

# 臺灣二〇〇八年國際科學展覽會

科 別：物理與太空科學

作品名稱：可調式光電元件:奈米線與液晶的結合

學校 / 作者：臺北市立松山高級中學 陳姿蓓

## 作者簡介



我是一個快樂的高二生，雖然課業那麼繁重，雖然成長期中有很多的苦惱與困惑，但在父母、家人的愛中，從老師殷切的關注中，從充滿樂趣的生活點滴中，我快樂、喜悅的成長著，快樂的做我自己。

我喜歡看書，也喜歡游泳、下圍棋、彈鋼琴、吹長笛、做瑜珈，此外爲了健身、也爲了增強自我的防衛能力，我也學會空手道。由於有這些興趣，使我能平順的渡過生活中每一個難堪、不順心的時刻，而快樂時，這些興趣也成爲我展示喜悅的方式。

我很愛看書，天南地北無所不看，所以我的夢想是成爲作家，一個能寫出像「哈利波特」這樣受歡迎的作品的小說家，或是能寫出其他有趣的書籍，讓人看了後，會哈哈大笑，忘記憂傷的小說家，雖然這條路有點難走，但我一定會朝這個夢想努力前進的。此外，我也很喜歡旅遊，在旅遊中我慢慢體受到世界的大和人生的廣，使我更知道，任何的路都有其風采。

媽媽曾問我，希望將來變成怎樣的人，當個出色的科學家，還是希望做個樂觀、知足的平凡人，想了一下後，我告訴媽媽，做我自己最好，也最快樂，媽媽笑了，說這是最好的答案；我不知道這是不是最好的答案，不過我很確知，我真的只想做我自己，就這樣快樂的學習，幸福的成長！

## 可調式光電元件 -- 奈米線與液晶的結合

摘要	4
研究報告：	
壹、研究動機	5
貳、液晶與奈米科技簡介	5
參、研究背景與目的	6
肆、實驗設備	7
伍、實驗結果與討論	8
一、鐵奈米線與液晶之複合元件特性	8
實驗一：測量鐵奈米線之形狀	8
實驗二：外加電壓之影響	9
實驗三：沒有液晶，只將鐵奈米線加水注入元件	12
二、碳奈米管與液晶之複合元件特性	13
實驗一：碳奈米管之形狀	13
實驗二：碳奈米管之螢光異向性	13
實驗三：外加電壓之影響	15
實驗四：沒有液晶，只將碳奈米管加水注入元件	16
陸、結論	17
柒、參考資料	17

## 英文摘要 (Abstract)

### Tunable optoelectronic devices : Combination of liquid crystals and one dimensional nanowires

New devices based on the composites of liquid crystals and one dimensional nanowires have been designed, fabricated, and characterized. It is discovered that these novel devices own interesting properties that are very difficult to be obtained by conventional ones. As the first example, the liquid crystal device with built-in one dimensional magnetic nanowires has been studied. It is found that the magnetic nanowires can be well aligned along the orientation of liquid crystal molecules. Quite interestingly, the direction of the magnetization of magnetic nanowires can be easily manipulated by an external electric field at room temperature. The phenomenon of electric manipulation of magnetization has been studied since nineteenth century, but the achievement is rather limited. Here, we provide a convenient alternative to overcome the long quest search. For the second example, the liquid crystal device with built-in semiconductor nanowires has been investigated. We demonstrate that the polarization of the emission arising from semiconductor nanowires can be easily controlled by an external electric field, which is one of the basic requirements for information technology. All of our observed results can be well understood in terms of the inherent nature of a large surface to volume ratio of one dimensional nanowires, which induces a strong interaction between embedded nanowires and liquid crystal molecules. Therefore, the nanowires can be driven along the orientation of liquid crystal molecules. It is stressed here that our newly designed devices are based on the well established liquid crystal display technology and therefore their practical application can be realized in the near future.

## 中文摘要

### 可調式光電元件：液晶與奈米線之結合

藉由結合液晶與奈米線，本研究設計出新型的光電元件，我們發現這些新設計具有先前元件很難達到的新穎特性。首先，我們研究液晶分子與一維磁性奈米線之結合，很有趣的是磁性奈米線在液晶元件內，會沿著液晶方向作整齊排列，更重要的是經由一外加電場，即可調控磁性奈米線之磁場方向。藉由電場調控磁場，是很久以來許多科學家追求的目標，然而成效不彰，本研究提供了一個簡便的方法，克服了長久以來的障礙。第二個例子，我們研究液晶分子與一維半導體奈米線結合之元件，我們證實了半導體奈米線所發射螢光之電場偏極方向，可以經由外加電場來調控，這個特性對於資訊科技的應用，將很有用處。本研究所觀測到之結果，皆可利用下列事實來理解，奈米線具有很大的表面積，因而增加了與液晶分子之交互作用，經由此增大的交互作用力，奈米線會沿著液晶分子方向排列。值得強調的是，本研究利用了已成熟的液晶顯示器技術，其未來應用性將有很大潛力。

