

# 中華民國第 54 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高中組 生活與應用科學科

佳作

040817

不再被侷限－漂浮顯示器

學校名稱：國立臺南第二高級中學

作者：  高二 閔立中  高二 林祐樑	指導老師：  鄭文章  李庠權
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：奈米製程、顯示器、磁懸浮

# 摘要

高溫超導鈮鉕銅氧(Yttrium barium copper oxide,  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ , YBCO)於1987年由科學家朱經武、吳茂昆、和趙忠賢共同發現，其重要性是首次除了突破了液態氮的「溫度壁壘」，亦即以液態氮取代以往以液態氦的方式降溫以外，另外我們還發現生活中要取得氧化鈮( $Y_2O_3$ )、碳酸鉕( $BaCO_3$ )、及氧化銅( $CuO$ )並不難，這使得造價相較起來大幅降低。本研究嘗試將 YBCO 的反磁性結合發光二極體使顯示器不再只是固定在一平面上。實驗找出鈮鉕銅氧的磁懸浮乘載力關係圖、如何從封裝中剝離 LED 晶粒、以及取出內嵌式電路板(Integrated Circuit, IC)中的晶片，藉此若能將三者和一將能使飄浮顯示器的可能性提高。

## 壹、研究動機及目的


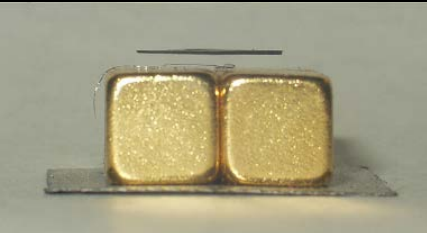

猶記得小時候曾在科幻片裡看到男主角在空中攤開了手掌，此時一層薄薄的觸控顯示器立即飄浮在空，後來在高中的化學課更是在化工那篇更加瞭解了這一切都跟奈米科技有關。顯示器從 CRT 電視發展到 LED、可彎曲的 OLED、量子點顯示器等..，雖然技術一再創新卻仍是固定在一板面上。此外，我們觀察發光二極體或 IC 晶片真正在作用的其實只是裡面微小的晶粒和晶片，若能運用金<sup>[1]</sup>等人在 2011 年刊登在 Science 雜誌上的論文中所使用的奈米電子製程技術，將能使現有的電子零件縮小再縮小，其發展潛力將不限於顯示器而以。經過一年的研究，包括去大學旁聽、參加學會研習、利用 Edx、Coursera 等開放課程網站學習等使我們增進了不少的知識，也給予了我們非做不可的熱忱。

飄浮顯示器能不受牆壁或是面板的侷限，若能技術再改良，或許顯示器能夠立體投影，其用途無盡能創造科技的一項突破，使生活更方便、更有娛樂。體投影，其用途無盡能創造科技的一項突破，使生活更方便、更有娛樂。

## 貳、研究背景

### 飄浮系統簡介<sup>[2]</sup>

我們針對飄浮系統的定義為「會使物體在空中穩定飄浮且不需任何支撐之系統」，其均為磁懸浮的例子，分類大致為下列三種：

	超導體飄浮系統	高定向熱解石墨片 (highly oriented pyrolytic graphene, HOPG) 飄浮系統	電磁懸浮系統
示意圖			
原理	超導體的邁斯納效應使其產生抗磁性	高定向石墨是一種人造材料，其單層解理使它的磁導率比空氣的磁導率還弱，故會排斥外加的磁力，產生一股反磁	根據法拉第電磁感應定律及右手定則，在高頻的環形電線中會產生向上的磁力。

		力。	
優點	第二類超導體有鎖磁現象，可使超導體在維持飄浮的狀態下任意更改位置。 	可以在室溫下飄浮  	可以在室溫下飄浮  
缺點	超導體需要降至臨界溫度以下，雖然液態氮價錢跟可樂差不多，整體卻容易受到溫度影響。  	製備成本非常昂貴，本研究目前欲朝向在研究關於此系統，使顯示器可在室溫下飄浮。 	1、高頻會產生吵雜的聲音。 2、感應的電流會以熱能釋放

比較有發展的潛能

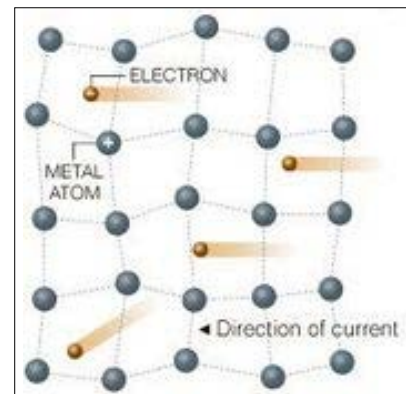
### 超導體簡介<sup>[3]</sup>

超導體為在特定溫度下，呈現零電阻的導體，其零電阻和抗磁性是超導體的兩個重要特性。然而，在介紹超導體的抗磁性前我們先介紹為何會有零電阻及抗磁性：

#### (一)、導體

- 1、電子在流動的途中會撞上晶格點上的原子，因此電子會被散射。
- 2、真實晶體並不完美，時常會出現晶體缺陷，有些晶格點的原子可能不存在，可能會被雜質佔據。這樣晶格的週期性會被擾動，故電子會被不按規則排列的原子散射。
- 3、溫度大於絕對零度，則處於晶格點的原子會發生熱震動，因而出現移動於晶體的热震動粒子，即聲子。溫度越高聲子則越多，而聲子會與電子發生碰撞，這過程稱為晶格散射 (lattice scattering)。

主要由於上述三種散射，自由電子的流動會被阻礙，晶體因此具有電阻。

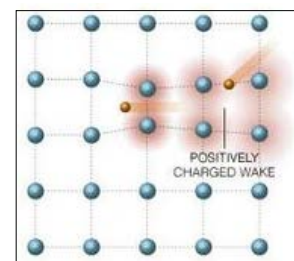


正  
常  
態

#### (二)、臨界溫度

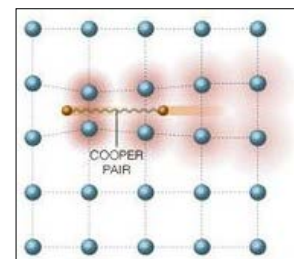
當導體被降至特定低溫，又稱臨界溫度時 (critical temperature) 時，晶體震動變得緩慢，得以使足夠的電子在流動時吸引周遭的原子，進而讓電子後面產生尾流效應 (wake effect)。這個正電荷的尾流會吸引另外一個電子使那個電子產生相同效應。

