中華民國第57屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 物理與天文學科

051808

金持銀膜戴氯帽-探討氯鋁化酞菁分子在銀薄 膜、銀單晶及金單晶上的變化

學校名稱:國立新竹女子高級中學

作者:	指導老師:
高二 李婷穎	黄瀞瑩
高二 江宜蓁	
高二 李芫慈	

關鍵詞:氯鋁化酞菁分子、真空能階

摘要

本實驗以角解析光電子能譜觀察氯鋁化酞菁分子¹¹¹蒸鍍於銀薄膜¹²¹、銀單晶及金單晶上其 氯原子以向上或向下形式排列的變化,再以真空能階¹³¹進行比較。銀單晶與金單晶同為塊材, 卻是不同金屬;銀薄膜與銀單晶為相同金屬,卻有薄膜與塊材的差異,故將實驗分成主要兩 個部分進行比較,一是銀薄膜與銀單晶的比較,二則為銀單晶及金單晶的比較。

第一部分中由於銀單晶較為光滑、銀薄膜較為粗糙,故蒸鍍於銀薄膜時,較為穩定不易 受光照影響;而第二部分的比較中,蒸鍍於銀單晶時,不論是以慢速率蒸鍍或是快速率蒸鍍 皆易受光照影響氯原子的排列。雖然蒸鍍於銀單晶及金單晶上都會受光照影響,但因為不同 物質的功函數不相同,所以造成蒸鍍於金單晶較銀單晶穩定。

壹、研究動機

隨著科技的日新月異,電視、手機或其他細小高解析度的顯示器都採用有機發光二極體 (OLED, Organic Light Emitted Diode),製造更加輕薄的產品,有視角廣、彩度高、可彎曲…等 優點;又由於有機物的普遍性、製備過程簡單、價格相對低廉,而發展出成分為有機物的有 機太陽能電池,這些應用有龐大的商機,使得許多科技大廠紛紛投入資金開發研究,故無論 是在工業界或是學術界中都有極高的研究及發展價值,但由於太陽能的功率轉換效率低,研 究介面物理的重要性因而提高。

前陣子在閱讀有關於 CIAIPc 蒸鍍於金單晶及銀薄膜上所產生變化的研究時,發現當其蒸 鍍在銀薄膜上,快速率蒸鍍會以上下交錯的方式排列,慢速率蒸鍍會以氯向下的方式排列, 而在退火後會轉變為氯向上的形式;蒸鍍在金單晶上時氯原子會以上下交錯方式排列,而退 火後亦會轉變為氯向上。這樣的結果使我想進一步想研究 CIAIPc 在銀單晶及銀薄膜上及銀單 晶與金單晶上的差別。

貳、研究目的

本實驗探討有機分子氯鋁化酞菁(ClAlPc)分子分別蒸鍍在銀薄膜與銀單晶及金單晶上氯 原子向上及向下排列的變化,以基底的不同、蒸鍍速率的快慢以及光照影響三個因素來當作 變因,列出以下七項研究目的。

一、慢速率蒸鍍 ClAIPc 於銀薄膜上,以角解析光電子能譜觀測其氯原子隨蒸鍍厚度增加 所造成排列方式的變化。

二、慢速率蒸鍍 ClAIPc 於銀單晶上,以角解析光電子能譜觀測其氯原子隨蒸鍍厚度增加 所造成排列方式的變化。

三、慢速率蒸鍍 ClAIPc 於銀單晶上,以角解析光電子能譜觀測其氯原子隨光照次數增加 所造成排列方式的變化。

四、快速率蒸鍍 ClAIPc 於銀單晶上,以角解析光電子能譜觀測其氯原子隨蒸鍍厚度增加 所造成排列方式的變化。

五、快速率蒸鍍 ClAIPc 於銀單晶上,以角解析光電子能譜觀測其氯原子隨光照次數增加 所造成排列方式的變化。

六、慢速率蒸鍍 ClAIPc 於金單晶上,以角解析光電子能譜觀測其氯原子隨蒸鍍厚度增加 所造成排列方式的變化。

七、慢速率蒸鍍 ClAIPc 於金單晶上,以角解析光電子能譜觀測其氯原子隨光照次數增加 所造成排列方式的變化。

參、研究設備與器材

一、招高直空系統[415]



