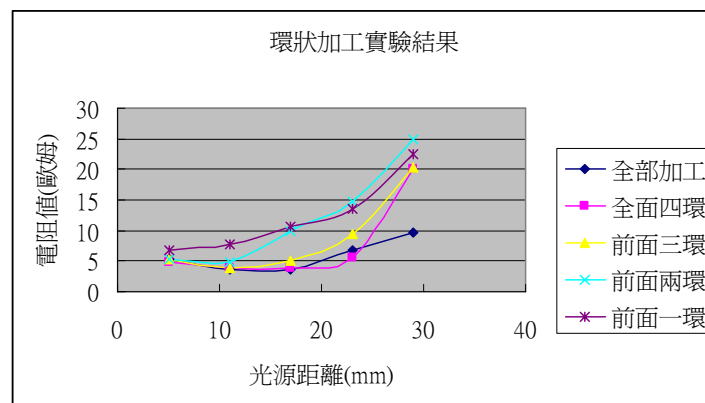


圖 26 不同環狀加工實驗結果

(五)螺旋狀加工

螺旋狀加工表示 A(0)、B(90)、C(180)、D(270)、A(0)的位置有加工，有蓋長棒 0 度表示螺旋圓棒 A(0)的位置在正上方，剛好為光敏電阻感應的位置，有蓋長棒 90 度則表示 A(0)在 90 度的位置(左側)，其他類推。從圖 27 中可以發現當光敏電阻值會類似螺旋的曲線變化。同時 0 度與 180 度的位置為相差 180 度，可是其電阻值很接近，表示光線除了在壓克力棒的加工點透出外，也會從對面位置透出，這一點會影響我們的設計很多。

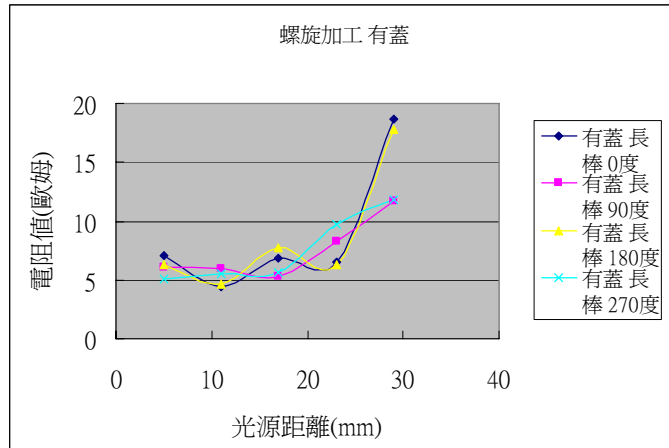


圖 27 螺旋狀加工

二、應用邏輯電路設計測試結果。

我們在設計電路時，主要分為四大部分，分別介紹如下：

第一部份：單晶片微電腦電路—主要是利用單晶片 89S51 所組成的電路如圖 28 所示，用於接收光感應電路以及輸入按鍵電路所傳過來的訊號，接著判斷光學鑰匙的編碼情形，輸出訊號來決定是否要將電控鎖打開，完成的實際電路板如圖 29 所示。