超  
導  
態



#### (三)、庫柏對 (Cooper Pair)

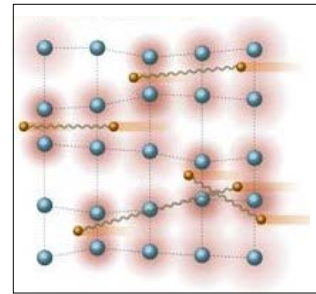
兩電子藉由聲子為媒介的「間接」相互作用而相互吸引，形成電子對，或稱庫柏對。比起兩電子相異移動，庫柏對在移動時較不會遇到阻力。觀念釐清，庫柏對並不是一對一起移動的電子而是因為前面那顆電子產生的尾流影響了後面那顆電子進而讓兩顆電子看似一對。



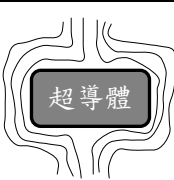
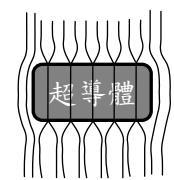
超 導 態

(四)、超導體

庫柏對會在不規則原子產生散射分離時，很快回復成庫柏對而無法相互交換能量。這個現象會讓電子可以在流動時幾乎不受晶格點上原子的影響。在沒有阻力的狀況下，電流可以恆流，亦即零電阻。



- 1、邁斯納效應(Meissner Effect)在弱磁場下，超導體會在表面建立起電流來抵銷外加的磁場，使得磁通量幾乎被「排斥」在超導體外。
- 2、庫柏對中，兩電子的距離稱為相干長度(Coherence Length)，而相干長度會影響其抗磁的特性，物理上超導體分為兩種：

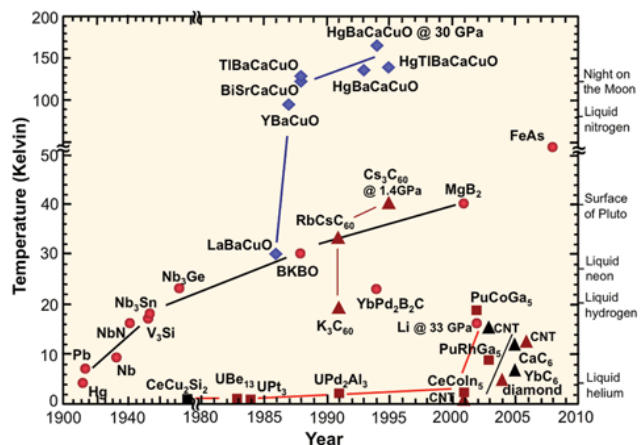
	材料類	相干長度	界面能*	臨界磁場值	例子	磁力線	示意圖
第一類超導體	多半為金屬	大於磁場穿深度	正	外加磁場若超過臨界磁場值即失去超導態。	汞、鉛	完全抗磁，超導體內磁感恆為零，磁力線排在超導體外。	
第二類超導體	多半為合金與化合物	小於磁場穿深度	負	臨界磁場有兩個「上下值」，外加磁場需超過兩值才會使其失去超導態。	鈦銀銅氧	邁斯納效應不完全，當外加磁場超過較低的臨界磁場值時部分磁力線穿透，產成穿隧效應。	

\*界面能(Interface Energy)：當一超導體內同時出現正常相區和超導相區時，兩相間的過渡層(界面層)具有一定的能量使之在磁場、溫度一定時，能保持兩相平衡。這個能量即稱為界面能或表面能。

庫柏對、相干長度等就是由1957年由巴丁(Bardeen)、庫柏(Cooper)、和施里弗(Schrieffer)發展出的BCS理論<sup>[4]</sup>所推出的。BCS理論是以量子力學來微觀描述超導態的理論，然而這個超過半個世紀的理論雖被譽為最成功的超導解釋，卻在高溫超導的發現後漸漸被質疑。例如，BCS理論無法完整的解釋邁斯納效應而且BCS理論預測庫柏對在39K以上就會變得不穩定，顯然無法解釋高溫超導的成因。實驗證實高溫超導例如銅氧系的，它們的抗磁性和相干長較無關係，反而跟銅氧層的反鐵磁性有很大的相關性。Hirsch就在1989年發表了他修正版的BCS理論<sup>[5]</sup>，完整的超導解釋理論就有待日後討論。

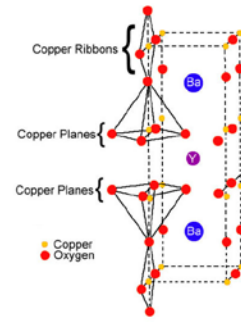
認識鈦銀銅氧(Yttrium-Barium-Copper-Oxide, YBCO)

自1911年昂內斯發現汞在4.2K時會有超導現象，新的超導材料不斷被發現，而在1987由科學家吳茂昆及其研究生、朱經武、及其學生發現了銅氧系的鈦銀銅氧體。其重要性是它突破了液化氮的「溫度壁壘」，這使YBCO能以液化氮而非液化氦冷卻，成本上大幅降低。除了它的臨界溫度達77K外，我們還發現



製備鈇銀銅氧其實並不難，原料皆可在你我的生活周遭中取得。想像之後超導普遍時，磁懸浮跟零電阻將成為一件平常的現象。

鈇銀銅氧之所以會成現超導現象是跟它的銅氧層有關，單晶格的鈇銀銅氧可能會有平行或者垂直的銅層，其原理不在此做深入說明。



### 智慧型 RGB LED 簡介<sup>[6]</sup>

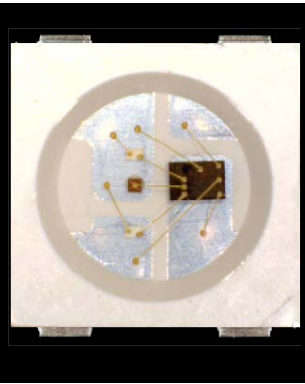
深圳市華彩威科技有限公司(World Semi Co.,Limited)是生產智慧型 LED 的先驅，其技術一再創新使發光二極體不再只是接在麵包板的燈泡，其 WS28XX 家族演變史大致列在下面：