因為在常壓時,樣品容易在表面氧化,影響表面性質。在蒸鍍薄膜時,蒸鍍的粒子會與 氣體分子產生碰撞,影響薄膜成長。以光電子能譜研究表面能帶性質時,會因為光電子與氣 體分子產生碰撞,使訊號流失,所以需要超高真空的環境來降低氣體分子所帶來的影響。綜 合上述原因,實驗以超高真空(5×10⁻¹⁰torr)的環境進行。而要從一大氣壓抽氣至超高真空, 須經由下列四個步驟:

(一)由大氣至中度真空:使用乾式渦捲幫浦電降低壓力至5×10⁻²torr。

(二)高真空:使用渦輪分子幫浦將壓力降至5×10⁻⁷torr,接著以殘餘氣體分析儀分析腔體內的 氣體成分來檢測是否有漏氣。因為大氣中氦氣與氧氣含量最多,故若測出分子量 28 或 32 含 量高時,是為漏氣。除外,也可透過在腔體接口處噴 He 氣測漏,若 He 的成分增高,亦代表 漏氣。

(三)加熱:因為腔體表面會附著水氣及其他物質,若持續抽氣,會導致壓力無法下降,所以要 先將腔體加熱除去水氣。

(四)超高真空:烘烤後除氣,以TSP及 ion pump 降壓至10⁻¹⁰torr,抽氣完成。

(五)以下為本實驗所使用之幫浦:

1. 乾式渦卷幫浦 (Dry Scroll Pump)

幫浦內部由一對漸開曲線形狀的轉子與靜子組合而成。運轉時,轉子與靜子的外側 保留著一些徑向間隙,藉著兩個渦旋外壁形成一個壓縮真空室,轉子對靜子做迴旋運動, 造成進氣、傳輸和壓縮,壓縮室中的氣體順著迴轉被推到位在中心的排氣口,進而排出 氣體。

2. 渦輪分子幫浦(Turbo Molecular Pump)

原理為氣體分子和高速運動的葉片碰撞使氣體分子帶出系統外。由於本幫浦在黏滯 流的情況下抽氣效率不佳,因此會先使用機械幫浦,讓渦輪分子幫浦在分子流的環境下 運作,才有比較好的效果。

3. 離子幫浦(Ion Pump)

離子幫浦是一種除氣式幫浦,將氣體分子暫時存在幫浦內進而達到抽氣的效果,並非 如前者把氣體分子排到系統外。由於除氣式幫浦在使用一段時間後會飽和,進行再生程 序後方可恢復抽氣速率。

4. 鈦昇華幫浦(Titanium Sublimation Pump)

鈦昇華幫浦的抽氣原理是將活性氣體與其腔體表面的鈦膜形成鈦化合物吸附在表面上。鈦膜對不同性質的氣體抽氣效果不太一樣,CO、CO₂、O₂與 C₂H₂為活性氣體,效果 最佳,N₂、H₂與 H₂O 次之,Ne、Ar、He、C₂H₆等惰性氣體及各種飽和碳氫化合物則因活 性太低而難以被抽除。



二、清潔樣品

首先以離子濺射槍清潔樣品表面。原理是用高能電子游離惰性氣體,並加高電壓加速使 離子化的惰性氣體撞擊吸附於表面的原子,破壞晶體表面的結構,接著再降溫使表面重新排 列,以達到清潔樣品的效果。

三、蒸鍍薄膜

再來樣品是使用蒸鍍槍蒸鍍。利用燈絲通電流加熱坩鍋內的蒸鍍材料,使其蒸發成分子 束沿直線沉積樣品上,並以極低的速率控制薄膜成長。必須先控制速率使其蒸鍍速率穩定, 才能鍍膜。實驗使用膜厚儀來測量速率。原理為利用原子沉積在石英體上,改變其質量,進 而改變石英振盪器的頻率。

