

透明導電薄膜

學號:4A23A041

姓名:陳昱傑



二、摘要

隨著科技不斷的發展，各種科學技術日新月異，生活水準提升，人們對物質生活的要求也越來越高，對於各種電子產品的要求，除了須具備以往的輕薄短小等特性之外，更要求人性化與便利性，像是近年來的通訊產品、PDA、LCD 或是 3C 產品的整合等等，即是為了滿足這種需求的條件下所產生。如此趨勢促成電子產業蓬勃發展，透明導電氧化物(Transparent conductive oxide ,TCO)。其中，Indium Tin Oxide(ITO)更是透明導電薄膜的最愛。在 1980 年左右，日本首先發展出以真空蒸鍍方式量產 ITO 透明導電薄膜，因其具有易於光蝕刻加工、高可見光穿透率及導電性佳等優點，ITO 透明導電薄膜逐漸成為光電界的寵兒。依照 ITO 透明導電薄膜的導電性不同，其所應用的範圍從觸控面板、太陽電池到液晶、電漿顯示器而跟著有所差異，ITO 透明導電薄膜已成為具有研究與經濟價值的熱門產物，無論是學術界或是工業界，都積極投入其研究的行列，以期能夠改善其製程、降低生產成本、製備出高品質的透明導電薄膜。-----[a]

三、前言

3-1 透明導電薄膜的歷史

1954 年，德國人 Rupprecht 首先發現將金屬銦(In)真空蒸鍍於石英基板後，於 700~1000°C 在大氣中氧化處理得到透明且具導電性的 In₂O₃ 膜，當初認為導電性的產生是由於 In₂O₃ 膜結晶構造上的缺陷之緣故。1968 年，荷蘭 Philips 公司的 Boort 和 Groth 發現在 InCl₃ 表面噴灑含 SnCl₄ 的液體可得電阻係數為 3×10⁻⁴ Ωcm 的導電膜，比當時 In₂O₃ 導電膜的電阻係數低了一個數量級，成為一項驚人的發現。這是最早利用 Sn 離子而增強導電性的例子。ITO 原名為 Tin Doped Indium Oxide，一般人統稱它為 Indium Tin Oxide (ITO)。-----[a]

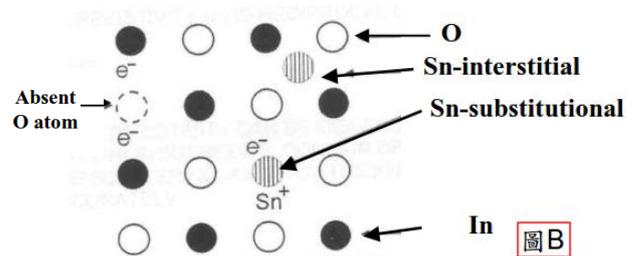
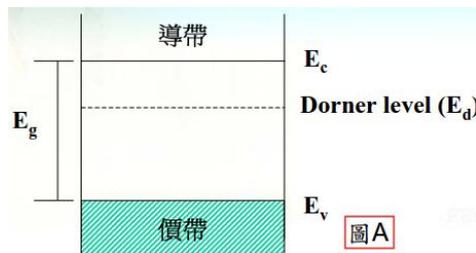
- 1907 年最早使用 CdO 材料為透明導電鍍膜，應用在 photovoltaic cells。[2]
- 1940 年代，以 Spray Pyrolysis 及 CVD 方式沉積 SnOx 於玻璃基板上。
- 1970 年代，以 Evaporation 及 Sputtering 方式沉積 InOx 及 ITO。
- 1980 年代，磁控濺鍍 (magnetron sputtering) 開發，使低溫沉膜製程，不論在玻璃及塑膠基板均能達到低面阻值、高透性 ITO 薄膜。
- 1990 年代，具有導電性之 TCO 陶瓷靶材開發，使用 DC 磁控濺鍍 ITO，使沉積製程之控制更趨容易，各式 TCO 材料開始廣泛被應用。
- 2000 年代，主要的透明導電性應用以 ITO 材料為主，磁控濺鍍 ITO 成為市場上製程的主流。-----[b]

3-2 運用在日常的光電產品：-----[a]

- (一) 作為液晶顯示器 (LCD) 內的導電膜，此 LCD 使用於隨身攜帶型電腦，掌上型電腦資料本，及手提電話或大型液晶電視等等。
- (二) 觸控型顯示器 (Touch panel) 的運用亦急起直追。如工業用大型生產機台端之電腦顯示器，提款機，快餐販賣店的販賣機等。
- (三) CRT 的抗輻射線 (EMI、RMI) 高透光保護鏡，亦被廣泛應用，如航空、軍事用儀錶顯示器的保護鏡等。
- (四) 環保節約能源及保護隱私用的開關式透光玻璃 (Switch Glazing)，亦使用於建築大樓及汽車窗戶上；
- (五) 應用於表面感測器 (Sensor)，如 Ozone, NO2。
- (六) 抗反射膜 (Antireflection coating)。
- (七) 寒帶地區除霧及加熱面板。
- (八) 光電元件導電膜，如太陽能電池、發光二極體、光電晶體。
- (九) 有機發光二極體電極。

