

平成30年度 独創的研究助成費 実績報告書

平成31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	人工誘電体多層構造のテラヘルツ透過特性の精密測定					
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、スリット端での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[1]。我々は、この人工誘電体として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[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（THz）波に対する新しい制御素子の創出を検討している[3]。</p> <p>本研究では、シミュレーションによる計算結果と比較検討するためメタルスリットアレイを試作し、THz領域での透過スペクトルの精密測定を行った[4]。</p> <p>2. 研究方法</p> <p>図1(a)は試作した代表的なスリットアレイの写真を示す、スリット高さ h、スリット周期 d、スリット幅 w などの構造パラメータを設計し、外注による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、大阪大学レーザー科学研究所のTHz時間領域分光（Time-Domain Spectroscopy）装置を用いて、TM波の垂直入射に対して行った。図1(b)に示した二段構造に対して、アレイ間の相対横ずれ量 l とエアギャップ幅 s をコンピュータ制御して、連続的に系統的なデータをとる自動システムを構築した。</p>					

※ 次ページに続く

研究実績
の概要

3. 結果と考察

図 2(a)と図 3(a)は、それぞれ、スリット高さ h が $1000\ \mu\text{m}$ 、スリット周期 d が $500\ \mu\text{m}$ 、スリット幅 w が $150\ \mu\text{m}$ のメタルスリットアレイの二段構造に対して、横ずれが無い場合 ($l=0$) と半周期ずれ ($l=d/2$) の場合の測定結果の一例を示す。ともに回折限界周波数 (c/d) である $0.6\ \text{THz}$ 以下で顕著な Fabry-Perot 的な導波路共鳴モードが観測されているが、 s が約 $400\ \mu\text{m}$ 以下では特性は大きく異なっていることが分かる。

図 3(b)と図 3(b)は、それぞれの構造に対して時間領域有限差分 (Finite-Difference Time-Domain) 法によるシミュレーション結果である。モードの消失や減衰、モード間の反発も含めて実験結果は計算結果と極めてよく合っていることが分かる。

4. まとめ

THz 透過特性を系統的に精密に測定する自動制御系を構築し、理論予測と極めてよく一致する結果が得られることを実証した、さらに、様々な構造に対して得られた実験結果の物理的解釈を行った[4,5].

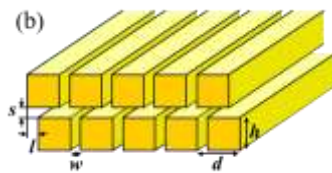


図 1. (a)試作したメタルスリットアレイと(b)その二段構造の模式図

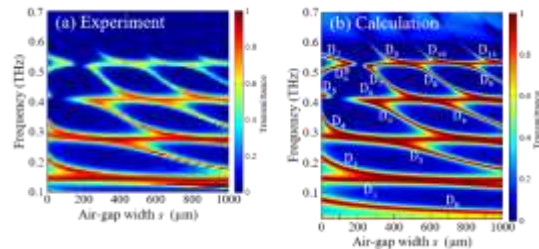


図 2. 横ずれが無い構造に対する透過特性の(a)測定結果と(b)計算結果

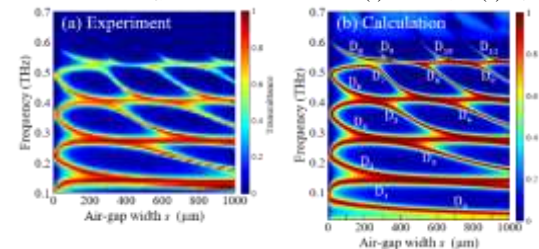


図 3. 半周期ずれ構造に対する透過特性の(a)測定結果と(b)計算結果

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 JP16K04982 助成ならびに岡山県立大学独創的研究助成を受けて行った。

【参考文献】

[1] J. T. Shen *et al.*, Phys. Rev. Lett. **94**, 197401 (2005). [2] Y. Tokuda *et al.*, J. Appl. Phys. **115**, 243104 (2014); Appl. Phys. Express **9**, 032201 (2016). [3] Y. Tokuda *et al.*, Appl. Phys. Express **5**, 042502 (2012); *ibid.* **6**, 062602 (2013). [4] Y. Tokuda *et al.*, J. Appl. Phys. **123**, 183102 (2018). [5] Y. Tokuda *et al.*, AIP Advances **8**, 095305 (2018).

成果資料目録

1. Y. Tokuda, K. Takano, K. Sakaguchi, K. Kato, M. Nakajima and K. Akiyama, "Waveguide resonance mode response of stacked structures of metallic sub-wavelength slit arrays," Journal of Applied Physics **123**, 183102 (2018).
2. Y. Tokuda, K. Takano, K. Sakaguchi, K. Kato, M. Nakajima and K. Akiyama, "Insertion effects of natural dielectric between artificial dielectrics formed by metallic sub-wavelength slit arrays," AIP Adv. **8**, 095305 (2018).
3. 光・量子ビーム科学合同シンポジウム2018 (量子科学技術研究開発機構, 2018.5)
4. 第79回応用物理学会秋季学術講演会 (名古屋国際会議場, 2018.9)
5. 第66回応用物理学会春季学術講演会 (東京工業大学, 2019.3)