### 第五代智慧型 LED 晶片 WS2812B

WS2812B 提升了晶片的效率及穩定性，除此之外還加了反接保護電路使原本的六腳變四腳。WS2812B 更讓晶粒和晶片獨立運作使散熱能力提升；獨立運作亦能使 RGB 晶粒變得更亮色彩更準確。

此智慧型 LED 被為本研究最佳實驗對向。



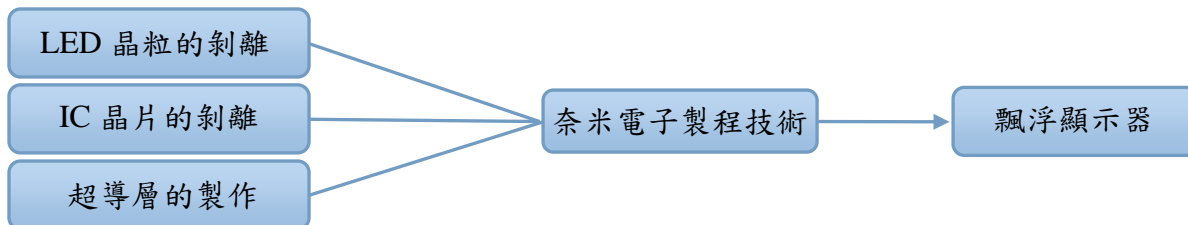
### 本研究之實驗設計：

- (一) 利用日常周遭取得到的東西來做研究。
- (二) 利用自行設計的萬用氣相沉積系統來探討到底飄浮系統以超導體飄浮系統還是 HOPG 飄浮系統為佳。
- (三) 利用熱熔法及化學侵蝕法探討最佳的方式以剝離 LED 裡的晶粒及 IC 晶片而不使晶粒和晶片受損。
- (四) 利用發煙硝酸去除 LED 控制模組上的 IC 晶片封裝，取出裡面的晶片。
- (五) 利用自行設計的萬用氣相沉積系統以銅為靶材、學校繞射狹縫實驗教具中的單狹縫為光罩，將銅以「蚊香狀」直流濺鍍在載玻片的側邊，以製作無線網路充電線圈及天線。
- (六) 以 Labview 為軟體介面、Arduino 為硬體介面，使所有 data 可在電腦上監控、遠端操作。