# 可調式光電元件：奈米線與液晶的結合

## 研究報告

### 壹、 研究動機

我一直覺得，我們這一代所經歷的時空，是非常特殊的，其中很重要的一點就是，科技產品的日新月異，由於科技進展的非常快速，使我們的生活，似乎永遠有新的事物產生，也很快的成爲生活的一部分，從網際網路的無遠弗屆，幹細胞研究的爭議與發展，到奈米科技的廣泛應用，似乎讓人們見識到，科技所帶給人們的無限可能，以及對未來的無限想像空間。

在基礎物理的課程中，對現代科技做了擇要的介紹，使我們對現代科技的內涵有了初步認識。在學習過程中，我發現到現代科技發展迅速的主要原因之一，係繫於新穎物質的開發，這些新物質具有奇特的性質，其特性迥異於先前所有存在的現象，加以利用後，就造就了新產品的設計，且其功能遠大於既有的。在我們日常生活中，翻開報章雜誌，隨手可得這些新物質的影響，其中最突顯的例子，包括雷射、半導體、超導體、液晶、及奈米科技等。

新物質的開發，其中有效的方法之一，就是可以透由現有物質的混合產生新的特性，因爲液晶與奈米科技都是台灣現今非常熱門，大家耳熟能詳的現代科技，如果將這兩個熱門的物質結合起來，是否會產生有趣的光電現象，這個想法既有趣又充滿無限想像空間，使我產生動力，以這個題目做研究，希望能找出答案。

### 貳、 液晶與奈米科技簡介

#### 一、液晶簡介

多媒體時代來臨已日趨成熟，在這其中平面顯示器扮演著電子產品與人類之間的介面角色，而液晶顯示器是這波新發展的主流，也是政府重點培育的高科技產業。

液晶顯示器是利用液晶分子的特性，透由外加電壓使得液晶分子轉向，而達到控制光線的穿透率。液晶是較爲特殊的物質，他並不屬於我們一般熟悉的物質三態；固態、液態、氣態中的任何一態。液晶和液體一樣，具有流動性，但與一般液體不一樣的是，一般液體其分子排列是散漫的，沒有次序的，而液晶分子排列結構具有方向性，且液晶分子是長棒狀的，因此液晶是各向異性的物質，不同的方向具有不同的物理性質，也因此當外加電壓用於改變液晶分子方向時，其特性也會受到改變。

## 二、 奈米科技簡介

奈米是英文 NANOMETER 翻譯為中文的，它是一個長度單位，其大小為  $10^9$  米，是為十億分之一，約為氫原子直徑的 10 倍，或是 DNA 的大小，或是頭髮直徑的十萬分之一。在如此小的尺度下，物質的特性和大塊物質大不相同，主要原因來自於近代物理中的量子效應，再者奈米物質因為體積小，表面積上的原子所佔的比例亦大增，因此奈米具有特殊的物理與化學性質，例如金的奈米顆粒可以呈現出紅色、綠色、橙色，而不再是黃色。

因為奈米物質的性質可以利用其大小來調控，且不同的大小，就會具有不同的物理與化學特性，其中包含光學、電學、力學、熱學、磁學等性質，而自然界具有各式各樣的物質，如果都用來做成各種形狀與大小不同的奈米顆粒，那麼可想而知，所因而產生的物質，其特性將會千變萬化，難以預測，也因此奈米科技等同於對自然界的物資，重新啟動了一個新紀元的特性變革，其影響範圍，可以含蓋所有人類所涉及的領域，包含醫療、光電、通訊、環保、軍事、外太空探測等，也因此有人預測奈米科技會導致另一次工業革命。

## 參、 研究背景與目的

奈米科技是最近非常熱門的研究主題，科學家製作出各式各樣的奈米結構，也發現很多有趣的物理特性，奈米線即是其中之一。由於幾何結構，使奈米線的物理特性具有很大的異向性，例如不論是電場、磁場或是電子的運動，都很容易沿著軸線的方向。如何利用奈米線的物理特性，將之作成有用的元件推廣到日常生活，將是非常重要的，而將奈米線與現今成熟的技術相結合，應是一個可行的方式。

液晶光電元件是一個非常成熟的技術，台灣製作的液晶顯示器已佔全世界第一位，其主要的運作原理就是外加電場，就可轉動液晶分子，而液晶分子是長棒狀的，具有很大的光學異向性，因此轉動液晶就可以控制光通過液晶元件的特性。

一個有趣的問題就產生了，如果將奈米線與液晶光電技術結合，會產生什麼結果？當奈米線與液晶混合，而注入液晶元件內，是否可以結合這兩種不同物質的特殊性質，而產生新穎的物理特性？

