

レーザー加工による THz 波位相制御及び反射防止デバイスの開発

Development of THz wave phase control and anti-reflection devices by laser processing

名古屋工業大学¹, 大阪大学レーザー科学研究所²

○(M2)三浦 悠杜¹, Verdad C. Agulto², 馮 時雨², 加藤 康作², 中嶋 誠², 小野 晋吾¹

Nagoya Institute of Technology,¹ Institute of Laser Engineering, Osaka University.²

○Haruto Miura¹, Verdad C. Agulto², Shiyu Feng², Kosaku Kato², Makoto Nakajima², Shingo Ono¹

E-mail: h.miura.473@stn.nitech.ac.jp

1. はじめに

テラヘルツ (THz) 波工学は、近年の光、ナノ技術の発展によって技術革新がもたらされ、注目を集めている。しかし、THz 技術の実用化のためには未だ課題が残されている。THz 波発生・検出素子、レンズなどの光学材料には酸化亜鉛 (ZnO) やシリコン (Si) などの高屈折率半導体が用いられる。そのため、これらの高屈折率材料界面での THz 波の大きな反射損失が問題となっている。そこで、反射率損失低減のため、反射防止構造が望まれる。そこで我々は超短パルスレーザー加工により ZnO 基板表面に反射防止構造であるモスアイ構造の作製を行った。さらに、この微細構造を用いて光学異方性材料を設計し、偏光制御を行ったので、これらについて報告する。

2. 実験内容と結果

フェムト秒レーザー加工により ZnO 基板上に 2 方向溝の Sample1 と 1 方向溝の Sample2 の 2 種類のモスアイ構造を作製した。作製したサンプルはテラヘルツ時間領域分光法 (THz-TDS) を用いて、透過強度の評価を行った。しかし、レーザー加工によって形成された表面欠陥によるテラヘルツ波の吸収が起き、透過強度が減少した [1]。そのため、大気中アニールにより、励起子、亜鉛格子間原子の欠陥を減少させることで透過強度の向上に成功した。作製したサンプルと透過強度の結果を Fig.1 に示す。

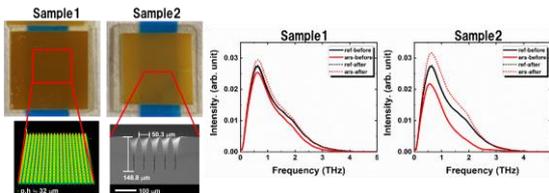


Fig.1 Measured images of Sample 1 and Sample 2 and their transmission intensities before and after annealing.

またモスアイ構造の利点として、他の反射防止構造と比較して広い入射許容角が挙げられる。そこで未加工の ZnO 基板と Sample2 の

入射許容角の比較を行った。それぞれのサンプルの垂直入射の透過率に対して減少量が 20% 以下となる角度を入射許容角とする。その結果、未加工の ZnO 基板では 30° であったのに対し、Sample2 では 40° となり、モスアイ構造が広い入射許容角を示すことが確認できた。

続いて Sample2 を光学異方性材料として用いた THz 波の偏光制御を行った。1 方向溝の Sample2 では入射する偏光方向によって、THz 波に対する実効的な屈折率が異なる。そのためサンプル透過後の THz 波の位相制御が可能である。Fig.2 は、Sample2 透過後の THz 波の水平及び垂直方向の電場の時間波形を示す。溝に対して垂直な直線偏光の $\phi=0^\circ$ では偏光特性に変化はないが、溝に対して 45° の直線偏光の $\phi=45^\circ$ では位相差が生じ、円偏光へと偏光回転が生じている。このように、周期溝構造を用いた屈折率制御により、反射防止性能に加え、THz 波の位相制御を行うことに成功した。

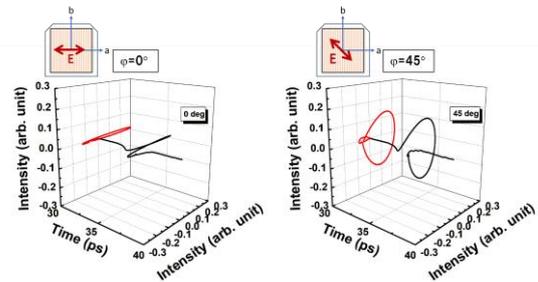


Fig.2 Three-dimensional transmission intensity at $\phi=0^\circ$ and $\phi=45^\circ$.

3. まとめ

本研究は、レーザー加工による波長以下の高精度微細溝構造による実効屈折率制御を行い、表面における屈折率分布によって THz 帯域における高い反射防止特性と入射許容角を実現した。さらに、偏光方向に対して屈折率の異方性を持たせることで THz 波の位相制御が可能であることを示した。

[1] Micromachines 2021,12,596.