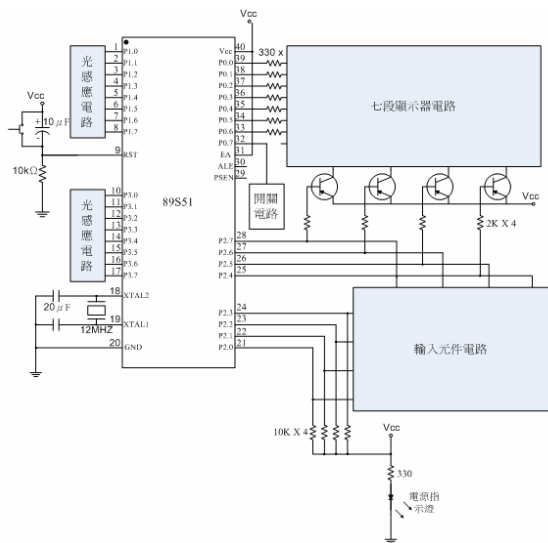


圖 28 單晶片微電腦電路圖

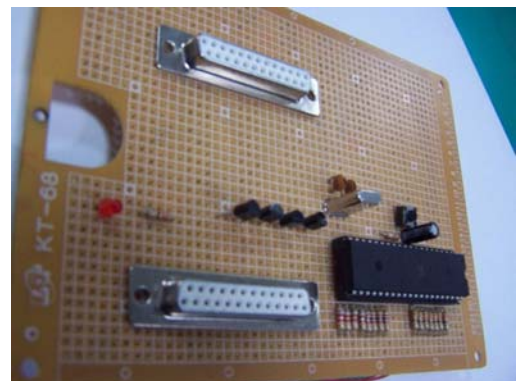


圖 29 單晶片微電腦電路實際圖

第二部分：光學感應電路如圖 30 所示，透過壓克力棒中的不同位置凹孔所傳導出來的光

使 CDS 電阻值下降讓分壓小於 0.7 伏，使 I C 接收到訊號，實際電路完成如圖 31。

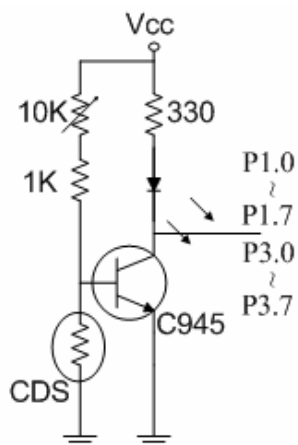


圖 30 光感應電路

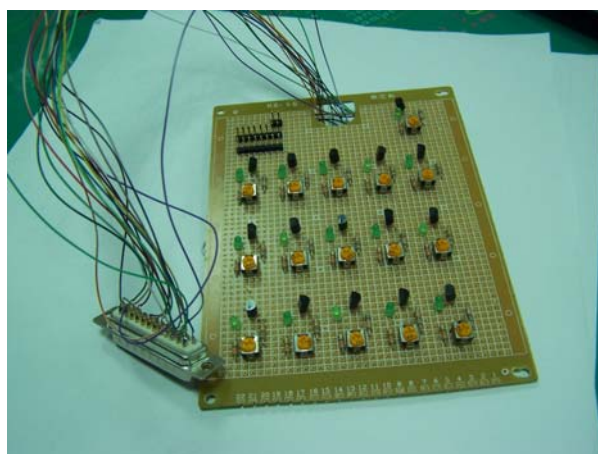


圖 31 光感應電路實作圖

第三部分：七段顯示器以及輸入元件—經由數字按鍵，可以查詢由光感應電路傳到單晶片的訊號，並且更改、刪除、或儲存單晶片裡的密碼如圖 32、33 所示。

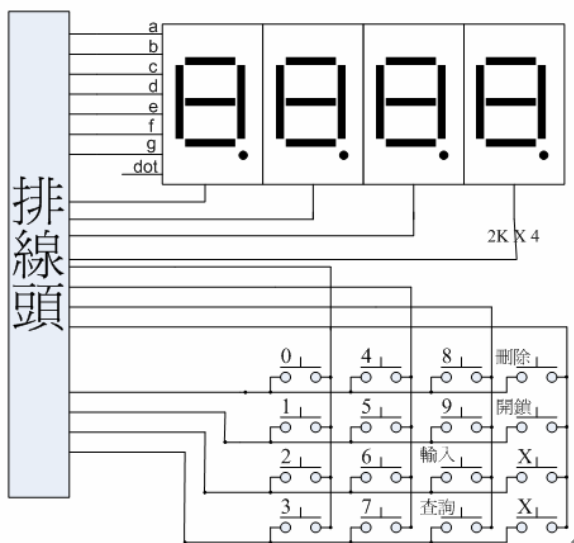


圖 32 七段顯示器以及輸入元件



圖 33 七段顯示器以及輸入元件實作圖

第四部份：開關電路如圖 34 所示，在單晶片接收到來自光感應電路的正確訊號後，會啟動開關電路，達到開鎖的功能，實際完成架構如圖 35 所示。

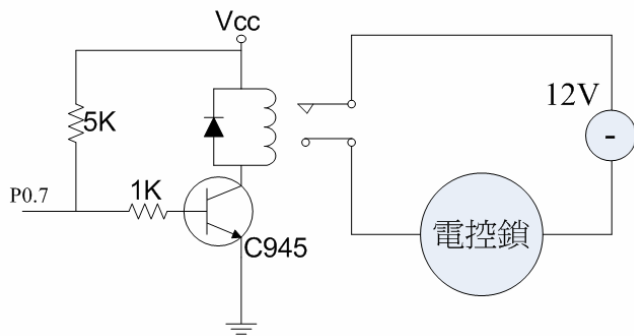


圖 34 開關電路



圖 35 開關電路測試實做圖

陸、討論與應用

一、光敏電阻對光線感應實驗結果討論。

實驗後發現光敏電阻距離光源越遠，其電阻值會上升很多，同時在第二孔位(B)的電阻值會降下特別多，表示光線在壓克力棒內反射時，會在第二孔位處有較多光線照射到，後面的電阻值越遠越大，因此我們重新設計加工深度，設計兩種加工方式，一種如圖 36 所示為漸深式加工，第一孔 1.5mm 深(靠近端面處)，第二孔後依序為 2mm、2.5mm、3mm，第五孔位就不加工。另外一種為第二孔較淺加工如圖 37 所示，孔深分別為 2、1.5、2.5、3 及不加工。重新作實驗得到結果如圖 38、39 所示，從圖中可以發現當使用漸深式孔加工時，第二孔位還是會有電阻較低的現象發生，當第二孔位加工較淺時，則電阻值測量可以得到較平均結果。因此我們設計壓克力棒鑰匙時，孔加工的深度會依位置作不同深度加工。



圖 36 漸深孔加工



圖 37 第二孔較淺加工

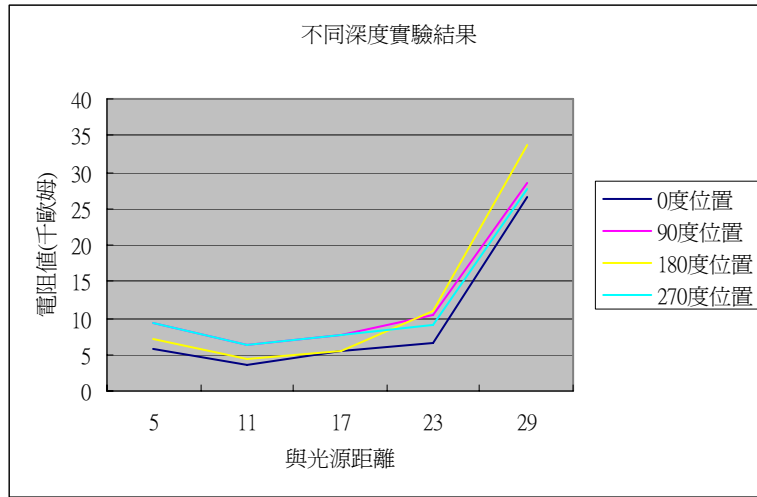


圖 38 漸深式孔加工實驗結果

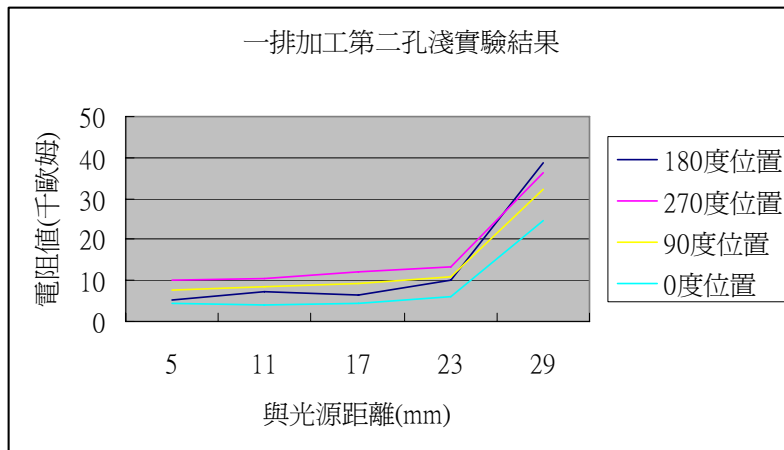


圖 39 第二孔較淺加工實驗結果

另外在鎖頭的設計也作了修正，因為光線除了會從加工刻痕處透出外，也會從對應的另一邊透出，如果這個位置也有光敏電阻的話，那就會有誤動作發生，因此光敏電阻位置設計為奇數位置如圖 40 所示，這樣子的話，刻痕位置的對應處就沒有感應點，問題就可以處理了。