### 一、 研究推論：

依照這兩種不同物質的特性推論，因為奈米線具有很大表面積，因此與液晶分子之交相互作用力，較之塊材增強了許多，藉由液晶分子與奈米線增強的交互作用，在外加電場的情況下，當液晶分子轉動時也會帶動奈米線轉動，因此奈米線的物理異向性就可以利用電場來控制，因而可以用來製作可調式的光電元件。

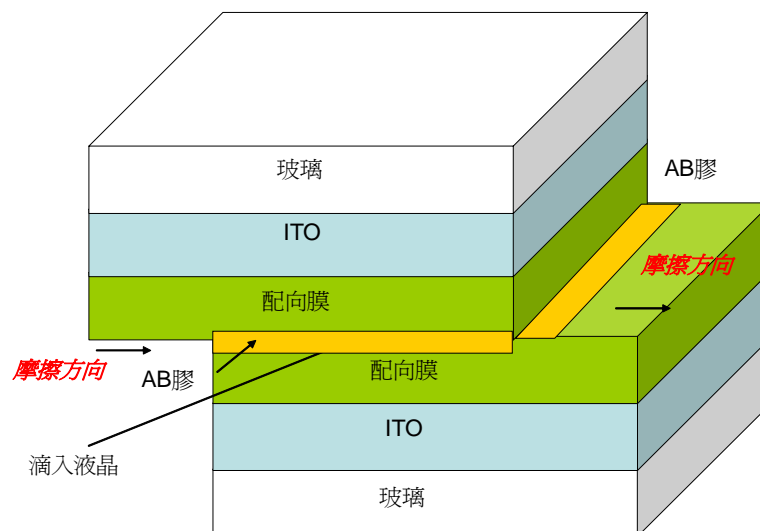
### 二、 實驗對象：

為證實前項推論，乃選擇以鐵的奈米線與碳半導體奈米管為實驗對象。對於鐵的奈米線，它沿著軸線方向會具有較大的磁場，因此如果與液晶混合，就有可能藉由電場來改變磁場的方向，這將會是很有趣的現象。而碳半導體奈米管，它在垂直軸線方向會具有較強的發光強度，因此有可能藉由外加電場來調控發光的電場方向。

## 肆、 實驗設備

### 一、 實驗材料

1. 鐵奈米線 [約 6 微米長( $6 \times 10^{-6}$  公尺)，110 奈米寬( $110 \times 10^{-9}$  公尺)]
2. 碳奈米管 [約 5 微米長( $5 \times 10^{-6}$  公尺)，100 奈米直徑( $100 \times 10^{-9}$  公尺)]
3. 液晶分子(E7 from Marck) (3 奈米長，0.5 奈米寬)
4. 液晶元件：包含透明導電玻璃，經由摩擦而具有溝槽高分子配向膜(6mm，15mm， $1 \times 10^{-2}$ mm)
5. 電壓計
6. 電源供應器，乾電池
7. 綠光雷射：用於激發碳奈米線之螢光 (波長為 532 奈米)
8. 聚光透鏡：用於聚光
9. 偏光鏡：用於分析螢光的電場方向
10. 光偵測器：用於偵測螢光強度



## 伍、 實驗結果與討論

### 一、 鐵奈米線與液晶之複合元件特性

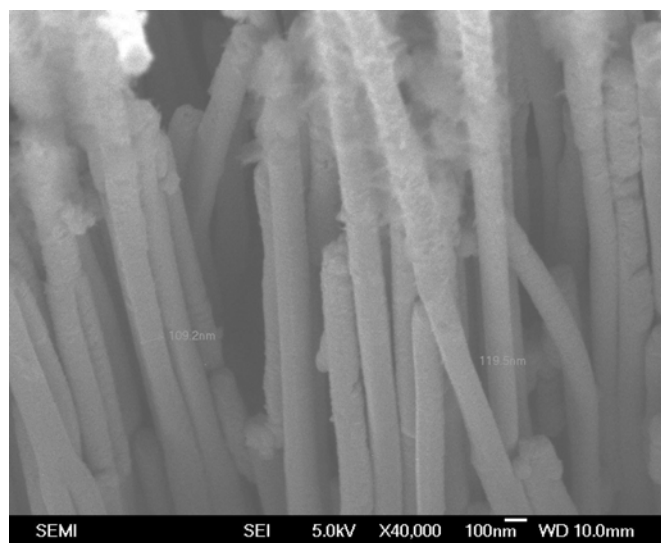
#### 實驗一：測量鐵奈米線之形狀

1. 實驗目的：利用電子顯微鏡影像，測量鐵奈米線的形狀與大小。

說明：電子顯微鏡是利用聚焦到很小的電子束(約 1 奈米)打到樣品，而收集其反射回來的電子產生影像，因為不同的部位，反射回來的電子數與特性不一樣，因而得以將影像呈現出來。

2. 實驗結果：

從下圖我們得知奈米線之長約為 6 微米( $6 \times 10^{-6}$  公尺)，半徑約為 110 奈米( $110 \times 10^{-9}$  公尺)



