

ステップ・インデックス・ファイバにおける
伝播特性の幾何光学的検討 (II)

Investigation of transmittion characteristics of step index fiber by geometrical optics (II).

池田 紘一、岡野谷 成明

Koichi Ikeda, Nariaki Okanoya

東京理科大学

Science univercity of Tokyo

SYNOPSIS: This study investigated transmittance of step index fiber, as functions of incident angle, incident position and angle of end surface of fiber by experiment, then experimental results compared with calculated values in terms of geometrical optics based on snell's law.

1 はじめに

本研究では、ステップ・インデックス・ファイバについて光の入射端面での入射角度、入射端面位置、端面の角度の変化による透過率の変化を測定し、また、スネルの法則を基に幾何学的光線追跡を行い測定値との比較を行なった。

更に、光ファイバの接続の際、ファイバの出射端面が斜めに研磨されているときの透過率の変化を調べた。また、接続部にずれが生じたときの透過率の変化を測定し、理論値と比較、検討して接続時に有利な端面傾斜角度を求めた。

2 透過率の測定及び解析

ファイバ端面において座標系をFig. 1のようにとり、光の入射角度 θ_1 、 θ_2 をそれぞれ2度ずつ変化させ出射端での光を受光器で受け、その出力電圧を測定することにより透過率を測定した。端面傾斜角度 5度 のファイバの光の入射角度 θ_2 と透過率との関係をFig. 2に示す。図に記入したカットオフ角度は理論値であり、ファイバ内の光のコアとクラッドの境界面への入射角度が臨界角度となる端面への入射角度である。測定結果ではカットオフ角度を越えてもなお伝播していることが分かる。この理由として、理論値は光を一本の光線として計算しているのに対し実際の光は収束角を持つために入射角度に誤差が生じること、また、一度コアから出た光がクラッドの表面で反射され再びコア内に入射されることが挙げられる。

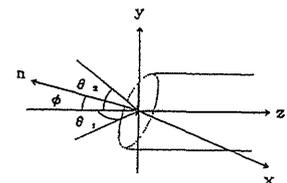


Fig. 1 Coordinate system at the end of fiber

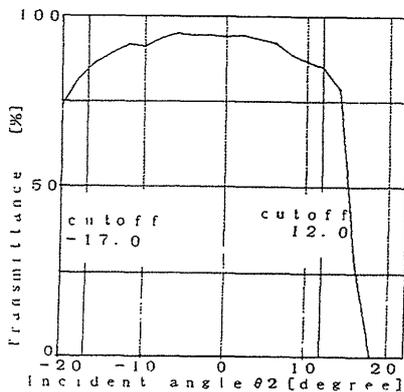


Fig. 2 Transmittance versus incident angle

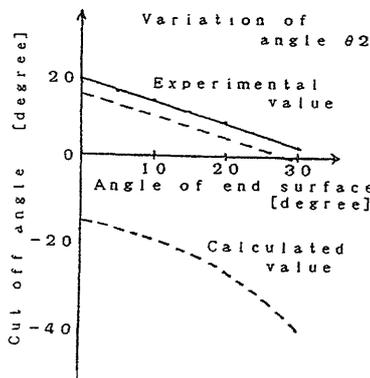


Fig. 3 Cut off angle versus angle of end surface

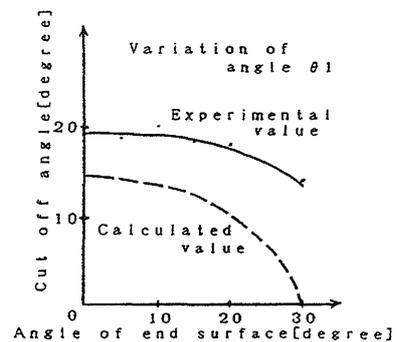


Fig. 4 Cut off angle versus angle of end surface

測定値におけるカットオフ角度を透過率 50% となる入射角度とする。このときの測定値、理論値のグラフをFig. 3、Fig. 4に示す。Fig. 3は縦方向に、Fig. 4は横方向に入射角度を取った場合である。破線が理論値、実線が測定値である。入射角度を横方向に取る場合は端面傾斜角度が 10度 付近まではカットオフ角度にほとんど影響の無いことが分かる。しかし、縦方向に入射角度を取る場合、カットオフ角度は端面傾斜角度の増加とともに直線的に減少することが分かる。また、光がファイバ中心に入射しないとき、光はファイバ内を螺旋状に伝播する。Fig. 5に螺旋の内径と入射角度との関係を示す。このグラフはパラメータに端面傾斜角度をとり、光がファイバ中心から 25 μm の位置に入射した場合である。グラフより螺旋の内径は端面傾斜角度の増加とともに小さくなる事が分かる。