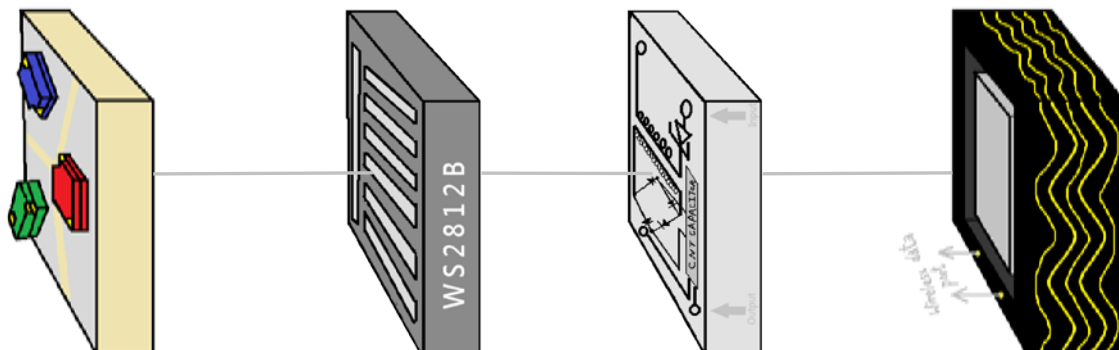
[註] 因檔案傳輸大小限制故在說明書內未詳細說明此項，將在說明板上報告。

## 參、研究材料與方法

### 一、研究流程圖



### 二、研究概念圖<sup>[註]</sup>



### 三、研究材料與方法

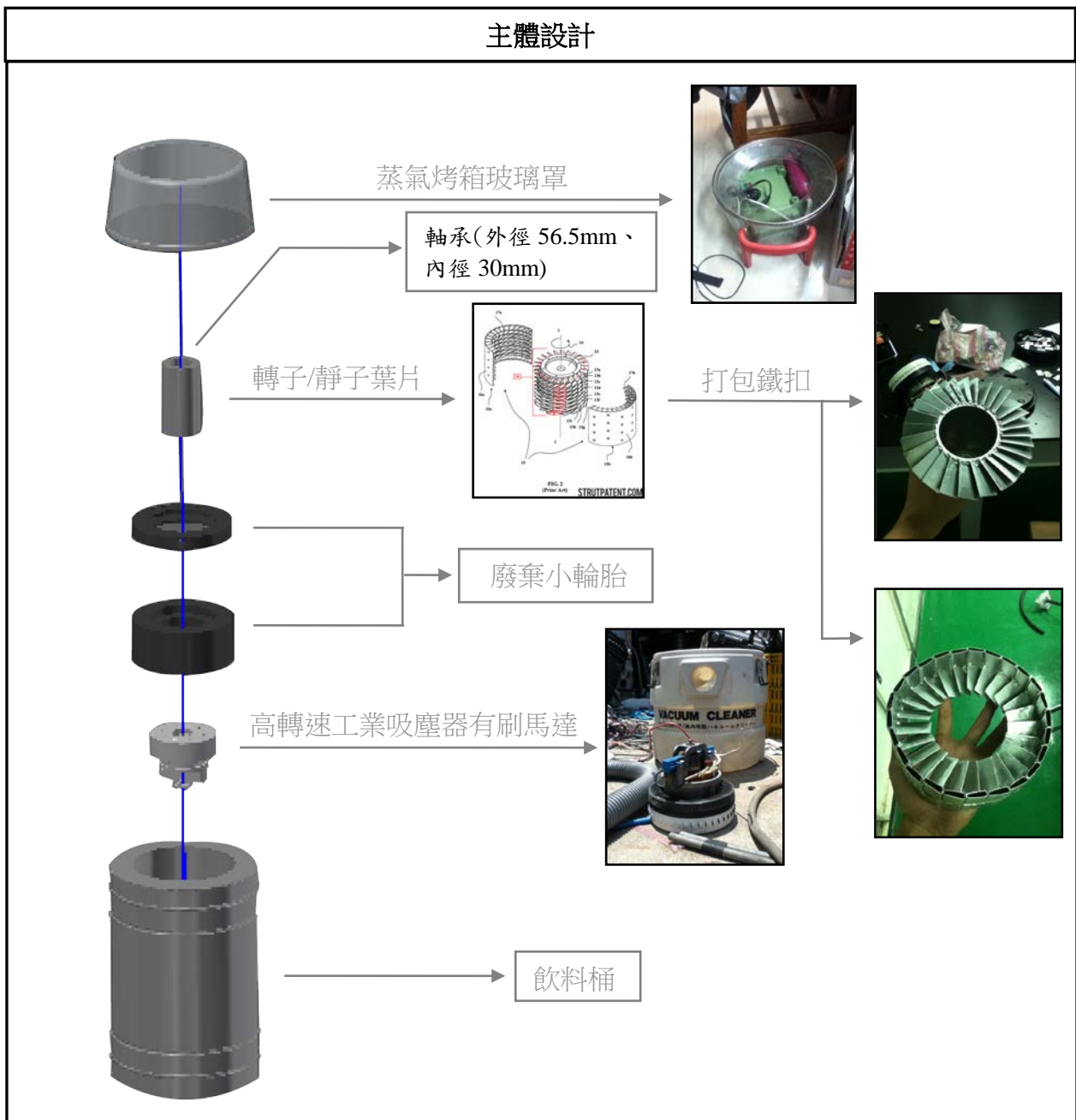
#### (一)萬用化學氣相沉積系統

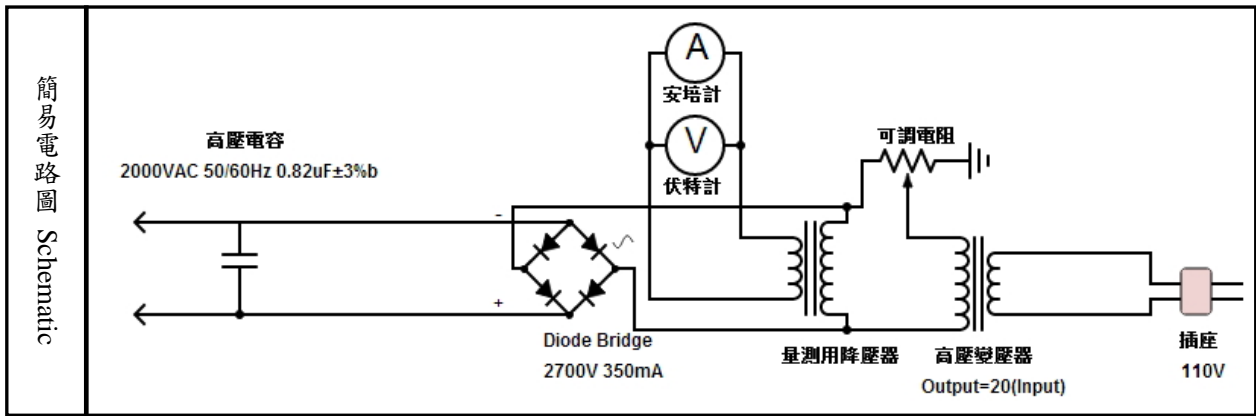
我們所設計的氣相沉積系統開頭之所以取做「萬用」原因為我們會用到物理氣相沉積跟化學氣相沉積，但又因不想設計製作兩台儀器，故將物理氣相沉積系統的特徵結合了化學氣相沉積系統的特徵，使得要使用任一種氣相沉積時就開啟那個系統，詳細因檔案傳輸大小限制故不詳細說明之。

#### 2、實驗儀器設計

我們向 Autodesk 申請了三年學生執照，並以 Autodesk Inventor Professional 2014 先設計了所有的零件，其中我們渦輪分子幫浦的葉片設計乃參照蔡鴻志於 2000 年的碩士論文<sup>[8]</sup>所分析出最佳之葉片設計：

8	葉片角：35、30、25、20、15、10	8	834700	3515	0.2077963	237.467994	
	葉片數：32、32、32、32、32、32				3	1	佳





測試

此圖為去除掉輪胎墊，單獨測試所有儀器包刮：

- 1、轉速儀
- 2、K型熱電偶溫度計
- 3、伏特計
- 4、安培計等



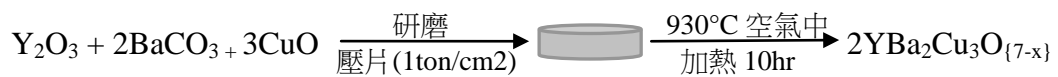
焊接

小台電焊機少說也需約六千多元，故我們用了兩台變壓器重繞了它的次級線圈然後串聯在一起，以掛勾式電表測得 400A 以上的電流。



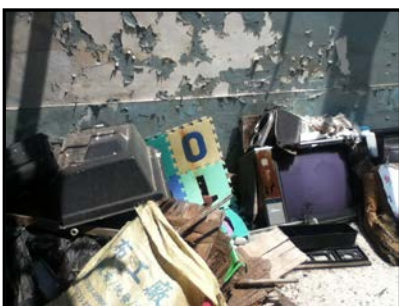
## (二)、鈮鉕銅氧塊材的製備<sup>[9]</sup>

鈮鉕銅氧的製備方法大致上分為三種：固態反應法(Solid State)、檸檬酸鹽凝膠法(Sol-gel)、以及金屬共沉法(Coprecipitation)。本研究所使用的是固態反應法，其反應流程為：



