

# 光学多層膜(1)

波多腰玄一

## 1 はじめに

誘電体多層膜に代表される光学薄膜の積層構造は、反射鏡、帯域通過フィルター、異なる波長の光の合波／分波など様々な光部品に用いられている。今回はこの光学多層膜の原理と、特性行列による解析法<sup>1~4)</sup>を解説し、Excelによる反射率、透過率の計算を紹介する。

## 2 光学多層膜における特性行列

### (1) 多層膜中の電界と磁界

図1に示すような $N$ 層の多層膜を考える。入射側の屈折率を $n_{in}$ 、出射側の屈折率を $n_{out}$ 、第 $j$ 番目の層の屈折率と厚さをそれぞれ $n_j$ 、 $d_j$ とする。また各層で $+z$ 方向に進む光および $-z$ 方向に進む光の電界をそれぞれ $E_j^+$ および $E_j^-$ と書くことにし、 $+z$ 方向に進む光の方向（光軸との

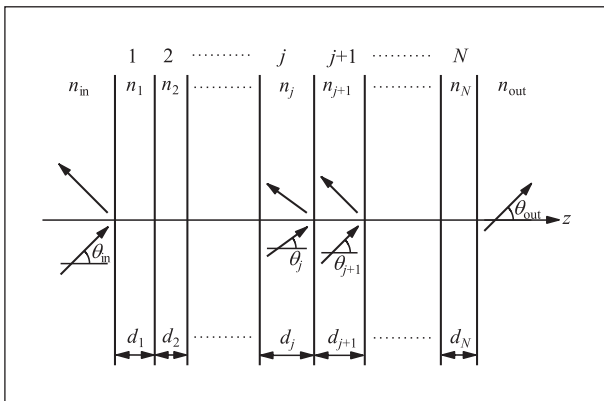


図1 光学多層膜のパラメーター

なす角)を $\theta$ とする。スネルの法則より

$$n_{in} \sin \theta_{in} = n_j \sin \theta_j = n_{out} \sin \theta_{out} \quad (1)$$

第 $j$ 番目の層の左端の電界を $E_j^+(0)$ 、 $E_j^-(0)$ 、右端の電界を $E_j^+(d_j)$ 、 $E_j^-(d_j)$ とすると、これらの間には以下の関係がある。

$$E_j^+(0) = e^{i\phi_j} E_j^+(d_j) \quad (2)$$

$$E_j^-(0) = e^{-i\phi_j} E_j^-(d_j) \quad (3)$$

ただし、

$$\phi_j = k_0 n_j d_j \cos \theta_j \quad (4)$$

とおいた。

さて、多層膜を1つの素子としてみると、 $E_{in}^+$ の光がこの素子に入射した場合に、 $E_{in}^-$ の光が反射され、 $E_{out}^+$ の光が透過することになる。そこでこの多層膜の反射率と透過率を計算するためには、 $E_{out}^- = 0$ の条件の元で、 $E_{in}^+$ 、 $E_{in}^-$ 、 $E_{out}^+$ の間の関係がわかればよい。そのためにはまず $E_j^+$ 、 $E_j^-$ と $E_{j+1}^+$ 、 $E_{j+1}^-$ の間の関係を求める必要がある。以下では、電界が入射面に垂直なs偏光の場合と、電界が入射面内にあるp偏光の場合とに分けて、この関係を求める。

### (a) s偏光

界面では電界および磁界の境界面に平行な成分は連続である。したがって、第 $j$ 番目の層と第 $j+1$ 番目の層の界面 ( $z=d_j$ とする) では、

$$E_j^+(d_j) + E_j^-(d_j) = E_{j+1}^+(d_j) + E_{j+1}^-(d_j) \quad (5)$$