

氏 名	アロキヤスワミ アルフォンス Arokiaswami Alphones
学 位 の 種 類	博 士 (学 術)
学 位 記 番 号	博 甲 第 22 号
学位授与の日付	平 成 4 年 3 月 25 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	工学科学研究科情報・生産科学専攻
学 位 論 文 題 目	STUDIES ON OPTICALLY CONTROLLED MILLIMETER-WAVE CIRCUITS (光制御ミリ波回路系に関する研究)
審 査 委 員	(主査) 教 授 堤 誠 教 授 弓 場 芳 治 教 授 橋 邦 英

論 文 内 容 の 要 旨

本論文はミリ波回路の新しい光制御に関する研究成果をまとめたもので6章からなっている。

第1章は光制御ミリ波回路に関するこれまでの研究の概要を述べるとともに、その歴史的背景について論じ、本論文の占める位置を明らかにした。

第2章はミリ波集積回路における電磁界分布をレーザを使って非破壊的に測定する新しい方法を提案した。具体的にはミリ波半導体回路に光を照射して得られる光プラズマを利用するものである。レーザスポットが回路に照射されると、スポット部分の限られた箇所にプラズマが生じ、これがミリ波に局所的に損失を与え、かつ損失の分布はそのまま電磁界分布に比例する。したがって場所的にレーザ光を走査すれば電磁界分布を測定できる。実験は波長820 nm、スポット径10 μm のレーザをシリコンで作られたリブガドに対して照射し、従来観測できなかった複雑な電磁界分布をかなりの精度で測定する事が出来た。

第3章は代表的なミリ波線路であるイメージ線路における光制御の研究で、従来、明らかにされていないDバンド(140 GHz帯)における光制御の理論と実験結果を述べた。まず、光プラズマが誘起されたシリコンスラブにおける分散関係式をマクスウェルの方程式を境界条件のもとに解くことにより求め、光プラズマの強さ及び深さに対するミリ波の位相及び減衰特性の変化をイメージ線路の構造パラメータの面から詳しく調べた。次に比低抗率5 K $\Omega\cdot\text{cm}$ で厚さ400 μm 、数mm幅のシリコンを用いて線路を構成し、これにライトエミッティングダイオード(LED)を5個により、820 nm波長で100 mWの光を照射し、140 GHz帯で光制御の実験を行った。その結果、LEDのオン・オフ動作でミリ波に10 dBというきわめて高効率の振幅変調を与えることができ、かつその周波数依存性は理論値と一致した。一方、微小線状アンテナを機械的に走査することによりイメージ線路の定在波の

測定を行い、その結果を理論的に明らかにし、分散特性と比較検討した。

第4章は33 GHz から50 GHz のミリ波帯で高効率で光制御可能なミリ波線路としてリブガイドを新しく提案し、その伝搬特性を理論的に明らかにすると共に光制御リブガイド共振器およびフィルタの諸特性について論じた。解析手法として等価屈折率法を用い、これによりリブガイドの分散特性、光制御特性を明らかにした。次にリブガイド共振器、そしてフィルタの特性を明らかにし、特にブラッグ反射型のフィルタの特性について詳しく調べた。

実験は長さ90 mm のシリコンを使い、伝送特性の光制御に関してはLEDを用い、共振器またはフィルタについては高輝度のクセノンランプと光ファイババンドルを組み合わせた光源を用いた。共振器の場合光により25 dB 以上の振幅変化と150 MHz 以上の共振周波数の変化を観測し、光制御ミリ波回路の実用化を意識した形でこれらの諸特性を論じた。

第5章は光制御漏洩波アンテナに関するものである。シリコンスラブからなるミリ波導波路の表面に周期的に光プラズマを形成し、このプラズマによるミリ波の散乱をアンテナに応用した。解析法として摂動法の一つであるマルチプルスケール法を用い、輸送方程式そして結合モード方程式を導出し、これらの方程式を数値的に評価してミリ波漏洩波アンテナの放射パターン、放射角を明らかにした。また光プラズマのピッチを変えると、より効率的にミリ波のビームを走査できる事を明らかにした。

一方、シリコンスラブ線路と光ファイバアレーを用いて実際に光制御漏洩波アンテナを試作し、33 ~50 GHz のミリ波帯で放射特性などの実験を行い、理論値と比較した。

第6章は結論で、本論文で得られた結果を総括して述べるとともに本論文で提案したレーザによる電磁界の観測、リブガイド、共振器そしてアンテナが今後光制御ミリ波回路にたいして極めて有用な基礎資料を与える事を示すと共に、実用面に関する検討も光源の強さや導波路の構造の面から行った。

論文審査結果の要旨

本論文は光制御ミリ波回路系に関する理論的ならびに実験的研究の結果をまとめたものでその成果を要約すると次のとおりである。

すなわちミリ波集積回路における電磁界分布をレーザを使って非破壊的に測定する新しい方法を提案し、半導体を用いたミリ波回路系における電磁界分布を測定し、従来観測出来なかった複雑な電磁界分布および分散特性を明らかにするなど有用な多くの結論を導いている。またシリコンスラブを用いたミリ波線路にたいして140 GHz における光制御をライトエミッティングダイオードにより行い、その特性を実測して理論解析によって得られた結果と比較検討している。一方、この結果はリブガイドに拡張し、光制御ミリ波フィルタや移相器、共振器を応用する上で多くの結論を導いている。さらに摂動法的な解析手法を駆使して複雑な開放形シリコンスラブ導波路における漏洩波の放射効率を物理的に見通しのよい形で解明し、ビーム走査形アンテナを実用化するために必要な多くの設計指針を与えている。

以上のように本論文は光制御ミリ波回路系における電磁波の振舞を理論的ならびに実験的に解明し、学術上興味あるいくつかの知見を得るとともに光制御ミリ波回路素子への応用についても詳細な検討

を加え、実用上有用な多くの基礎資料と設計の指針を与えたもので、情報・生産科学の発展に寄与する事が多い。よって本論文は博士（学術）論文として価値あるものと認める。