(圖一：鐵奈米線之電子顯微鏡影像)

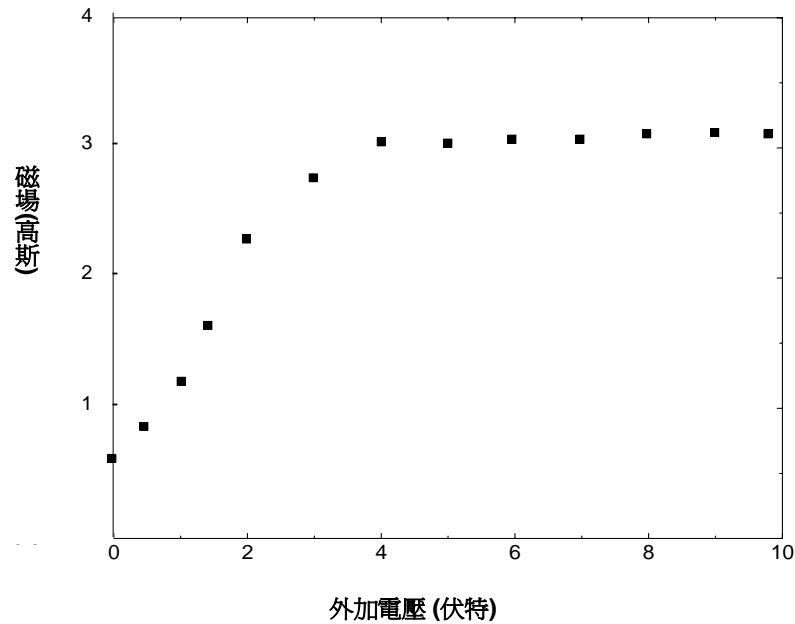


## 實驗二：外加電壓之影響

1. 實驗目的：測試在外加電壓下，對鐵奈米線與液晶元件特性的影響。

2. 實驗結果：

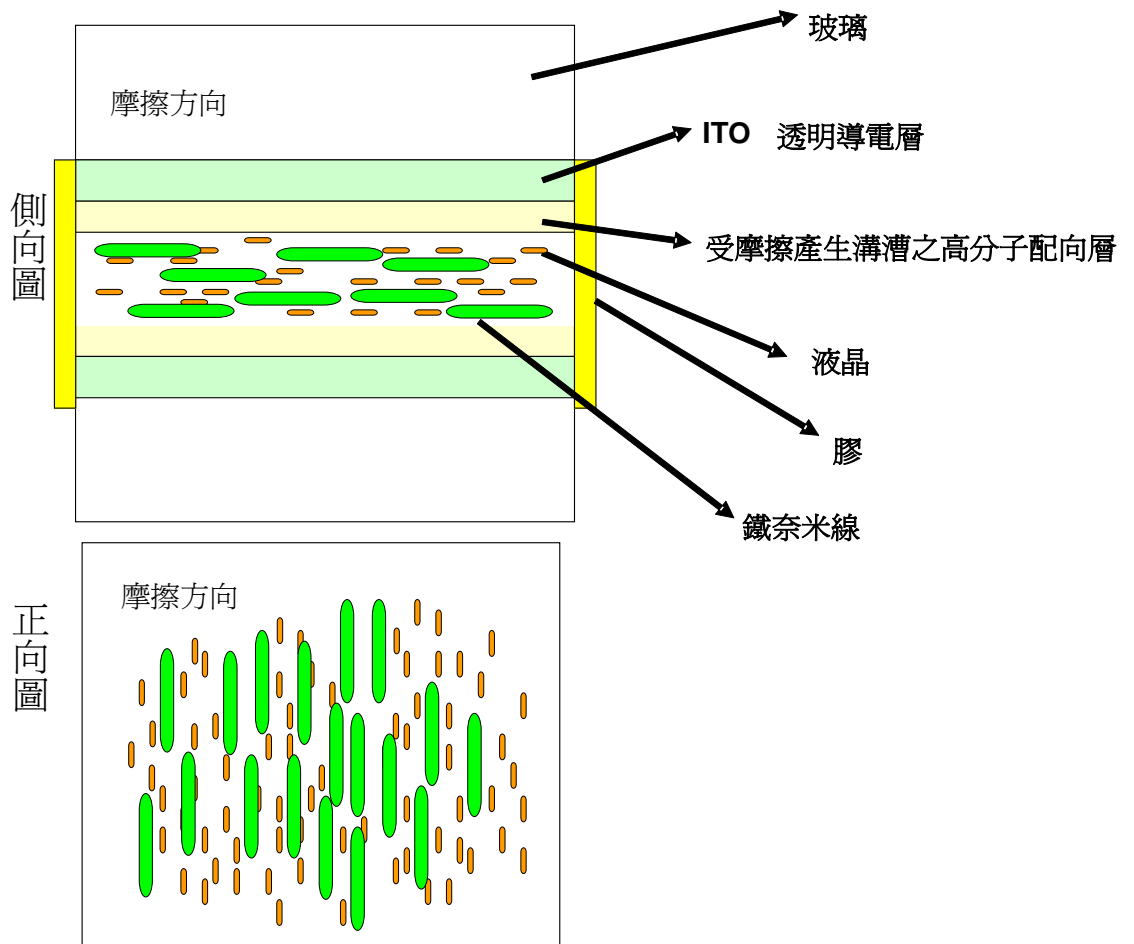
從下圖，我們發現鐵奈米線沿垂直元件表面方向之磁場，會隨著外加電壓而逐漸變大，也因之我們得到一個很有趣也很創新的結果—「利用電壓可以旋轉磁場的方向」。