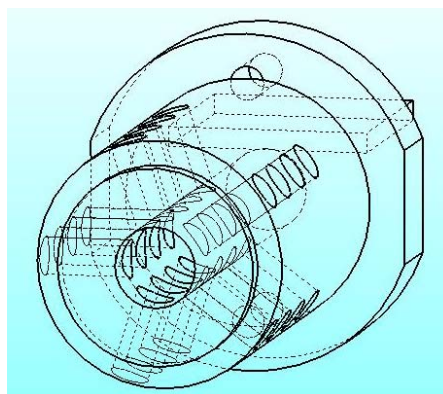


圖 40 五排光敏電阻位置設計

二、 電路測試結果討論

電路製作與測試之問題及改善的方法：

問題一、在測試電路中，七段顯示器上無法正確的顯示輸入的數字及訊號。

改善方法：經過檢查之後發現是電晶體的類型拿錯，及腳位的擺放不對，經改正後得以正常運作。

問題二、電路板上沒有事先規劃焊接的線路，導致電路太過繁雜，不美觀與更改電路困難。

改善方法：在確認程式以及電路無誤之後，在新的電路板上利用了排線來重新編排以及事先的電路規劃，來解決問題。

問題三、在光感應電路中有光源亮度不足。

改善方法：提高電壓來增強 L E D 亮度。

問題四、光感應電路和單晶片 89S51 所組成的電路的電源是相同的，再增加高亮度 L E D 的電壓時，單晶片會有毀壞的可能。

改善方法：增加了穩壓電路，來確保單晶片能正常運作。

三、 本研究之特色

1. 在同一扇門上，可以經由設定多組的密碼來使用不同的光學鑰匙開啓，特別適合於無管理員的社區大門管制。
2. 一般的鑰匙搞丟之後就必須要換鎖，以避免門鎖被打開。我們的光學鎖只需要利用輸入元件來刪除丟掉鑰匙的編碼就可以避免有心人士利用丟掉的鑰匙入侵社區。
3. 一般的電子密碼鎖，只要知道密碼後就能夠輕易的破解，我們的輸入控制電路與和鑰匙是分開的，歹徒無法更改與查詢編碼，就算知道編碼，壓克力棒也不易複製。
4. 光學鎖不是用銅針的設計方式，因此無法使用一般開鎖工具開鎖。
5. 最後完成的作品如圖 41 所示。



圖 41 整個光學防盜鎖設計完成圖

四、修正改善的地方

目前的鑰匙是利用壓克力製作，未來製作時可以使用如水晶或是玻璃等物質，可以有很高的質感。目前設計感應點為 16 點，如果感應點的數目上可以提升到 36 點的設計，則鎖的應用組合可以更多。在初步的電路設計上不能斷電，因為斷電後編碼會從單晶片中消失，我們針對這個部份將電路做修正，利用充電電池作為備用電池，當電源可以正常供應時，使用一般電源，當斷電時，電路自動切換至備用電力。

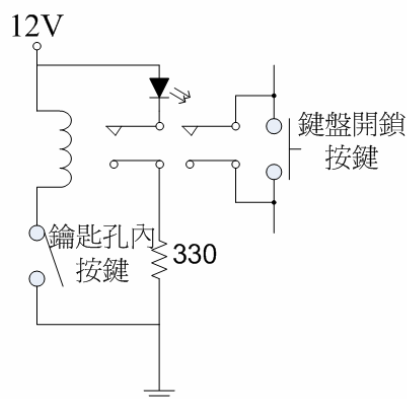


圖 42 開鎖按鍵電路圖

圖 42 為開鎖按鍵電路圖，其鍵盤上的開鎖按鍵與極限開關並聯，當鑰匙插入鑰匙孔觸碰到極限開關，LED 就會發光經過感光鑰匙，再由 IC 來判斷是否開鎖。

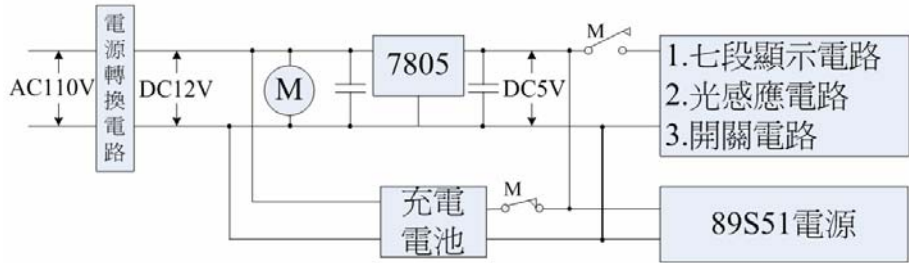


圖 43 電源供應電路圖

圖 43 為電源供應電路圖，當市電供電時，經由電源轉換電路轉為 DC12V 對電池電路充電，並由 7805 穩壓 IC 轉為 DC5V 對七段顯示器電路、光感應電路、開關電路、89S51 單晶片 IC 供電，當市電斷電時，改由充電電池僅對 89S51 單晶片供電使密碼不會消失，但取消對七段顯示器電路、光感應電路、開關電路的供電，以減少電力的消耗，達到省電的作用，延長等待市電恢復的時間。