四、TCO 薄膜的導電原理-----[b]

(n-type TCO)



其中， Sn_{In} 及 V_o 都是 doner

◆ 材料之導電率 σ

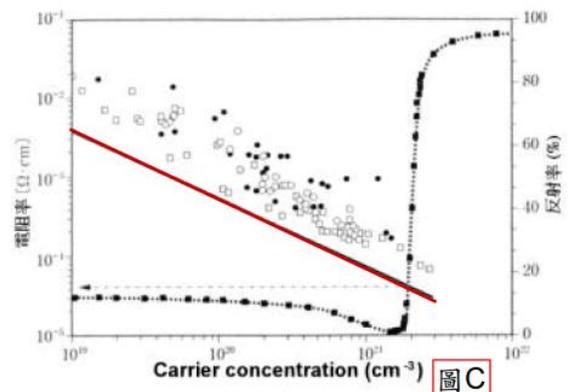
$$\sigma = ne\mu$$

其中 n = 載子濃度(就 TCO 材料包括電子及電洞)

e : 載子的電量

μ : 載子的 mobility

TCO 中導電性最好的 ITO，載子濃度約 $10^{18} \sim 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ (金屬載子濃度約 $10^{22} \sim 10^{23} \text{ cm}^{-3}$)



- ◆ 載子的 mobility (μ)

$$\mu = e\tau/\epsilon_0 m^*$$

τ : relaxation time (載子移動時由此次散射到下一次散射的時間)

m^* : 載子的有效質量

ϵ_0 : 真空中之介電常數

要提昇載子的 mobility

$\tau \uparrow$: 與 TCO 薄膜的結構有關。TCO 薄膜的 defect 愈少, $\tau \uparrow$ 。(extrinsic effect)

$m^* \downarrow$: 取決於 TCO 材料。(intrinsic effect)

- ◆ 電阻比(又稱體阻抗, ρ)反比於導電率(conductivity, σ)

$$\rho = 1/\sigma \text{ ohm-cm}$$

- ◆ 平面顯示器中探討的薄膜的導電性有別於體導體的導電性。

- ◆ 面電阻(surface resistance, γ) or (sheet resistance, R_s) 通常被定義為薄膜表面之電阻

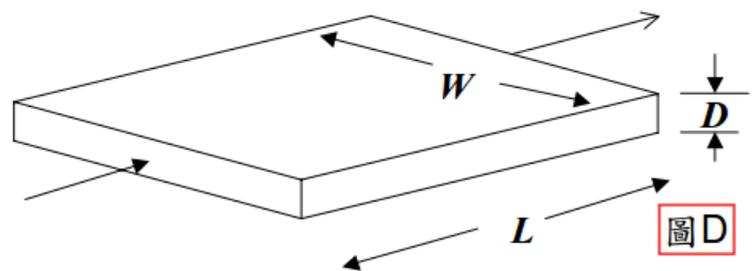
面電阻

$$R_s = \rho \times (L/D \cdot W) \text{ ohms}$$

設定 $\gamma = \rho/D$ (單位: ohms/)