四、量測光電子能譜⁶⁹

實驗時,入射光子打在材料上,將電子激發離開。經過能量分析儀的分析,其能譜為晶 體內部的能量分布。在光電效應過程中,一步驟模型可分解成三步驟模型:一是將晶體中的 電子由初始態激發至最終態,再來是受到激發的電子移動至晶體表面,最後則是電子離開晶 體表面逸散至真空。

電子光激發時能量守恆以及動量守恆,但在進行第二步驟時,會因為部分電子產生非彈 性散射損失能量,而產生背景訊號;而彈性散射的電子則會遷移至表面。接著,具有足夠能 量的電子進入真空形成自由電子,便可測量這些自由電子的波向量,分解為平行及垂直兩部 分。雖然晶體排列在表面會受影響,垂直分量的平移對稱性被破壞,動量不守恆;但平行分 量仍會遵守平移對稱性。見圖2。

θ為電子射出方向與表面法線夾角。因為水平方向動量守恆,故可以將動量空間轉換為倒空間,掃描一定角度範圍內不同角度的電子,就能得到能量分布圖。能量分佈曲線包含了三種特徵:截止線(cut off)、尖峰(peak)以及背景訊號(background)。再將連續掃過的能譜經旋轉拼接, 便能取得樣品的光電子能譜。



圖 3、能譜中愈白處代表 有愈多電子,能量也愈 大。能譜右方紅色曲線為 能量與電子波向量的關 係圖,與本實驗較無關 聯。而上方紅色曲線為能 量分布曲線,能藉此分析 氯原子的排列情形

K

M

ivi



肆、研究過程與方法

一、研究基礎理論說明

(一)晶格

當我們定義一物質中的原子在空間中以週期性重複的排列結構為晶體,可以看成是一個或是 多個原子在空間中以某種排列結構重複平移的結果。晶體結構可分為基元及晶格。基元為重 複排列的的具體單元,描述此單元內原子的數量、種類、原子的相對位子資訊等等......。晶格 是用來描述基元重複性排列的結構,而每個基元在數學幾何上代表一個點,稱為晶格點,將 這些點集合起來即為晶格。

(二)有機分子^[7]電子結構

圖 5 為一多原子分子的位能井,較深的原子軌域不會與其他 原子軌域產生作用,為核心層;而上半部因為原子核束縛力 較小,會形成分子軌域,其中有兩個特徵軌域:LUMO(最低 未佔據分子軌域)及 HOMO(最高佔據分子軌域)。



(三)表面態

連續性的週期性晶體結構,不可能無延伸,一定會有邊界,因而造成表面與晶體內部的電子結構有所差異。而在材料表面的電子態,就稱之為表面態。

(四)介面電子結構[®]

 1.電荷轉移:金屬與有機分子接觸後,電子會由有機 材轉移至金屬,或由金屬轉移至有機,使一端帶正 電,一端帶負電,形成偶極矩。電子轉移的方向會 影響真空能階的增減,例如:當電子由有機轉 移至金屬時,真空能階偏移量為負。



圖 6、電荷轉移及永久偶極示意圖

2.永久偶極:極性分子蒸鍍在金屬上時,若分子偶極矩排列方向與金屬表面偶極矩方向相同,

則真空能階偏移量為正值;若是反向則真空能階偏移量為負值。



圖7、左為當電子由金屬轉移至有機 時,真空能階偏移量為正;右為當電 子由有機轉移至金屬時,真空能階偏 移量為負。

(五)有機材料氯鋁化酞菁(ClAlPc)分子

此為一具極性的酞菁分子,中心有鋁與氯原子,因為氯的電負度大於鋁,所以鍵結的原 子較靠近氯,產生永久偶極。其偶極矩的強度為 3.7Debye,方向為氯指向鋁。由於 ClAIPc 為 非平面分子,因此沉積的過程中會有氯原子接觸到材料表面,將之稱為氯向下;而若是酞菁