五、不同光源的測試討論

經過初步的測試後，在鑰匙的材質上，我們考慮使用玻璃棒來作比較，因此我們搜尋玻璃製作的圓棒材，在經過一番詢問後，只找到一種泡咖啡的玻璃棒直徑 6mm，透明可以利用，因此我們就以這玻璃棒加工實驗。首先必須將玻璃棒裁切成我們要的長度，這部份的施工比較沒有問題，可是當我們要加工刻痕時，發現以現有刀具很難加工出圓孔，後來我們利用研磨棒來加工，過程中還是斷了好幾支圓棒，最後只完成深度 0.2mm 的一排圓底刻痕。在光源部分的設計，我們考慮使用半導體雷射來作比較。

半導體雷射或稱雷射二極體具有體積小、反應快、耗電少、耐衝擊、壽命長價格低等優點，在光電產業中，雷射二極體是一個極為重要的關鍵性元件。雷射二極體依波長可分為發光波長由 980nm~1550nm 的長波長雷射，常應用於光纖通訊。發光波長在 390~950nm 的短波長雷射，主要用於光碟機、雷射印表機、掃描器、指示器等光資訊及顯示應用。雷射為單色光，具有波長一致、低散發性、高強度的特性，因此我們想利用容易取得的半導體雷射作為另外一種光源，了解其特性。

原先構想如圖 44 所示，將雷射筆拆開，修改一下電路，再利用洗衣夾夾住水銀電池，並利用紙張來檢視雷射是否對正圓棒中心，如圖 45 所示。上述設備在實驗時發現雷射光會越來越暗，因此我們使用電源供應器，可以供給比較穩定的電壓如圖 46 所示。實際雷射光照射壓克力棒材如圖 47 所示。在實驗時為觀察各孔洞的透光情況，我們將實驗設備放置於一暗房內，檢測光敏電阻值時，將電燈關掉，成為全暗的的空間，避免外在光源影響到實驗結果。實驗結果討論如下。

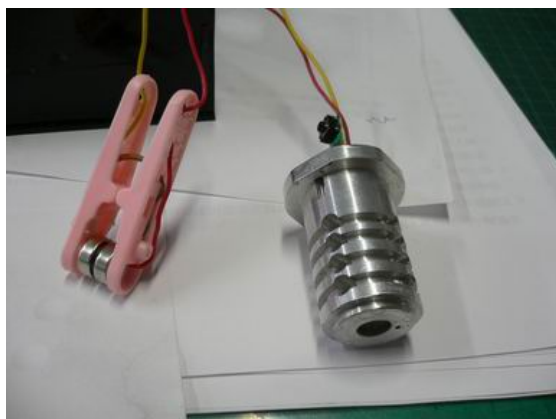


圖 44 使用雷射光源測試

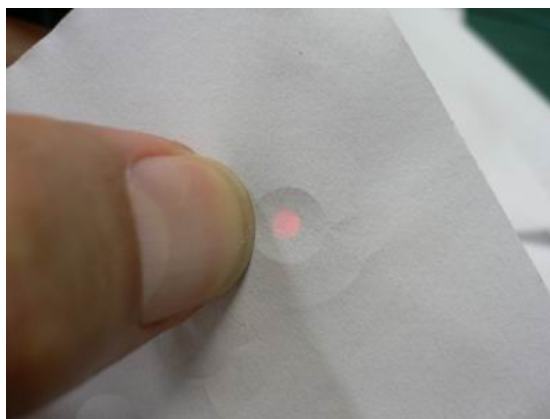


圖 45 光源對正圓棒中心

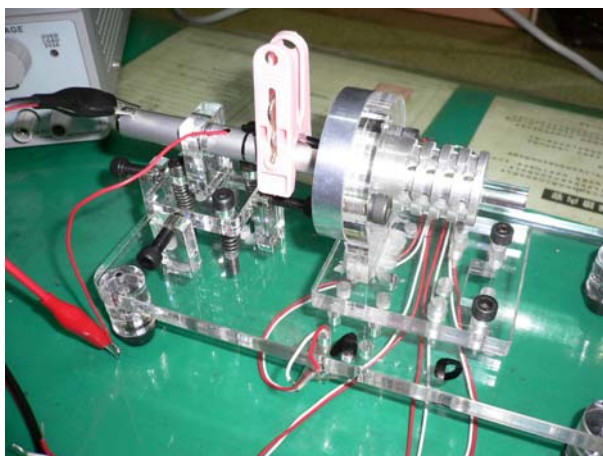


圖 46 修改後的雷射光實驗設備

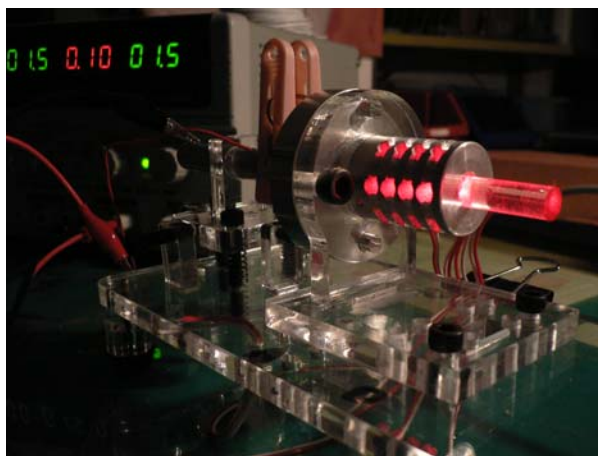


圖 47 半導體雷射實際照射壓克力棒情況

在加工刻痕形狀的比較上，我們採用兩種方式加工壓克力圓棒，一種為直徑 4mm 的鑽頭，另一種為 R2 的球刀(直徑 4mm)，當光源進入壓克力棒材後，因為入射角度的不同，在刻痕的臨界面上會有不同的情況，一種為全反射，也就是入射角大於臨界折射角時的現象，光線會從刻痕的後方透出，這也是我們之前實驗的結論之一，另外就是直接經過刻痕折射透出的光線。

