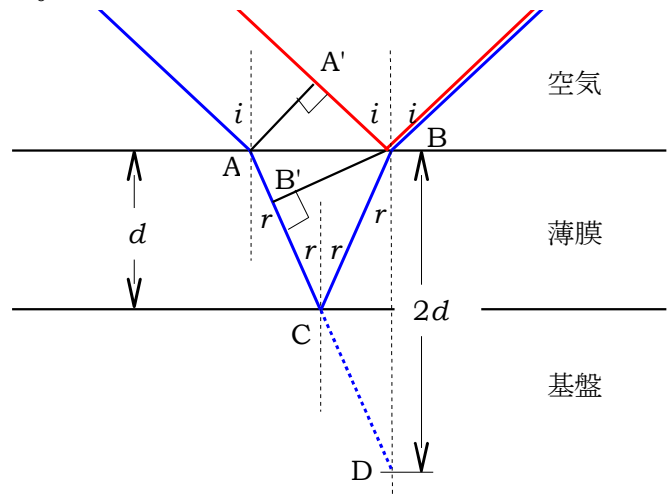


導出シリーズ 第64回 薄膜干渉

薄膜の表裏で反射する光が干渉する現象は色々なところで見られる。教科書にもそのまま記載されているので基本中の基本といえるものである。

屈折率 n の厚さが d [m] の薄膜が屈折率 n' の基盤上に乗っているとす。なお、 $n' > n$ とす。このとき、薄膜の上から波長 λ [m] の単色光を入射角 i で入射させた。このとき、薄膜の表裏で反射する光が強めあう条件はどのようなになるのだろうか。

右図に示すように薄膜にやってきた赤コースと青コースの2つの光が干渉するのだから、両コースの位相のずれ(距離の差と反射による位相のずれ)を求めてやればよいだけだ。



【反射端の種類】 基盤と薄膜と空気は、屈折率に $n' > n > 1$ の関係がある。よって、赤コースの B 点での反射は固定端反射(位相が反転)、青コースの C 点での反射も固定端反射(位相が反転)となる。よって、赤コースと青コースの間で反射端による位相のずれは起こらない。

【距離の差】 赤コースと青コースの距離の差は AA' の波面から点 B までのそれぞれの光学的距離の差を求めればよい。

赤コースの A'B(空气中)と青コースの AB'(薄膜中)の光学的距離の差は等しい。理由は、A'B の光学的距離は $AB \sin i$ であり、AB' の光学的距離は $AB \sin r \times n$ であり、スネルの法則(屈折の法則)より $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ だから、両者は等しくなるからである。

赤コースと青コースの間に生じる光学的距離の差は、B'CB(薄膜中)の部分になる。ここで、基盤表面を対称面とし B 点の対称点 D 点を取ると、2つの三角形の合同から $CB = CD$ であることがわかる。よって、光学的距離の差は B'CD と考えてよい。以上より、両コース間での光学的距離の差は $2d \cos r \times n$ と表すことができる。

【総合】 赤と青の両コースの光の干渉では、反射端での位相のずれが生じないので、「強めあう条件」は $2nd \cos r = m\lambda$ (m は整数)であり、「弱めあう条件」は $2nd \cos r = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$ (m は整数)である。

一般によく使われるのは、薄膜面に垂直に入射するケースが多い。その場合、 $i = r = 0$ だから、 $2nd = m\lambda$ である。

【注意】 基盤と薄膜の屈折率の関係が $n' < n$ である場合、薄膜と基盤との境界面での反射で位相のずれが生じないため、位相が逆転する(空気と薄膜での反射でずれるため)。そのため、干渉の条件が逆転し、「強めあう条件」が $2nd \cos r = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$ (m は整数)、「弱めあう条件」が $2nd \cos r = m\lambda$ (m は整数)となる。