

# 0.3THz 帯両面構造ペアカットワイヤーアレーアンテナの短焦点化の検討 Double-Side Paired Cut Wire Array Antenna in the 0.3-THz Band with Short Focal Length

○関谷 允志<sup>1</sup> 鈴木 健仁<sup>2\*</sup>

○Masashi Sekiya<sup>1</sup> Takehito Suzuki<sup>2\*</sup>

茨城大学大学院 理工学研究科 電気電子工学専攻<sup>1</sup>

東京農工大学 工学研究院 先端電気電子部門<sup>2</sup>

Major in Electrical and Electronic Engineering, Ibaraki University<sup>1</sup>

Division of Advanced Electrical and Electronics Engineering,

Institute of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology<sup>2</sup>

\*E-mail: [takehito@go.tuat.ac.jp](mailto:takehito@go.tuat.ac.jp), <http://web.tuat.ac.jp/~suzuki-lab/index.html>

## 1. まえがき

ここ最近、テラヘルツ波技術の実用化に向けた活発な研究開発が報告されている。0.3 THz 帯を始めとしてテラヘルツ波帯での高速無線通信[1]やイメージング[2]などの魅力的な産業応用が展開され始めている。しかしながら、テラヘルツ波帯では光源から放射された電磁波を制御するための光学素子が、マイクロ波帯やミリ波帯と比較するとまだまだ成熟の域に達していない。テラヘルツ波産業を盛り上げるためにも、高機能なテラヘルツコンポーネントが強く望まれている。

メタ材料は、自然界の材料では実現できない高屈折率かつ無反射な光学特性を実現できる[3-6]。本報告では、高屈折率低反射なメタ材料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[3,4,6]の短焦点化を検討した。有限要素法電磁界シミュレータ ANSYS 社 HFSS により、0.3 THz で焦点距離 1.00 mm、指向性利得 13.5 dB、開口効率 72.0% を設計している。高屈折率低反射なメタ材料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は、連続発振 (CW) テラヘルツ波光源の性能を大幅に引き出すことができ、テラヘルツ波技術の実用化に大きく貢献できる。

## 2. 両面構造ペアカットワイヤーアレーアンテナの構造

図 1 に両面構造ペアカットワイヤーアレーアンテナを示す。誘電体基板の表と裏に対称にカット金属ワイヤーを配置している。カット金属ワイヤーの長さ $l$ とギャップ長 $g$ を変化させることで、誘電性と磁性の共振を制御し、高屈折率低反射メタ材料を設計できる。アンテナ中央の屈折率を  $m_1$ 、アンテナ中央から  $r$  離れた位置の屈折率を  $n_i(r)$ 、アンテナの厚さを  $d + 2t$ 、焦点距離を  $f$  とすると、アンテナに分布させる屈折率の配置は、

$$n_i(r) = n_1 - \frac{1}{d + 2t} (\sqrt{r^2 + f^2} - f) \quad (1)$$

と表せる。式(1)よりメタ材料を同心円状に配置している。アンテナの開口面積は、全てのカットワイヤーをおさめるアンテナ中央からの半径  $r$  より求める。焦点距離が 1.00 mm のアンテナの開口面積は 2.45 mm<sup>2</sup> である。

## 3. 全構造解析結果

アンテナを有限要素法電磁界シミュレータ ANSYS 社 HFSS Ver.2017 で全構造解析した。設計周波数は 0.3 THz である。カット金属ワイヤーには導電率  $\sigma = 5.8 \times 10^7$  S/m の銅を、誘電体基板には 0.5 THz で屈折率  $n_{\text{COP}} = 1.53 + j0.0012$  のシクロレフィンポリマーを用いた。光源はカット金属ワイヤーの長辺方向に電界成分を有する微小磁気ダイポールを用いた。図 2 に 0.3 THz での両面構造ペアカットワイヤーアレーアンテナの指向性利得を示す。焦点距離が 0.5 mm、1.00 mm、2.00 mm、10.0 mm のアンテナの指向性利得はそれぞれ 12.2 dB、13.5 dB、16.4 dB、23.4 dB である。図 3(a)、(b) に焦点距離 1.00 mm の両面構造ペアカットワイヤーアレーアンテナを配置した場合とアンテナなしの場合の E 面の電界の位相分布を示す。アンテナにより、放射波を平面波へ変換できる。図 4 に焦点距離 1.00 mm の両面構造ペアカットワイヤーアレーアンテナの指向性利得の周波数特性を示す。0.3 THz での開口効率は 72.0% である。

## 4. まとめ

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短焦点化を検討した。0.3 THz で焦点距離 1.00 mm、指向性利

得 13.5 dB、開口効率 72.0% を設計した。両面構造ペアカットワイヤーアレーアンテナは様々な CW テラヘルツ波光源の魅力が大きく引き出せる。

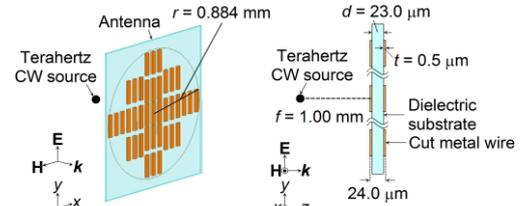


Fig. 1 Double-side paired cut wire array antenna.

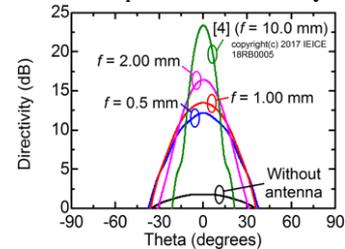


Fig. 2 Directivity of double-side paired cut wire array antenna.

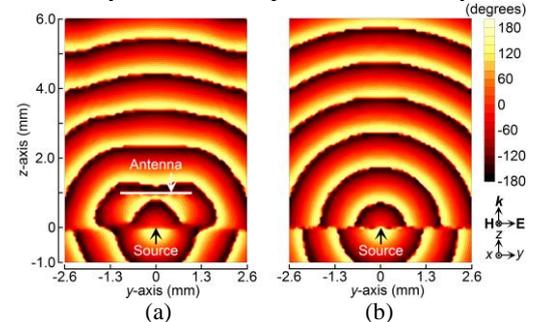


Fig. 3 Phase distribution of an electric field in the E-plane (a) with the antenna and (b) without the antenna.

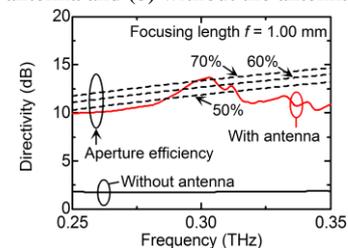


Fig. 4 Frequency characteristics of the directivity.

謝辞 本研究の一部は、文部科学省科研費若手研究(A)(26706017)、テレコム先端技術研究支援センター、公益社団法人新化学技術推進協会、公益財団法人東電記念財団、東京農工大学学長裁量経費(次世代研究支援)の助成を受けたものである。また、電磁界シミュレータ ANSYS 社 HFSS に関して、アンシス・ジャパン株式会社小寺貴士様にご協力と数多くのご助言をいただきました。深く感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] T. Nagatsuma et al., Nat. Photonics **10**, 371 (2016).
- [2] T. Miyamoto et al., Jpn. J. Appl. Phys. **55**, 032201 (2016).
- [3] 鈴木 他, レーザー研究 **44**, 116 (2016).
- [4] 大内 他, 電子情報通信学会論文誌 B **J100-B**, 235 (2017).
- [5] K. Ishihara and T. Suzuki, J. Infrared Millim. Te. **38**, 1130 (2017).
- [6] 鈴木, 応用物理 **86**, 897 (2017).