

独創的原理に基づく革新的光科学技術の創成
2021 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

金森 義明

東北大学 大学院工学研究科
教授

時間変調メタマテリアル非線形フォトニクス of 基盤構築

主たる共同研究者:

菊池 伸明 (東北大学 多元物質科学研究所 准教授)

富田 知志 (東北大学 高度教養教育・学生支援機構 准教授)

研究成果の概要

本研究の目標は、微小電気機械システム(MEMS)と高周波磁性体を融合した時間変調メタマテリアルにより、来るべき第6世代(6G)移動体通信システムに必要な新たなテラヘルツ(THz)光源を開発することである。2022年度は、誘電率時間変調メタマテリアルの実現に向けては、500kHz超で電圧駆動するMEMSメタマテリアルの設計と作製・評価を行った。カンチレバーアレイを有するラダー型メタマテリアルを作製し、カンチレバーの動作により60.1%の透過率シフトと0.9ラジアン²の透過位相シフトを実証した。駆動電圧印加用の電極を開発し、TM偏光入射に対して対象とするTHz光領域で透明であることを理論および実験の両面から示した。また、カンチレバーの機械的共振周波数は585kHzであり、500kHz超での動作が可能であることを実証した。透磁率時間変調磁性メタマテリアルの要素技術の検討では、磁性金属膜(ニッケル-鉄合金、コバルト)とスピントルク効果の大きな重金属(白金)を積層した構造を作製してスピントルク強磁性共鳴計測を進めた。スピン流の注入による強磁性共鳴周波数の変化を利用することで、比透磁率の実部が1~20の範囲で変化できることを示した。また、界面の磁性によりスピン流に対する周波数応答を制御できることも見出した。また、GHz帯での透磁率変調計測装置、およびミリ波からテラヘルツ光までカバーするフーリエ分光システムの構築を開始した。これらの実験的研究と並行して有限要素法マルチフィジクスソルバによる電磁界計算を行い、入力波周波数100GHz、変調周波数10GHzの時間変調メタマテリアルの設計を行った。また、実験で作製した試料を模したデバイス構造において、10GHzの入力波が2GHzの変調波により周波数変換が起こることを数値計算から確認した。これらは、誘電率・透磁率の双方を制御する時間変調メタマテリアルの実現へ向けた重要な成果である。

【代表的な原著論文情報】

1) “Co-planar waveguide ferromagnetic resonance spectroscopy of cobalt/platinum superlattice metamaterials”, Satoshi Tomita, Nobuaki Kikuchi, and Satoshi Okamoto
Japanese Journal of Applied Physics vol. 62, SB1010-1~5 (2023), <https://doi.org/10.35848/1347-4065/ac931a>

2) “A reconfigurable ladder-shaped THz metamaterial integrated with a microelectromechanical cantilever array”, Applied Physics Letters, Vol. 122, issue 5, 051705-1~6 (2023);
<https://doi.org/10.1063/5.0124601>

3) 児玉俊之, 黒澤裕之, 大野誠吾, 菊池伸明, 畑山正寿, 岡本 聡, 富田知志, “時間変調メタマテリアルに向けた透磁率変調”, 電気学会マグネティックス研究会資料集, MAG-22-146