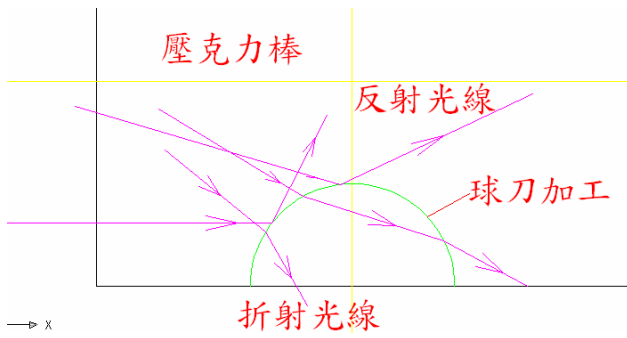


圖 48 球刀加工後光線路徑圖

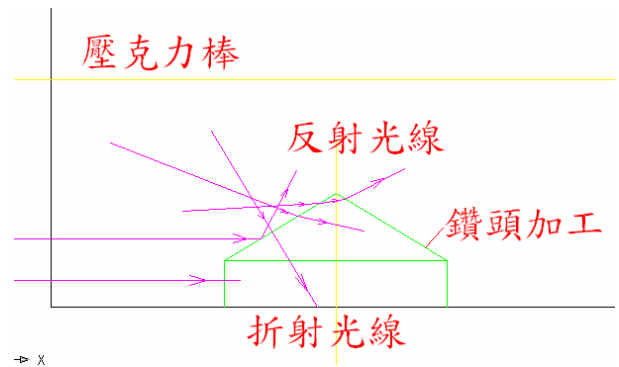


圖 49 鑽頭加工後光線路徑圖

1. 無加工圓棒之比較：

圓棒無加工的實驗結果如圖 50 所示，其中 6mm 無加工玻璃棒的實驗結果，發現光線在玻璃棒內的全反射現象較明顯，因為其電阻值高於無加工的壓克力棒，但可能因為端面的表面有不平的情況，所以雷射光線會有散射的情況，所以後面的感測點會有較多的光線折射透出(入射角小於臨界折射角)。無加工玻璃棒使用 LED 光源時，各檢測點的光線就明顯比使用雷射光源多如圖 51 所示。

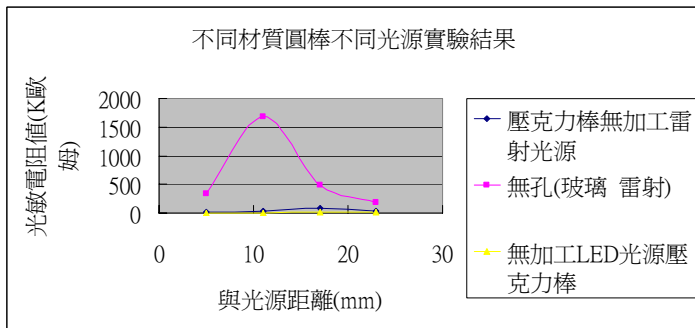


圖 50 不同材質圓棒無加工實驗結果

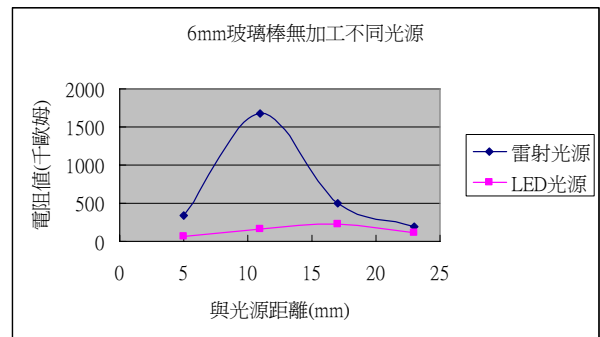


圖 51 玻璃棒使用不同光源實驗結果

圖 52 為無加工壓克力棒在不同光源下的實驗結果，從圖中可以發現雷射光源從壓克力棒散射出來的光線比 LED 光源少，同時在第三點位置(距離端面 17mm 處)的光線有明顯的減少。

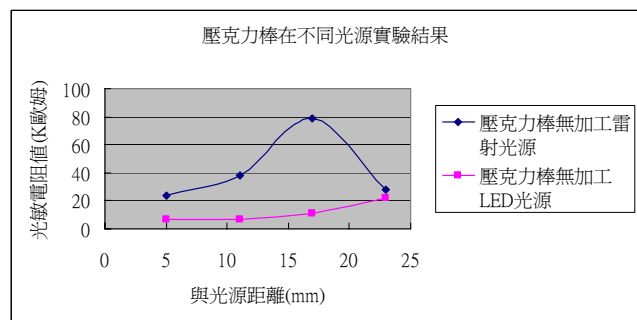


圖 52 無加工壓克力棒不同光源實驗結果

2. 球刀與鑽頭比較

球刀加工深度在 2.0mm 時使用雷射光源實驗結果如圖 53 所示，可以發現折射出來的光線比反射出來的光線多，因此 0 度位置的光敏電阻值會比 180 度感測位置低。當加工深度達 3.5mm 時，各點在 0 度及 180 度位置的電阻值很接近。表示折射與反射的光線的量很接近如圖 54 所示。鑽頭部分的實驗結果類似球刀的實驗結果，從圖 55 中發現各點的電阻值和球刀加工的結果很接近。在鑽頭 3.5mm 深的實驗中可以發現當深度較深時，距離端面 5mm 及 11mm 的感測點折射的光線會較多，距離端面 17mm 的點反射的光線會較多如圖 56 所示。

