

# 附錄一

## 界面額外相移角度 $\phi$ 求法

定義光束從界面垂直照射至界面而引起之相移角度 $\phi_{12}$ 如下：

$$\phi_{12} = \arg(a), \quad n^* = n + ik,$$

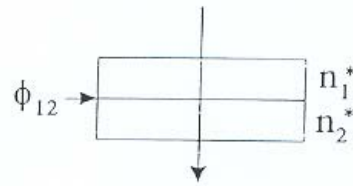
$$\phi_{12} = \arg\left(\frac{2n_2^*}{n_1^* + n_2^*}\right), \quad \text{將}\phi_{12}\text{簡稱為}\phi$$

$$\rho = |a|, \quad \phi = \arg(a), \quad (\arg = \text{arguments})$$

$$a = \frac{2n_2^*}{n_1^* + n_2^*} = \frac{2(n_2 + ik_2)}{(n_1 + n_2) + i(k_1 + k_2)}$$

$$= \frac{2(n_2 + ik_2)[(n_1 + n_2) - i(k_1 + k_2)]}{(n_1 + n_2)^2 + (k_1 + k_2)^2}$$

$$= \frac{2}{(n_1 + n_2)^2 + (k_1 + k_2)^2} [n_2(n_1 + n_2) + k_2(k_1 + k_2) + ik_2(n_1 + n_2) - in_2(k_1 + k_2)]$$



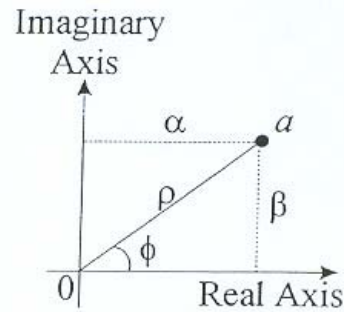
if  $x = (n_1 + n_2), \quad y = (k_1 + k_2)$

then above becomes:

$$\frac{2}{x^2 + y^2} [n_2x + k_2y + i(k_2x - n_2y)]$$

$$\tan \phi = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\frac{2}{x^2 + y^2} (k_2x - n_2y)}{\frac{2}{x^2 + y^2} (n_2x + k_2y)},$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{\beta}{\alpha} = \tan^{-1} \left( \frac{k_2x - n_2y}{n_2x + k_2y} \right) \dots\dots\dots (M)$$



Ray1 與 Ray2 兩光束理想相移角度差：

$$y-x = \pi$$

$$\pi = (P + A + B + D + Q) - (C + D + Q)$$

$$\pi = P + A + B - C$$

$$P = 2\pi(n-1) \times d / \lambda$$

P: 嵌附層本身引起之相移角度

Q: 石英本身引起之相移角度

A: 石英 - 嵌附層界面引起之相移角度

B: 嵌附層 - 空氣界面引起之相移角度

C: 石英 - 空氣界面引起之相移角度

D: 空氣 - 石英界面引起之相移角度

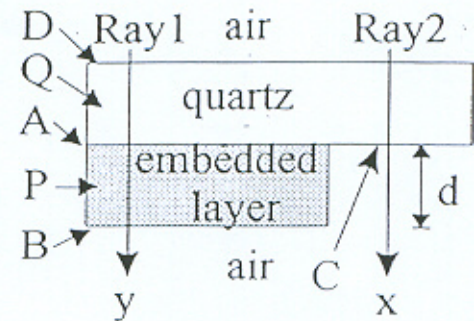
x: (D + Q + C)之相移角度

y: (D + Q + A + P + B)之相移角度

n: 嵌附層折射率

d: 嵌附層厚度

$\lambda$ : 微影照射光束波長



## 附錄二

### Forouhi-Bloomer (F-B) Dispersion Equations

$$k(E) = \sum_{i=1}^q \frac{A_i (E - E_g)^2}{E^2 - B_i E + C_i}$$

$$n(E) = n(\infty) + \sum_{i=1}^q \frac{B_{0i} E + C_{0i}}{E^2 - B_i E + C_i}$$

$$A_i = \text{const} \times \left| \langle \varphi_{\text{crit}}^c | X | \varphi_{\text{crit}}^v \rangle_i \right|^2 \gamma_i$$

$$B_i = 2[E_c(k_{\text{crit}}) - E_v(k_{\text{crit}})]_i$$

$$C_i = [E_c(k_{\text{crit}}) - E_v(k_{\text{crit}})]_i^2 + \frac{\hbar^2 \gamma_i^2}{4}$$

$$B_{0i} = \frac{A_i}{Q_i} \left( -\frac{B_i^2}{2} + E_g B_i - E_g^2 + C_i \right)$$

$$C_{0i} = \frac{A_i}{Q_i} \left[ (E_g^2 + C_i) \frac{B_i}{2} - 2E_g C_i \right]$$

$$Q_i = \frac{1}{2} (4C_i - B_i^2)^{1/2}$$

$$\gamma_i = \frac{1}{\tau_i}$$

$E$ : photon energy

$E_g$ : energy band gap

$A_i$ ,  $B_i$  and  $C_i$ : parameters related to the electronic structure of the material