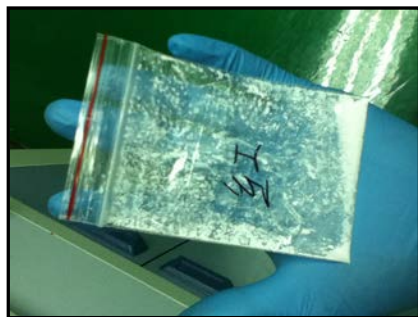
原料氧化鈮( $Y_2O_3$ )、碳酸鉕( $BaCO_3$ )、和氧化銅( $CuO$ )的取得方式如下：

### 1、氧化鈮( $Y_2O_3$ )<sup>[10]</sup>



氧化鈮或稱三氧化二鈮是 CRT 電視的紅色螢光粉，我們回收了幾台老舊的 CRT 電視並將螢幕敲碎取出裡面的白色粉末。





我們發現  $Y_2O_3$  不溶於水或鹼，而溶於酸、醇、和環烷類等。而當我們敲碎 CRT 螢幕時三色螢光粉會混在一起，使得我們必須以萃取的方式取出  $Y_2O_3$ 。理論上是以混合醇或環烷類作為溶劑，因為藍色螢光粉( $ZnS$ )跟綠色( $(Zn,Cd)S$ )螢光粉都很有可能溶於酸。但是理論規理論，由於  $Y_2O_3$  萃取的程序複雜、溶劑本身結構亦非常複雜，故本實驗向竹科購買了 1g 的  $Y_2O_3$  作為實驗原料。

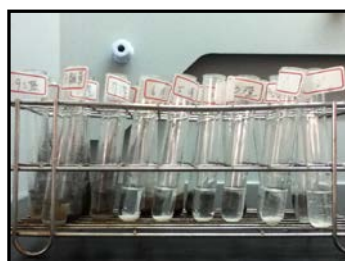
## 2、碳酸鋇( $BaCO_3$ )<sup>[11]</sup>



為了施行我們環保的理念，我們原料盡可能從廢棄物或回收場中回收、萃取、再利用。經過許多研究，原本要以綠色煙霧彈為實驗對向，卻在一次無意中偶然發現仙女棒約略 57% 都是鋇鹽。我們在台南的「觀汐平台」海灘上撿了數支燃燒過後的仙女棒，如圖所示。



仙女棒成分含：鋁粉、鐵粉、硝酸鋇、碳粉、鎂粉(未標示於包裝，僅猜測)我們發現要將燃盡仙女棒上的殘餘取下最快的方式是以榔頭敲擊之，其碎末集中在研鉢內並研磨至無明顯顆粒、顏色亦呈均勻黑色。研磨好之粉末集中轉至於秤藥紙上。

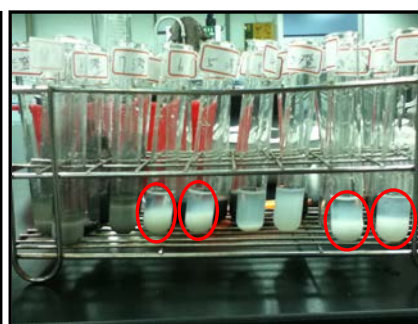
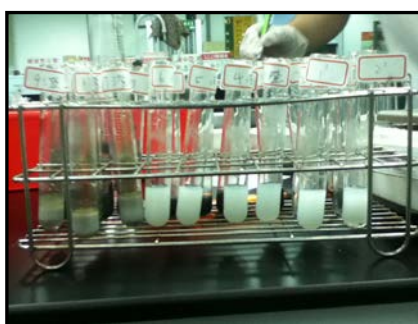


分別取 12 支試管，其試管特性如下：

試管	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
材料	燃盡	燃盡	燃盡	燃盡	燃盡	燃盡	燃盡	燃盡	燃盡	未燃	未燃	未燃
特徵	靜置 3 分鐘	靜置 5 分鐘	離心 1 分鐘	離心 3 分鐘	離心 5 分鐘	離心 7 分鐘	離心 10 分鐘	離心 1 分鐘	離心 2 分鐘	靜置 3 分鐘	離心 7 分鐘	離心 20 分鐘

在每根試管中加入 20ml 的蒸餾水，使  $Ba^{2+}$  及少量的  $Al^{3+}$  溶於水中。最後取其出澄清液。

將 0.1M 硫酸 20ml 滴入澄清液中，此時  $Ba^{+}$  和  $SO_4^{-}$  結合成  $BaSO_4$ ，為白色沉澱。



放置時間

10 min

10 hr

結論：我們驗證的方式是將試管底的白色粉末以電子元件烘箱烘乾並置於酒精燈上燃燒，其焰色呈現亮綠色，可證實白色粉末為鋇鹽。管底的白色粉末其實是  $\text{BaSO}_4$ ，透過在空氣中燃燒我們便可以得到  $\text{BaCO}_3$ 。

### 3、氧化銅( $\text{CuO}$ )

我們取得  $\text{CuO}$  粉末的方法極為簡單，即將廢棄電線剝皮外露裡面的銅線，並在吹風機下燃燒以確保燃燒過程中都是充氧的。燃燒完畢再將銅線上的黑色  $\text{CuO}$  刮下並重複以上動作至  $\text{CuO}$  粉末至一定量。

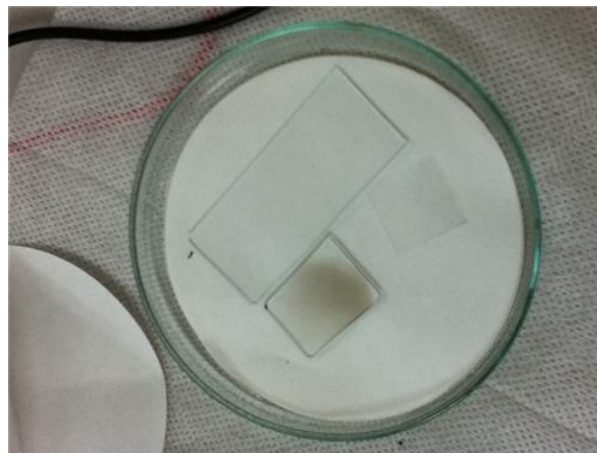
待以上三種原料均準備好後，參照台大化學系之「鈮鉕銅氧高溫超導體之製備<sup>[9]</sup>」簡報以  $1\text{ton}/\text{cm}^2$  的壓力壓成錠並將我們製備好的粉末塊送進可調溫度及時間類似附圖的大型烤箱中烤<sup>[註]</sup>。