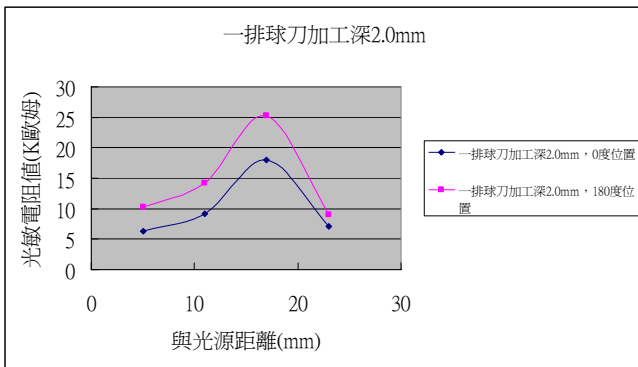


圖 53 一排球刀加工 2.0mm 實驗結果

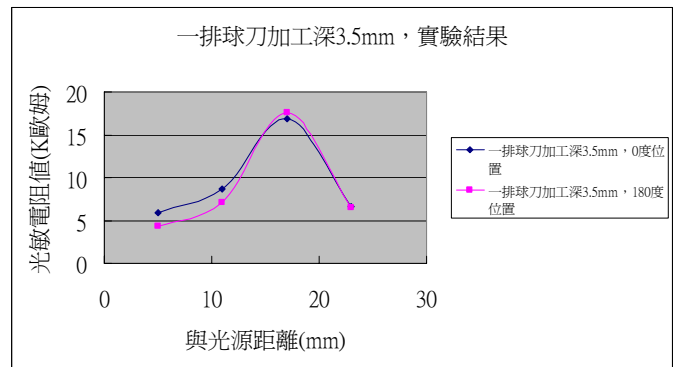


圖 54 一排球刀加工 3.5mm 實驗結果

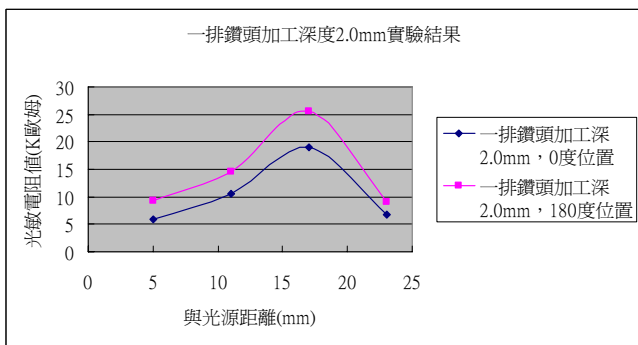


圖 55 一排鑽頭加工 2.0mm 深實驗結果

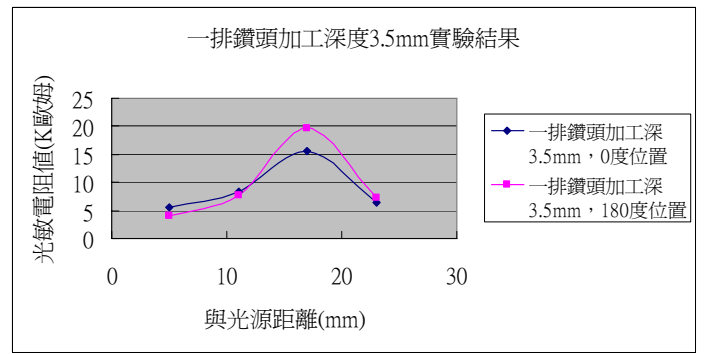


圖 56 一排鑽頭加工 3.5mm 深實驗結果

圖 57 及 58 為不同加工方式下，各點反射光線與折射光線的比較。當感測點在圓棒 0 度位置時，3.5mm 深的加工折射出來的光線都比 2.0mm 深的加工多。當感測點在圓 180 度時，淺加工的孔其反射的光線比深加工的孔少。

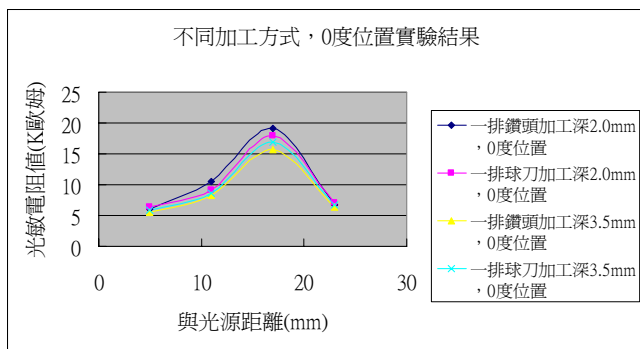


圖 57 不同加工方式實驗結果比較

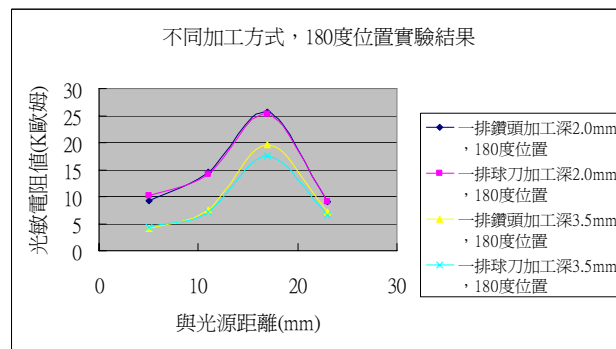


圖 58 不同加工方式實驗結果比較

3. 多排加工結果討論

在多孔加工的實驗中，由於光敏電阻安裝位置等分為五個部分，但為了解反射光對光敏電阻的影響，我們測試時除了將加工孔對準檢驗孔外，也就是 0、72、144、216、288 度位置，另外加工過的孔也可以對正 36、108、180、252、324 度的位置如圖 59 所示，其中 0 度位置安裝有一排實驗用光敏電阻，轉動圓棒使其加工孔對齊設定的角度，用來實驗背後反射光的影響。

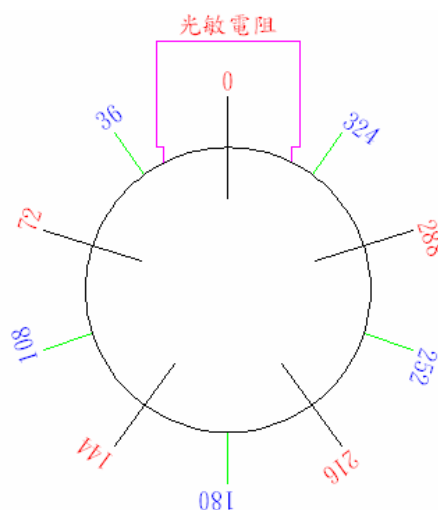


圖 59 多孔加工實驗時角度位置

多排加工部分實驗分為二排及三排所得結果如圖 60~63 所示，從圖 60 中可以發現球刀加工在位置為 0 度及 72 度時其結果非常接近在 144、216 度時的位置，可見背後反射光會對整個系統有影響。但是從圖 61 中的深藍曲線及黃色曲線卻發現鑽頭的結果是有差距的，所以這部份以鑽頭加工較能得到明顯的電阻值差異。在三排加工時，在圖 62 中的球刀加工發現當圓棒位置為 0、72、144 度時和 144、216、288 度的結果接近，而圖 63 中可以發現鑽頭加工的情況會略好一點，也就是影響稍微小一點。

