

氏名	佐 藤 稔
学位(専攻分野)	博士 (工学)
学位記番号	工 博 第 1300 号
学位授与の日付	平成 5 年 5 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	工学研究科電子工学専攻
学位論文題目	導波型光変調器の高性能化と応用に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 小倉久直 教授 木村磐根 教授 藤田茂夫

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、光通信・光計測に用いる外部光変調器のうち導波型光変調器の高性能化に関する理論解析・実験研究ならびにその電界計測への応用に関する研究をまとめたもので、全体は5部8章からなっている。

第Ⅰ部は序論で導波型光変調器の現状における問題点ならびに光波利用センシングへの応用の可能性について述べ、本論文の目的および論文内容について概説している。

第Ⅱ部は光導波路に関する研究であり、3章からなっている。

第1章はビーム伝搬法により光導波路の伝搬モードの解析を行なったものである。ガウス分布2次元導波路・3次元導波路・ガウス分布光ファイバについて伝搬定数・界分布を精度よく求めうることを示し、ついで本研究の主題である導波型光変調器に用いられる3次元拡散型導波路について、種々の構造パラメータに対する伝搬定数・界分布・分散特性を計算した。

第2章は拡散型光導波路の製作とその評価に関するもので、 X -cut LiTaO_3 の基板にNbを拡散して製作した2種の3次元拡散型導波路の伝搬定数の測定を行ない、理論分散特性を用いて横拡散長、最大屈折率変化等の導波路の構造パラメータの推定を行なった。

第3章は光変調器に用いる曲がり導波路の放射損失の低減化に関する研究で、導波路屈曲部内の波面の方向変化を円滑にするための幾つかの構造を考案してビーム伝搬法により解析を行なった。その結果、構造の最適化を計ることにより損失を単純曲がり導波路に比して大幅に軽減出来ることを示した。

第Ⅲ部は光変調器の広帯域化に関する研究で2章からなる。

第4章は進行波型変調器の広帯域化を計るための変調電極の構造に関する研究である。電極と高誘電率基板の間に低誘電率のバッファ層を挟む構造を提案し、電極間の容量を小さくすることにより変調マイクロ波の位相速度を速め、変調の広帯域を計った。その様な3種の電極構造に対して境界要素法による準TEM解析を行なった結果、最良のものは予想通りの広帯域性を持つことが示され、これを分岐干渉型変調器に応用して高性能の特性を得た。

第5章はSiO₂をバッファ層とする提案した電極構造の光変調器を実際に製作して広帯域化の検証を行なったものである。バッファ層を持たない変調器をも製作して両者のマイクロ波特性を測定・比較し、提案した構造により変調電極の速度非整合が理論通り改善されることを確認した。

第IV部は導波型光変調器の電界計測への応用に関する研究であって、3章からなる。

第6章は反射干渉型変調器による電界計測に関するものである。変調器基板の出射端面、または入射・出射両端面を反射鏡としてファブリ・ペロー共振器を構成させることにより変調の高効率化を計るもので、理論解析により反射率の最適化を行なった。更に、実際に変調器を製作して光の変調特性を測定し、60 Hzの電界計測の基礎実験を行ない、温度依存性を伴うが10 V/cm程度の電界の計測が可能であることを示した。

第7章は分岐干渉型変調器による電界計測に関するものである。センサ部の変調特性が線形となる非対称分岐干渉型変調器を設計・製作し、60 Hzから100 kHzの低周波の計測、また電界検出用アンテナを用いて導波管内の1.26 GHzの高周波電界の計測を行なった。

第8章は電界計測における光の検波方法を検討したもので、光の検波と同時に変調波の周波数変換を行なう方法として、効率変調検波方式・2重変調方式・光変調検波方式などを提案し、pin-フォトダイオードを用いる効率変調検波方式の基礎実験を行ない、実際の高周波回路の電圧計測に応用した。

第V部は結論として今後の課題と共に本論文で得られた結果をまとめている。

論文審査の結果の要旨

光通信・光計測技術においては光に信号を搬送させる光変調器の高性能化の研究が不可欠である。本論文は外部光変調器の一つである導波型光変調器を構成する光導波路の解析・設計・製作、変調電極構造の広帯域化、ならびに光変調器の電界計測への応用に関する研究からなり、得られた主な成果は下記の通りである。

1. ビーム伝搬法を用いて光変調器に用いられる3次元拡散型導波路のモード解析を行ない、設計・計測に必要な伝搬定数・界分布・分散特性等を得た。更に、実際に各種の拡散型光導波路を製作し、導波モードの伝搬定数を計測して構造パラメタの推定を行なった。
2. 光変調器を構成する曲がり導波路の放射損失を減少させる屈曲部の構造を提案し、ビーム伝搬法による解析によって最適の構造を求めた。
3. 進行波型変調電極構造として、変調の広帯域化を計るため電極と基板間にバッファ層を挿入して光・マイクロ波の速度整合を良好にすることを提案・解析し、更に分岐干渉型変調器に応用して帯域幅13 GHz、帯域変調電力1.6 mW/GHzの性能を持ちうることを示した。また提案した電極構造を持つ変調器を設計・製作し、マイクロ波特性を測定して予想された速度整合の改善を得た。
4. 光変調器を応用した無擾乱電界計測法を提案し、試作・実験を行なった。先ず反射干渉型変調器を提案・解析のうえ実際に製作し、60 Hz電界の計測の基礎実験を行なってその実用性を確認した。更に線形変調特性を持つ非対称分岐干渉型導波路を用いた光変調器を製作して、60 Hzから100 kHzの低周波電界および1.26 GHzの高周波電界の計測実験を行ない、その実用の可能性を示した。

5. 電界計測において光検波と同時に周波数変換を行なう 2, 3 の方式を提案・解析し, pin-フォトダイオードによる効率変調検波方式の基礎実験を行ない, その有効性を立証した。

以上要するにこの論文は, 光通信・光計測に不可欠な導波型光変調器の高性能化と電界計測への応用に対し新しい提案を行ない, その理論解析ならびに製作・実験を行なったもので, 学術上実際上寄与するところが大きい。よって本論文は京都大学博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。

平成 5 年 2 月 22 日, 論文内容とそれに関連した事項について試問を行なった結果, 合格と認めた。