

2 章 光ファイバ

2-2 光ファイバの種類と原理

・光ファイバの種類(Fig.1)

○多モード(マルチモード)ファイバ multi-mode optical fiber

・ステップインデックス(階段屈折率)ファイバ

step-index optical fiber

コアとクラッドの屈折率が階段状に変化している。コアに入った光は、コアとクラッドの境界面で全反射して伝搬していく(Fig.2)。通常、コア径は $50\mu\text{m}$ 、ファイバの径は $125\mu\text{m}$ 程度。

・グレーデッドインデックス(分布屈折率)ファイバ

graded-index optical fiber

コアとクラッドの屈折率の変化が傾斜している(コア内からクラッドに向かって徐々に屈折率の変化)。コア内の光は進むにつれて次第に方向を変える。

○単一(シングル)モードファイバ single-mode optical fiber

コア径が数 μm と細く、コア中を一つのモードの光のみを通す。

○特殊ファイバ ・ホーリーファイバ holey fiber

クラッドに周期的な孔をあけることで、コアに光を閉じ込める。空孔アシスト型、フォトニック結晶型、フォトニックバンドギャップ型などがある。

・ファイバへの光入射

ファイバーのコアの中を光が伝搬していく条件を考える(Fig.2)。コアに入った光は、コアとクラッドの界面で反射を繰り返して伝搬していく。ここで Fig.3 に示すように 2 つの条件を考える。

- ① コアへの光入射
- ② コア・クラッド境界の全反射

② 全反射条件

コアからクラッドに向かった光が境界に沿って進む時の入射角を臨界角 θ_c とするとスネルの法則から

$$n_1 \sin \theta_c = n_2$$

光が全反射する条件は $\theta_1 > \theta_c$ である(Fig.4)。

① 光入射条件

コアに入射した光が、コア・クラッド境界で全反射するときのコアへの入射角 θ_m を考える(Fig.5)。スネルの法則から

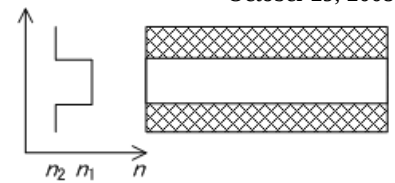
$$\sin \theta_m = n_1 \cos \theta_c = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

となる。この $\sin \theta_m$ を開口数 NA(numerical number)という。

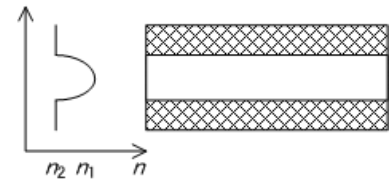
コアとクラッドの屈折率の差 Δ を次のように定義する。

$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2}$$

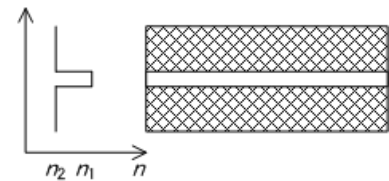
開口数 NA は $NA = n_1 \sqrt{2\Delta}$ と表される。この NA はファイバへの光入射の結合の良さのパラメータの一つとなる。



ステップインデックスファイバ



グレーデッドインデックスファイバ



シングルモードファイバ

Fig.1 ファイバの種類

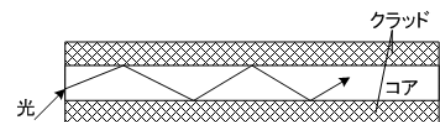


Fig.2 階段屈折率ファイバ中の伝搬

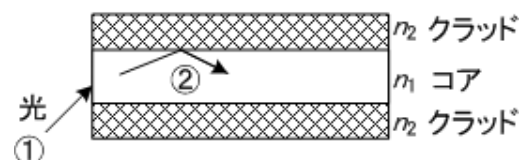


Fig.3 光の伝搬条件

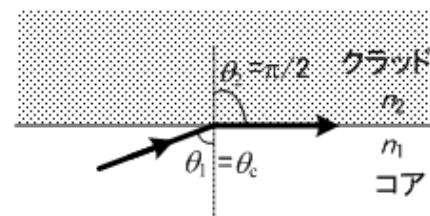


Fig.4 コア・クラッド境界の反射

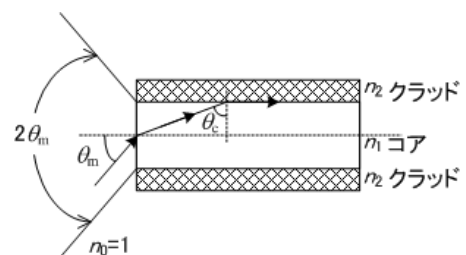


Fig.5 コアへの光入射