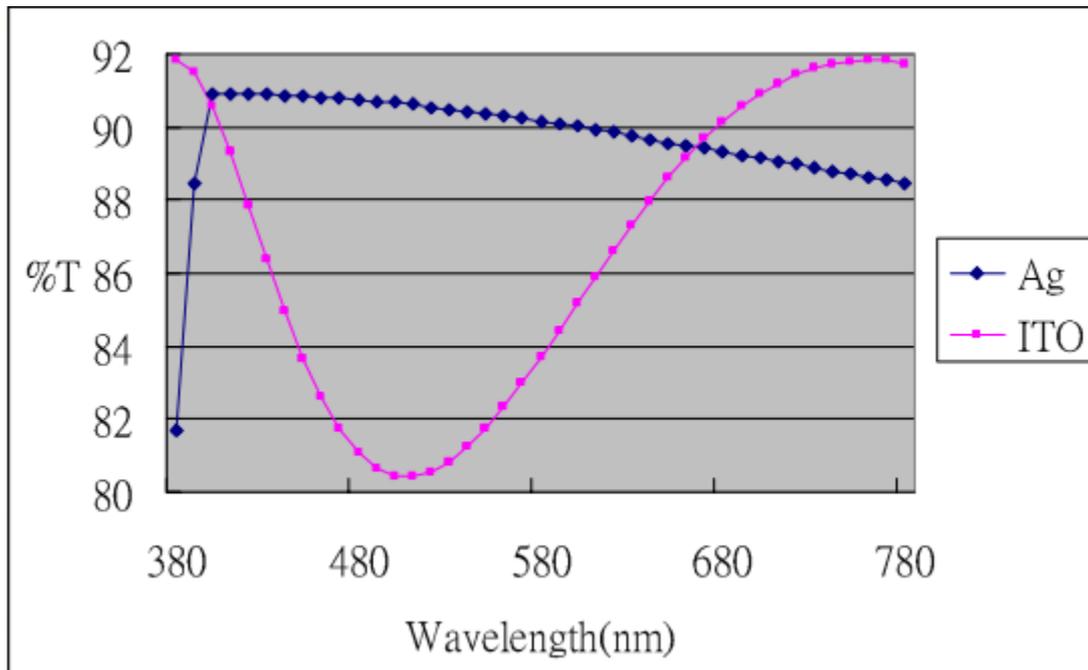
$$\text{則 } R_s = \gamma \times (L/W)$$

假設在一個 $L = W$ 之平方面積中, $R_s = \gamma$



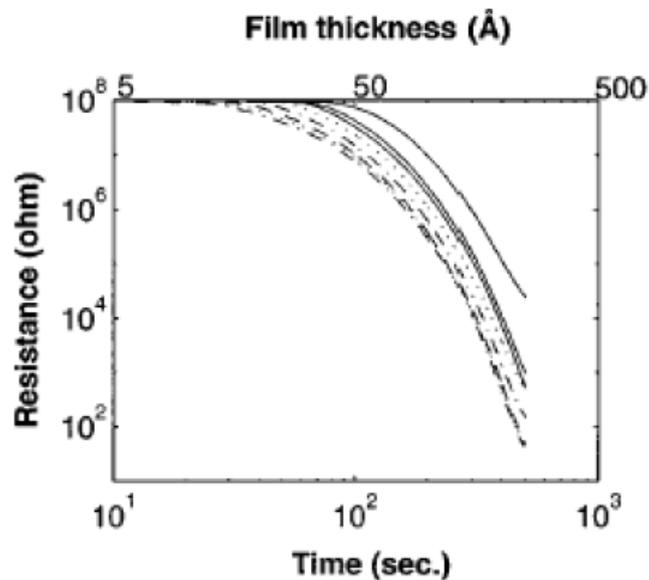
- ◆ 比較 ITO 及銀薄膜面電阻及穿透度

	ITO	Ag
ρ	$2 \times 10^{-4} \text{ ohm-cm}$	$1.8 \times 10^{-6} \text{ ohm-cm}$
$\gamma = \rho/D$	10 ohm/	10 ohm/
$D = \rho/\gamma$	$2 \times 10^{-5} \text{ cm (2000 \text{ \AA})}$	$1.8 \times 10^{-7} \text{ cm (18 \text{ \AA})}$

