

光導波路のフーリエ変換応用に関する研究

外園，裕仁

<https://doi.org/10.15017/1654919>

出版情報：九州大学，2015，博士（工学），課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済



氏 名：外 菌 裕 仁

論文題名：光導波路のフーリエ変換応用に関する研究

区 分：甲

論 文 内 容 の 要 旨

導波路光フィールド分布の近視野像(NFP: Near Field Pattern)と遠視野像(FFP: Far Field Pattern)との関係はフーリエ変換の関係であることが知られているが、FFP の測定によりレーザーや光ファイバのモード評価を行うのみで、フーリエ変換を積極的に応用した光導波路評価方法の検討はあまりなかった。本研究では、フーリエ変換により角度変数から位置変数へ基底変数を変換することを用い、光導波路端面の光フィールド分布評価方法を検討した。その結果、小型呼気センシングデバイスの実現可能性を明らかにし、光導波路を用いた気体計測を世界で初めて実現した。更には、位置変数から角度変数へ基底変数を変換することを応用し、角度プロファイルを有するモードの MCF(Multi Core Fiber)伝送を行う手法による伝送容量増大の理論検討を行った。その結果、従来の 2 倍に相当する伝送容量増大の可能性を明らかにした。本論文は 5 章で構成されている。

第 1 章では、フーリエ光学と、センシングへ応用した光導波路およびフーリエ変換を応用した光導波路の研究背景と課題・目的を記述した。

第 2 章では、フーリエ変換による角度変数から位置変数への基底変数変換を用いた導波路端面の光フィールド分布評価方法の原理と、位置変数から角度変数への基底変数変換を用いたデバイス理論を説明し、ローランド円を用いたスラブ導波路端面において任意の角度プロファイルを与えることが可能であることを示した。

第 3 章では、シリカハイメサ光導波路を試作し、光導波路端面から出力される光フィールド強度の角度プロファイルから、光導波路端面における光フィールドプロファイルを実験的に求め、理論計算結果と比較した。その結果、おおよそ理論と整合した通り光導波路外部に光フィールドが 5.8%(光導波路幅 $2.2\mu\text{m}@1572\text{nm}$)分布していることを明らかにした。更にこの光導波路を用いて、赤外吸収分光法による CO_2 濃度計測を試みた。光導波路の伝搬損失を補てんする光増幅器を用い、光導波路を用いた CO_2 の濃度の測定(40%~70%)を初めて実現した。

第 4 章では、フーリエ変換による位置変数から角度変数への基底変数変換を用いて、角度プロファイルを有する空間モードを生成して MCF 伝送させることで伝送容量を増大させるための理論検討を行った。角度プロファイルを有する空間モードとして OAM(Orbital Angular Momentum)モードを用いた MCF 伝送について検討を行った。新たに拡張 OAM モードを MCF 伝送させるこ

とで、通常の OAM モード伝送の問題であるモードの縮退問題を回避できることを確認した。実際に伝送容量を増大できるかを確認するために、拡張 OAM モードを生成、合分波を行うデバイスについて設計・シミュレーションを行った。その結果、MCF 伝送において約 2 倍の伝送容量となる可能性を示した。

第 5 章では、これまでの研究結果をまとめ、今後の展望について述べた。

本論文は、フーリエ変換を用いた光フィールド分布評価方法、更に光信号に角度プロファイルを追加・伝搬させる方法について提案・検討したもので、フーリエ変換を用いた光フィールド分布評価方法が有用であることを明らかにし、更にシリカハイメサ光導波路による気体計測において CO_2 濃度の測定(40%~70%)を初めて確認した。また、角度プロファイルを有する拡張 OAM モードにより、伝送容量を 2 倍にできる可能性を示した。