

I-design 型メタマテリアルを用いた高感度 THz マイクロ流路チップの開発と微量分析

Development of highly-sensitive THz microfluidic chip with I-design metamaterials
for the ultra-trace sensing of solutions阪大レーザー研¹、[○](M2)小島 敏嗣¹, 村上 博成¹, 斗内 政吉¹, 芹田 和則¹ILE, Osaka Univ.¹, [○]Kobatake Satoshi¹, Hironaru Murakami¹, Masayoshi Tonouchi¹, Kazunori Serita¹

E-mail: kobatake-s@ile.osaka-u.ac.jp

テラヘルツ(THz, 周波数:0.1~10THz)波を用いたセンシングでは、生体高分子の機能性に関わる重要な情報を取得することができることから、特に医療・バイオ分野への応用が期待されている[1]。このとき重要となるのが、微量な溶液試料中の生体物質を高感度で検出するセンサーの開発であるが、THz 波の回折限界(1THz $\approx$ 300 μ m)と極性溶媒に対する強い吸収の影響からコンパクトなチップ開発が遅れているのが現状である。この問題解決に向けて、我々は、非線形光学結晶へのフェムト秒パルスレーザー照射による光整流効果でレーザースポット径程度の領域で局在生成される高密度 THz 点光源とサンプルとを近接相互作用させることで、微量・高感度で THz 測定が可能なチップの開発を行ってきた[2]。高感度化に向け、これまでにスプリットリング共振器 (SRR) を基本素子とするメタマテリアルを導入し、最大でピコリットルーフェムトモルオーダーでのセンシングが行えることを実証してきた[3]。一方、チップの感度向上は局所 THz 場とサンプルとをいかに効率的に相互作用できるかが鍵となる。本研究では、これまでの SRR 型よりも効率的に局所 THz 電場の閉じ込めが可能な I-design 型メタマテリアル[4]を導入し、高感度 THz チップとしての性能評価を行った。

図 1 に、I-design 型メタマテリアルを用いた THz マイクロ流路チップを示す。1 $\times$ 5 アレイの I-design 型メタマテリアルを、単一マイクロ流路に対して平行になるように配列し、マイクロ流路下部で局所 THz 点光源を生成させる。この時、図のギャップ領域において局所 THz 電場の閉じ込めが起こることが分かっている。図 2 は、流路に蒸留水をフローさせたときとカラの状態のときの THz 透過スペクトルを示す。流路内が蒸留水で置換されることで、チップの共振周波数が約 0.55THz から約 0.45THz にシフトしていることが分かる。これは、従来の Fano 共鳴型メタマテリアル[3]を利用した時と比較して 5 分の 1 のアレイ数ながら 2 倍以上の感度向上が達成できていることが分かった。よって I-design 型を用いることで効率的に局所 THz 場と溶液との相互作用を利用することが可能であり、コンパクトで高感度なチップを設計できることを示唆した。

本研究は JSPS 科研費 JP 20H00247、JP 21H01392 の助成を受けたものです。

- [1] M. Tonouchi, *Nat. Photonics* **1**, 97 (2007).
- [2] K. Serita et al., *APL Photonics* **3**, 051603 (2018).
- [3] K. Serita et al., *Photonics* **6**, 12 (2019).
- [4] M. Gupta et al., *Adv. Optical Mater.* **8**, 1902025 (2020).

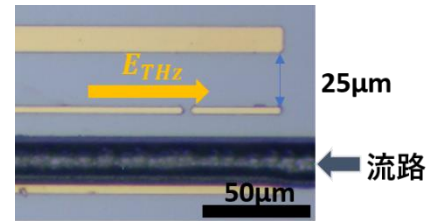


図 1: I-design 型メタマテリアルを用いた THz マイクロ流路チップの表面光学写真構造

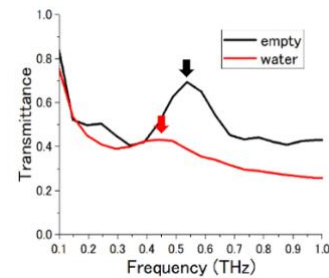


図 2: 蒸留水をフローさせた時の THz 透過率スペクトル