



金属方形チップ周期構造を有する テラヘルツ波帯人工誘電体レンズの設計と試作による評価

茨城大学 大学院理工学研究科 電気電子工学専攻
13NM617T 竹林佑記



1. 背景と目的

全構造
・波長より大規模
3.01 mm
5.0λ@0.5 THz
高屈折率
負屈折率 → 高解像度

単位構造
・波長より微細で周期
120 μm
0.2λ@0.5 THz

レーザー加工
エッチング加工
マスク蒸着

誘電体損
・シクロオレフィンポリマー: 小
・メチルペンテンポリマー: 小
・ポリイミド: 大
・PET: 大

導体損、高導電率: Cu, Al, Au, Ag

低損失フィルム
p: 電気双極子

	Cu	Cu	Al	Au
レーザー加工	エッチング加工	マスク蒸着	リフトオフ	
バッファ層 (接着部)	クロム(10 nm)	なし	なし	クロム(10 nm)
作製精度	5 μm	5~10 μm	5~10 μm	1 μm
加工範囲	A4	6インチ	6インチ	6インチ
金属膜厚	0.35 μm	0.5 μm	0.5 μm	0.05 μm

スパッタ成膜
・銅膜厚 (0.5 THz) → 表皮厚 $\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}} = 93 \text{ nm}$
表皮厚の2~3倍の金属膜厚が必要

2. 周期モデルでの解析

入射波 E, H, k, P_y

シクロオレフィンポリマーフィルム

金属方形チップ

周期境界壁

クロム

	a	75 μm	t ₁	0.35 μm
p _x	100 μm	t ₂	100 μm	
p _y	100 μm	t ₃	10 nm	

Transmitted power (%)

Frequency (THz)

周波数: 高
透過率: 低

0.63 THz

Transmitted power (%)

Number of layers

積層枚数: 増
損失: 大

3. 全構造解析

シクロオレフィンポリマーフィルム

金属方形チップ

0.63 THz

Local maximum value

シクロオレフィンポリマー層

金属方形チップ層

Position (mm)

Magnitude of Electric Field (V/m)

集光点: 2.59 mm

0.30 THz

Local maximum value

シクロオレフィンポリマー層

金属方形チップ層

Position (mm)

Magnitude of Electric Field (V/m)

集光点: 4.16 mm

4. 実験結果

銅

積層構造

レーザー加工

0.63 THz

白: 4倍 黒: 1倍

集光点

4.23 mm

1.73 mm

レンズからの距離

0.30 THz

集光点

4.23 mm

1.73 mm

レンズからの距離

5. まとめ

- ・方形チップ周期構造を有するテラヘルツ波帯人工誘電体レンズをレーザー加工、及びエッチング加工により試作した。
- ・テラヘルツイメージャーにより集光効果を確認した。

6. 研究業績

[1] Yuki Takebayashi, Takuya Konno, Shouhei Shimada, Fumiaki Miyamaru, John C. Young, Hideaki Kitahara, Keisuke Takano, Masanori Hangyo, and Takehito Suzuki, "Focusing Effect Measurements of Artificial Dielectric Multilayer Lens with Metal Rectangular Chips for Terahertz Wave Band," Applied Physics A, vol. 115, no. 2, pp. 501-508, Nov. 2013.

[2] 高橋 隆久, 岸 湧大, 竹林 佑記, 高野 恵介, 萩行 正憲, 鈴木 健仁, "斜め配置金属スリットアレイによる位相制御を利用したテラヘルツ波帯パスレングスレンズ," 2013年秋季 第74回 応用物理学関係連合講演会, 18p-A14-10, 同志社大学, Sep. 2013.

[3] Yuki Takebayashi, Takuya Konno, Shouhei Shimada, Fumiaki Miyamaru, John C. Young, Hideaki Kitahara, Keisuke Takano, Masanori Hangyo, and Takehito Suzuki, "Focusing Effect Measurements of Artificial Dielectric Lens with Metal Rectangular Chips for Terahertz Wave Band," META 2013 4th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics, 5A1-META, pp. 99-100, Sharjah, United Arab Emirates, Mar. 18-22 2013.

[4] 竹林 佑記, 今野 拓矢, 島田 翔平, 宮丸 文章, ジョンヤング, 北原 英明, 高野 恵介, 萩行 正憲, 鈴木 健仁, "金属方形チップ構造を有するテラヘルツ波帯人工誘電体レンズの設計と集光測定," 電子情報通信学会 東京支部学生会研究発表会 第18回, pp.114, 東海大学, Mar. 2013.