圖片來源：[http://p1.591.com.tw/furniture/201203/133075658545212706.jpg\\_mx.jpg](http://p1.591.com.tw/furniture/201203/133075658545212706.jpg_mx.jpg)

[註]烤箱是借用外面做燒餅的店家。

**鈮鉕銅氧層小結(一)：**由於實驗忘記拍照故無法呈現實驗中的照片，僅能放上實驗結果。在做校內科展時我們得之實驗時間和薄膜厚度成正比，故本實驗我們以時間為變數，每 30 分鐘為一單位共做了四片上面鍍了鈮鉕銅氧薄膜的載玻片。我們測試其抗磁性並詳細研究發現因為鈮鉕銅氧層若太薄則邁斯納效應不明顯，無法任何飄浮現象。另外，薄膜無法觀測亦有可能為我們做的鈮鉕銅氧塊材非單晶，在濺鍍上無法在載玻片上建立鈮鉕銅氧晶格，故無任何超導現象。

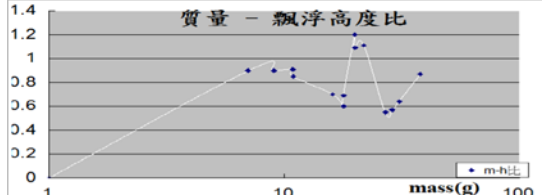
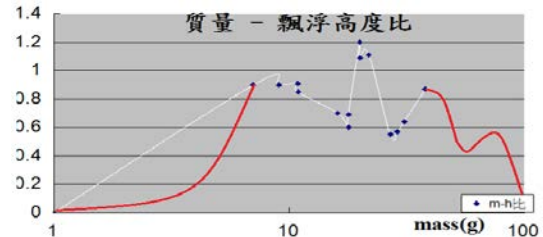
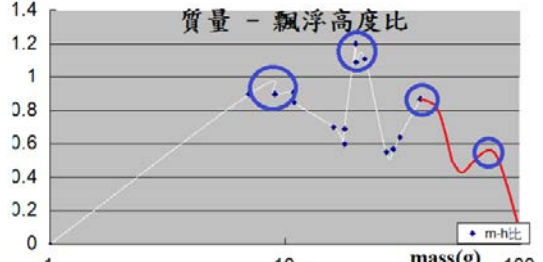


除了薄膜以外我們也塊材的飄浮能力，其方法為分別給予四塊不同重量之鈮鉕銅氧塊一個號碼，並按照各個相互堆疊的方式產生 15 組數據，詳如下表：

YBCO 資料			
1 號：9.062g	2 號：10.915g	3 號：7.015g	4 號：10.902g
1 號：0.90mm	2 號：0.85mm	3 號：0.90mm	4 號：0.91mm
1+2 號：1.09mm	1+3 號：0.70mm	1+4 號：1.20mm	2+3 號：0.69mm
2+4 號：1.11mm	3+4 號：0.60mm	1+2+3 號：0.55mm	1+3+4 號：0.57mm
1+2+4 號：0.87mm	2+3+4 號：0.64mm	1+2+3+4 號：0.40mm	

**鈇銀銅氧層小結(二)：**我們針對鈇銀銅氧薄膜至塊材，求得最佳 m-h 比(質量-飄浮高度)做為日後製作飄浮層之參考數據。

按照上述資料做出來的雷達圖顯示，在負重約為 20g 時其漂浮高度最高。

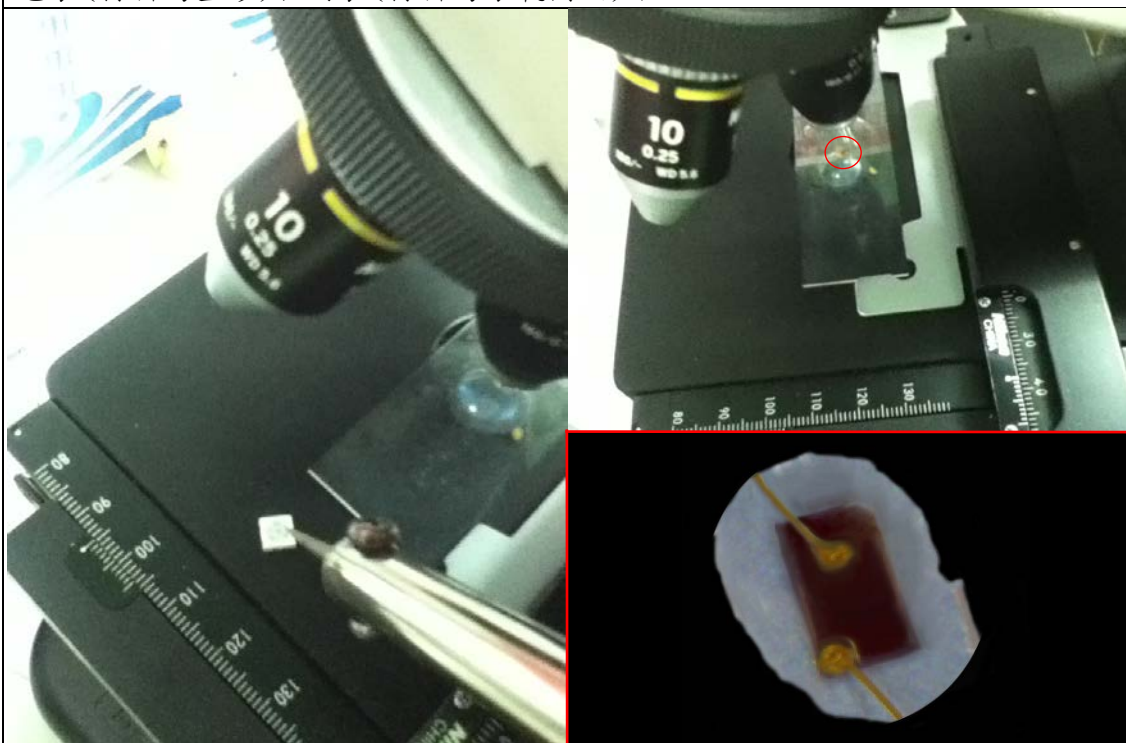
圖示	說明
	<p>鈇銀銅氧體飄浮高度取決於塊材厚度及重量，太薄則排磁效應不明顯、太重則重力大於磁浮力。首要的任務即是找出其關係做為實驗參數。依照實驗數據找出質量對應高度的比值，如右表。</p>
	<p>對於數據做誤差值調整並依數據走向預估完整比值圖。</p>
	<p>針對比值走向發現有幾個高峰，在實驗中我們稱為尖峰值，猜測為質量與排磁效應達最佳比值。其中以約 18 克、2 公分厚飄浮高度最高。</p>

