

2020年3月1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	人工誘電体積層構造のテラヘルツ透過特性とその応用					
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	渡辺 将伍	システム工学専攻・M1	光エレクトロニクス	シミュレーション 学会発表	
研究実績の概要	<p>1. はじめに</p> <p>金属板に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、その体積のほとんどを金属が占めていても誘電体のような性質を示すことが知られている[1]。我々は、この人工誘電体を積み重ねた構造の光学的性質を調べ[2]、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[3]。本研究では、メタルスリットアレイの二段構造の透過スペクトルに異常な特性が現れることを見付け、その物理的メカニズムの解明を行った[4]。</p> <p>2. 構造と研究方法</p> <p>図1に、今回調べたメタルスリットアレイの二段構造の造模式を示す。板厚 h とスリット周期 d は、それぞれ $1000\mu\text{m}$ と $500\mu\text{m}$ とし、スリット幅 w を変化させたときの透過スペクトルのエアギャップ幅 s 依存性を調べた。透過スペクトルの計算には Finite-Difference Time-Domain (FDTD) シミュレータを用い、測定には共同研究を行っている大阪大学レーザー科学研究所の Time-Domain Spectroscopy 装置を用いて行った。</p>					

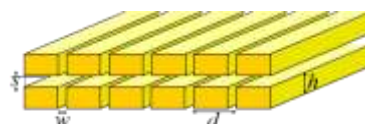


図1 メタルスリットアレイの二段積層構造

<p>研究実績 の概要</p>	<p>3. 結果と考察</p> <p>図2は、いろいろなスリット幅 w の構造に対してエアギャップ幅 s を $0.4\ \mu\text{m}$ とほんの少し開いた場合の透過スペクトルの FDTD 計算結果を示す。どの場合も cd で与えられる回折限界周波数 f_{RW} の $0.6\ \text{THz}$ 以下で Fabry-Perot 的な導波路共鳴がみられる。コントラストが w で大きく変わるのは d/w で与えられるスリットアレイの等価屈折率の変化に対応している[2]。ここで、矢印で示したところで通常の誘電体多層構造ではみられない異常なディップがみられる。</p> <p>図3の赤線は、$c/2(d-w)$ で与えられる、偶数次モードが s の増大に対してブルーシフトを示す臨界周波数 f_c の w 依存性を示す曲線である[2]。また、赤丸は図2の透過スペクトルから読みとったディップ周波数をプロットしたものである。両者は極めてよく一致しており、透過特性の異常は偶数次モードのブルーシフトに起因していることがわかった。</p> <p>謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 JP16K04982 助成ならびに 2019 年度岡山県立大学独創的研究助成の交付を受けて行った。</p> <p>参考文献 [1] J. T. Shen <i>et al.</i>, Phys. Rev. Lett. 94, 197401 (2005). [2] Y. Tokuda <i>et al.</i>, J. Appl. Phys. 123, 183102 (2018). [3] Y. Tokuda <i>et al.</i>, Appl. Phys. Express 6, 062602 (2013). [4] Y. Tokuda <i>et al.</i>, Jpn. J. Appl. Phys. 58, 122004 (2019).</p>
<p>成果資料目録</p>	<p>1. Y. Tokuda, K. Sakaguchi, S. Watanabe, K. Kato, K. Takano, M. Nakajima, and K. Akiyama, "Marked effects of lateral displacement on the optical transmission properties of stacked artificial dielectric systems composed of metallic sub-wavelength slit arrays," Jpn. J. Appl. Phys. 58(12), 122004 (2019).</p> <p>2. 徳田安紀, 坂口浩一郎, 渡辺将伍, 中嶋誠, 「積層型メタルスリットアレイにおけるブルーシフトモードとスペクトル異常」 光・量子ビーム科学合同シンポジウム2019 (大阪大学銀杏会館, 2019.6)</p> <p>3. 渡辺将伍, 坂口浩一郎, 徳田安紀, 「人工誘電体メタルスリットアレイの積層構造の光学共鳴特性」 The 21st IEEE Hiroshima Section Student Symposium (岡山県立大学, 2019.11)</p> <p>4. 渡辺将伍, 坂口浩一郎, 加藤康作, 佐藤希真, 平松大輝, 山下拓真, 中嶋誠, 徳田安紀, 「積層型メタルスリットアレイの透過特性に対する横ずれ効果」第67回応用物理学会春季学術講演会 (上智大学, 2020.3)</p>

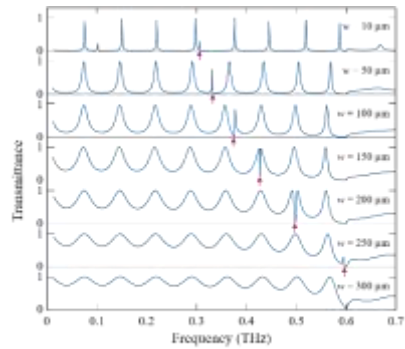


図2 透過スペクトルのスリット幅依存性

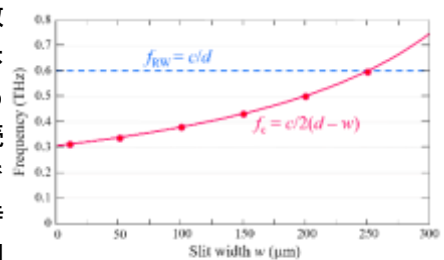


図3 偶数次モードのブルーシフトに対する臨界周波数 f_c のスリット幅依存性とディップ周波数