(圖二：鐵奈米線與液晶元件沿著垂直表面之磁場隨外加電壓之變化)

說明：這個有趣的結果可以簡單解釋如下：

- (1) 首先因為液晶分子與鐵奈米線的交互作用，鐵奈米線會受到液晶分子的牽引而作整齊排列，因而展現出具有單一方向的磁場，其情形如下圖。

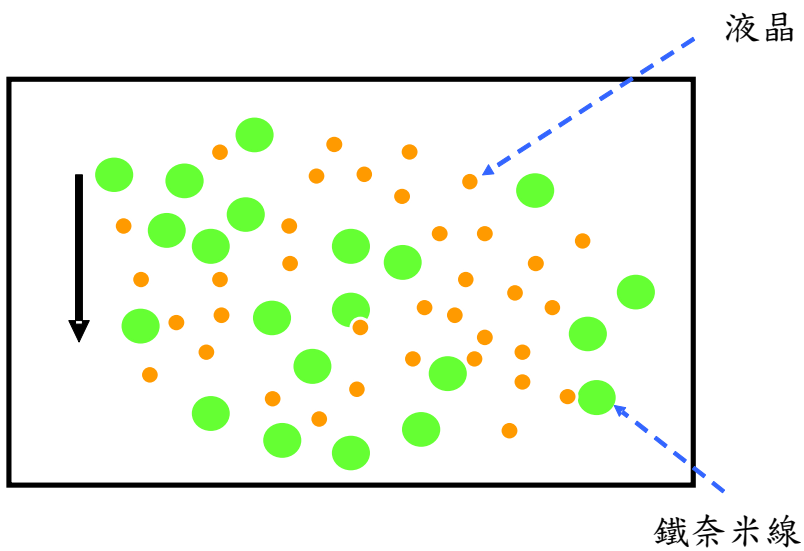
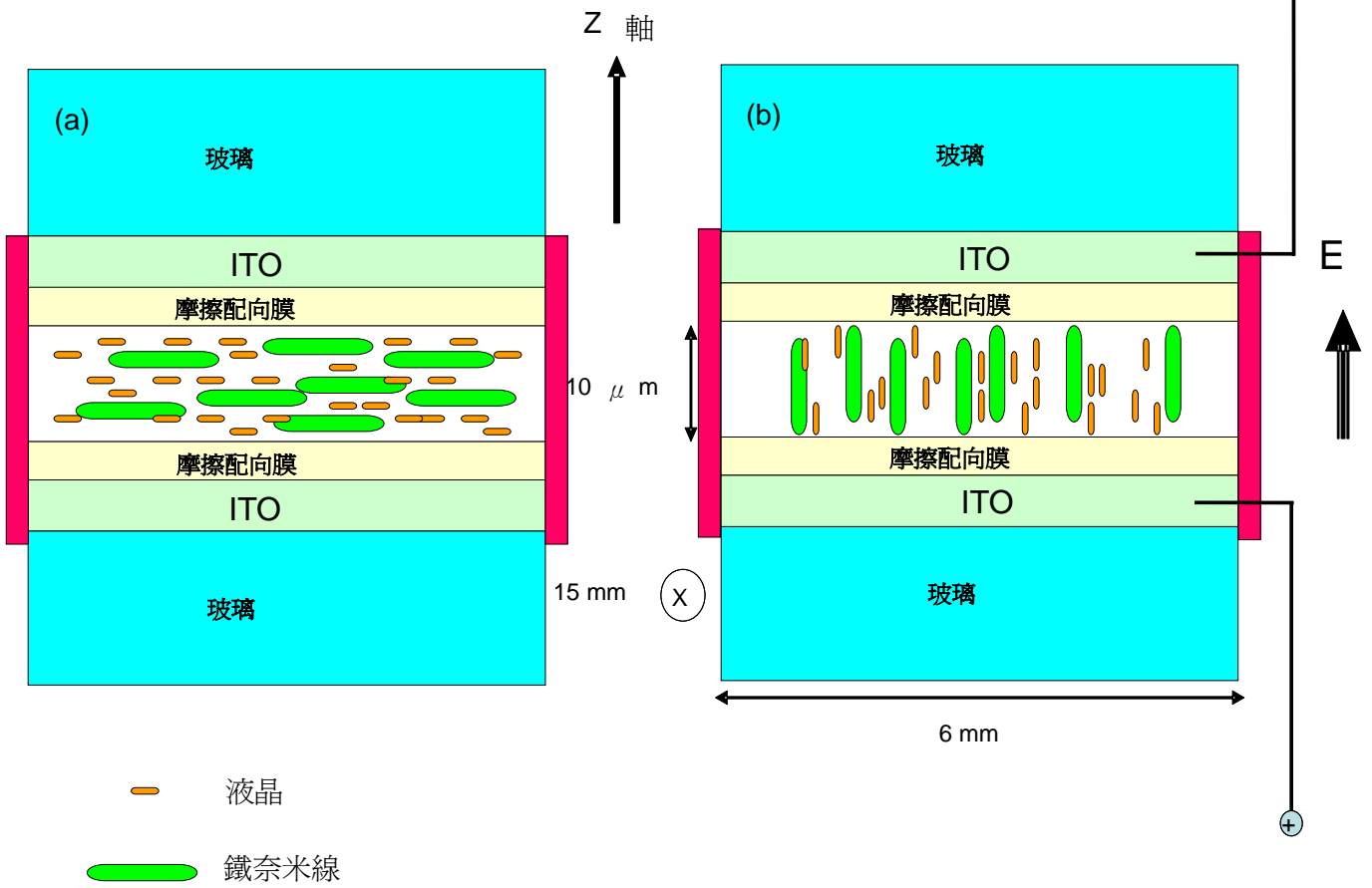