環接觸到材料表面,則稱之為氯向上。

圖 8、氯鋁化酞菁分子



二、樣品製備與功函數分析方法

(一)樣品製備:

1.清潔表面

由於大氣中充滿著許多氧化物與雜質,少數吸附物質無法經震洗除去,因此得用濺射來 清除樣品的表面汙染物。表面原子因離子氣體撞擊造成結構損傷成為無序結構進而需要 加熱退火處理。足夠的動能使原子做擴散運動讓表面重整,從而達到能量最低的穩定有 序結構。經過多次的濺射與退火後,樣品清除表面雜質,待其冷卻後,利用低能量電子 繞射儀(LEED)表面,乾淨的樣品表面會有清晰的(1×1)結構。

2.成長銀薄膜

本實驗探討氯鋁化酞菁分子蒸鍍在不同金屬單晶與薄膜上的差異,在清理結束得到乾淨 的鍺表面後,接著便要在鍺基底上鍍上一層平整的銀薄膜。由於低溫可以抑制原子動能, 故先將樣品鍺降溫至-110°C,接著緩慢的將銀蒸鍍在鍺上。蒸鍍完後,再進行退火將溫度 提高至室溫,才能使其產生平坦的銀薄膜。

3.成長有機薄膜:為了避免影響真空度,蒸鍍有機材料時會將樣品轉移至另一個腔體再進行蒸鍍,其與主腔體中間以閥門隔絕。

(二)低能量電子繞射儀(LEED):

繞射中電子產生彈性散射與非彈性散射,儀器會過濾非彈性散射的電子,使彈性散射的 電子加速撞擊螢光幕,形成光點,而這些點就是物體表面的布里淵區,便可由此得知物體表 面原子的排列。本實驗銀薄膜的製作方式是將銀原子蒸鍍在鍺上,因為二者晶格常數不同, 會在接觸面產生應力作用,進而導致晶格失配的現象,造成圖 10 中銀薄膜的亮點較銀單晶細 長。



圖 10、左為銀單晶、右為銀薄膜的低能量電子繞射圖

(三)功函數的量測與分析方法

 $\psi = hv - E_{kin} - E_B$ 在費米能階時,束縛能為0。代入可得: $\psi = hv - E_k(E_F)$ 當光束線 能量以及費米能階的光電子動能為已知時,即可由上式求得功函數。不過由於不同物體 的功函數都不一樣,故電子被激發至真空中抵達能量分析儀時,所觀測到的功函數並不 是真正的功函數: $\psi' = hv - E'_k - E_B = hv - E'_k(E_F) \psi'$ 為等效公函數, E'_k 為測量的光 電子動能, $E'_k(E_F)$ 為測量的費米能階光電子動能。兩式相減可得: $\psi - \psi' = E'_k - E_k = E'_k(E_F) - E_k(E_F) = E'_k(0) - E_k(0)$ 故 $\psi = hv - E'_k(E_F) + E'_k(0)$ 因為光能量為已知, 因此只需求出 $E'_k(0)$ (cut off)及 $E'_k(E_F)$,便能得到功函數 ψ 。



圖 11、樣品和能量分析儀間加偏壓後電子動能分佈^[10]

(四)同步輻射光源[12]

光源產生的原理是由電子槍產生一電子束後,經由直線加速器增加電子束的能量, 之後進入增能環繼續增加能量至15億電子伏特,此時電子束的速度非常接近光速。最後 再進入儲存環。根據電磁學的理論,帶電粒子的速度或運動方向改變時會釋放出電磁波, 因此電子束受到磁場作用而偏轉時,便會因為相對論效應沿著切線方向放射出電磁波, 也就是同步輻射光源。





