

課題番号 : F-17-IT-0022  
利用形態 : 技術代行  
利用課題名(日本語) : 高屈折率低反射メタマテリアルを活用したアンテナの作製  
Program Title (English) : Fabrication of an antenna with High Refractive Indices and Low Reflection  
利用者名(日本語) : 鈴木健仁<sup>1</sup> 金在瑛<sup>2</sup>  
Username (English) : T. Suzuki<sup>1</sup> and J. Kim<sup>2</sup>  
所属名(日本語) : <sup>1</sup>東京農工大学大学院 工学研究院 先端電気電子部門  
<sup>2</sup>ローム株式会社  
Affiliation (English) : <sup>1</sup>Division of Advanced Electrical and Electronics Engineering, Institute of Engineering,  
Tokyo University of Agriculture and Technology  
<sup>2</sup> ROHM Co., Ltd.  
キーワード/Keyword : メタマテリアル、アンテナ作製、リソグラフィ・露光・描画装置

## 1. 概要 (Summary)

現在、高速無線通信[1]やイメージング[2]などのテラヘルツ波技術の実用化のため、光源や検出器の研究が活発に進んでいる。光源の研究では、連続発振(CW)テラヘルツ波光源の共鳴トンネルダイオード(RTD)[3]により、室温での 1.92 THz の発振が報告されている。検出器の研究では、製品化されたテラヘルツカメラ[4]が報告されている。一方で、テラヘルツ波の発振器と検出器のつなぎ手となる光学素子はまだまだ成熟の域に達していない。テラヘルツ波技術の実用化の際、光学素子を光源や検出器と融合することを考えると、薄型と高性能を両立した光学素子が必要となる。

メタマテリアルは、比誘電率と比透磁率を同時に制御し、自然界由来の材料にはない任意の屈折率や反射率を設計でき、薄型かつ高性能なテラヘルツ波帯光学素子の実現できる。ペアカット金属ワイヤー構造の高屈折率かつ低反射なメタマテリアル[5,6]を活用したテラヘルツ波帯平面アンテナ[6-8]は、CW テラヘルツ波光源の放射波を、指向性利得の高い平面波に変換できる。誘電体基板の表裏に対称にカット金属ワイヤーを配置した構造で、有限要素法電磁界シミュレータにより、0.3 THz で指向性利得 23.4 dB、開口効率 67.4%を確認している。アンテナの設計には、最大の屈折率 17.4 から最小の屈折率 2.8 の範囲のメタマテリアルを用い、アンテナの中央から周辺に向かって屈折率を同心円状に配置している。従来のシリコンレンズなどの光学素子と比較して薄型であり、光源や検出器への導入が期待できる。

本報告では、高屈折率低反射メタマテリアルを活用

した 0.3 THz 帯平面アンテナの作製に向け、微細な間隔で金属パターンを精密に描く方法を検討するため、予備実験を行った。高屈折率低反射メタマテリアルを活用した 0.3 THz 帯平面アンテナの作製のためには、誘電体基板の表裏に 10  $\mu\text{m}$  程度の微細な間隔で金属パターンを精密に描く必要がある。

## 2. 実験 (Experimental)

### 【利用した主な装置】

電子ビーム露光装置(スピスコータ・現像装置・ホットプレート・オーブン・ドラフトチャンバ等を含む)

### 【実験方法】

Si 基板にシクロオレフィンポリマーフィルムを固定した。皺は多くなってしまふ。PMMA を塗布し、EB 露光した。図 1 の通り、露光できていることを確認した。フィルムを貼り付けている基板表面が見えているので、パターンが見えにくい。



Fig. 1(a) Cycloolefin polymer film

Fig. 1(b) An optical microscope photograph of PMMA resist patterns on a cycloolefin polymer film.

### 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

片面の露光(パターンニング)は可能と思われるが、裏面(両面)への露光には、貼り付けプロセスの不安定性と基板の歪(変形)が問題になると考えている。フラットに貼り付けはできても、全面が一様にフラットではなく、アライメントマーク等の歪・位置ずれが予測される。しわ状態で貼りついた場合は、シクロオレフィン基板そのもの(表面パターン)にもダメージが残る。

#### ・今後の課題

メタマテリアルアンテナのための SOG を用いた低  $\tan \delta$  材料の貼付を行う。

### 4. その他・特記事項 (Others)

- [1] T. Nagatsuma, S. Horiguchi, Y. Minamikata, Y. Yoshimizu, S. Hisatake, S. Kuwano, N. Yoshimoto, J. Terada, and H. Takahashi, *Opt. Express* **21**, 23736 (2013).
- [2] T. Miyamoto, A. Yamaguchi, and T. Mukai, *Jpn. J. Appl. Phys.* **55**, 032201 (2016).
- [3] T. Maekawa, H. Kanaya, S. Suzuki, and M. Asada, *Appl. Phys. Express* **9**, 024101 (2016).
- [4] N. Oda, S. Kurashina, M. Miyoshi, K. Doi, T. Ishi, T. Sudou, T. Morimoto, H. Goto, and T. Sasaki, *J. Infrared Millim. Te.* **36**, 947 (2015).
- [5] K. Ishihara and T. Suzuki, *J. Infrared Millim. Te.* **38**, 1130 (2017).
- [6] 鈴木 健仁, *応用物理* **86**, 897 (2017)
- [7] 鈴木 健仁, 大内 隆嗣, 石原 功基, 佐藤 竜也, 富樫 隆久, 古謝 望, *レーザー研究* **44**, 116 (2016).
- [8] 大内 隆嗣, 石原 功基, 佐藤 竜也, 富樫 隆久, 鈴木 健仁, *電子情報通信学会論文誌 B* **J100-B**, 235 (2017).

### 5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし

### 6. 関連特許 (Patent)

特開 2017-034584