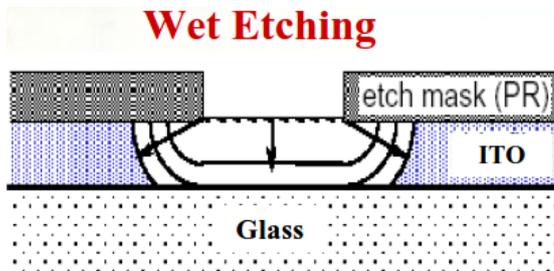


$$\gamma = \rho / D$$

ITO 薄膜導電性要好(面電阻低)，膜厚要增大，因此薄膜穿透度會降低

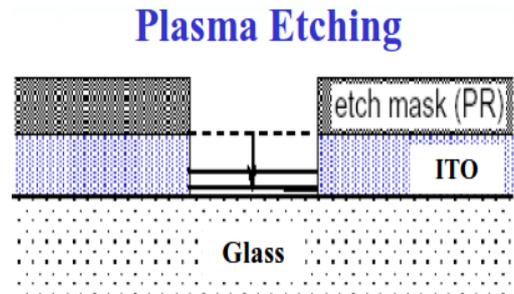


ITO 玻璃之蝕刻



Isotropic Etching

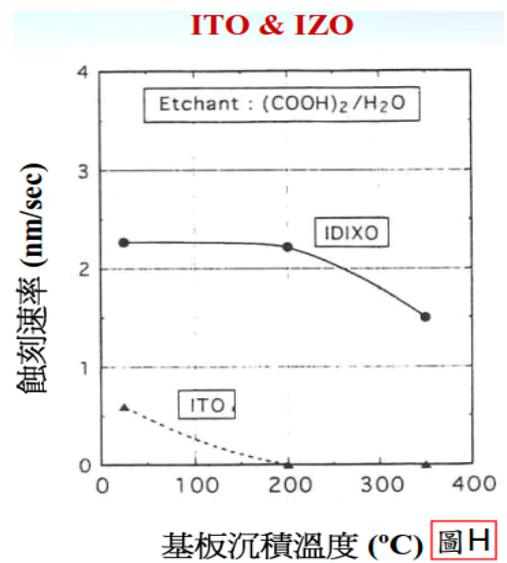
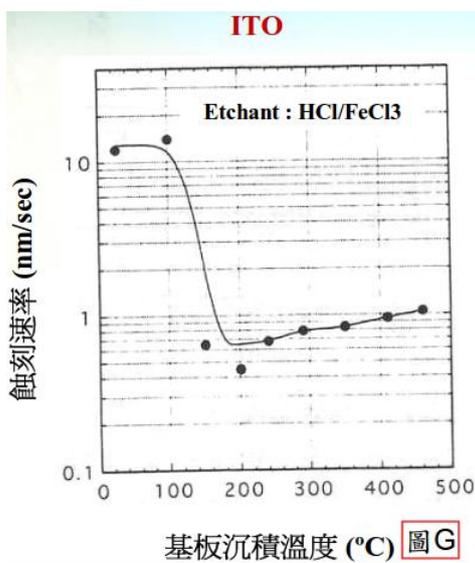
HCl/HNO₃、HBr、
FeCl₃/HCl、
(COOH)₂ 圖E



Anisotropic Etching

Reactive-Ion Etching (RIE) 圖F

結晶性與蝕刻速率



五、常用 TCO 之應用----[b]

材料	用途	性質需求
SnO ₂ :F	寒帶建築物低放射(low-E)玻璃	電漿波長 ≈ 2 μm (增加陽光紅外區穿透)
Ag、TiN	熱帶建築物低放射(low-E)玻璃	電漿波長 ≤ 1 μm (反射陽光紅外區)
SnO ₂ :F	太陽電池外表面	熱穩定性、低成本
SnO ₂ :F	EC windows	化學穩定性、高透光率、低成本
ITO、IZO	平面顯示器用電極	易蝕刻性、低成膜溫度、低電阻
ITO、Ag、Ag-Cu alloy	除霧玻璃(冰箱、飛機、汽車)	低成本、耐久性、低電阻
SnO ₂	烤箱玻璃	高溫穩定性、化學及機械耐久性、低成本
SnO ₂	除靜電玻璃	化學及機械耐久性
SnO ₂	觸控螢幕	低成本、耐久性
Ag、ITO	電磁屏蔽(電腦、通訊設備)	低電阻

六、結論

ITO 薄膜可運用於許多光電相關產品上，目前市面上產品之應用由小尺寸顯示器如 PDA、手機、手錶、Touch panel 至大尺寸如液晶電視、電漿電視等，皆有重要需求、除了 ITO 本身具備高穿透率、低阻值之特性外，製程簡單、製造技術成熟、良率高更是各光電產品能陸續推陳出新的主要因素。展望未來，玻璃基板對光電產品有著不可取代的地位，但因其有價格高、重量重及易碎等缺點，造就了塑膠基板的發展有著不可限制的未來性，如何將 ITO 薄膜應用在塑膠基板上，將是下個重要的研究方向。

參考文獻：

圖片：

1. 透明導電膜－タッチパネル用 ITO 膜
<http://www.ipros.jp/product/detail/226905003/>
2. ITO 透明導電膜 ヒーターウィンドウ
<http://www.tokaioptical.com/product/product11.php>
3. 圖片 A~H
http://www.51touch.com/Files/TouchDoc/itofilm_tco_theory_app.ication.pdf

文章：

1. ITO 透明導電薄膜：從發展與應用到製備 與分析-----[a]
http://proj3.sinica.edu.tw/~chem/servxx6/files/paper_2269_1231745352.pdf
2. ITO 導電玻璃及相關透明導電膜之原理及應用-----[b]
http://www.51touch.com/Files/TouchDoc/itofilm_tco_theory_app.ication.pdf
3. 透明導電膜 ITO 是什麼
<http://www2.nkfust.edu.tw/~johnfu/mold%20teaching%20materials/7%20transparent%20film.pdf>
4. 氧化銦錫
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B0%A7%E5%8C%96%E9%93%9F%E9%94%A1>
5. 觸控面板玻璃介紹製程簡介 - 正達國際光電股份有限公司
http://www.gtoc.com.tw/product_E_02.html
6. 透明導電膜玻璃
<http://www.twwiki.com/wiki/%E9%80%8F%E6%98%8E%E5%B0%8E%E9%9B%BB%E8%86%9C%E7%8E%BB%E7%92%83>