



# 材料工程系專題製作報告

題目：彩色光子晶體製作及反射率理論計算  
 學生：何陽順  
 指導教授：盧榮宏 博士  
 畢業級別：四技部(2009 級)

## 簡介

近十年來，隨著科技的進步，光電科技已經從微米技術進入到奈米技術，光子晶體是奈米科技中的一個新的應用。若能對光子晶體進行準確模擬，則可利於未來各種光子晶體的研究與應用，將使人們可以控制光子流動就像控制電子一樣，光子晶體也將成為重要產業的一環。本研究利用反應式磁控濺鍍，將氮氧化鈦和錫錫氧化物兩種奈米薄膜做周期性排列，對其反射率做理論計算，並和可見光光譜儀(UV-Vis)反射圖譜量測結果進行比對，進一步對光子晶體之光學特性進行模擬。

## 實驗設計

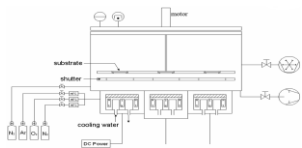


圖 1、薄膜濺鍍系統。

Sample	Power (W)	Ar (sccm)	O <sub>2</sub> (sccm)	N <sub>2</sub> (sccm)
TiON	350	50	4.5	9
ITO	100	50	0.5	0

表 1、氮氧化鈦及錫錫氧化物製程參。

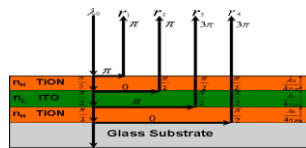


圖 2、薄膜由高和低折射率交疊組成，厚度符合可見光波長的四分之一則會產生建設性干涉。

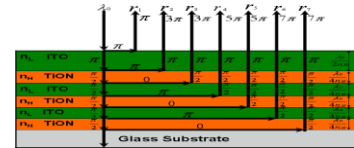


圖 3、薄膜由高和低折射率交疊組成，最上層的 ITO 為兩倍厚度。

## 研

### 利用反射率模擬折射率:

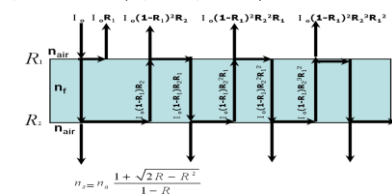


圖 4、利用反射率模擬折射率示意圖。

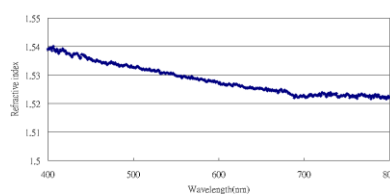


圖 5、玻璃的反射光譜。

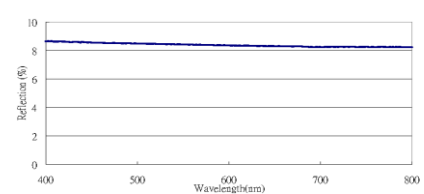


圖 6、玻璃的折射率模擬結果。

## 究

### 單層薄膜折射率模擬:

$$R = r \cdot r = \frac{(n_1 - n_2) \cos \delta - i \frac{n_1 n_2}{n} \sin \delta}{(n_1 + n_2) \cos \delta - i \frac{n_1 n_2}{n} \sin \delta} \times \frac{(n_2 - n_3) \cos \delta + i \frac{n_2 n_3}{n} \sin \delta}{(n_2 + n_3) \cos \delta + i \frac{n_2 n_3}{n} \sin \delta}$$

$$= \frac{(n_1 - n_2)^2 \cos^2 \delta + (\frac{n_1 n_2}{n})^2 \sin^2 \delta}{(n_1 + n_2)^2 \cos^2 \delta + (\frac{n_1 n_2}{n})^2 \sin^2 \delta} \times \frac{(n_2 - n_3)^2 \cos^2 \delta + (\frac{n_2 n_3}{n})^2 \sin^2 \delta}{(n_2 + n_3)^2 \cos^2 \delta + (\frac{n_2 n_3}{n})^2 \sin^2 \delta}$$