(圖三：說明鐵奈米線會因液晶分子作用而隨之作整齊排列)

(2)當液晶分子受到電壓的影響而轉動時，因為液晶分子與鐵奈米線的交互作用，因而液晶分子能帶著鐵奈米線轉動，因此鐵奈米線之磁場也跟著轉動，所以利用電壓就可以轉動磁場。這個說明可以用下圖來描述：

沒有外加電場

有外加電場



(圖四：鐵奈米線與液晶分子會受到外加電壓影響而改變方向)

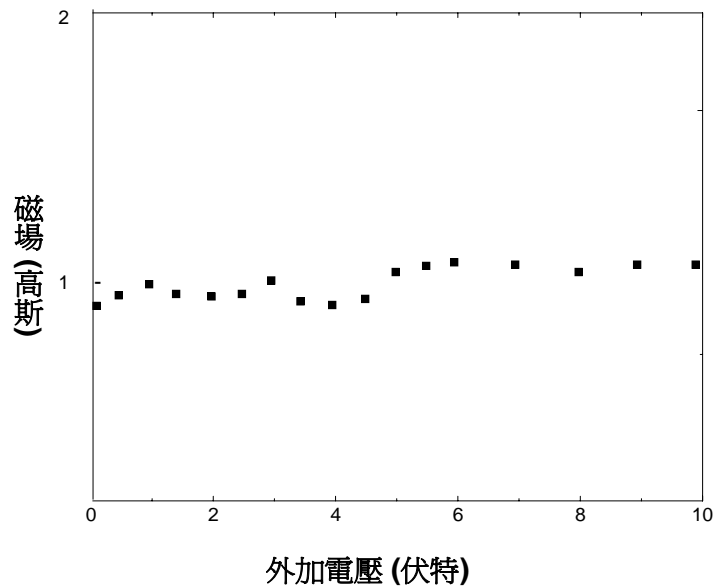
### 實驗三：沒有液晶，只將鐵奈米線加水注入元件

#### 1. 實驗目的：

測試在沒有液晶分子下，外加電壓，對鐵奈米線特性的影響，以證實液晶分子在上述實驗中所的重要性。

#### 2. 實驗結果：

從下圖，我們發現沒有液晶分子，鐵奈米線排列是不規則的，所以其磁場非常微弱，沒有特定方向，因而外加電壓亦沒有產生任何作用，從這個實驗，證實了液晶分子的重要性，亦即鐵奈米線的排列次序與受電壓之影響，全是因為液晶分子存在之故。

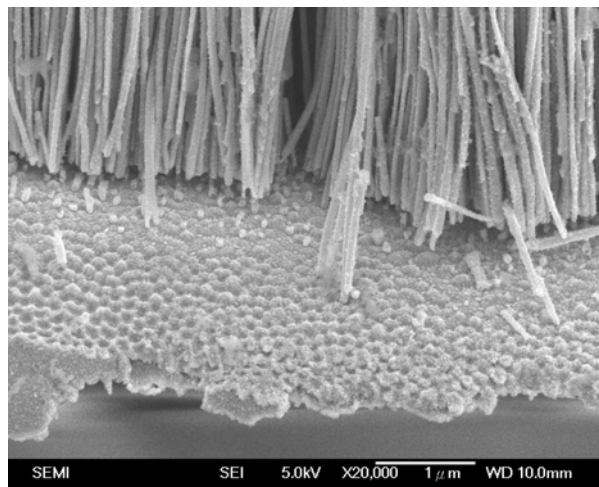


(圖五：鐵奈米線加水注入元件中，其磁場隨外加電壓之變化)

