

花木蘭辨別術-靜電電性偵測裝置

雄兔腳撲朔，雌兔眼迷離，兩兔傍地走，安能辨我是雌雄。

製作者：臺南縣佳興國中陳坤龍老師

本教案彙整者：臺灣師大教育系翁亞婷

壹、前言

國中理化教材中所提到靜電之相關部分囊括生成之原理以及兩物體摩擦後各帶之電性，但對於兩物體相互摩擦完後所帶之電荷為正或負，僅能用靜電電性序列表來判定，不像磁鐵 N 或 S 極只憑一個指南針即可判定極性，學生也只能死背摩擦後兩物質各帶之電性，例如絲絹摩擦玻璃棒後，玻璃棒帶正電，絲絹帶負電，並沒有具體的器具可呈現摩擦後之結果。

因此筆者利用電晶體的特性並組合 LED 燈，製作靜電正負的檢測器—「靜電魔鏡」，使靜電感應視覺化，將摩擦後之結果更具體的呈現，使學生能夠對於摩擦後兩物體各帶之電性有更具體的概念。本文從靜電生成之原理為首，介紹靜電感測器之原理及使用，輔以簡單之實驗說明，最後簡述目前生活中之靜電應用以及未來發展之可能性。

貳、靜電簡介

早上出門碰到車門時，有沒有被小針扎到的感覺？又乾又冷的環境下，脫下毛衣時有沒有聽過「啪啪」聲？用塑膠梳子梳頭髮時，有聽過「滋滋」聲嗎？如果在黑暗的房間中甚至還能看見火花。早在希臘時期的哲學家賽利斯

(640-546B.C.) 已發現用衣服摩擦琥珀後，琥珀可吸引像羽毛等很輕的物體。

到今天，我們已經知道這些奇妙的現象是靜電造成的。究竟什麼是靜電？靜電又是如何產生的呢？

所有物體都是由原子組成。每一個原子都帶有相同數目的質子和電子。質子

帶正電，電子帶負電。平時由於質子和電子的數量相等，因此不會顯出帶電現象。當兩個物體經過磨擦之後使溫度升高，物體原子裡的電子運動因而劇烈，比較活潑的電子就會轉移到另一個物體上。失去電子的物體就帶正電，得到電子的物體就帶負電。這些電在絕緣體上不會自己流走，是不會動的電，所以叫做靜電。這樣的「靜電現象」只會發生在絕緣體上，因為絕緣體不能導電，金屬因為可導電，則不會發生此現象。

參、靜電正負的判別—「靜電魔鏡」

一、靜電魔鏡

靜電是一種習以為常卻難以捕捉的現象，以往只能用靜電電性序列表來判定甲和乙兩物質相互摩擦完後，何者帶正電何者又帶負電；不像磁鐵 N 極或 S 極，只要憑一個指南針即可判定極性。利用 JFET¹ 對電場的敏銳感應性，搭配不同的 LED 燈，就可做出將靜電感應視覺化的檢測器，如圖 1 所示。



圖 1、靜電魔鏡：由 2N5669 電晶體結合產生紅光的 LED 燈製成

將靜電魔鏡通電（這裡使用 3 號電池組），此時 LED 燈全亮，接著利用抹布摩擦塑膠棒產生靜電之後，將塑膠棒於靜電魔鏡上方揮舞（並無接觸），塑膠棒所帶之負電場會使 LED 燈熄滅，如圖 2 所示。

¹ JFET：接面場效電晶體(Junction Field Effect Transistor)