三、實驗流程



圖 13、實驗流程圖

在第一個步驟中,開啟幫浦半小時後若未達到5×10⁻²torr,就得進行測漏,並妥善進行 處理。相同的在第二步驟裡,若壓力不夠低,也表示腔體某處出了問題,解決方法同上。但 是在壓力達到5×10⁻⁵torr的情況下,並不代表腔體是完全密閉沒有漏洞,此時可以用殘餘氣 體分析儀來確定腔體中氣體的成分。若其中分子量為28及32的氣體含量偏高,代表有氧氣 或氦氣進入腔體,必須馬上處理。確定腔體完全密閉後,還得確定各儀器的電流及溫度是否 為正常值,若不在正常範圍內,即需進行維修,若在無法維修的情況下,就得從頭來過。接 下來是烘烤,等到腔體到達所要的溫度且壓力小於5×10⁻⁸torr時,即可進行除氣,等腔體的 溫度回到室溫,便完成了前置作業。

伍、研究結果

氯向上或氯向下兩種相異排列方式,會造成垂直能量激發分 布圖的不同。藉由不同的蒸鍍速率,可以控制氯原子向上或向下 的分布。經由先前的實驗研究如圖 14,將光能量設定為 50 eV, 當 ClAlPc 分子分別蒸鍍於 7 層與 12 層銀薄膜上的垂直激發能量 圖,能得知在能量位置-8.48 eV(靠近 d 軌域)為氯向上,而能量位 置在-9.71 eV(遠離 d 軌域)為氯向下。



圖 14

圖 15 為 CIAIPc 蒸鍍於銀單晶上的垂直能量激發圖,將光 能量設定為 50 eV。藉由蒸鍍速率的差異,且蒸鍍厚度皆為 1ML。 根據上述的實驗數據,可以決定出氯向上或氯向下的能量位置。 在能量-8.95 eV 的峰值訊號代表氯向上;在能量-10.4 eV 的峰值 訊號所代表的則為氯向下。其中能量由-2.5 eV~-8 eV 的範圍為 銀的 d 電子軌域。

圖 16 為 CIAIPc 蒸鍍於金單晶上的垂直能量激發圖,將光 能量設定為 21.2 eV,使用蒸鍍速率的不同,控制氯向上以及 氯向下排列的比例,同時厚度也皆為 1ML。依照上述的的判 別方法,同理可判別出氯向上與氯向下的能量位置。在能量-8 eV 的尖峰訊號代表氯向上;在能量-9.6 eV~-12 eV 的尖峰訊號 所代表氯向下。其中能量由-2.5 eV~-8 eV 的範圍為金的 d 電 子軌域。^[11]







圖 16

一、慢速率蒸鍍於銀薄膜隨厚度增加之變化

圖 17 是以 0.1Å/min 的速率蒸鍍 CIAIPc 於銀薄膜,以-16.5 eV 的能量進行掃譜,黑線代表未蒸鍍時的曲線分布,綠線為蒸鍍至 1ML 的垂直能量激發圖,由圖可知,蒸鍍於銀薄膜時在能量-9.84 eV 時隨厚度增加出現氯向下訊號。

二、慢速率蒸鍍於銀單晶隨厚度增加之變化

圖18是以0.03Å/min的速率蒸鍍ClAlPc於銀單晶上,以-16.5 eV的能量進行掃譜,黑線代表未蒸鍍時的曲線分布,綠線為蒸 鍍至1ML的垂直能量激發圖,由圖可知,銀單晶在能量-8.92 eV 時隨厚度增加出現氯向上訊號。

三、慢速率蒸鍍於銀單晶隨光照次數增加之變化

因為發現與蒸鍍在銀薄膜上時結果有異,再進行一次實驗,以相同速率蒸鍍於銀單晶, 但並非逐漸增加厚度,而是直接將厚度增加至 1ML 後,再進行掃譜的動作。

圖 19 為 CIAIPc 慢速率成長於銀單晶上隨光照次數增加的垂 直能量激發圖,圖中紅線為 CIAIPc 蒸鍍在銀單晶上至 1ML 時、 緣線為照光後的曲線分布,紅線在能量為-10.4 eV 時,呈現氯向 下的情形;而再一次照光後的藍線,氯向下的訊號減弱,能量為 -8.9 eV 的氯向上訊號增強;第三次照光的綠線也呈現同樣的情形, 推測是因為氯向下的排列形式在銀單晶上不穩定,故易受光照影 響而改變。