## 二、 碳奈米管與液晶之複合元件特性

### 實驗一：碳奈米管之形狀

1. 實驗目的：  
利用電子顯微鏡影像，測定碳奈米管的形狀與大小。
2. 實驗結果：  
從下圖，得知碳奈米管之長度約為 5 微米 ( $5 \times 10^{-6}$  公尺) 其直徑約為 100 奈米 ( $100 \times 10^{-9}$  公尺)。



(圖六：碳奈米管之電子顯微鏡影像)

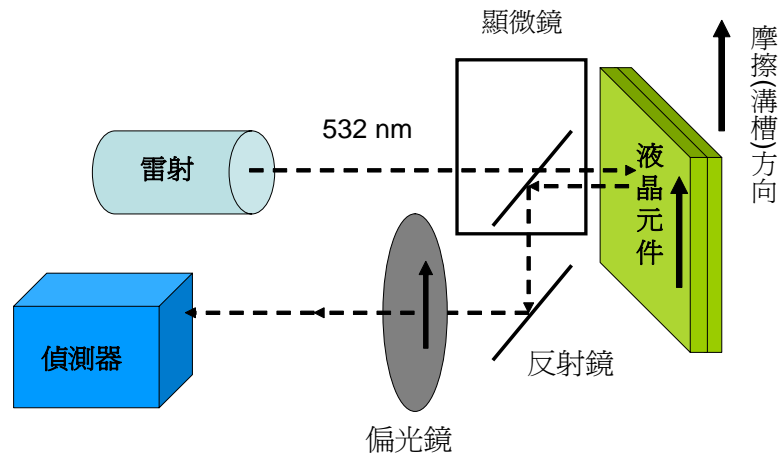
### 實驗二：碳奈米管之螢光異向性

1. 實驗目的：  
利用螢光量測系統，測定碳奈米管，所發出螢光之電場方向性。
2. 實驗量測系統：  
碳奈米管與液晶元件之螢光量測。

#### 量測系統說明：

具有波長 532nm 之雷射光，經由光學顯微鏡聚焦後，入射到液晶元件，處於液晶元件內之碳奈米管受到雷射光之激發，而產生螢光，該螢光經由顯微鏡聚焦，由反射鏡引導，通過偏光鏡，而進入偵測器。

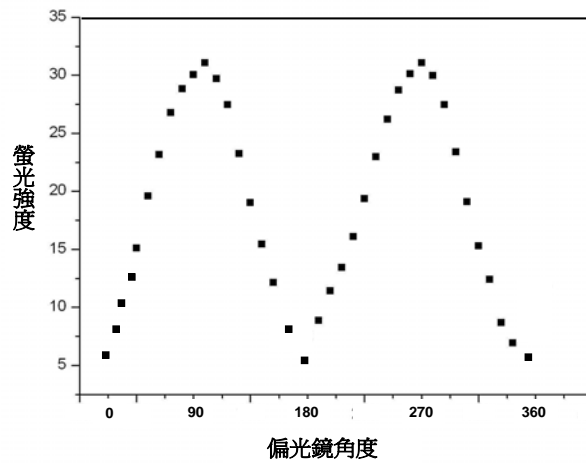
偏光鏡之基本特性，在於只能讓特定方向之電場通過，因此本偏光鏡之作用，在於偵測碳奈米管所發出螢光之電場的方向。



圖七：螢光量測設備簡圖

### 3. 實驗結果：

從下圖得知，碳奈米管之螢光強度具有很大的異向性，其最大值是當螢光之電場平行於配向膜方向，這顯示了碳奈米管會隨液晶分子而作整齊排列。



(圖八：碳奈米管之螢光強度隨偏光鏡角度之變化)

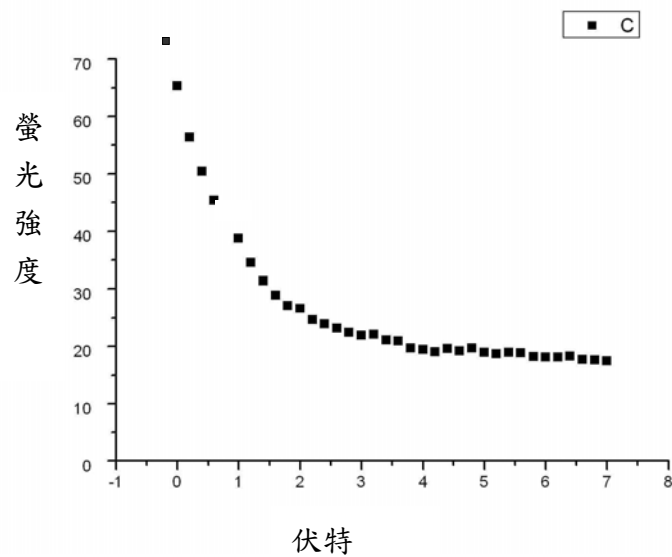
### 實驗三：外加電壓之影響

#### 1. 實驗目的：

測定碳奈米管在液晶元件內，其方向是否可以經由外加電壓加以調控。當奈米管之方向改變時，其螢光之電場也因而改變，是故通過一固定方向之偏光鏡時，其電場強度也會隨之變化。

