

審査の結果の要旨

氏名 韓 正利

本論文は **A Study on MEMS Reconfigurable Metamaterial for Terahertz Filter Applications** (MEMS 可変メタマテリアルのテラヘルツフィルタ応用に関する研究) と題し、表面マイクロマシニング技術により可変容量を集積化した MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 型の **Split Ring Resonator (SRR)** アレイを製作し、それらを印加電圧の静電駆動力によって制御することで、テラヘルツ光の透過率を制御するメタマテリアルが実現できることを理論的、実験的に示したものであり、研究分野の背景、本論文独自の設計方法、製作方法、特性評価および考察に関して全 6 章の英文で構成されている。

第 1 章は **Introduction** であり、本研究の背景技術について述べている。特に、自然界には周波数数百 GHz から数 THz の範囲のテラヘルツ光に対する有効な屈折材料がないことを指摘し、**SRR** を用いたメタマテリアルによって構造的に薄い可変波長フィルタを設計する技術について述べるとともに、本論文の周波数分離型の **MEMS-SRR** 設計手法の特色と研究の目的、意義、論文構成について説明している。

第 2 章は **MEMS Reconfigurable Metamaterial Design** であり、ユニットセル寸法が $100\ \mu\text{m}$ 程度の **SRR** 構造内部のキャパシタを **MEMS** 型の可変静電容量に置き換えることで、テラヘルツ光の透過率周波数特性を制御する手法を高周波電磁界解析の結果を用いて示すとともに、**MEMS** 駆動のための電気配線がテラヘルツ透過特性に与える影響を排除するための新たな周波数分離型設計手法について説明し、本手法の適用可能周波数範囲と駆動電圧のスケーリングに関する基本設計について述べている。

第 3 章は **Device Fabrication** であり、テラヘルツ領域で透明性の高い石英基板を用いて、その上に薄膜金属の表面マイクロマシニング技術によって **MEMS-**

SRR を集積化する手法を説明している。とくに、可変静電容量の可動電極を製作する手法として、フォトリジストを犠牲層とした歩留まりの良い製作手法を考案し、実際に製作した結果を製作過程の経過観察とともに述べている。

第4章は Device Characteristic であり、第3章で製作した MEMS-SRR の静電駆動特性、機械的動作の周波数特性、過渡応答特性等をレーザードップラー変位計で計測した結果を示すとともに、実際に数百 GHz 領域のテラヘルツ光の透過率を計測して、その特性が可変容量の静電駆動によって制御可能であることを実験的に示している。また、特定の周波数に対して 80%以上のコントラスト比で透過と遮断を制御できることを実験的に示している。

第5章は Discussion であり、製作した MEMS-SRR の諸特性に関する実験結果と理論予測を比較し、考察を述べている。とくに、MEMS-SRR の静電駆動のための配線がテラヘルツ透過特性に及ぼす影響を実験的、理論的に解析し、特性を改善するための手法を提言している。また、アレイ化した MEMS-SRR に故障が発生したときに、波長可変フィルタとして特性が劣化する様子を解析により示し、素子の歩留まりの許容値に関する指針を示している。さらに、MEMS-SRR の製作工程における諸問題を指摘し、それらを解決した手法を考察とともに述べている。

第6章は Conclusions であり、本論文で示した研究成果を総括している。

以上これを要するに、本論文はテラヘルツ領域における透過率を高コントラストで制御する可変波長フィルタの実現方法として、石英基板上に静電駆動 MEMS 型の可変 Split Ring Resonator アレイを構成する方法を、静電駆動の電気配線がテラヘルツ光の透過特性に与える影響を最小にする独自の構造とともに提案し、実際に金属薄膜系の表面マイクロマシニング製作手法を用いて素子を製作してテラヘルツ光の透過率制御を実験的に実証したものであり、電気工学に貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。