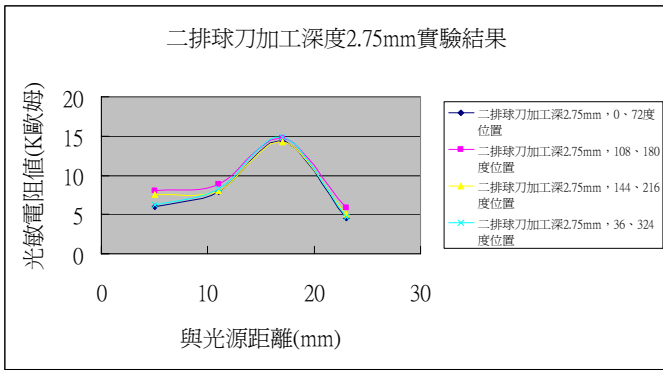


圖 60 二排球刀加工深度 2.75mm 實驗結果

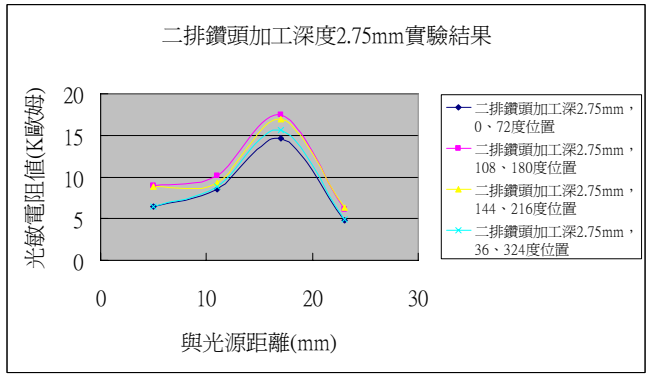


圖 61 二排鑽頭加工深度 2.75mm 實驗結果

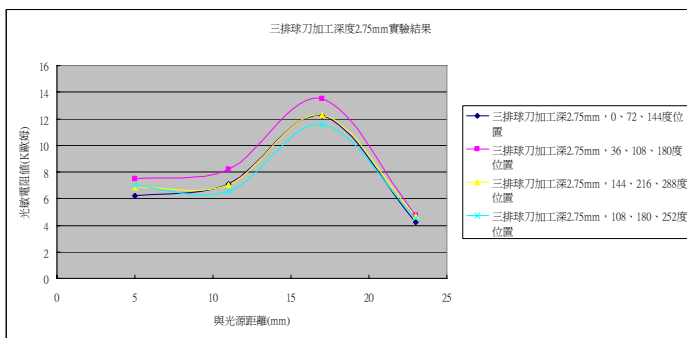


圖 62 三排球刀加工深度 2.75 實驗結果

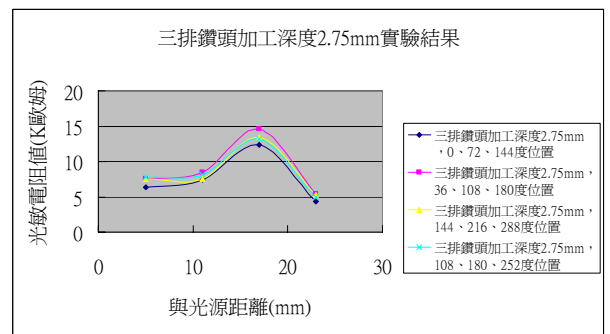


圖 63 三排鑽頭加工深度 2.75 實驗結果

4. 不同加工深度結果比較

從圖 64 的實驗中我們了解光線進入壓克力棒後，會有一連串的反射及折射，原本認為會有漸進式的變化，第一孔深度 1.5mm 比前面實驗的 2mm 淺，因此不管是 0 度位置或是 180 度位置，電阻值都比較高，第二孔則和之前的實驗一樣，因為深度一樣，這也表示第一孔深淺不會影響到第二孔的光線。

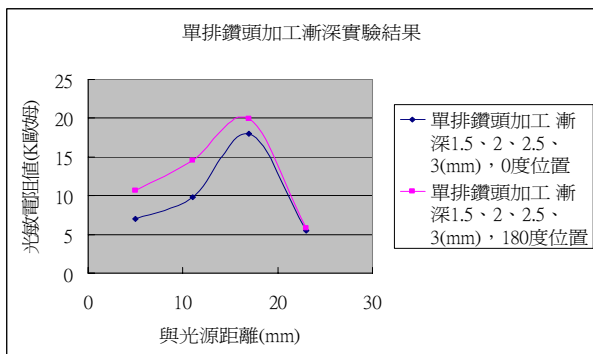


圖 64 單排漸深鑽頭加工實驗結果

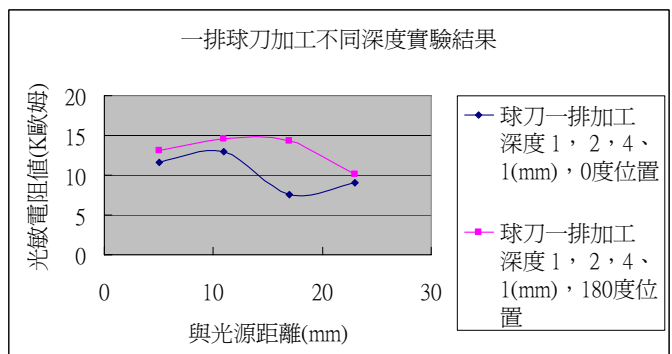


圖 65 單排不同深度實驗結果

在圖 65 中，第二孔位置的電阻值在 0 度位置和之前的等深實驗有差距，反而升高，但是在 180 度位置時，電阻值則還是很接近。至於第三孔則因為孔加工較深，不管 0 度或是 180 度