圖 18



圖 19

四、快速率蒸鍍於銀單晶隨蒸鍍厚度增加之變化

接著以 0.04Å/min 快速率直接蒸鍍 ClAIPc 於銀薄膜至 1ML。 由圖 20 可知,在能量為-10.43eV 時會有氯向下訊號。

五、快速率蒸鍍於銀單晶隨光照次數增加之變化

圖 20 為 CIAIPc 快速率成長於銀單晶隨光照次數增加且退 火的垂直能量激發圖,圖中,第一次測量的藍線在能量為-10.43 eV 時出現氯向下訊號。隨光照次數增加,氯向下訊號減小。光 照後再進行退火的黑線,在能量為-9.02 eV 時產生氯向上訊號, 代表退火至 60°C 後會全部轉為氯向上。

六、快速率蒸鍍於金單晶隨蒸鍍厚度增加之變化

由於 ClAIPc 蒸鍍於銀單晶上時會因為光照而影響其排 列方式,故蒸鍍於金單晶時,以逐漸增加厚度及直接將厚度 增加至 1ML 後兩種不同方式分別進行掃譜。

圖 21 是慢速率蒸鍍 CIAIPc 於金單晶上隨厚度增加的垂 直能量激發圖,以 0.04Å/min 的速率蒸鍍 CIAIPc 於金單晶上, 以-13 eV 的能量進行掃譜。由圖可知,在能量-9~-12 eV 會隨 著厚度增加而出現氯向下的訊號。

七、快速率蒸鍍於金單晶隨光照次數增加之變化

圖 22 為 ClAIPc 慢速率蒸鍍於金單晶上隨光照次數增加 的垂直能量激發圖。由圖可知,隨著光照次數增加,氯向下 的尖峰漸漸消失,氯向上的訊號逐漸出現,代表慢速率蒸鍍 於金單晶上時也易受光照影響改變。









一、隨厚度增加在銀薄膜及銀單晶上的差異



由圖 23 圖 24 可知蒸鍍於銀薄膜產生氯向下,於銀單晶則產生氯向上。

圖 25 在 0~0.1 時藍線跟紅線皆有下降趨勢,是後推效應導致:有機分子會壓縮表面態 的電子雲,造成功函數下降。而蒸鍍在銀薄膜時,因為電負度大的氯原子會吸引銀原子的電 子,造成有極性的介面,使真空能階急遽上升,而蒸鍍於銀單晶上升較為緩慢,故藍線上升 幅度大於紅線。而造成銀薄膜與銀單晶氯原子排列方向的不同,推測是因為銀薄膜較為粗糙, 且在銀薄膜下的鍺基底會有應力效應產生,銀原子之間的空隙被拉大,使氯原子能夠嵌入其 表面而更加穩定;相對來說,銀單晶較為光滑,銀原子排列也較為緊密,氯原子不易嵌入其 中。故蒸鍍於銀薄膜表面時,因為作用的面積較大因此產生電荷轉移的數量較多,而蒸鍍於 銀單晶表面時,因為作用的面積較小因此產生電荷轉移的數量較少。



二、隨厚度增加在銀單晶及金單晶上的變化





是由於金的電負度高,電荷轉移的現象少,氯原子吸引 銀的電子的數量會比氯原子吸引金的電子多,使得功函 數上升幅度較小。



圖 28





圖 30

三、光照變化在銀單晶及金單晶上的差異

由圖 29 圖 30 可知蒸鍍於金單晶氯向下逐漸轉為氯向上,於銀單晶則由氯向下轉為氯向上。

由圖 31 可發現其受光照氯向下與氯向上 會產生變化,大致與銀單晶相同,但功函數 會呈現負值。推測是因為金單晶功函數>氯銘 化酞菁分子功函數>銀單晶功函數,故在受光 照前,金單晶的功函數會下降,而銀單晶則 會上升。因金的電子親和力較高,容易對分 子的電子產生吸引力,因此較易被金原子吸



