

氏 名	にしむらかずお 西村和男
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 128 号
学位授与の日付	平成 8 年 11 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	工芸科学研究科 情報・生産科学専攻
学 位 論 文 題 目	半導体プラズマによるマイクロ波・ミリ波回路の光制御
審 査 委 員	(主査) 教 授 堤 誠 教 授 中 山 純 一 教 授 松 浦 基 浩

論 文 内 容 の 要 旨

第 1 章は序論であり、半導体を基板とするマイクロ波・ミリ波回路の光制御の有用性について概説するとともに、本研究に関連する従来の研究の概要ならびに問題点を示し、著者が行った研究の目的と意義を述べて、本論文がこの分野において占める位置を明らかにしている。

第 2 章は、プリントダイポールアンテナの光制御に関する研究をまとめたものである。従来、アンテナの光制御の研究として、ミリ波漏洩波アンテナの光制御そして線状アンテナの光制御が論じられ、利得の制御、ビームの高速制御など興味深い結果が得られている。本研究では、これらの光制御マイクロ波デバイスに関連して、光プラズマが誘起された半導体を基板とするプリントダイポールアンテナの光制御特性を理論的、実験的に明らかにしている。すなわち、本研究は、光を照射して、アンテナの入力インピーダンスおよび放射パターンなどの放射特性を制御しようというものである。まず、解析手法としてスペクトル領域モーメント法を採用し、光プラズマが誘起された半導体を基板とするプリントダイポールアンテナの入力インピーダンス、放射パターンを解析している。数値計算結果により、プラズマ層が損失媒質として動作するプラズマ密度の範囲では、プラズマを誘起することによってアンテナに損失負荷が装荷された状態になるため、入力インピーダンスが小さくなることや放射パターンの振幅のみが減衰することを示している。更に、アルミニウムを真空蒸着することにより高抵抗シリコン基板上にプリントダイポールアンテナを作製し、クセノンアークランプより光を照射してシリコン中に光プラズマを励起し、マイクロ波帯において入力インピーダンス、放射パターンが光により制御されることを確認し、理論値と比較検討している。

第 3 章は、高出力レーザパルスによる電磁波の励振に関する研究をまとめたものである。半導体プラズマを用いたスイッチングは、ピコ秒の光パルスにより、直流電源からテラヘルツまでのミリ波を発生できることから注目されている。本研究では、これに関連して、シリコン基板上に構成され、ギャップを設けたマイクロストリップ線路に折り返しアンテナを構成し、これに直流電源を加え、そのギャップ部分にパルス幅 100 nsec の光パルスを照射すると、直流から 30 MHz 迄の電磁波が放射されることを実験的に示している。

第 4 章は、準光学グレーティング構造におけるミリ波の光制御に関する理論的、実験的な研究をまとめたものである。従来、ミリ波の光制御の研究は導波路を含む回路系においてなされてきたが、導波路におけるミリ波の制御には 1) 損失が大きくなる、2) 物理的な寸法が小さくなる、3) 整合、4) 製造コストが高くなるなどの問題があるため、準光学回路系におけるミリ波の制御の研究が行われている。本研究では、光制御の効率を高めるという目的で、光プラズマが誘起された半導体スラブ上に構成された金属ス

トリップグレーティングによる Q バンドのミリ波の散乱の問題を取り扱っている。まず、スペクトル領域ガラーキン法を採用し、光プラズマが誘起された半導体スラブ上の金属ストリップグレーティングによる平面電磁波の散乱特性を解析している。数値計算により、プラズマ密度が大きくなるにつれ、共振アノマリーが生じる共振周波数は、TM 波が入射する場合には低くなり、TE 波が入射する場合には高くなることを示している。また、プラズマ密度が大きくなるにつれ、共振アノマリーが生じる入射角は、TM 波が入射する場合には小さくなり、TE 波が入射する場合には大きくなることも示している。更に、高抵抗シリコンウェハー上に金属ストリップグレーティングを構成し、クセノンアークランプにより光を照射し、反射特性の周波数依存性、前方散乱パターンを 33 GHz から 50 GHz までのミリ波帯で測定し、グレーティングの効果によって現れるミリ波のノッチ特性や前方散乱パターンが光で制御されることを確認している。

第 5 章は結論であり、本研究で得られた成果の総括ならびに今後の課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は高抵抗半導体シリコンに現れる光プラズマによるマイクロ波・ミリ波回路・デバイスの制御に関する理論的ならびに実験的な成果をまとめたものであり、その内容は大きく分けて 3 つの分野からなる。

1) 1 つは光制御マイクロ波ダイポールアンテナに関するものである。これはシリコンウェハー上に半波長ダイポールアンテナを作製し、これに光を照射して、アンテナの入力インピーダンスおよび放射特性を制御しようとするものである。まずアンテナの諸特性をスペクトル領域モーメント法を駆使した高度な数学的技法により、数値的に評価し、設計に必要な諸パラメータを導出している。次にこの設計値を基礎として実際にアンテナを厚さ 400 μm 、抵抗率 5 $\text{k}\Omega\text{cm}$ のシリコンウェハー上に作製し、これにクセノンアークランプにより光プラズマを励起し、マイクロ波帯において入力インピーダンス、放射特性が光により制御される事を確認している。この様なアンテナはレーダ断面積の光制御という意味できわめて意義深い。

2) 光プラズマによりマイクロ波を発生させる基礎実験に関する研究である。直流電圧を印加したシリコン基板マイクロストリップ線路の空隙に高出力パルス状レーザを照射し、数 10 MHz の電磁波の発生に成功している。

3) 半導体プラズマによるミリ波の光制御に関するもので従来の導波路によって構成された回路系にここでは空間的に配置した準光学回路系を新しく提案し、その中でも光にたいして制御される効率の高い準光学グレーティング回路を提案している。まずスペクトル領域ガラーキン法を駆使し、シリコンウェハー上に装荷されたグレーティングからのミリ波の反射および透過の問題を理論的に明らかにし、アノマリーを含むきわめて興味ある特性が光により制御される事を明らかにしている。続いて径 10 cm のシリコンウェハー上に 19 本のグレーティングをアルミニウムの蒸着により作製し、光制御の実験を行い、理論的な結果を確かめると共に新しい形の光制御ミリ波準光学回路を提案している。

これらの研究はいずれも独創性に富んでおり、学術ならびに工学的にも高く評価されるものと判断する。

また、申請者はレフェリーシステムの確立した学術論文誌に 3 件の論文を公表しており、さらに 10 件の口頭発表論文がある。

結論として申請者の論文は学位申請に値する。また学位の種類は内容が電気通信工学の基礎の分野を取り扱っているので工学とする。一方、論文内容とそれに関連した内容について最終試験を行ない、合格と判定した。