

透過率より膜厚算出

京都大学大学院 工学研究科
修士 2 回生 川原村 敏幸

1 透過率の揺らぎ・・・

透過率測定から膜厚を算出することができる。まず、右図(Fig. 1)を見て頂きたい。可視光領域に不自然な透過率の揺らぎが生じているのが見て取れると思う。この透過率の揺らぎは一般に、膜が滑らかでかつ膜厚が均質であれば現れる。また、膜厚が薄いほど揺らぎの間隔が広くなり、逆に厚ければ厚いほど、間隔が狭くなる。つまり、この原理を利用すると、膜質が均一な時に限り、透過率から膜厚を求めることができる。

それではこの「透過率の揺らぎ」に理論的な解説を試みることにする。

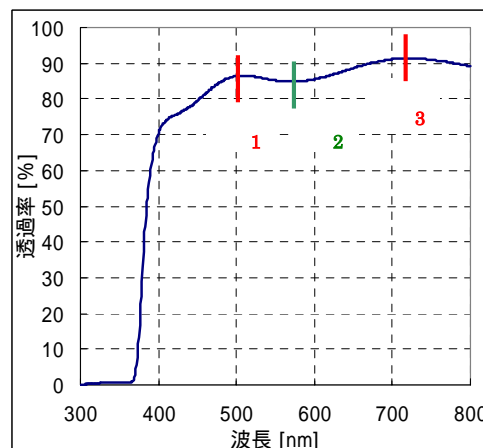


Fig. 1 透過率

2 膜厚算出の原理

2.1 光干渉の基礎

Fig. 2 に示すように、厚さ d で屈折率が n の媒体 2 がある時、その媒体 1 と 2 の間で、反射と透過・屈折が起こり、媒体 2 と 3 の間でも反射と透過・屈折が起こる。この時、反射光 と の位相差が丁度 1 だけずれていれば、お互いを強めあい干渉が起こる。つまり、垂直光の場合光路差が $2nd$ となり、それが、波長一つ分に当るので、次式が成り立つ。

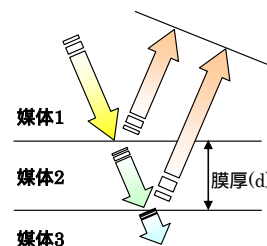


Fig. 2 干渉(1)

$$(\text{強めあう条件}) 2nd = \lambda \quad (1)$$

もう少しよく考えてみると、反射光が強めあうのは両波の位相が揃うときであり、波長の位相差が整数となるときである (Fig. 3)。つまり、次式が成り立つ。

$$(\text{強めあう条件}) 2nd = m\lambda \quad (2)$$

一方弱めあう時は、半波長分だけ位相差が生じればいいため、次式が成り立つ

$$(\text{弱めあう条件}) 2nd = \left(m \pm \frac{1}{2} \right) \lambda \quad (3)$$

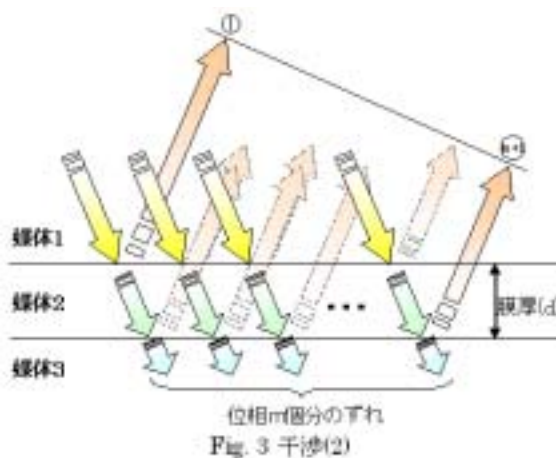


Fig. 3 干渉(2)

そこで、Fig. 1 を例に、透過率測定より、膜厚を算出してみようと思う。

2.2 膜厚算出

Fig. 1 を見ると λ_1 と λ_3 では透過率が増加しており、 λ_2 では透過率が減少している。

ここで、 λ_1 において、光干渉の位相差が m の時、 λ_3 において光干渉の位相差は $m-1$ となる($\lambda_1 < \lambda_3$)、つまり λ_2 においては、光干渉の位相差は $m-(1/2)$ となる。

つまり、次式が成り立つ。

$$\begin{cases} 2nd = m\lambda_1 \\ 2nd = \left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda_2 \\ 2nd = (m-1)\lambda_3 \end{cases} \quad (4)$$

m について式変形を行うと、

$$\begin{cases} m = \frac{2nd}{\lambda_1} \\ \left(m - \frac{1}{2}\right) = \frac{2nd}{\lambda_2} \\ (m-1) = \frac{2nd}{\lambda_3} \end{cases} \quad (5)$$

(5)式の上式を中と下の式に代入して変形させると、

$$\begin{cases} 4nd = \left(\frac{\lambda_1\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}\right) \\ 2nd = \left(\frac{\lambda_1\lambda_3}{\lambda_3 - \lambda_1}\right) \end{cases} \quad (6)$$

となる。つまり膜厚は次式で求めることができる。

$$d = \frac{\lambda_1\lambda_2}{4n(\lambda_2 - \lambda_1)} = \frac{\lambda_1\lambda_3}{2n(\lambda_3 - \lambda_1)} = \dots = p \frac{\lambda_x\lambda_y}{2n(\lambda_y - \lambda_x)} \quad (7)$$

註： p は λ_x と λ_y の位相差。

3 膜厚の算出

Fig. 1 の透過率測定から膜厚を実際に出してみようと思う。 $\lambda_1=508\text{nm}$ 、 $\lambda_3=718\text{nm}$ であるから測定物の膜厚は 460nm 程度であると推測できる。

- 協力 -

指導：京都大学IIC教授 藤田 静雄

確認：京都大学工学部 田中 哲平