引而固定於表面;而蒸鍍於銀單晶上時,因銀原子的電子親和力較弱,無太大的作用力,易 受到外界影響而改變方向或脫落,也就是代表蒸鍍於金單晶上較銀單晶為穩定。

柒、結論

在一系列的實驗後,發現除了蒸鍍速率會影響氯原子排列外,光照也會影響氯原子的排 列情形:

一、慢速率蒸鍍 ClAIPc 於銀薄膜上,以角解析光電子能譜觀測,發現其氯原子隨蒸鍍厚 度增加,是以氯向下形式排列。

二、慢速率蒸鍍 ClAIPc 於銀單晶上,以角解析光電子能譜觀測,發現其氯原子隨蒸鍍厚 度增加,是以氯向上形式排列;而隨光照次數增加,原先氯向下的排列方式會部分轉變成氯 向上。

三、快速率蒸鍍 ClAIPc 於銀單晶上,以角解析光電子能譜觀測,發現其氯原子隨蒸鍍厚 度增加,是以氯向下形式排列;而隨光照次數增加,原先氯向下的排列方式會全部轉變成氯 向上。

四、慢速率蒸鍍 ClAIPc 於金單晶上,以角解析光電子能譜觀測,發現其氯原子隨蒸鍍厚 度增加,是以氯向下方式排列;而隨光照次數增加,原先氯向下的排列方式會部分轉變為氯 向上。

五、在銀單晶跟銀薄膜的比較中,因為銀單晶較為光滑、銀薄膜較為粗糙,故蒸鍍於銀 薄膜時,較為穩定不易受光照影響。

六、在銀單晶與金單晶的比較中,雖然兩者皆易受光照影響,但金單晶較銀單晶穩定。

而氯鋁化酞菁分子可作為有機太陽能電池^[12] (Organic Photovoltaic, OPV)以及有機電激發光 二極體(Organic Light Emitting Diode, OLED)光轉換元件的感光單元。不僅如此,氯鋁化酞菁分 子在未來的半導體工業中,也扮演了重要的角色。希望本次研究能對未來的科技發展提供實用 上的參考。

捌、參考資料及其他

[1] Ching-Hung Chen , Study of the Interfacial Structure between CuPc thin films and the uniform Ag thin films by Angle-resolved Photoemission Spectroscopy , Master thesis , National Tsing Hua University (2011)

[2] S.-J. Tang, W.-K. Chang, Y.-M. Chiu, H.-Y. Chen, C.-M. Cheng, K.-D. Tsuei, T. Miller, and T.-C. Chiang, Phys. R eV. B 78, 245407 (2008)

[3] Kai-Jun Su , Manipulation of interfacial dipole by polarorganic molecular , Unpublished master's thesis , National Tsing Hua University

[4]蘇青森(2003)。真空技術精華。台北市:五南。

[5] Varian V550 Navigator Series Turbo Pump Manual

[6] Hans Lüth , Surface and interface of solids Materials , 3rd edition , Springer

[7] Meng-Kai Lin, Yasuo Nakayama, Chin-Yung Wang, Tun-Wen Pi, H. Ishii, and S.-J. Tang,

Manipulating the dipole layer of polar organic molecules on metal surfaces via different charge-transfer

channels , American Physical Society March Meeting 2016 , Baltimore , Maryland

[8] H. Ishii , K. Sugiyama , E. Ito , and K. Seki , Adv. Mater. 11 , 605 (1999)

[9]H. Ishii, K. Sugiyama, E. Ito, and K. Seki, Adv. Mater. 11, 605 (1999)

