

メタマテリアル構造を用いた μm 級薄膜レンズの 1THz 帯集光特性の一検討

A study of the field focusing properties of μm -sized-thick thin film lens
on the basis of metamaterial structure in THz range

首都大院理工, ○山倉 裕和, 斉藤 光史, 須原 理彦

Tokyo Metro. Univ., ○Hirokazu Yamakura, Mitsufumi Saito, Michihiko Suhara

E-mail: yamakura-hirokazu@ed.tmu.ac.jp

1 はじめに

現在テラヘルツ波帯電波用の小型半球レンズは内径が数 mm 級のデバイスが実用的に用いられていることが多い。一方でテラヘルツ波帯動作するデバイスは μm 級で、集積アンテナを含めても $100\mu\text{m}$ 級で設計される。レンズデバイスの小型・集積化に向けた試みには、電磁メタマテリアル構造を採用した薄膜レンズデバイスの研究がなされてきている [1, 2]。本稿では、数百 μm 級の薄膜レンズの電磁界集光特性および伝搬特性解析モデルを構築し、その解析例を報告する。

2 解析手法と結果

Fig.1 に提案する薄膜レンズモデルを示す。レンズのホスト材料には波長短縮効果を抑制するために $\epsilon_r = 2.3$ の低誘電率材料を採用し、ホスト材料内部には一辺が $25\mu\text{m}$ の微細金属パッチを周期配列した構造とした。金属パッチの配列構造の対称性から、Fig.2 に示す 2 次元解析モデルを用いた電磁界解析を行う。実モデルにおける金属パッチは本解析では金属細線として解析モデルを構築した。左端から y 方向に電界成分を持つ入射波を与える。吸収境界層として PML を導波路の上下に定義し、レンズへの入射波が平面波となるよう薄膜レンズを左端から 1cm 離れた位置に設定した。金属細線は伝搬方向に 5 周期、垂直方向に 9 周期分配列し、レンズ層の厚さ $t[\mu\text{m}]$ をパラメータとして解析を行った。

レンズ層厚 $t = 250[\mu\text{m}]$ におけるレンズに入射された電界の強度分布を Fig.3 に示す。レンズ出射端から距離 1mm 付近に電界分布が集中し、焦点形成が見られる解析例である。一方、レンズ層からの反射波も同時に生じている。

Fig.4 にレンズ層透過後の電磁界伝搬特性解析結果を示す。レンズ層厚を $500\mu\text{m}$ 以下にした解析結果では、レンズ透過後に電界強度の焦点が形成されている。本解析ではレンズ層厚を変化させる一方でメタマテリアル構造を構成する金属細線数を変えていない場合には、ホスト材料中における金属細線の体積占有率が変化しており、薄膜レンズの焦点設計におけるキーパラメータとなることが示唆された。

3 まとめ

金属パッチによるメタマテリアル構造を有する μm 級薄膜レンズの 2 次元解析モデルを構築し、レンズ層厚を変化させた場合の薄膜レンズの集光特性について電磁界解析を行った。薄膜レンズの層厚および金属パッチの空間占有率がレンズ透過後の伝搬電界強度に寄与する特性設計が可能であることを示唆した。

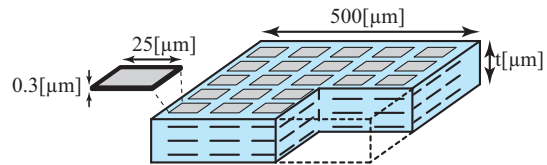


Fig.1 A schematic of thin lens model.

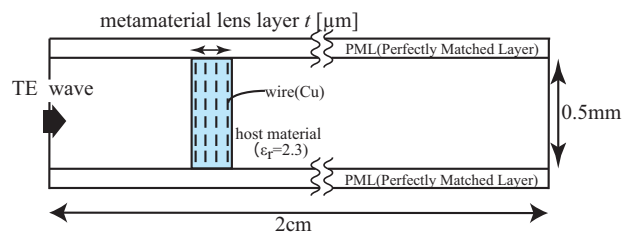


Fig.2 A model for analysis.

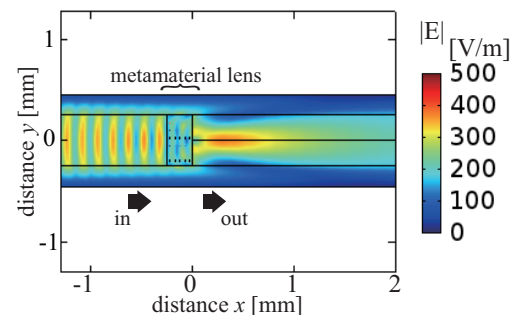


Fig.3 A calculated example of electric field distribution.

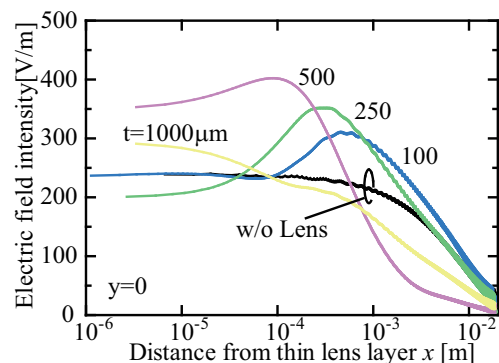


Fig.4 Variation of electric field distribution with respect to lens thickness.

参考文献

- [1] Y. Takebayashi, et al., Appl. Phys. A, vol. 115, issue 2, pp.501-508, 2013.
- [2] T. Suzuki, et al., Appl. Phys. A, vol. 109, issue 4, pp.825-830, 2012.