

課題番号 : F-16-UT-0118
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : 電子ビーム微細加工による TDS-THz バイオセンシング用メタマテリアル作製
Program Title (English) : Fabrication of metamaterials for TDS-THz bio-sensing by EB lithography
利用者名(日本語) : 遠藤寿晃, 植松成将, 山原弘靖, 田畑 仁
Username (English) : H. Endo, N. Uematsu, H. Yamahara, H. Tabata
所属名(日本語) : 東京大学大学院工学系研究科
Affiliation (English) : School of Engineering, The University of Tokyo

1. 概要(Summary)

テラヘルツ波帯域には水素結合振動やタンパク質の高次構造形成のための分子間振動のエネルギーなどが存在し、バイオ分野での分光・イメージングが期待されている。従来の時間領域分光法では透過測定が用いられるが、水の吸収が大きいため、厚さ 100 μm 以下の薄いサンプルを用意しなければならない。そこで、検出感度の改善を目指してメタマテリアル(スピリットリング共振器: SRR)をナノテクノロジープラットフォーム施設を利用して作製し、特異スペクトルを生じるフィルタとして用いて水溶液の反射測定を行った。本研究では FDTD シミュレーションを用いてメタマテリアルを設計し、糖や高分子の測定を行った。測定試料の屈折率変化による共振周波数の変化や反射率の変化から水和について評価した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

高速大面積電子線描画装置 ADVANTEST F7000S-VD01、形状・膜厚・電気評価装置群: DektakXT-S、高密度汎用スパッタリング装置

【実験方法】

サファイア基板(厚み 500 μm)の上に 10 nm の厚みのチタン、50 nm の金の薄膜を堆積させた。薄膜形成条件は電子ビーム露光によってパターンリングを行い、マグネトロンスパッタとリフトオフで作製し、基板の上に SRR の金が付いている構造となっている。実際に作製したメタマテリアルを Fig. 1 に示す。THz 分光測定は Advantest 製 TAS7400TS を使用して、反射測定を行った。この装置の測定範囲は 0.2~1.5 THz の周波数帯域である。SRR の設計は FDTD シミュレーションを用いて、この範囲にディップが生じるように、微細構造の線幅や間隔等を設計した。実際に作製したメタマテリアルの分光測定の結果が FDTD シミュレ

ーションの結果とほぼ同じ周波数にディップを確認し、SRR 構造の共振によるものとした。

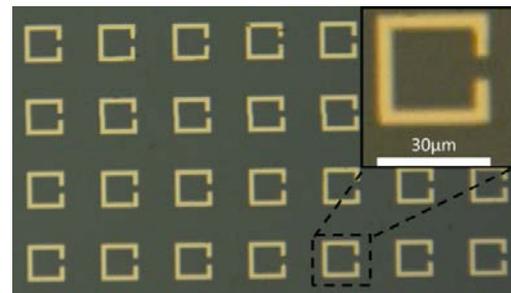


Fig. 1 Split Ring Resonator for TDS-THz

3. 結果と考察(Results and Discussion)

メタマテリアルを用いた水溶液計測として、糖尿病などの疾病の指標となるグルコースを対象とした。従来の診断方法として、採血による濃度分析があるが、痛みや皮膚への損傷から患者に負担がある。テラヘルツ波を用いた反射測定によって体外から非侵襲な診断が期待される。テラヘルツ波時間領域分光による反射測定を行い、メタマテリアル上に 100 μl のグルコース水溶液を滴下し測定を行った。グルコース水溶液の濃度が 0 wt%、1 wt%、5 wt%、10 wt%、20 wt%と濃くなるに伴い、低周波数側へディップが 0.41-0.36 THz へとシフトしていることが分かる。また反射率も濃度が濃くなるにつれて、反射率が低くなっていることが観察された。

4. その他・特記事項(Others)

なし

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) 「テラヘルツ波時間領域分光法におけるメタマテリアルを用いたビタミン水溶液の測定」, 応用物理学会 2016 年秋季大会@新潟, 平成 26 年 9 月日.

6. 関連特許(Patent)

なし