圖 2、負電檢測結果之呈現—LED 燈熄滅

利用面紙摩擦熱熔膠棒後，使玻璃棒帶正電，將玻璃棒掃過靜電魔鏡，玻璃棒上所帶的正電場，會使 LED 燈更亮，如圖 3 所示。

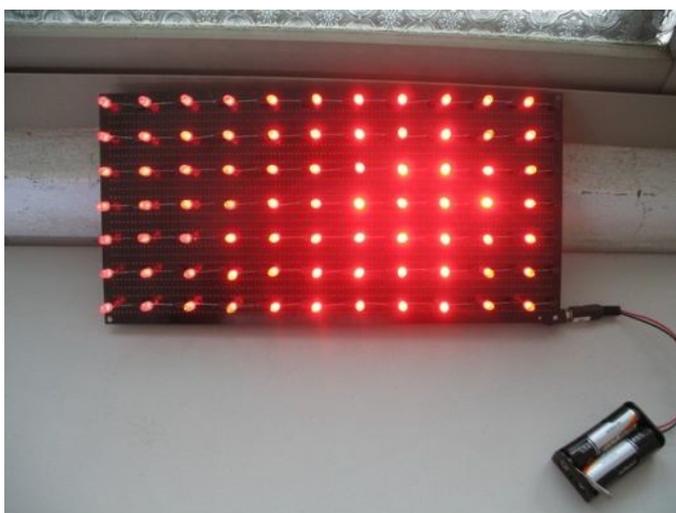


圖 3、正電檢測結果—LED 燈增亮

二、原理介紹

利用 JFET 的 gate 端只能傳遞單一方向電流的特性，並結合其對細微電壓變化的高敏感度特性，在帶負電荷的物體掃過靜電魔鏡的瞬間造成電位差，使原本明亮的 LED 燈熄滅；反之，若為帶正電的物體掃過靜電魔鏡，則該物體所帶之正電場則使 LED 燈更亮。根據 LED 明亮的變化，即可了解摩擦過後的兩物體所帶之電荷為正或負。

三、動手做—靜電魔鏡簡易版

(一) 材料：

器材	單位數量
2N5669 電晶體	一個
LED 燈 (紅或其他顏色亦可)	一個
1M 電阻	一個
抹布	一條
塑膠棒	一支
面紙	一張
熱熔膠棒	一支
焊錫	少許
小型噴火槍	一個
3 號電池	兩顆
3 號電池組	一個

(二) 製作步驟

步驟一：將 2N5669 電晶體?端與 LED 燈相接，可在電晶體與 LED 中間多焊接一個 1M 電阻，以避免強電流燒壞電晶體。

步驟二：將 2N5669 電晶體?端與電池負極相接。

步驟三：將 2N5669 電晶體?端與電池負極相接。

步驟四：將 3 號電池組裝上電池使 LED 燈發亮，靜電測試裝置即完成。



圖 4、簡易靜電檢測器

(三) 裝置測試

1. 利用抹布摩擦塑膠棒產生靜電之後，將塑膠棒於靜電魔鏡上方揮舞（並無接觸），塑膠棒所帶之負電場會使 LED 燈熄滅。
2. 利用面紙摩擦熱熔膠棒後，使玻璃棒帶正電，將玻璃棒掃過靜電魔鏡，玻璃棒上所帶的正電場，會使 LED 燈更亮。

肆、靜電與生活

一、靜電對生活造成的影響

靜電常發生於乾燥的天氣。由於空氣中濕氣降低，導致靜電較易在人體內儲存，而難以釋放，因此冬季較夏季容易產生靜電現象。雖然靜電電流並不大，但對於人體仍有影響。人體內過多的靜電，會影響中樞神經、血液酸鹼度改變，甚至造成頭暈、頭痛、煩躁、失眠、食慾不症的症狀。靜電容易影響心臟機能引發心律失常，因此老年人或神經衰弱、高血壓、心臟病、精神病及心腦血管疾病患者更應防範靜電的危害，避免遭受看似不起眼的靜電電擊後，造成神經緊張，誘發心腦血管疾病。

平常我們所使用物品之材質也會影響到靜電的產生與儲存。若大量使用化纖衣物、坐墊、壁紙及地毯等，這類物品受到摩擦後容易產生靜電，就會使靜電較容易在身體中累積。平常家用電器和電腦等產生的靜電荷也會被人體吸收、儲存，若穿著化學纖維衣物則更難將電荷釋放出來，此時若用手碰觸金屬物體，靜電釋放造成手指即會產生輕微觸電的感覺。

在工業上，靜電也會造成許多麻煩，例如易引起電子設備的故障，造成電磁干擾，且在易燃易爆品或粉塵、油霧產生的場所，容易引起爆炸和火災。在電子工業上，靜電易使生產過程中的產品吸附灰塵，造成污染，使成品良率降低。因此在工業上，尤其注重靜電之防範。

二、防靜電的方法

若是天氣太乾燥，可使用加濕器或灑水來增加空氣濕度，也可使用高保濕的保養品以滋潤皮膚，以減輕靜電干擾的現象。當關上電視或使用電腦後，藉由洗手洗臉可有效放電，平常選擇穿柔軟、光滑的棉織內衣、內褲，以減低靜電的影響效果，長時間不用的電器可拔除插頭。梳頭髮時使用木頭梳子，而少用塑膠梳子。平常赤腳走動也有助於排放過多的電荷，在觸碰金屬物品前，可先觸碰一下牆面，先將體內的靜電放出。