### (三)、LED 晶粒的剝離

我們先以比較低價的 Mouser PLCC6 RGB 5050 SMD LED 作為實驗對向。

#### 1、熱熔法

熱融法是以專門銲接 SMD 零件的銲槍為加熱器，直接對 LED 封裝進行加熱，使包裝(材料為塑膠)和封裝(材料為環氧樹脂)熔化。

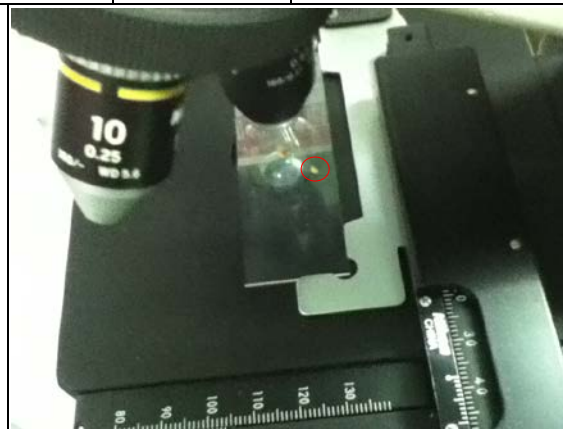


時間(分)	狀況	結果	備註
-------	----	----	----

1.0	僅包裝完全熔化，封裝成熔態	失敗	
2.0	包裝完全熔化，並完整去除銀漆留下金線，成功取得紅燈晶粒	成功	
2.0	包裝完全熔化，銀漆完全被侵蝕金線斷裂，造成晶粒無法使用	失敗	以 RFNA 倒至覆蓋 LED 並以電子元件烘箱加熱至 100°C、2 分鐘
2.5	完全熔化，無法分辨晶粒在何處	失敗	

## 2、化學熔蝕法

化學熔蝕法是以發煙硝酸(Red Fuming Nitric Acid, RFNA)滴在 LED 上，並送進電子元件烘箱以 100°C 加熱，使 RFNA 侵蝕 LED 包裝(材料為塑膠)及封裝(材料為環氧樹脂)。



時間(分)	狀況	結果	備註
1.0	熔蝕了外層包裝，封裝未受影響	失敗	
2.0	包裝及封裝均被熔蝕，無法分辨晶粒在何處	失敗	
2.5	整個 LED 成熔態，無法進行任何操作	失敗	

### 結論：

要剝離 LED 晶粒最好是以物理的方式剝離，其因化學的方式難以預測熔蝕方向及深度等，剝下來的晶粒仍然被包裹在樹脂中，要如何接新的金線有待日後實驗。

## 肆、討論

- 一、由於這次研究時間不夠充裕，許多研究皆尚未完成，使數據不完整或不具參考價值。
- 二、我們找出了分離 LED 晶粒及 IC 晶片的最佳方法，比起其它數據其效果相當不錯。
- 三、雖因需要較多顆鈇銀銅氧塊材以便做較多組實驗，我們仍成功的以日常生活取得到的物品製備鈇銀銅氧塊材，其生長品質及技術可待日後加強。
- 四、我們自行設計之萬用氣相沉機系統改變了以往需要多台不同專工的儀器，除了整合了設備以外也證明了日後半導體製程儀器的成本是可望降低的，最終希望能使半導體工業普遍，而不需侷限在無塵室中。
- 五、雖然無法趕在繳交說明書做出成品並測試，但期盼能在展覽時展示出做好的成品，也是這 2 年來的辛苦結晶。

## 伍、結論

- 一、飄浮體是可行的，因未生產成本可望能降低。

- 二、氣相沉積系統、渦輪分子幫浦等昂貴儀器可以日常生活用品製造出來，其差異為品質而以。
- 三、雖無法做出預期之飄浮顯示器，卻以給我們很多經驗及知識以便日後開發之。

## 陸、未來發展

- 一、改善真空腔體並設計 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> 導入閥以便日後研究關於高定向熱解石墨片。
- 二、在渦輪分子幫浦製程上以 CO<sub>2</sub> 模取代銲接使壽命及穩定度增加，也可考慮自製擴散幫浦。
- 三、使用雷射來分離 LED 晶粒、RFNA 來分離 IC 晶片，並以 Iminia 微型機器人做堆疊工作使未來量產可能性增加。

