

2023 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 (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。今年度は、各研究グループで時間変調メタマテリアルによる周波数シフト現象の検証を実施した。誘電率時間変調 MEMS メタマテリアルについては、昨年度開発したカンチレバー構造を基に構造設計を見直した。これにより、MEMS の駆動周波数が約 3 倍向上し 1.54 MHz での駆動を実現した。MEMS の駆動周波数のバンド幅は 144 kHz と昨年度よりも広い帯域での変調技術を確立した。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。磁性体時間変調メタマテリアルについて、本年度は、スピホール効果による有効場制御を用いた透磁率変調技術について、マイクロ波帯での周波数変調を目指した。磁性薄膜 (ニッケル-鉄合金)/重金属薄膜 (白金) 積層系について、5.8 GHz のマイクロ波において比透磁率の実部、虚部がそれぞれ -10 から 20、12 から 33 の範囲で変調可能であることを見出した。また、同系における大電流注入時の低磁場での周波数無依存信号や非線型応答など特異な応答を見出しており、新たな透磁率の変調原理の可能性を明らかにした。技術探索としては変調方式について、これまで検討してきたスピン注入方式に加え、磁性体近傍を流れる電流によるエルステッド磁場を制御し透磁率を直接的に変調するエルステッド磁場変調方式について数値的な検討を開始した。もっともシンプルな系において、単位長さ当たり 20% の位相変調が見込まれることが数値計算からわかった。今後、MEMS による誘電率変調と磁性体による透磁率変調を組み合わせることが課題である。

【代表的な原著論文情報】

- 1) "Spin-Current-Driven Permeability Variation for Time-Varying Magnetic Metamaterials," Toshiyuki Kodama, Nobuaki Kikuchi, Satoshi Okamoto, Seigo Ohno, and Satoshi Tomita, Phys. Rev. Applied 19, 044080. <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.19.044080>
- 2) "Micro-fabricated Si subwavelength grating for frequency-domain THz beam steering covering the 0.3–0.5 THz frequency band," Kohei Chiba, Taiyu Okatani, Naoki Inomata, and Yoshiaki Kanamori, Optics Express, vol.31, No.17, (2023) 27147-27160. <https://doi.org/10.1364/OE.492942>
- 3) "Reconfigurable THz metamaterial based on microelectromechanical cantilever switches with a dimpled tip," Ying Huang, Taiyu Okatani, Naoki Inomata, and Yoshiaki Kanamori, Optics Express, vol.31, No.18, (2023) 29744-29754. <https://doi.org/10.1364/OE.497514>
- 4) "Fabrication and characterization of delay lines with spoof surface plasmon polariton waveguide coupled with C-shaped metamaterials for microwave integrated circuits," Minh Van Nguyen, Nobuaki Kikuchi, Toshiyuki Kodama, Taiyu Okatani, Naoki Inomata, Yoshiaki Kanamori, Japanese Journal of Applied Physics Vol. 63, No.3, (2024) 03SP72 <https://doi.org/10.35848/1347-4065/ad2917>
- 5) 「時間変調磁性メタマテリアルに向けたスピン流誘起透磁率変調の評価」 児玉俊之, 菊池伸明, 岡本聡, 大野誠吾, 富田知志, 日本磁気学会論文特集号, 8 巻 1 号, 23TR0023zCR2