

2024 年度年次報告書

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

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の基盤構築

主たる共同研究者:

菊池 伸明 (秋田大学 大学院理工学研究科 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。前年度は、時間変調メタマテリアルの基礎検討として、ON と OFF 状態での応答変化の検証に取り組んだ。

本年度は、各グループで時間変調メタマテリアルによるマイクロ波の周波数変換の実証に取り組んだ。誘電率時間変調メタマテリアルでは、MEMS とスプーフ表面プラズモンポラリトン型のマイクロ波導波路の複合デバイスを 7~8 GHz 帯で設計し、微細加工装置により作製した。デバイスに入力した数 GHz のマイクロ波が数十 MHz で変調され、周波数が上方変換されることを実験的に確認した。さらに最適条件では 6 次の周波数上方変換が得られることが明らかとなった。現在、変調波の周波数を引き上げることに加え、より高次までの周波数変換を得ることを目指して検討を進めている。また、引き続き THz 波のフィルター、偏向制御といった次世代通信に欠かせない周辺技術の開発も行っている。

透磁率時間変調メタマテリアルでは、ニッケルと鉄の合金である軟磁性パーマロイに、周期的なエルステッド磁場を加えることで、実効的な透磁率の大きさを変調した。外部磁場 25 mT の環境下で 4 GHz のマイクロ波を入力し、1.8 GHz の変調波を加えたところ、5.8 GHz に 1 次の上方変換波が得られることを実証した。また通常は上方変換波と下方変換波が同比率で得られるが、同系では磁性体のスピンドYNAMICS に起因して上方変換が優位になる特異な現象も見出した。これは上方変換を利用して高周波光源の実現を目指す我々の用途に有利な特徴である。

本年度の結果から、誘電率と透磁率の変調により周波数変換が得られることが明らかとなった。これは我々の目指す新たな光源の開発に繋がる重要な成果である。今後はこれらの変調を高周波帯で実現することを進める。さらに、個別に進めてきた誘電率と透磁率の変調を同一デバイスで実装することを進める。

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Direct observation of current-induced nonlinear spin torque in Pt-Py bilayers,” Toshiyuki Kodama, Nobuaki Kikuchi, Takahiro Chiba, Satoshi Okamoto, Seigo Ohno, and Satoshi Tomita, *Physical Review B.*, vol. 109, no. 21, Jun. 2024.
<https://journals.aps.org/prb/abstract/10.1103/PhysRevB.109.214419>
- 2) “Feasibility test on the analog configuration of electromechanical dimple-tip cantilever for the application of THz metamaterials,” Ying Huang, Taiyu Okatani, Naoki Inomata, and Yoshiaki Kanamori, *Optical Review* vol. 31, no. 3, pp. 351–358, Jun. 2024.
<https://doi.org/10.1007/s10043-024-00889-1>
- 3) “Pure moving optical media consisting of magnetochiral metasurfaces,” Toshiyuki Kodama, Toshihiro Nakanishi, Kei Sawada, and Satoshi Tomita, *Optical Materials Express*, vol. 14, no. 11, p. 2499, Nov. 2024.
<https://opg.optica.org/ome/fulltext.cfm?uri=ome-14-11-2499&id=561146>