## 柒、參考資料

- 一、D.H. Kim, N. Lu, R. Ma, Y.S. Kim, R.H. Kim, S.Wang, J. Wu, S.M. Won, H. Tao, A. Islam, K.J. Yu, T.I. Kim, R. Chowdhury, M. Ying, L. Xu, M. Li, H.J. Chung, H.Keum, M. McCormick, P. Liu, Y.W. Zhang, F.G. Omenetto, Y. Huang, T. Coleman, J.A. Rogers(2010)Epidermal Electronics,*Science*,333, 838(Retrieved) August 12 2011,from <http://www.sciencemag.org/content/333/6044/838.full.html>
- 二、1、超導體飄浮系統
  - (圖)Meissner effect - Hydrogen Compound Turns Superconductor under Pressure, <http://news.softpedia.com/newsImage/Hydrogen-Compound-Turns-Superconductor-Under-Pressure-2.jpg>
  - 2、高定向熱解石墨片飄浮系統
    - (圖)Pyrolytic Carbon, [http://en.wikipedia.org/wiki/Pyrolytic\\_carbon](http://en.wikipedia.org/wiki/Pyrolytic_carbon)
    - (文)John Walker(2013). Fomilog: None Dare Call it Reason : Levitating pyrolytic carbon, 1, 1-1. Retrieved March 9, 2013, from <http://www.fourmilab.ch/fourmilog/archives/2013-03/001428.html>
  - 3、電磁懸浮系統
    - (圖)Repulsive electromagnetic levitation - 2, “<http://www.youtube.com/watch?v=WoLkt0Bej3k>”
- 三、(圖)Super Graphic[Newspaper]New York Times,New York:Jonathon Corum. Retrieved January 7, 2008, from [http://www.nytimes.com/imagepages/2008/01/07/science/20080108\\_SUPER\\_GRAPHIC.html](http://www.nytimes.com/imagepages/2008/01/07/science/20080108_SUPER_GRAPHIC.html)
  - (文)1、超導現象，<http://zh.wikipedia.org/wiki/超導現象>
  - 2、郭佳珊(2003)。以比熱實驗探討奈米微粒的量子能隙。國立中央大學物理研究所碩士論文，未出版，桃園縣。
  - 3、蔡志申、李聖尉(2011)。磁性物質(II)－鐵磁性、反鐵磁性(Magnetic Material-II)。高瞻自然科學教育資源平台，<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=22506>。
  - 4、洪連輝、吳添全(2009)。相干長度(Coherence Length)。高瞻自然科學教育資源平台，<http://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=197>。
- 四、J. Bardeen, L. N. Cooper, J. R. Schrieffer, Phys. Rev. 108, 1175(1957).
- 五、J. E. Hirsch, BCS theory of superconductivity : it is time to question its validity, Department of Physics, University of California, San Diego, La

Jolla, CA 92093-0319

六、1、WS2801

(圖)ArtNet Light Controller, <http://www.pablogindel.com/imagenes/art04.jpg>

(文)WS2801, from [http://www.world-semi.com/en/Driver/Lighting\\_LED\\_driver\\_chip/WS2801/](http://www.world-semi.com/en/Driver/Lighting_LED_driver_chip/WS2801/)

2、WS2803

(圖)WS2803, [http://www.anvilex.de/extern/pictures/id260\\_ws2803s.jpg](http://www.anvilex.de/extern/pictures/id260_ws2803s.jpg)

(文)World Semiconductor WS2803 Testing, from [http://thomasolson.com/PROJECTS/WS2803\\_Testing/](http://thomasolson.com/PROJECTS/WS2803_Testing/)

3、WS2811

(圖)WS2811, [http://i.ebayimg.com/00/s/NTAwWDUwMA==/z/u8wAAOxywXFSc1Oq/\(KGrHqRHJEEFJc!YZJ-2BSc1OqR3Hw~~60\\_1.JPG](http://i.ebayimg.com/00/s/NTAwWDUwMA==/z/u8wAAOxywXFSc1Oq/(KGrHqRHJEEFJc!YZJ-2BSc1OqR3Hw~~60_1.JPG)

(文)WS2811, from [http://www.world-semi.com/en/Driver/Lighting\\_LED\\_driver\\_chip/WS2811/](http://www.world-semi.com/en/Driver/Lighting_LED_driver_chip/WS2811/)

4、WS2812

(圖)<http://www.sparkfun.com/products/11821>

5、WS2812B

(文)WS2812 VS. WS2812B, from [http://acrobotic.com/datasheets/WS2812B\\_VS\\_WS2812.pdf](http://acrobotic.com/datasheets/WS2812B_VS_WS2812.pdf)

七、濺鍍

(圖)磁控濺鍍機, [http://2.bp.blogspot.com/\\_zEJIuIMcE0M/SIbvVOut\\_uI/AAAAAAAAASM/MmVWCngeCvc/s320/%E5%9C%96%E7%89%8701.jpg](http://2.bp.blogspot.com/_zEJIuIMcE0M/SIbvVOut_uI/AAAAAAAAASM/MmVWCngeCvc/s320/%E5%9C%96%E7%89%8701.jpg)

(文)濺鍍, from <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%BF%BA%E9%8D%8D>

微波電漿輔助化學氣相沉積法

(圖)enhanced control of single walled carbon nanotube properties using mpcvd with dc electrical bias, from <http://www.intechopen.com/source/html/16848/media/image2.png>

(文)Pyrolytic Graphite, from [http://sci-toys.com/scitoys/scitoys/magnets/pyrolytic\\_graphite.html](http://sci-toys.com/scitoys/scitoys/magnets/pyrolytic_graphite.html)

八、蔡鴻志(2000)。渦輪分子真空幫浦葉片設計參數分析。國立中山大學機械工程學系碩士論文，未出版，高雄市。

九、國立台灣大學化學系 E24 鈮銅氧高溫超導體之製備, from [http://www.chemedu.ch.ntu.edu.tw/~genchem99/doc1/100-2\\_T24.pdf](http://www.chemedu.ch.ntu.edu.tw/~genchem99/doc1/100-2_T24.pdf)

十、Yttrium (III) oxide, from [http://www.en.wikipedia.org/wiki/Yttrium\(III\)\\_oxide](http://www.en.wikipedia.org/wiki/Yttrium(III)_oxide)

十一、Barium Carbonate, from [http://en.wikipedia.org/wiki/Barium\\_carbonate](http://en.wikipedia.org/wiki/Barium_carbonate)

十二、Milton Ohring (1991), Materials Science of Thin Films (First Edition), California, Elsevier Inc

十三、蔡宗翰等(2008)。可調式高電壓電源供應器。自動控制工程學系專題製作，專題論文，未出版，台中市。

十四、黃治綱(2007)。銅薄膜奈米機械性質之分析與測試。中原大學機械工程，學系碩士論文，未出版，桃園縣。

十五、吳致慶(2012)。鋁靶材材料檢測與薄膜濺鍍。國立中大學光電工程學系碩士論文，未出版，高雄市。

## 【評語】 040817

1. 作品創意具可行性，而作者也在文獻、資料中親自學習、製作、探討科學研究的熱忱與投入的心力，十分值得肯定。
2. 未能於參賽時提出作品雖可惜，但已在完成的方向上前進，期盼未來能持續在研發上努力。