3 接続時における透過率の変化

上記における幾何光学的光線追跡を用い光の偏波面が常にFig. 1における y z 面内にあるときについて透過率の計算を行なった。ファイバ接続時において接続する二本のファイバが一直線状に並び両ファイバの間に 5 μm 、25 μm の間隔が空いているときの端面傾斜角度と透過率との関係の計算結果をFig. 6に示す。Fig. 6から分かるようにファイバ間隔が狭いほど端面傾斜角度の増加とともに透過率が上昇する。

Fig. 7はファイバ間隔 5 μm のままファイバがX軸に沿ってずれたと仮定したときの端面傾斜角度 0度、10度における透過率変化のグラフである。このグラフより端面傾斜角度が増加しても透過率の変化がほとんど同じである事が分かる。また、Fig. 8はファイバ間隔 5 μm のままファイバがY軸に沿ってずれたと仮定したときのグラフである。この場合透過率の最大の点が端面傾斜角度の増加とともにファイバ中心からずれるがほとんど変化の無いことが分かる。

4 まとめ

以上の入射端面、出射端面での端面傾斜角度の変化、ファイバ位置の変化による透過率の変化を考慮すると、端面傾斜角度を持っているとファイバ間隔が狭いときには端面傾斜角度を付けないときよりも透過率が増加し、また、ファイバがずれたときでも端面傾斜角度 0度 のときと変わらぬ透過率の変化をするのでファイバ端面には端面傾斜角度を付けることが望ましいと推測される。

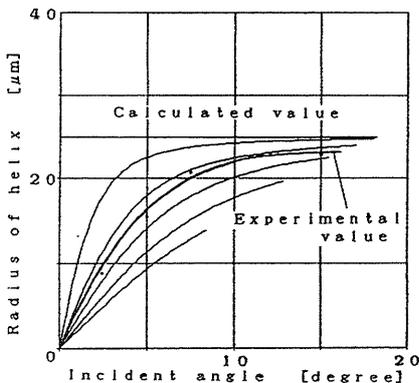


Fig. 5 Radius of helix versus incident angle

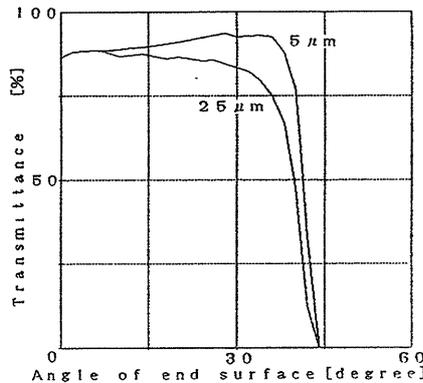


Fig. 6 Transmittance versus angle of end surface

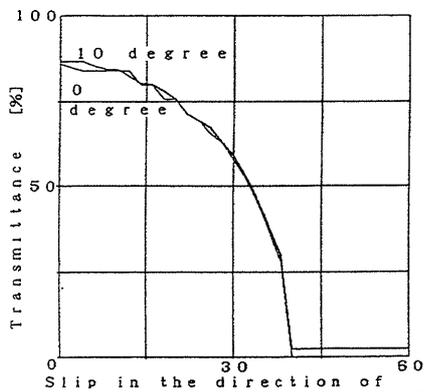


Fig. 7 Transmittance when jointed fiber slip in the direction of X axis

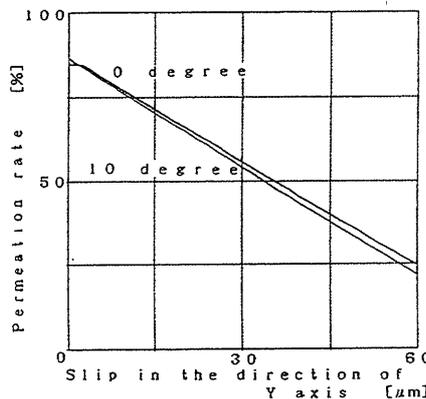


Fig. 8 Permeation rate when jointed fiber slip in the direction of Y axis