

課題番号 : F-14-IT-0002  
 利用形態 : 技術代行  
 利用課題名(日本語) : 2次元プラズモニック結晶のバンドギャップの表面形状依存性  
 Program Title (English) : Surface shape dependence of band gaps in a 2-dimensional plasmonic crystal  
 利用者名(日本語) : 水間 翔平<sup>1)</sup>, 山本直紀<sup>1)</sup>  
 Username (English) : Shohei Mizuma<sup>1)</sup>, Naoki Yamamoto<sup>1)</sup>  
 所属名(日本語) : 1) 東京工業大学大学院 理工学研究科 物性物理学専攻  
 Affiliation (English) : 1) 1) Department of Physics, Tokyo Institute of Technology

### 1. 概要(Summary)

光の波長以下の周期の2次元周期構造をもつ金属表面(2次元プラズモニック結晶: 2D-PIC)における表面プラズモンポラリトン(SPP)は特徴的な分散関係を持ち、ブリルアンゾーン境界ではSPP定在波状態が現れ、バンドギャップが開く。2D-PICの表面近傍の電場増強効果や回折限界を超えたSPPの閉じ込め効果は、太陽電池の効率向上や光集積回路の導波路への利用が可能である。2D-PIC上のSPPの分散関係やΓ点のSPP定在波を可視化し、表面構造パラメータによりΓ点におけるバンドギャップの依存性を調べた。

### 2. 実験(Experimental)

#### 【利用した主な装置】

- 電子ビーム露光装置
- 走査型電子顕微鏡
- 電子銃蒸着器

#### 【実験方法】

本研究では電子ビーム露光装置と電子銃蒸着器により、円柱を正方格子状に配列した2次元プラズモニック結晶(2D-PIC)をInP基板上に作製し(Fig.1)、表面に厚さ200nmの銀を蒸着した。走査型透過電子顕微鏡(STEM)と組み合わせたカソードルミネッセンス(CL)検出装置を用いて、角度分解測定からSPPの分散パターンを測定する。周期Pを600nmに固定し、円柱の高さhと直径Dを変化させΓ点におけるバンド端エネルギーの変化を測定した。

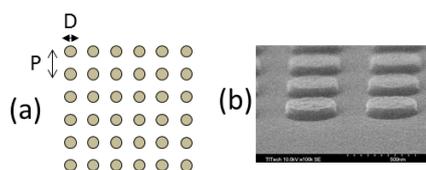


Fig.1 (a) 2D-PIC composed of cylindrical pillars with a squared lattice and (b) a SEM image

### 3. 結果と考察(Results and Discussion)

円柱の直径  $D=200\text{nm}$  の試料からの分散パターンを Fig.2(a)に示す。このパターンは、放射面に平行な偏光を用いて記録しており、主軸方向に伝播するSPPの分散関係を表す。2eV付近のΓ点におけるバンド端モードには、群論からA,Bおよび2重縮退したEモードの3つが存在することが予想される。Fig.2(b)は、バンド端エネルギーで表示した光子マップを示しており、群論から予想されるバンド端SPPモードの電場強度分布に対応したパターンが現れている。分散パターンから測定したバンド端エネルギーの円柱の直径依存性を Fig.2(c)に示す。バンドギャップは  $D=200\text{nm}$  と  $500\text{nm}$  付近で最大となる。

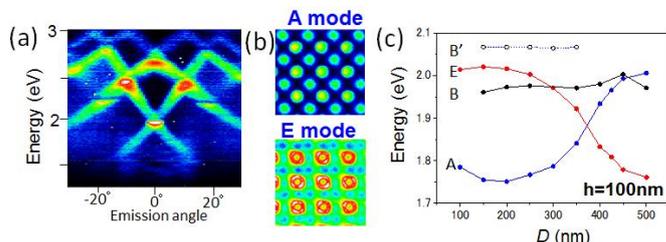


Fig.2 (a) Dispersion pattern of the 2D-PIC with a square lattice. (b) Photon maps of the 2D-PIC with  $D=250\text{nm}$  revealed at the band edge energies.(c)  $D$  dependence of the band edge energies at the  $\Gamma$  point.

### 4. その他・特記事項(Others)

なし

### 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) N. Yamamoto and H. Saito, Opt. Express **22** (2014) pp.29761–29777.
- (2) Naoki Yamamoto, “Dispersion in plasmonic crystals probed with CL”, Electron Beam Spectroscopy for Nanophotonics, Amsterdam, 2014, June 2-4.

### 6. 関連特許(Patent)

なし