#### 2. 實驗結果：

螢光強度與電壓之關係如下圖：



(圖九：碳奈米管與液晶元件之螢光隨電壓之變化)

從實驗所得結果，我們證實碳奈米管螢光之電場方向是可以受到外加電壓而調控，這也是一個相當有趣的結果，可以用來作為可調式的光電元件，例如加電壓就可調整控光的特性。而這個結果與鐵奈米線相同，也可以用液晶分子與奈米線之交互作用來解釋，當碳奈米管隨液晶分子轉動時，其螢光之電場亦隨之轉動，因而顯現出所量到的特性。

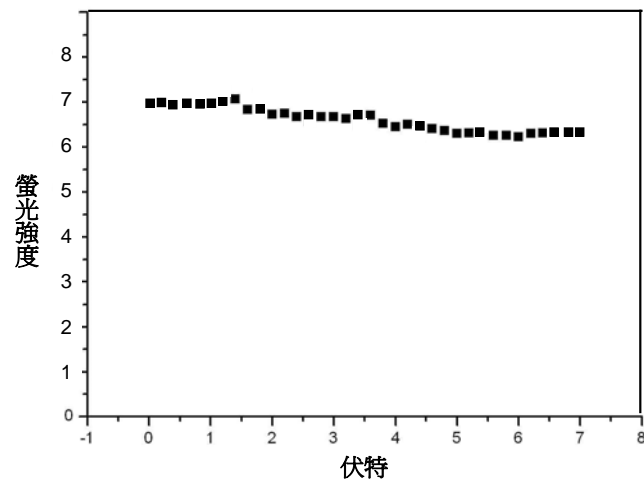
實驗四：沒有液晶，只將碳奈米管加水注入元件

1. 實驗目的：

證實在上述實驗中所觀察的奈米管螢光特性，隨外加電壓之變化，是因為液晶分子存在之故所引起的。

2. 實驗結果：

螢光強度與電壓之關係如下圖：



(圖十：碳奈米管加水之元件其螢光之異向性，本數據證實其不具異向性)

從上圖得知，碳奈米管不具方向性排列，因此其螢光之電場也沒有方向性，而加強電壓亦產生不了作用，證實液晶分子的重要性。



## 陸、結論

經過液晶與鐵的奈米線、碳半導體奈米管結合的實驗後，得到下列重要結論：

- 一、磁性奈米線與液晶分子之元件可以展現出特殊的有趣現象 — 「外加電壓可以調控磁場方向」，這一新穎結果，是先前難以達成的。
- 二、半導體奈米線與液晶分子之元件，具有特殊的有趣現象 — 「外加電壓可以調控螢光之電場方向」，這一新穎結果，使之有潛力成爲可調式光電元件。
- 三、本實驗提供一個簡便的方法，藉由液晶分子的作用可以將奈米線排列整齊。
- 四、本實驗將奈米線與液晶元件結合，而液晶元件是一成熟技術，因此本研究將有助於奈米線之實際用途。

## 柒、參考資料

- 一、基礎物理：高級中學一年級用書，全華科技圖書股份有限公司，民國 95 年 6 月初版。
- 二、黃素貞：科學發展，349 期，30 頁(2002)。
- 三、趙志宇：有趣的液晶薄膜，物理雙月刊，23 卷 4 期，476 頁(2001)。
- 四、國立台灣大學奈米科技研究中心網站：[http://nanost.ntu.edu.tw/nano\\_material.asp/](http://nanost.ntu.edu.tw/nano_material.asp/)
- 五、工研院奈米科技研發中心網站：<http://www.ntrc.itri.org.tw/>
- 六、馬遠榮：低維奈米材料，科學發展，38 期，72 頁(2004)。
- 七、川合知二主編：圖解奈米科技，工研院奈米科技叢書，全華出版社。
- 八、中南區奈米科技 K-12：<http://web.nchu.edu.tw/~k12/>
- 九、台灣師範大學陳家俊網站：<http://www.chem.ntnu.edu.tw/labs/ccchen/>

## 評語

優：充分利用液晶特性表現對異質物之操控性。

缺：1. 比較像教學實驗，而非研究。

2. 學員並不完全明瞭實驗內容。