[10]Calibration of Photoemission Spectra and Work Function Determination by Dr.Rudy Schlaf

[11] Meng-Kai Lin, Yasuo Nakayama, Chin-Yung Wang, Tun-Wen Pi, H. Ishii, and S.-J. Tang,

Manipulating the dipole layer of polar organic molecules on metal surfaces via different charge-transfer

channels, American Physical Society March Meeting 2016, Baltimore, Maryland

[12] 曲波、張世勇、謝星、陳志堅、肖立新、龔旗煌、李福山、郭太良(2011)。有機太陽能電 池研究進展。物理。40。223~232。

特別感謝:國立清華大學物理系唐述中教授及碩士生高茂富的指導

【評語】051808

本件作品為學生在大學實驗室協助下進行之專題研究,主要探 討變因蒸鍍速率快慢、銀薄膜、銀單晶、金單晶、蒸鍍厚度、光照 次數等。此一主題及相關實驗技術、方法及結果分析使用貴重儀器, 可以再加強掌握實驗量測的內涵,以及量測結果的物理資訊。

作品海報









研究設備與器材

實驗裝置與流程



訪 式渦巻暫浦	R3000	Valve	
(Dry scroll pump)			
	電子能量分析儀		蒸鍍薄膜

研究設備與器材



研究過程與方法 氯鋁化酞菁分子(CIAIPC)











永久偶極

Permanent Dipole



Cation

Formation

電荷轉移



Formation

Anion



低能量電子繞射儀(LEED)





銀單晶











隨蒸鍍厚度增加於銀薄膜及銀單晶上的差異



慢速率蒸鍍 ClAIPc 於銀單晶與金單晶之比較

慢速率蒸鍍 ClAlPc 於銀單晶

	銀單晶	1 st 照光前	2 nd 照光	3 rd 照光
功函數	4.74 eV	4.805 eV	4.83 eV	4.92 eV

慢速率蒸鍍 ClAlPc 於金單晶

	金單晶	照光前	照光後
功函數	5.5 eV	5.22 eV	5.88 eV

快速率蒸鍍 ClAIPc 於銀單晶與金單晶之比較

快速率蒸鍍 ClAlPc 於金單晶

	銀單晶	照光前	照光後	退火後
功函數	4.72 eV	4.63 eV	4.7 eV	4.62 eV

快速率蒸鍍 ClAlPc 於銀單晶

	金單晶	照光前	照光後
功函數	5.5 eV	4.9 eV	4.88 eV



在一系列的實驗後,發現除了蒸鍍速率會影響氯原子排列外,光照也會影響氯原子的排列情形:

一、慢速率蒸鍍 ClAlPc 於銀薄膜上,以角解析光電子能譜觀測,發現其氯原子隨蒸鍍厚度增加,

是以氯向下形式排列。

二、慢速率蒸鍍 ClAlPc 於銀單晶上,以角解析光電子能譜觀測,發現其氯原子隨蒸鍍厚度增加, 是以氯向上形式排列;而隨光照次數增加,原先氯向下的排列方式會部分轉變成氯向上。

三、快速率蒸鍍 ClAIPc 於銀單晶上,以角解析光電子能譜觀測,發現其氯原子隨蒸鍍厚度增加,

是以氯向下形式排列;而隨光照次數增加,原先氯向下的排列方式會全部轉變成氯向上。

四、慢速率蒸鍍 ClAlPc 於金單晶上,以角解析光電子能譜觀測,發現其氯原子隨蒸鍍厚度增加,

是以氯向下方式排列;而隨光照次數增加,原先氯向下的排列方式會部分轉變為氯向上。

五、在銀單晶跟銀薄膜的比較中,因為銀單晶較為光滑、銀薄膜較為粗糙,故蒸鍍於銀薄膜時,

較為穩定不易受光照影響。

六、在銀單晶與金單晶的比較中,雖然兩者皆易受光照影響,但金單晶較銀單晶穩定。