在工業上，許多工廠已經開始實施各種程度的防靜電措施和工程，以降低靜電造成的損失與危害，根據產業特性與需求的不同，所採用防靜電的方式也不盡相同。運送汽油的油罐車由於在行駛過程中，汽油與油罐車內壁摩擦使油槽帶電，易引起火花造成爆炸，因此藉由在車尾拖一條鐵鍊把靜電傳到地上，這也是防靜電的方法。

三、靜電在生活上的運用

靜電對我們的生活有很多潛藏的危險，但是也有不少的好處。現今如除塵、廢舊塑膠分選、淡化海水、噴灑農藥、人工降雨、低溫冷凍、宇宙飛船加料等許多產業已運用靜電的技術。在生活方面則有廠商推出靜電濾網、靜電拖把、靜電除塵器等生活用品。以靜電除塵器為例，即利用靜電可吸附微小塵粒的特性，再結合其它的裝置，讓我們可以輕鬆的除去物體表面的灰塵而不傷害物體表面。

另外，在衣服的印製上也有採用靜電的技術。以紡織工業及成衣工業中所使用之靜電植絨印花為例，把具有適合靜電植絨的黏合劑，透過網版直接印製在成衣上，再通過靜電把纖維絨毛定向、垂直且均勻的植入黏合劑中，加熱固化後就可形成的立體浮雕圖案。這種方法適合單色和多套色圖案的印製，而且能與其他印花產品相互配合，印製出特殊風格的圖案。從這些生活中的例子就可以發現，只要做好防靜電的措施，而發揮創意，靜電也可為我們的生活帶來意想不到的便利。

伍、靜電的未來發展

靜電的電力雖小，但若把它有效的儲存、轉換，它是否也可以像太陽能和風能一樣產生巨大的能量供我們使用呢？這是一個值得探究的主題。能源的應用必須經過一連串的轉換，通常需經由一次或多次的能源轉換過程。以電能為例，它並非一種生活中直接可運用的能源，而是能量的呈現方式。電能的產生是透過煤、天然氣、石油、太陽、風等初級能源先轉化為機械能如熱能、輻射能、化學能等，再轉換成為電能，而電能又可再度轉換成為光能或其他形式，例如使燈泡發亮以及啟動電視機。因此能源的來源固然重要，但更關鍵的在於我們是否能將它轉換成高密度能源且有效利用。靜電的力量看似微小，但是如果我們知道其轉換和儲存的方法，也可發揮大功能，或許成為未來重要的能源呢！

陸、結語

課本中所述之靜電現象，透過簡易的器材製作出吸引學生的教具，不但可在上課中增加趣味，亦可將生活中與靜電相關之知識及其在工業上運用的方法導入教學中，讓靜電更加貼近日常生活，進一步結合能源轉換的部份，便可刺激學生動腦思考能源的應用與可貴，以及更多能源產生的可能性，創造無可限量的靜電能量。

柒、參考資料

大紀元 (2005, 1 月 12 日)。冬日防靜電。2010 年 3 月 26 日，取自

<http://wwwga.epochtimes.com/b5/5/1/12/n777487p.htm>

少年兒童出版社 (1996)。十萬個為什麼《物理 II》。台北市：國際少年村。

中國工業電器網 (2010, 3 月 15 日)。靜電對工業生產的影響。2010 年 3 月 26

日，取自 <http://www.cnelc.com/news/ShowArticle.asp?key=100085601>

台灣區絲綢印染整理工業同業公會 (2008)。十種印花工藝及材料簡述。2010

年 4 月 1 日，取自 <http://www.pdf.org.tw/doc/200808083.doc>

孫允武 (無日期)。接面場效電晶體。2010 年 3 月 26 日，取自

http://140.120.11.1/prophys/electron/lecturenote/7_7.pdf

馮鵬年、楊世平 (主編) (1989)。磁性的秘密：電磁的簡易實驗。台北市：正中書局。

陳雅茜 (譯) (2004)。蓋瑞·吉布森著。科學一做就通：下冊 (Science For Fun Experiments)。台北市：天下遠見。

奧斯朋出版社編輯群 (2005)。圖解物理辭典。台北市：小天下。