都有降下來，第三孔的加工深度可以較淺一點，使電阻值接近。圖 66 的實驗則以三種不同的狀況做比較，由於圖 65 中第三孔太深，因此我們修改深度為 3mm，實驗後發現電阻值會升高，這一點也與我們預期結果一樣。另外我們製作一支只有第三孔有加工的圓棒，發現第三孔的電阻值和其他兩支很接近，其他孔則是電阻值增加。圖 67 是將其中第三孔的加工位置由原本的 0 度位置改為 180 度位置，看他有什麼變化，發現第三孔加工在 180 度位置的圓棒其電阻值曲線比較平滑，是可以考慮的一種作法。

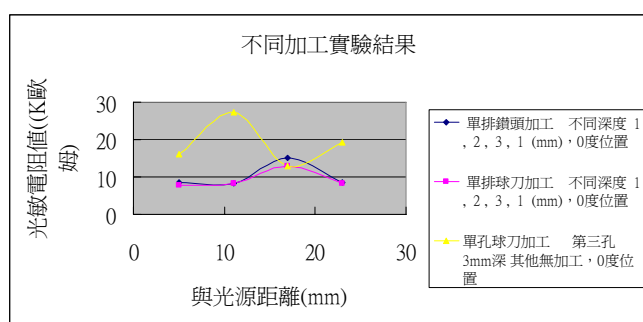


圖 66 不同加工實驗結果

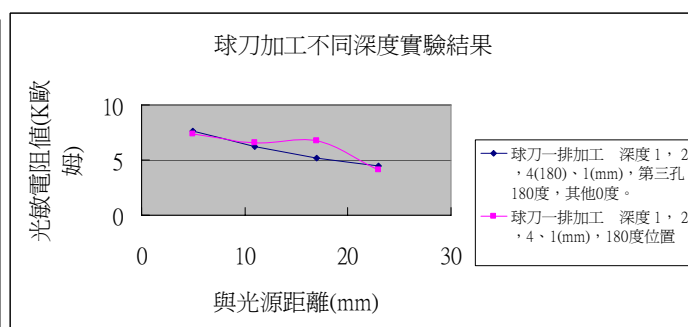


圖 67 反向加工實驗結果

由於設計邏輯電路時，必須辨別光敏電阻是否有動作，因此我們希望壓克力棒每一個點的輸出光線都是一樣大小，這樣光敏電阻電路在製作時會比較容易，也比較少誤動作。經過上述的實驗後，我們發現鑽頭的效果會比球刀好，在孔的深度方面，若使用半導體雷射作為光源的話，孔的深度可以約為 1.3、2、4、0.8 深或是 1.3、2、3.6、0.9mm 深的加工方式。

柒、結論

隨著時代的變遷鎖具也愈來愈多，但大部分的鎖都有一個問題——都使用銅針，因此能開的鑰匙只有一種，但如果使用光學鎖，就能做到每戶的鑰匙雖然不同，但卻可以開同一扇門鎖。設計利用光學方式的鎖，需要利用圓柱型的導光壓克力棒感光後，從壓克力棒的凹槽中散出的光線打到對應的光敏電阻，再經光敏電阻所讀到的訊息傳輸到電路，假使訊息正確，電路就會再傳送一個開鎖的訊號到開鎖電路，即可開啓鎖具。反之，若今日有一個錯誤的訊息，也就是圓棒所散出的光線對應到錯誤的光敏電阻，訊號也就不正確，鎖就無法開啓。如此一來就不會像傳統鎖具，會讓有心人士可以容易的打開鎖。

爲了要和市面上的電子鎖做區別，我們再呈現整體中捨去原本硬體中的七段顯示器及按鍵盤，保留最主要的部份——光學鎖。當設定完密碼後即可拔除，若當遺失鑰匙時，只要再把七

段顯示器及按鍵盤裝上，重新設定即可就會是一個新的鎖。

透過量測光敏電阻的實驗中，了解到光源越強的時候，光敏電阻的電阻值越小，反之當光源越弱的時候，光敏電阻的電阻值越大。光線在介質中傳導時會有衰減的現象發生，所以壓克力棒在加工孔深度時，離光源越遠的孔需要加工較深的孔，可以接受較多的光線。LED 光線出來時成輻射狀，在壓克力棒內會有多次的反射與折射，實驗結果發現第二孔位有比較多的光線照射，因此修正這孔的加工深度最淺。在電路的設計與單晶片的應用上，也學到很多技術與經驗。當 LED 光源的系統可以工作後，我們思考如果使用半導體雷射是不是也有一樣的結果，所以我們以不同的加工方式來做實驗比較，實驗後發現使用雷射光源時，第三孔的電阻值會較高，所以加工時孔的深度要深一點，同時以鑽頭 118 度的形狀，會有較明顯的電阻值差異。最後整個設計過程及結果大致符我們的需要，電路設計上也要朝向不易破解的方向努力。到目前為止，整個研究有了初步的成果，這一段時間的辛苦在我們未來的求學過程，是值得回味的。

捌、參考資料及其他

1. 經濟部智慧財產局本國專利公報。
2. 蔡朝洋（民 97 年）。單晶片控制實習。台北：全華圖書股份有限公司。
3. 許宏昌、張義和、余春長、王敏男（民 96 年）。例說 89S51-C 語言。台北縣：新文京開發出版股份有限公司。
4. 浩司（民 85 年）。圖解電子電路。永和：建興出版社
5. 陳清良（民 98 年）。電子學 I、II。台北：龍騰文化事業股份有限公司
6. 經濟部智慧財產局本國專利公報。
7. 參考網站
 七段顯示器介紹：starFPGA（99 年 4 月）取自：
 <http://www.starfpga.com/modules/tinyd3/>
 七段顯示器說明：技術論壇（99 年 4 月） 取自：
 <http://bbs.me.hwh.edu.tw/2005/topic.cgi?forum=38&topic=22&show=0>
8. 陳勤仁、施忠良著，銑床實習，台科大圖書股份有限公司，2008 年元月。
9. 王飛達、林英明著，數值控制機械上冊，長諾資訊圖書股份有限公司，民國 86 年。
10. 劉瑞興、張志榮著，精密測量，龍騰文化事業股份有限公司，民國 98 年。