$$= \frac{(n_1^2 - 2n_1 n_2 + n_2^2) \cos^2 \delta + (\frac{n_1^2 n_2^2}{n^2} - 2n_1 n_2 + n_2^2) \sin^2 \delta}{(n_1^2 + 2n_1 n_2 + n_2^2) \cos^2 \delta + (\frac{n_1^2 n_2^2}{n^2} + 2n_1 n_2 + n_2^2) \sin^2 \delta} \times \frac{(n_2^2 - 2n_2 n_3 + n_3^2) \cos^2 \delta + (\frac{n_2^2 n_3^2}{n^2} - 2n_2 n_3 + n_3^2) \sin^2 \delta}{(n_2^2 + 2n_2 n_3 + n_3^2) \cos^2 \delta + (\frac{n_2^2 n_3^2}{n^2} + 2n_2 n_3 + n_3^2) \sin^2 \delta}$$

$$= \frac{(n_1^2 + n_2^2) \cos^2 \delta + (\frac{n_1^2 n_2^2}{n^2} + n_2^2) \sin^2 \delta - 2n_1 n_2}{(n_1^2 + n_2^2) \cos^2 \delta + (\frac{n_1^2 n_2^2}{n^2} + n_2^2) \sin^2 \delta + 2n_1 n_2} \times \frac{(n_2^2 + n_3^2) \cos^2 \delta + (\frac{n_2^2 n_3^2}{n^2} + n_3^2) \sin^2 \delta - 2n_2 n_3}{(n_2^2 + n_3^2) \cos^2 \delta + (\frac{n_2^2 n_3^2}{n^2} + n_3^2) \sin^2 \delta + 2n_2 n_3}$$

$$\text{光程差 } \delta = \frac{2 \pi n d}{\lambda}$$

圖 7、單層薄膜折射率模擬及反射率理論計算。

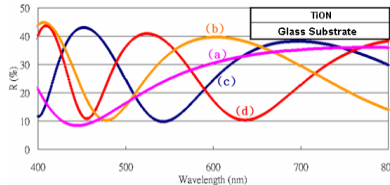


圖 8、氮氧化鈦薄膜在不同濺鍍時間下的反射光譜。濺鍍時間依序為(a)3分;(b)6分;(c)7分;(d)8分。

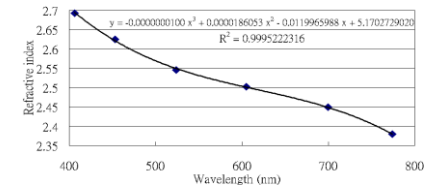


圖 9、氮氧化鈦可見光折射率模擬結果。

## 成

### 多層膜反射率理論計算:

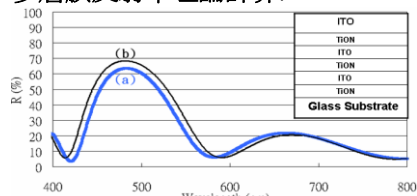


圖 12、(a)氮氧化鈦/錫錫氧化物的複層結構可見光反射光譜;(b)氮氧化鈦/錫錫氧化物的複層結構可見光反射光譜理論計算結果。

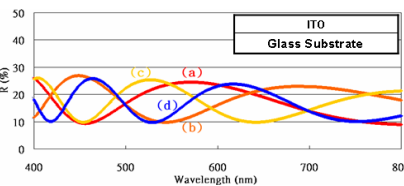


圖 10、錫錫氧化物薄膜在不同濺鍍時間下的反射光譜。濺鍍時間依序為(a)3分;(b)6分;(c)7分;(d)8分。

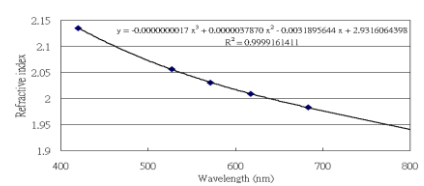


圖 11、錫錫氧化物可見光折射率模擬結果。

## 果

圖 13、(a)氮氧化鈦/錫錫氧化物的複層結構可見光反射光譜;(b)氮氧化鈦/錫錫氧化物的複層結構可見光反射光譜理論計算結果。

圖 14、(a)氮氧化鈦/錫錫氧化物的複層結構可見光反射光譜;(b)氮氧化鈦/錫錫氧化物的複層結構可見光反射光譜理論計算結果。

## 結論

- 1.我們可經由反射率來模擬基材和薄膜的折射率。
- 2.光子晶體的層數增加將使反射率提高，層數減少將使反射率降低。
- 3.我們可經由操控薄膜的厚度，使最高反射發生的波長產生藍移或紅移現象，薄膜厚度越厚，最高反射發生的波長將產生紅移現象，薄膜厚度越薄，最高反射發生的波長將產生藍移現象。
- 4.我們可經由理論計算成功對光子晶體的反射率進行模擬。