



材料工程系專題製作成果報告

題目：一維陶瓷薄膜光學研究

學生：陳柏穎

指導教授：盧榮宏 博士

簡介

本研究是以光學膜矩陣運算為基礎，進行模擬程式(Optical system[CIC Lab])撰寫，同時設計、模擬並與實驗比對，我們使用 ITO、TiO₂、SiO₂、TiON 等陶瓷材料的搭配，能在可見光譜中調控反射率且兼具導電能力。實驗結果，其一，一維光子晶體，藉布拉格反射鏡來設計周期性薄膜，膜層間折射率變化且厚度符合建設性干涉條件，可製出彩色透光導電濾片。其二，透光導電設計，以奈米複層結構為核心，創造出抗反射透光導電薄膜及高透光導電基板；在透光率部份大於 90% 與 95%，而片電阻可小於 10 Ω/□。

儀器

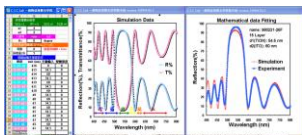


圖 1. Optical system[CIC Lab]

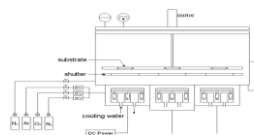


圖 2. 薄膜濺鍍系統



圖 3. UV-Vis 光譜儀



圖 4. 快速退火爐 RTA

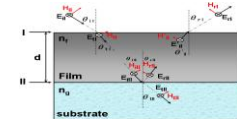


圖 5. 四點探針儀

模擬軟體開發

(I) 程式撰寫

1. 由單層膜矩陣出發計算單層膜反射，並增加膜層數求得薄膜總反射率。



$$\begin{bmatrix} E_1 \\ H_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \delta_1 & (i \sin \delta_1) Y_1 \\ Y_1 i \sin \delta_1 & \cos \delta_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_2 \\ H_2 \end{bmatrix} \quad \text{--- 單層膜矩陣計算式}$$

$$\begin{bmatrix} E_1 \\ H_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \delta_n & (i \sin \delta_n) Y_n \\ Y_n i \sin \delta_n & \cos \delta_n \end{bmatrix} \dots \begin{bmatrix} \cos \delta_1 & (i \sin \delta_1) Y_1 \\ Y_1 i \sin \delta_1 & \cos \delta_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_n \\ H_n \end{bmatrix} \quad \text{--- 複層膜矩陣計算式}$$

2. 接著將矩陣計算輸入於 Microsoft Excel 中，藉其軟體操作簡單且擁有的運算功能，可讓電腦替自己計算，得到隨波長變化的反射率及穿透率。

(II) 操作及說明

- 我們經由程式介面可方便設計薄膜結構，如圖 6；可選擇材料折射率、膜層厚度及層數、光源入射角，也能設定厚度誤差量來與原始值比對。圖 6. 程式介面
- 輸入參數後便可立即從模擬結果圖得到反射與穿透光譜(圖 7)，同時可與實驗比對。圖 8. 變化光源入射角模擬

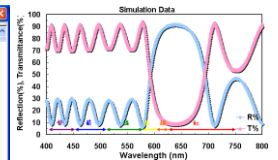


圖 7. 模擬反射、穿透光譜

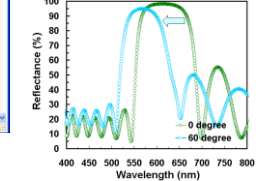


圖 8. 變化光源入射角模擬

研究成果

樣品製程參數

表 1. 樣品製程參數表

試片名稱	薄膜結構	片電阻值 (Ω/□)
Sample-A	TiON/...TiON/ITO 15 Layer	15.31
Sample-B	ITO/...TiON/ITO 6 Layer	8.742
Sample-C	ITO/...TiON/ITO 6 Layer	7.314
Sample-D	TiON/...TiON/ITO 7 Layer	7.953
Sample-E	(SiO ₂ /ITO)n-ITO	26.45
Sample-F	ITO-(TiO ₂ /ITO)n-ITO	22.47

Substrate: Glass

導電一維光子晶體

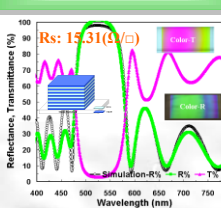


圖 9. Sample-A 反射穿透光譜

彩色透光導電薄膜

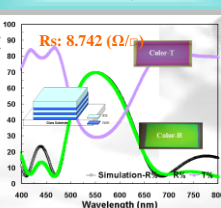


圖 10. Sample-B 反射穿透光譜

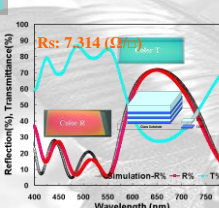


圖 11. Sample-C 反射穿透光譜

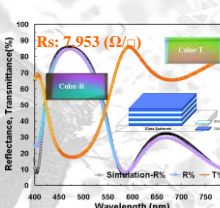


圖 12. Sample-D 反射穿透光譜

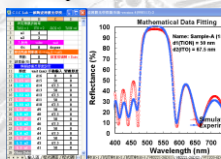


圖 13. Sample-A 模擬介面

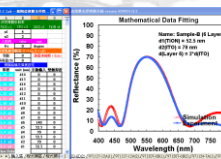


圖 14. Sample-B 模擬介面

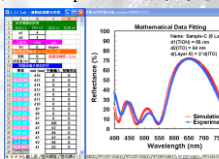


圖 15. Sample-C 模擬介面

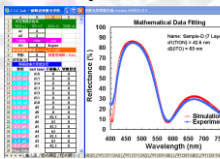


圖 16. Sample-D 模擬介面

抗反射透光導電薄膜

規格: T% > 90%, Rs < 10 (Ω/□)

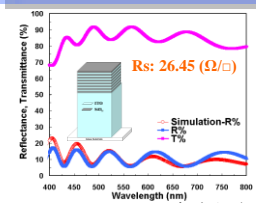


圖 17. Sample-E 反射穿透光譜

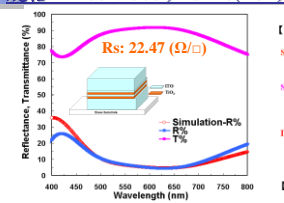


圖 18. Sample-F 反射穿透光譜

高透光導電玻璃設計

規格: T% > 95%, Rs < 10 (Ω/□)

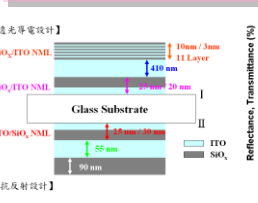


圖 19. 高透光導電玻璃設計

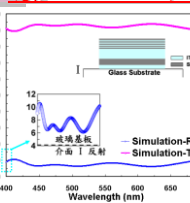


圖 20. 透光導電膜層模擬

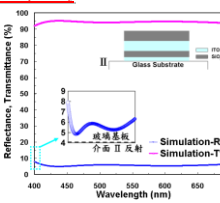


圖 21. 抗反射膜層模擬

結論

- 一、本研究成功開發薄膜光學膜矩陣模擬系統，其理論與實驗比對結果相當吻合。
- 二、藉模擬系統我們可設計出全反射、抗反射透光導電薄膜，並締造出藍、綠、紅色彩的導電濾片。
- 三、對於高透光導電玻璃設計，我們可從模擬上得到平均穿透率大於 95%，計算片電阻可低於 10 Ω/□。