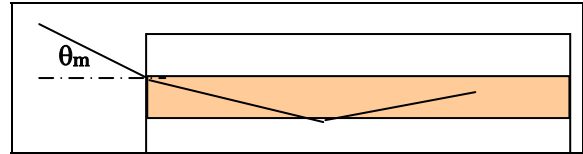
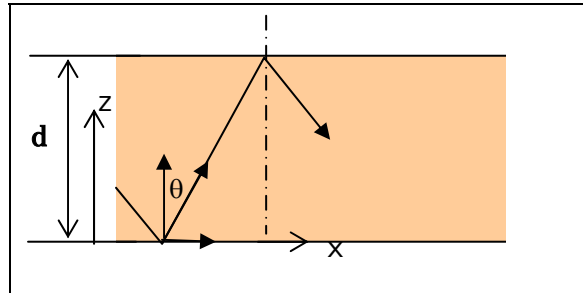


## 4 . 光線路

問1 薄膜の導波路 (コア屈折率  $n_1=1.6$ 、クラッド屈折率は  $n_2=1.5$ ) 内で全反射する光の、最大の入射角  $\theta_m$  (受光角という) を求めよ。



問2 図のように、厚さ  $d$  の薄膜の導波路 (クラッド - コアの屈折率比が  $n = [\text{コアの屈折率をクラッドの屈折率で割る、1より大}]$  ) がある。内部の光は波数  $k$  である。この光が全反射を繰り返して進む。



導波モードとは、 $z$  方向に定在波をつく

り、 $x$  方向には進行波となるものである。  $z$  方向に定在波をつくるとは、 $z$  方向に一往復するときこの方向の位相差が  $2\pi$  の  $N$  倍 ( $N=0,1,2,\dots$ ) となることである。  $N$  を導波モードの次数という。

$d = 2\ \mu\text{m}$ 、薄膜中の  $\lambda = 1\ \mu\text{m}$ 、 $n=1.2$  のとき、 $s$  波 ( $\text{TE}_N$  波ともいう) の導波モードを、幾何光学の範囲で、次の順序により解析せよ。(幾何光学とは言え、位相という考えが入ってくるので、半分幾何光学で半分波動光学。)

- (i) 図のように入射角  $\theta$  で界面に入る光について、波数ベクトルの  $x$  成分 ( )、 $z$  方向の成分 ( ) を、波数ベクトルの大きさ  $|\vec{k}| = k$  と  $\theta$  で表せ。ただし、波数ベクトル  $k$  はコア中の値であるとする。

さて、 $z$  方向に 1 往復する間に、位相の変化が起きる理由が 2 つある。それは、伝播と全反射である。

- (ii)  $z$  方向に 1 往復する間の光路長を伝播することによる位相差  $\Psi$  が  $\beta$  から求まる。  $\Psi$  を  $\theta$  と  $k$  で表せ。
- (iii) 1 往復の間に 2 度全反射する。2 度の全反射が引き起こす位相変化の大きさ  $\Delta$  を、 $\theta$  と比屈折率  $n$  を変数とする式で表せ。(  $s$  波であることを思い出せ。答えには複素数の偏角の記号  $\arg$  を使用せよ。)
- (iv) 全反射による位相遅れを考えに入れるとき、 $\theta$  をどのようにするなら (大きくする? 小さくする?) 定在波条件が成り立つか。

以上の条件を視覚的に表現するために、 $\Psi, \Delta, 2\pi N$  の関係をグラフを用いて表示する。

(v) ひとつのグラフは横軸が $\theta$ で縦軸が  $2\pi N - \Delta$ 、もうひとつは横軸が $\theta$ で縦軸が $\Psi$ のグラフ。それらを描き重ねる。(それらのグラフの交点として決まる  $\theta$  が定在波条件を満たしている。)  $2\pi N - \Psi$  と $\Delta$ のグラフでもよい。

(vi) この数値の例では何個のモードがあるか。なぜ無限に導波モードが無いかを説明せよ。

(vii) それぞれのモードについて、光の電場強度の  $z$  依存性はどのようになっているか。

(viii) 与えられた条件の中で  $d$  だけを変化させるとして、導波モードが1つ(シングル(=単一)モード)になる最大の  $d$  を求めよ。(シングルモードに対し、多数のモードが存在するときマルチ(=多)モードという。)