

テラヘルツ波集光メタマテリアルによる微量液体の評価

Evaluation of Trace Amounts of Liquid using Concentrate-Terahertz Metamaterial

○松田 栄輝¹、芹田 和則¹、岡田 航介¹、村上 博成¹、川山 巖¹、斗内 政吉¹ (1.大阪大)

○Eiki Matsuda¹, Kazunori Serita¹, Kosuke Okada¹, Hironaru Murakami¹, Iwao Kawayama¹, Masayoshi Tonouchi¹

(1.Osaka Univ.)

E-mail: matsuda-e@ile.osaka-u.ac.jp

1.研究概要

近年、テラヘルツ領域における物性評価に関する研究が、バイオからセキュリティまで幅広い分野で行われている[1]。そのような中、特に高速・高分解能のテラヘルツ時間領域分光(THz-TDS)およびイメージングを可能にするため、我々はレーザー走査型テラヘルツ近接場分光イメージングシステムの開発を行ってきた。この測定システムの特長はサンプルに、回折前の、しかも波長以下の領域で高密度に発生したテラヘルツ波を照射することにより、波長以下の高分解能イメージ観察および、高密度テラヘルツ波と試料との相互作用を観察できる点にある[2]。このような性質を使って、これまでに、微量液体分析に本システムが有効利用できることを示してきた[3]。本研究では、新たにメタマテリアル構造を導入することで、システムの『集光性』とメタマテリアルの『共振』の両面から測定感度の向上を試み、微量な液体試料の高感度計測および評価が行えないかの検討を行った。

2.メタマテリアルの検討

本システムでは、テラヘルツ波の発生に GaAs(110)基板による光整流を利用している。1.56μmフェムト秒パルスレーザーをこの基板に集光することでテラヘルツ波パルスを発生させるため、発生直後の回折前のテラヘルツ波は高密度にこのレーザーの集光スポットサイズである約20μm程度に集光されている。よって、GaAs(110)基板上に直接金スパッタによりメタマテリアル構造を作製することでこのような高密度テラヘルツ波フォトンと試料との相互作用を、メタマテリアルの効果を介して計測できる可能性がある。このことは、従来のようにメタマテリアル構造全体に光を照射して全体の応答を観測するのとは異なり[4]、一つのメタアトムに集光した際のテラヘルツ波の応答を見れる点でも大変興味深い結果を与えるものと思う。そこで本研究では、メタマテリアルの個数や周期を変化させた基板を複数作製し、測定を行った。その結果、個数を増加、周期を減少させることで顕著な共振が現れることが判明し、『集光性』と『共振』の両者の効果を確認できた。

3.液体の計測・評価

図1が作製した液体測定用のメタマテリアルである。メタマテリアル内に幅 20μmの流路を通し流路位置にレーザー光を集光することにより、メタマテリアルの励起と液体試料へのテラヘルツ波の直接照射を併せて行うことが可能となっている。図2に水および水:エタノール=1:1の混合試料の透過率測定結果とFDTDによるメタマテリアル応答のシミュレーション結果を示す。およそシミュレーションで期待したメタマテリアルのLC共振が得られており、また、0.2THz付近に存在するLC共振において、水および水とエタノールの混合試料を微小な周波数シフトにて識別できていることが分かる。これはメタマテリアルのキャパシタンスに大きく寄与しているギャップ部分の誘電率が液体によって変化したためだと考えられる。今後はより微小な濃度変化の水系試料の測定を行い、周波数シフトについても等価回路などの理論的アプローチを図っていく予定である。

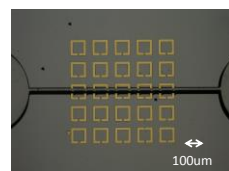


図1: 液体測定用メタマテリアル

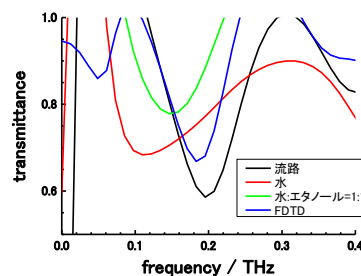


図2: メタマテリアルの透過率

4.謝辞

JSPS 科研費 15K18053 の助成を受けた研究です。

5.参考文献

- [1] M. Tonouchi, Nat. Photonics 1, 97-105 (2007).
- [2] K. Serita et al, Opt. Express 20, 12959-12965 (2012).
- [3] 松田栄輝他, 20p-C6-, 第75回応物秋季学術講演会.
- [4] H. Chen et al, Nature 444, 597-600 (2006).