

分布実効屈折率 $0 < n < 1$ をホールアレーにより制御した金属スリットレンズアンテナの設計と実験

Design and Measurement of Metal-Slit Lens Antenna with Gradient Index of $0 < n < 1$ Controlled by Metal-Hole Array

○佐藤 竜也¹ 古謝 望² 鈴木 健仁^{1,2*}

○Tatsuya Sato¹ Nozomu Kojima² Takehito Suzuki^{1,2*}

茨城大学 工学部 電気電子工学科¹ 茨城大学大学院 理工学研究科 電気電子工学専攻²

Department of Electrical and Electronic Engineering, Ibaraki University¹

Major in Electrical and Electronic Engineering, Ibaraki University²

*E-mail: takehito@mx.ibaraki.ac.jp, <http://suzuki-lab.ee.ibaraki.ac.jp/>

1. まえがき

金属スリット構造では、TE モードの速波効果により実効屈折率 $0 < n < 1$ のレンズアンテナを実現できる[1-4]。特に屈折率 $n=0$ 構造では、構造中の位相が一樣となり、出力部の端面形状で波面制御できる[5]。

本稿では金属スリット構造を拡張し、径の異なるホールにより分布実効屈折率 $0 < n < 1$ を制御した金属スリットレンズアンテナ[3]を設計、作製し、テラヘルツカメラ[6]により集光を確認した。

2. 分布実効屈折率 $0 < n < 1$ レンズの動作原理と設計

図1にホールアレーを装加した金属スリットレンズアンテナを示す。ホール径は、 xy 断面上でレンズの中心から周辺部に向かうほど小さくなり、 z 軸方向では一定である。本構造では、金属板に径の異なるホールを配置することで、実効屈折率 n を $\sqrt{1-(\lambda/2d)^2} \leq n < 1$ で制御している。 λ は自由空間の波長、 d はスリット間隔である。金属板にホールを装加しない場合の実効屈折率 n は $n = \sqrt{1-(\lambda/2d)^2}$ である。ホール径が大きくなるほどスリット内に自由空間領域が増加していると見なせ、実効屈折率は1に近づく。 xy 断面上でレンズの中心から周辺部に向かい実効屈折率 n が0に近づくようにホール径を設計することで、 $0 < n < 1$ の分布実効屈折率を実現でき、集光効果が得られる。

表1にレンズの設計パラメータを示す。設計周波数は0.5 THz ($\lambda=0.60$ mm) である。ホール径の設計は、周期構造解析から管内波長を見積もり、実効屈折率を導出して行った。 xy 軸方向に周期境界壁を模擬し、 z 軸方向に同径のホール複数個を有するスリット1本分を抜き出している。解析には有限要素法電磁界シミュレータ ANSYS 社 HFSS Ver.13.0.2 を用いた。ホールの半径の最小値は $r=55$ μm 、最大値は $r=100$ μm であり、それぞれの実効屈折率は $n=0.55$ 、 $n=0.71$ である。

3. 金属スリットレンズアンテナの作製と実験結果

図2は作製したレンズアンテナである。金属板には導体損を低減するため金めっきを施している。ホールの作製誤差はほぼない。図3はレンズの先端から13.0 mmでの0.48 THzのテラヘルツカメラ(IR/V-T0831)による2次元電界分布である。光源は0.48 THzで出力1.66 mWのバージニアダイオード(WR-1.9TX)を用いた。 y 軸方向に比べ、 x 軸方向の集光に広がりのある傾向が見られる。この傾向は全構造解析でも同様である。 y 軸方向での干渉縞は、土台による反射、回折の影響と考えられる。

4. まとめ

分布実効屈折率 $0 < n < 1$ をホールアレーにより制御した金属スリットレンズアンテナを設計、作製し、テラヘルツ波の集光をテラヘルツカメラにより確認した。

参考文献

- [1] R. Menndis et al., IEEE Trans. Microw. Theory Tech. **58**, 1993 (2010).

- [2] T. Suzuki et al., Appl. Phys. A **115**, 495 (2014).
 [3] T. Suzuki et al., Appl. Phys. A **115**, 403 (2014).
 [4] T. Kimura et al., The 61th Spring Meeting, 2014; The Japan Society of Applied Physics and Related Societies, 18p-E17-7 (2014)
 [5] A. Alù et al., Phys. Rev. B **75**, 155410 (2007).
 [6] N. Oda et al., IRMMW-THz 2014, M2/A-1.2 (2014)

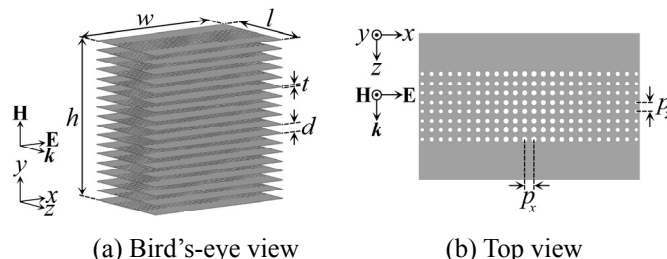


Fig. 1 Metal-slit lens antenna with metal-hole array.

Table 1 Lens parameters at design frequency of 0.5 THz.

d	350 μm	p_x	250 μm
h	6.31 mm	p_z	250 μm
w	6.0 mm	Number of plates	18 plates
l	4.0 mm		
t	20 μm		

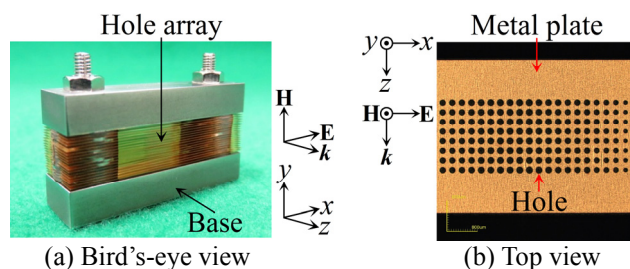


Fig. 2 Fabricated metal-slit lens antenna with metal-hole array.

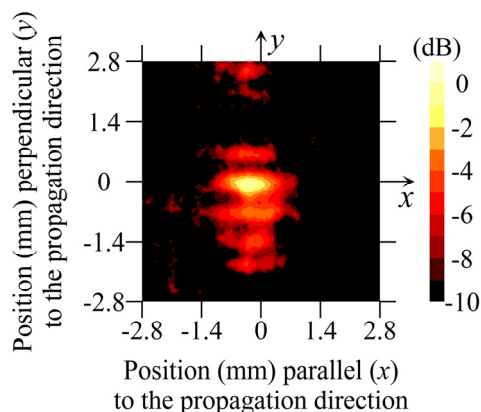


Fig. 3 Measured two-dimensional electric field distribution at 0.48 THz.

謝辞

本研究の一部は、総務省 SCOPE (122103011)の委託、文部科学省科研費若手研究(A)(26706017)と文部科学省科研費挑戦的萌芽研究(26600108)の助成を受けたものである。また、テラヘルツカメラを用いた実験にご協力いただいた日本電気株式会社の石様、須藤様、花本様、森本様に深く感謝申し上げます。