

## 平成29年度 独創的研究助成費 実績報告書

平成30年3月20日

報告者	学科名	情報通信工学科	職名	教授	氏名	徳田 安紀
研究課題	メタリックメタマテリアルへの誘電体の挿入効果					
研究組織	氏名	所属・職		専門分野	役割分担	
	代表	徳田 安紀	情報通信工学科・教授	光・量子エレクトロニクス	構造設計, 実験, 結果解析, 論文作成	
	分担者					
研究実績の概要	<p>1. はじめに</p> <p>入射電磁波の波長より短い周期で溝を切ったメタルスリットアレイは、回折限界周波数以下で誘電体のように振舞うことが知られている。その等価屈折率はスリット周期とスリット幅の比で決まり、原理的に1から<math>\infty</math>の全ての屈折率範囲で変えられる[1,2]。我々は、このメタルスリットアレイの多段構造の光学的性質を調べ[3-6]、光波と電波の境界の電磁波として注目を集めているテラヘルツ波に対する新しい制御素子の創出を検討している[7-9]。本研究では、センシング等への応用を念頭に、この人工誘電体で通常の誘電体を挟んだ系の光学的性質を調べた。</p> <p>2. 研究方法</p> <p>図1(a)に断面図を示したように、スリット高さ <math>h</math> が <math>1000\ \mu\text{m}</math>、スリット周期 <math>d</math> が <math>500\ \mu\text{m}</math>、スリット幅 <math>w</math> が <math>150\ \mu\text{m}</math> のメタルスリットアレイで紙を挟んだ構造の透過特性について調べた。試料は真鍮板のワイヤ放電加工で作製した。</p> <p>透過特性の測定は共同研究[10]を行っている大阪大学レーザー科学研究所の Terahertz Time-Domain Spectroscopy (THz-TDS) 装置を用いて行った。シミュレーションには Finite-Difference Time-Domain (FDTD) 法を用いた[5]。</p> <p>3. 結果と考察</p> <p>図2に赤の実線で、コピー用紙を挟んだときの透過スペクトルの TDS 測定結果を示す。<math>N</math>は挟んだ紙の枚数である。回折限界周波数 <math>c/d</math> (<math>c</math>は真空中の光の速さ) の <math>0.6\ \text{THz}</math> 以下で多くの顕著な Fabry-Perot 的導波路共鳴モードが観測された[3]。黒の破線は図1(b)に示したような中間層が紙の厚さと同じ空気層である構造に対する透過スペクトルの TDS 測定結果である。また、<math>N=0</math>に対する黒の実線は <math>h</math> が <math>2000\ \mu\text{m}</math> の単層のメタルスリットアレイに対して測定したスペクトルである。</p> <p>中間層の厚さが増えるに従い、紙を挟んだ方が空気よりスペクトルは大きく変化することが分かった。このような中間層の誘電率の違いによる共鳴モードの振舞いは FDTD シミュレーションにより解釈された。また、本研究で用いたメタルスリットアレイの等価屈折率が <math>3.3</math> と異常に高いことを利用して、中間層の誘電率が高いほどモード間の結合が強くなり反交差現象が顕著になることを見出した。</p>					

※ 次ページに続く

4. まとめ

人工誘電体であるメタルスリットアレイで通常の誘電体を挟んだ積層構造の透過特性を測定し、シミュレーションを用いて共鳴モードの振舞いに対する物理メカニズムを解明した。本研究結果は THz 波の変調やセンシング等への利用が期待できる。

研究実績  
の概要

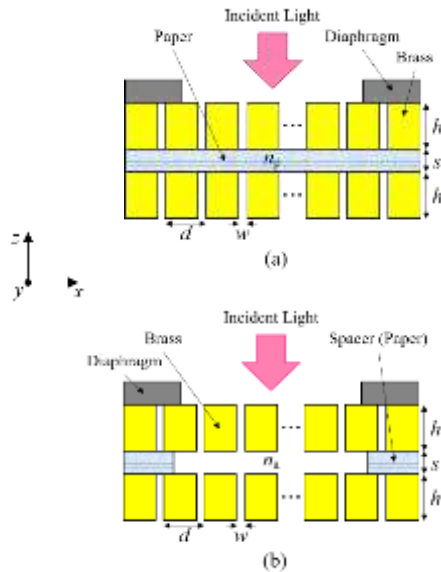


図1 測定系の断面図。中間層：(a) 紙, (b) 空気

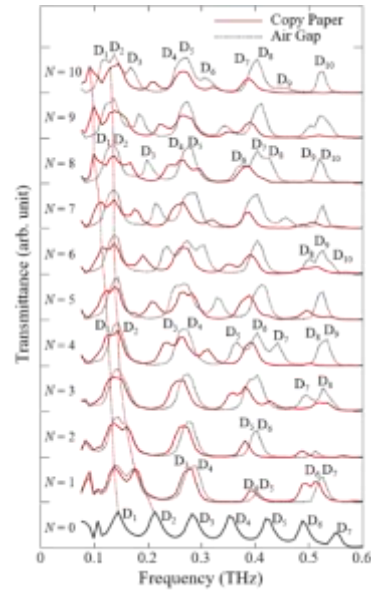


図2 透過スペクトルの測定結果

【参考文献】

[1] T. W. Ebbesen *et al.*, Nature **391**, 667 (1998). [2] J. T. Shen *et al.*, Phys. Rev. Lett. **94**, 197401 (2005). [3] K. Akiyama *et al.*, Opt. Express **18**, 17876 (2010). [4] K. Akiyama *et al.*, J. Appl. Phys. **113**, 243103 (2013). [5] Y. Tokuda *et al.*, J. Appl. Phys. **115**, 243104 (2014). [6] Y. Tokuda *et al.*, Appl. Phys. Express **9**, 032201 (2016). [7] Y. Tokuda *et al.*, AIP Advances **2**, 042112 (2012); *ibid.* **7**, 030306 (2017). [8] Y. Tokuda *et al.*, Appl. Phys. Express **5**, 042502 (2012); *ibid.* **6**, 062602 (2013). [9] Y. Tokuda *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 030306 (2017). [10] <http://www.ile.osaka-u.ac.jp/collab/project.html>

成果資料目録

1. 光・量子ビーム科学合同シンポジウム2017（大阪大学, 2017.5）
2. 第78回応用物理学会秋季学術講演会 講演予稿（2017.9）
3. 第65回応用物理学会春季学術講演会 講演予稿（2018.3）