

独創的原理に基づく革新的光科学技術の創成
2019 年度採択研究代表者

| |
|------------------|
| 2021 年度 年次報告書 |
|------------------|

田中拓男

理化学研究所 光量子工学研究センター
チームリーダー

メタマテリアル吸収体を用いた背景光フリー超高感度赤外分光デバイス

§ 1. 研究成果の概要

2021年度は、垂直配向3次元 MIM (v-MIM)メタマテリアル吸収体の加工手法の最適化を行うとともに実際に試作した v-MIM メタマテリアル吸収体を簡易ガスセル内にセットし、そこに試料ガスを導入してその分光特性を評価した。また、新型コロナウイルス感染症対策テーマとして、メタマテリアル吸収体を利用した発色構造によるウイルス検出デバイスの設計と試作を行った。

2021年度に新たに導入した ICP 反応性イオンエッチング装置の立ち上げとエッチング特性の評価を行った。そしてこの装置と高速電子ビーム描画装置とを用いて v-MIM メタマテリアル吸収体の加工プロセスの最適化を行った。2020年度までは電子ビーム描画法で作製した電子ビームレジストパターンの側壁をそのまま用いて、そこに金属薄膜を蒸着後、薄膜の一部をエッチング処理することで v-MIM メタマテリアル吸収体構造を加工していた。しかしこの手法では、レジストパターンの側壁部がテーパ状に傾くと得られる v-MIM 構造も斜めに傾いたり、不要となるレジストパターン上部の金属薄膜が再現性良く除去できないといった課題があった。そこで、新しい手法では、レジストパターンをそのまま利用するのではなく、それをテンプレートとしてシリコン基板をエッチングし、シリコン表面の凹凸パターンの側壁を利用してv-MIM メタマテリアル吸収体を作製するようにプロセスを改良した。この手法では、新しく導入した反応性イオンエッチング装置を利用することで、高い再現性でシリコン基板表面に垂直な側壁を持つパターンを形成することが可能となった。

メタマテリアル吸収体の発色特性を利用したウイルス検出デバイスについては、電磁界誌ミュレーションを用いて分子の吸着前後で大きく色が変わる構造を洗い出した。そして設計した構造を実際に試作し、その発色スペクトルを評価した。

§ 2. 研究実施体制

(1) 田中グループ

- ① 研究代表者: 田中 拓男 (理化学研究所 光量子工学研究センター チームリーダー)
- ② 研究項目
 - ・電磁界計算を用いたメタマテリアル吸収体の構造設計
 - ・垂直配向3次元 MIM (v-MIM)メタマテリアル吸収体の加工プロセスの改良
 - ・FTIR を用いた v-MIM メタマテリアル吸収体の特性評価
 - ・新型コロナウイルス検出のための発色デバイス構造の最適化とデバイスの試作(コロナ追加支援での実施内容・成果)

【代表的な原著論文情報】

- 1) “Varifocal Metalens for Optical Sectioning Fluorescence Microscopy,” Nano Lett. **21**, 12, pp. 5133-5142, 2021.
- 2) “Three-dimensional nanoprinting via charged aerosol jets,” nature **592**, pp. 54-59, 2021.
- 3) “Molecular Monolayer Sensing Using Surface Plasmon Resonance and Angular Goos-Hänchen Shift,” Sensors **21**, 13, 4593, 2021.
- 4) “Metamaterial perfect absorber simulations for intensifying thermal gradient across a thermoelectric device,” Opt. Express **29**, 11, pp. 16396-164065, 2021.