

課題番号 : F-17-IT-0025  
利用形態 : 共同研究  
利用課題名(日本語) : シクロオレフィンポリマー基板両面への電子ビーム露光によるメタマテリアルアンテナの作製  
Program Title (English) : Fabrication of Metamaterial Antenna by Electron Beam Exposure on Front and Back Sides of Cyclo-Olefin Polymer  
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>ローム株式会社基礎研究開発部  
Affiliation (English) : <sup>1</sup>Division of Advanced Electrical and Electronics Engineering, Institute of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology  
<sup>2</sup>Fundamental Research and Development Division 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)

近年、高速な無線通信[1]やイメージング[2]など、テラヘルツ波技術の産業応用化に向けた研究が急速に進んでいる。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)の発振周波数は 1.86 THz[3]、1.92 THz[4]が報告されるなど、光源の研究にも非常に勢いがある。一方で、テラヘルツ波帯の光学素子は未だ成熟していない。テラヘルツ波技術の実用化を考えると、光学素子の薄型化かつ高性能化が必要不可欠である。

メタマテリアルは比誘電率と比透磁率を制御することで高屈折率かつ低反射な特性を設計でき、薄型かつ高性能なテラヘルツ波帯光学素子を実現できる。高屈折率低反射メタマテリアル[5,6]を活用して設計した両面構造ペアカットワイヤーアレーアンテナ[6-8]は、ペアカット金属ワイヤー構造を用いた薄型な構造で CW テラヘルツ波光源から放射される電磁波を指向性利得の高い平面波に変換できる。カット金属ワイヤーを誘電体基板の表裏に配置した構造である。アンテナ中央に高屈折率を配置し、アンテナ周辺に向かって屈折率が減少するようにメタマテリアルを同心円状に配置して設計する。アンテナ中央には最大の屈折率 17.4 を配置した。有限要素法電磁界シミュレータの解析により、0.3 THz でアンテナの指向性利得 23.4 dB、開口効率 67.4%を確認している。高屈折率低反射メタマテリアルを活用した両面構造ペアカットワイヤーアレーアンテナの厚さは 24  $\mu\text{m}$  と薄型であり、RTD な

どの CW テラヘルツ波光源との融合が期待できる。

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 帯両面構造ペアカットワイヤーアレーアンテナの作製を目指し、シクロオレフィンポリマーフィルムの両面への EB 露光を行った。アンテナの作製には、シクロオレフィンポリマーフィルムの表裏に対称に 10  $\mu\text{m}$  程度の微細な間隔で金属パターンを描く必要がある。

## 2. 実験 (Experimental)

### 【利用した主な装置】

電子ビーム露光装置 (スピンコート・ホットプレート・オーブン等を含む)、電子ビーム露光データ加工ソフトウェア

### 【実験方法】

ポリエチレン枠に両面テープでシクロオレフィンポリマーフィルムを固定した。900 nm 厚の PMMA をシクロオレフィンポリマーフィルムに塗布し、両面への EB 露光を行った。50  $\mu\text{m}$  厚のシクロオレ



Fig. 1 Patterning result of EB exposure (500  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ ) #1

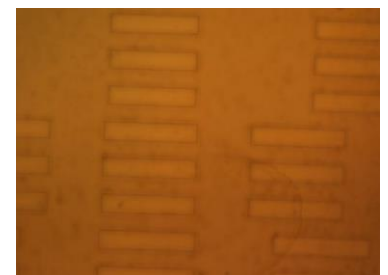


Fig. 2 Patterning result of EB exposure (500  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ ) #2

フィンポリマーフィルムへの露光(露光量  $900 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ )ではフィルムにダメージがある。露光量  $500 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ では Fig. 1、2 の通り、実験毎に結果が大きく異なり、再現性の問題が残る。23  $\mu\text{m}$  厚のシクロオレフィンポリマーフィルムへの露光(露光量  $500 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ )では両面露光できているが、パターンにフィールド繋ぎが見える。また、フィルム表面に異物が見える。

### 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

シクロオレフィンポリマーフィルム両面への EB 露光を行った。露光結果は全体としてオーバドーズ気味である。フィルムの固定が悪いためか、フィールド繋ぎが見える。50  $\mu\text{m}$  厚のシクロオレフィンポリマーフィルムへの露光(露光量  $500 \mu\text{C}/\text{cm}^2$ )では再現性に問題がある。

#### ・今後の課題

新しい固定治具を用いてシクロオレフィンポリマーフィルムの固定具合を確認しつつ、低ドーズでの露光を行う。

### 4. その他・特記事項 (Others)

河田 眞太郎

東京工業大学 量子ナノエレクトロニクス研究センター

### 参考文献

- [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] H. Kanaya, T. Maekawa, S. Suzuki, and M. Asada, *Jpn. J. Appl. Phys.* **54**, 094103 (2015).
- [4] T. Maekawa, H. Kanaya, S. Suzuki, and M. Asada, *Appl. Phys. Express* **9**, 024101 (2016).
- [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).

[9]

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

### 6. 関連特許 (Patent)

特開 2017-034584