

審査の結果の要旨

氏 名 磯 崎 瑛 宏

本論文は「スプリットリング共振器の距離依存性を用いた MEMS 可変メタマテリアル」と題し、5 章から構成される。

テラヘルツ帯の電磁波に対して適切な寸法とピッチでスプリットリング共振器を配置して得られメタマテリアルでは、テラヘルツ帯の電磁波とスプリットリング共振器との相互作用を利用して、電磁波の透過特性を変えることができ、スプリットリングのどうしの相対的な位置関係を可変にすると、透過特性も可変にできることが知られていた。しかし、現実的な可動構造で透過特性を大きく変えるにはスプリットリング間の距離を精度よく十分近づける必要があるという構造上の課題があった。本研究の目的は、可動構造の現実的な制約の中で、サブミクロンから数ミクロンの小さな距離の変化に対して、敏感に透過特性が変化する可変メタマテリアルを実現することである。本論文で提案する構造は、2つのスプリットリングを近接して配置するスプリットリング共振器として知られているものであるが、従来、基板面方向に変位するスプリットリングを使うのに対して、本論文では基板垂直方向の変位のみを許す片持ち梁上のスプリットリングとその片持ち梁に変位を与える空気アクチュエータから成るという特徴を持つ。この構造によって、変位に敏感な透過特性を持つメタマテリアルが実現できるとしている。

第 1 章「序論」では、研究背景、従来研究とその課題、本研究の目的と意義について述べられている。

第 2 章「メタマテリアルの電磁気応答理論」では、提案するスプリットリング共振器に対して有限要素法による電磁界シミュレーションを行い、カップリング現象に関する考察を行っている。その結果、スプリットリング間に発生する電場がカップリングに強い影響を与えていることを示唆する結果を得ている。また、本論文の片持ち梁構造が基板垂直方向に変位する構造をもつ可変メタマテリアルのシミュレーションモデルを構築し、スプリットリング間距離と共振周波数との関係を計算している。

第 3 章「MEMS 構造の機械特性」では、可変メタマテリアルについて、有限要素法を用いて解析を行っている。カンチレバー構造のばね定数と共振周波数を算出し、カンチレバー構造周りの空気の流れに関してレイノルズ数と抗力係数を用いて考察している。これらの考察から、提案する構造を用いて、およそ $6 \mu\text{m}$ まで安定して空気圧による駆動が可能であるとしている。

第 4 章「THz 透過特性計測」では、実際に可変メタマテリアルを作製し、透過特性の評価を行っている。基礎的な検討としてシリコン基板上にパターンされたスプリットリング共振器の評価を行い、リング間の距離が小さくなるほど共振周波数の変化が大きくなることを確認している。次に、製作した可変メタマテリアルの空気圧駆動特性および透過特性を計測し、リング間距離をサブミクロンから数ミクロンの範囲で動かすことにより、共振周波数が変化することを示している。

第 5 章「結論」では、第 4 章において得られた結果に基づいて結論を述べている。

以上要するに、本論文では、スプリットリングを片持ち梁上に配置することによって、スプリットリング間の距離をサブミクロンから数ミクロンの範囲で変えることが可能になり、距離の変化に敏感に、テラヘルツ帯の電磁波の透過特性を変えることができることをシミュレーションおよび実験で示している。このデバイスはテラヘルツ帯に吸収波長がある物質のイメージングなど、分光計測への応用が期待されるものである。この点から本論文は、知能機械情報学の発展に貢献したものであって、本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。