

申請者	学科名	情報通信工学科	職名	教授	氏名	徳田 安紀 印
調査研究課題	光フェイズドアレイ効果を利用した新機能素子の創出					
交付決定額	800,000 (円)					
調査研究組織	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	テーマ設定, 構造設計 結果解析, 論文作成	
	分担者					
調査研究実績の概要	<p>1. はじめに</p> <p>波長より小さなエレメントを周期的に配置した構造として定義される「メタマテリアル」は、負の屈折率による完全レンズや透明マント、さらには表面プラズモンポラリトンによる異常透過など、非常に不思議な物理現象を示すことから学術、応用の両面から強い関心を集め、電磁波を中心に活発な研究開発が行われている[1,2].</p> <p>入射光の波長より短いスリット周期をもったメタルスリットアレイはメタマテリアルの一種と見なせ、我々は、その光学的性質と応用についての検討を行っている[3-6]. その中で、Finite-Difference Time-Domain 法（時間領域差分法）に基づいたシミュレーションにより、図1のようなスリット周期を変調した二段型のメタルスリットアレイを用いて、光波の位相制御に利用できる光フェイズドアレイ効果が得られることを見出し、波長オーダーの極薄のプレーナ型レンズ素子が実現可能であることを示した[4].</p> <p>本研究では、この光フェイズドアレイ効果をさらに増大する構造を検討し、それを利用してプリズムのような分光機能が得られることを示した[7].</p>					

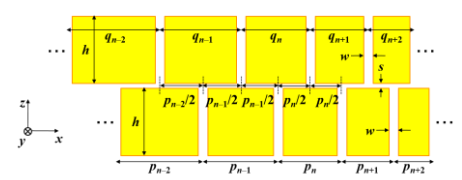


図1. 二段変調メタルスリットアレイの断面図

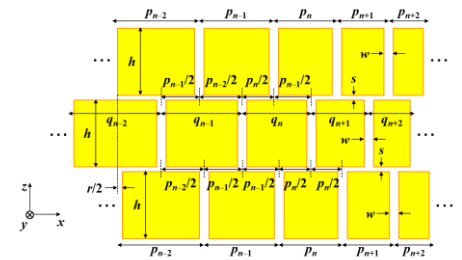


図2. 三段変調メタルスリットアレイの断面図

## 2. 多段化による光フェイズドアレイ効果の増大

図1のような二段スリットアレイに関する研究から、現在の光フェイズドアレイ効果は、単純にはアレイ間のギャップ領域で光路長が変調されるために生じると考えられる[4]。これを踏まえて、本研究では光フェイズドアレイ効果を増大させるために、図2のようなギャップ領域を2つもつ三段型のスリットアレイ構造を検討した。ここで、各出口スリットは4つの最短光路をもつように設計した。

図3は、三段構造と二段構造に下から垂直に THz 帯 (約 0.2 THz) の光波を入射したときの磁場分布のシミュレーション結果を示す。三段構造の方が透過光は大きく傾き、光フェイズドアレイ効果が増大されていることが分かる[7]。

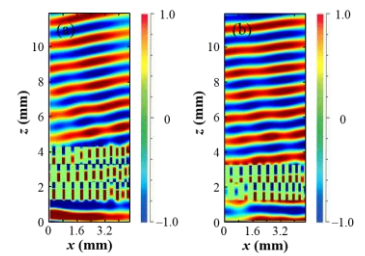


図3. 三段構造(a)と二段構造(b)に対する磁場分布

## 3. 極薄膜メタルフィルムによる THz 波の分光

さらに詳細な検討から、この光フェイズドアレイ効果は Fabry-Perot 共振による多重干渉効果によって顕著な周波数依存性を示すことが分かっている[5]。本研究では、この特性を利用して、プリズムのような分光機能を得ることを考えた。

図4は、上で述べた三段構造のメタルスリットアレイを両側からメタルで挟んだ素子に対する THz 帯の3つの異なる周波数の光波の磁場分布のシミュレーション結果を示す。周波数が高くなるほど透過光はより左に傾き、光波の分光が可能であることが分かる[7]。

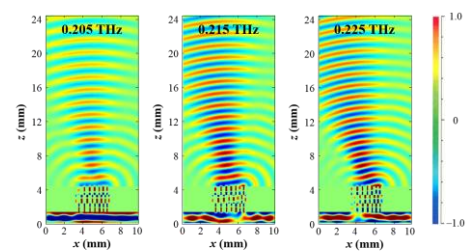


図4. 3つの異なる周波数の光波に対する磁場分布

## 4. まとめ

メタルスリットアレイを用いた光フェイズドアレイ効果について、それを増大する方法を考え、電波と光波の境界領域にある THz 光に対して、波長オーダーの極めて薄いフィルムを用いて、レンズ機能に加えて分光機能が得られることを示した。THz 領域の光学的性質は金属の物性値にあまり影響されないため、本研究は THz 帯に対する安価で容易に手に入る光学材料や光学素子を提供できる可能性を示す。

### 【参考文献】

- [1] T. W. Ebbesen, H. J. Lezec, H. F. Ghaemi, T. Thio, and P. A. Wolff, *Nature* **391**, 667 (1998).
- [2] J. B. Pendry, L. Martin-Moreno, and F. J. Garcia-Vidal, *Science* **305**, 847 (2004).
- [3] K. Akiyama, K. Takano, Y. Abe, Y. Tokuda, and M. Hangyo, *Optics Express* **18**, 17876 (2010).
- [4] Y. Tokuda, H. Takaiwa, K. Sakaguchi, Y. Yakiyama, K. Takano, K. Akiyama, T. Fukushima, and M. Hangyo, *Appl. Phys. Express* **5**, 042502 (2012).
- [5] Y. Tokuda, K. Sakaguchi, K. Takano, T. Fukushima, and M. Hangyo, *AIP Advances* **2**, 042112 (2012).
- [6] K. Akiyama, K. Shibuya, K. Takano, Y. Abe, Y. Tokuda, and M. Hangyo, *J. Appl. Phys.* **113**, 243103 (2013).
- [7] Y. Tokuda, K. Sakaguchi, T. Nishihara, K. Takano, T. Fukushima, and M. Hangyo, *Appl. Phys. Express* **6**, 062602 (2013).

1. Y. Tokuda, K. Sakaguchi, T. Nishihara, K. Takano, T. Fukushima, and M. Hangyo, "Spectroscopic functions of multi-stacked metallic plates with modulated slit arrays," *Applied Physics Express*, vol. 6, pp. 062602-1~4, 2013.
2. K. Akiyama, K. Shibuya, K. Takano, Y. Abe, Y. Tokuda, and M. Hangyo, "Tuning the effective refractive index of a thin air gap region sandwiched by metallic metamaterials by lateral displacements," *Journal of Applied Physics*, vol. 113, pp. 243103-1~4, 2013.