$\varphi_{\text{crit}}^{c,v}$ : electron states of conduction or valence band

$\tau_i$ : lifetime of electron transfers

$E_{c,v}(k_{\text{crit}})$ : energy of the electron states of conduction or valence band

### 附錄三

#### Expression of R-T Method

$$R = R_{\text{front}} + \frac{T_{\text{sum}}^2 R_{\text{sub}}}{1 - R_{\text{back}} R_{\text{sub}}}$$

$$T = \frac{T_{\text{sum}} T_{\text{sub}}}{1 - R_{\text{back}} R_{\text{sub}}}; \quad R_{\text{front}} = \frac{R'_f}{D}; \quad R_{\text{back}} = \frac{R'_b}{D}; \quad T_{\text{sum}} = \frac{T'_{\text{sum}}}{D}$$

$$\begin{aligned} R'_f &= e^{2kqd} [(n_0 - n)^2 + k^2] [(n + n_2)^2 + k^2] \\ &+ e^{-2kqd} [(n_0 + n)^2 + k^2] [(n - n_2)^2 + k^2] \\ &+ 2 \cos(2nqd) [(n_0^2 - n^2 - k^2)(n^2 - n_2^2 + k^2) - 4n_0 n_2 k^2] \\ &- 4k \sin(2nqd) [n_0 n^2 + n_0^2 n_2 - n_2^2 n_0 - n^2 n_2 + k^2(n_0 - n_2)] \end{aligned}$$

$R'_b = R'_f$  with  $n_0$  and  $n_2$  position interchanged

$$T_{\text{sum}} = 16n_0 n_2 (n^2 + k^2)$$

$$\begin{aligned} D &= e^{2kqd} [(n_0 + n)^2 + k^2] [(n + n_2)^2 + k^2] \\ &+ e^{-2kqd} [(n_0 - n)^2 + k^2] [(n - n_2)^2 + k^2] \\ &+ 2 \cos(2nqd) [(n_0^2 - n^2 - k^2)(n^2 - n_0^2 + k^2) + 4n_0 n_2 k^2] \\ &+ 4 \sin(2nqd) [n_0 n^2 - n_0^2 n_2 - n_2^2 n_0 + n^2 n_2 + k^2(n_0 + n_2)] \end{aligned}$$

$$R_{\text{sub}} = \frac{(n_2 - n_0)^2}{(n_2 + n_0)^2}; \quad T_{\text{sub}} = \frac{4n_2 n_0}{(n_2 + n_0)^2}; \quad q = \frac{2\pi}{\lambda_0}$$

$\lambda_0$ : wavelength of incident light

$n_0$ : refractive index in free space

$n, k$ : refractive index components of the thin film

$n_2$ : refractive index of the substrate

$d$ : thickness of the thin film

## 自傳

林志鴻，男，高雄市人，民國 67 年 3 月 23 日出生。家中成員共五人，父母皆從商，家庭生活和樂美滿，在父母教養下，自幼便養成良好的倫理道德以及基本禮節。

在正義高中的三年求學生活，讓我變得成熟自主。當時為了升學，與同學志願參加晚自習一起唸書切磋，朝夕相處之下，結識了不少知心朋友，他們在我求學過程上幫助甚多，也使我學習到相親相愛、互助互信、不吝付出等建立良好人際關係的準則。

高中畢業後，選擇靜宜大學化學系就讀，並跟隨系上恩師梁偉明教授從事專題研究，在老師與學長的細心教導下，開拓了化學研究之路，學習到事先規劃的重要與遭遇挫折問題時的解決態度，也體會到耐心與毅力乃是做實驗研究工作不可或缺的要素。

碩士班就讀於國立交通大學應用化學所，有幸師承龍文安教授，使我見識到半導體領域的精采。在國家奈米元件實驗室(NDL)以及交大奈米中心進行實驗期間，學到許多貴重儀器的操作以及電腦模擬軟體的使用，也因此認識了許多志同道合的好夥伴。

自認非天賦異秉，所以在實驗及研究上一直以誠懇謙虛的態度來鞭策自己，深信辛勤耕耘必有快樂收穫，是故立志將來要在相關領域上吸取經驗而提升層次，並學以致用，為社會奉獻一己之力。