

## EELSによるプラズモニック結晶キャビティのLDOSマッピング

利用者：<sup>a</sup>東京工業大学 量子ナノエレクトロニクス研究センター 齊藤 光<sup>a</sup>, 山本直紀<sup>a</sup>  
 研究支援者：京都大学 倉田博基

## 【研究目的】

周期構造を持つ金属表面はプラズモニック結晶(PIC)と呼ばれ、そのバンドギャップやバンド端は表面プラズモンポラリトン(SPP)の伝播や光変換を制御する上で重要である[1]。走査型透過電子顕微鏡(STEM)を用いた分光分析は、光学的局所状態密度(photonic LDOS)の高分解能観察を可能にし[2]、これまで、カソードルミネッセンス(CL)法を用いたPICの分析例はあるが[3]、電子エネルギー損失分光(EELS)法を用いた例はない。しかしながら、EELS法は非発光性のモードの分析が容易にできるという長所を有している。そこで本研究では、EELS法のPIC分析への適用を目的とした。

## 【成果】

PIC薄膜は、図2に示すように、EB描画で作製された構造をレプリカ膜に転写し、SiO<sub>2</sub>およびAlを気相法で成膜することで作製された。図3はPIC薄膜のSTEM-ADF像である。直径500nmの円柱が周期600nmで六方格子状に整列している。円柱中央から取得したEELSスペクトルが図4である。2.5 eV付近及び4.3 eV付近のピークがPIC特有のスペクトル構造である。6.5 eV付近のピークは周期構造のないAl表面からも得られるピークであり、SPPの短波長極限に対応する。2.25-2.75 eVのスペクトル強度を用いて得られたマップが図5である。円柱の中央及び縁に強度が集中した定在波パターンが観察されている。これらの強度は2-3 eVのエネルギー領域に位置する状態密度の高いバンド端( $\Gamma$ 点、M点、K点)モード励起に起因すると考えられる。本実験で得られた図5の定在波パターンは複数のバンド端モードが重なったパターンであると予想されるが、結晶の対称性を満たしていることからPICのモードを捉えていることは明らかであり、EELS法によるPICの分析が可能であることを示した。

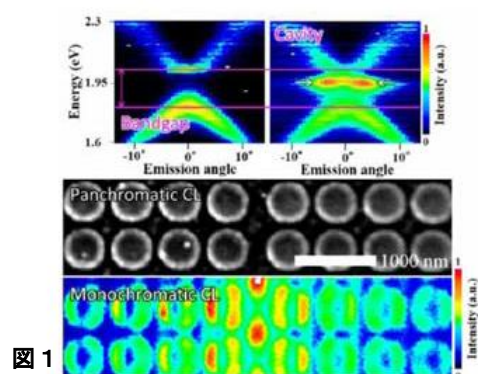


図 1

H. Saito and N. Yamamoto, *Nano Lett.* (2015).

図 1 CL法によるプラズモニック結晶の分析

図 2 プラズモニック結晶の作製

図 3 プラズモニック結晶のSTEM - ADF像

図 4 プラズモニック結晶のEELS

図 5 STEM - EELSから得られた光学的LDOS分布

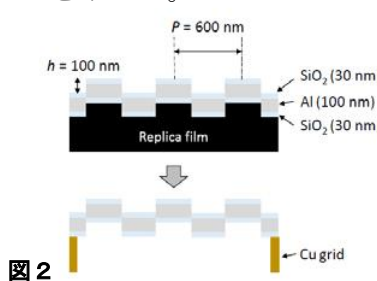


図 2

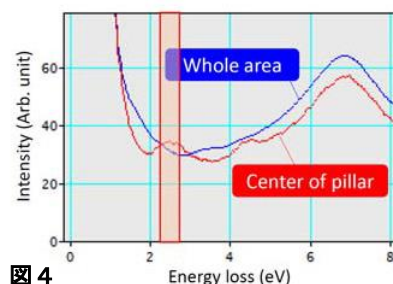


図 4

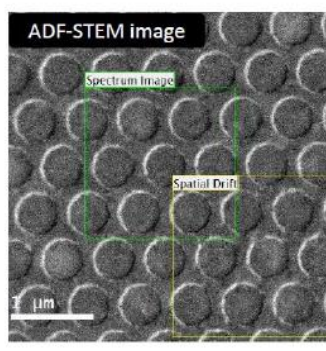


図 3

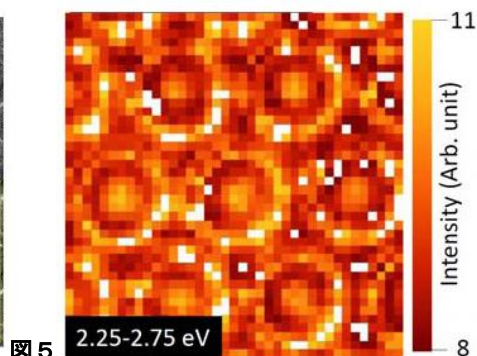


図 5

## 【支援実施機関からのコメント】

課題申請者は、カソードルミネッセンス (CL) 法を利用したプラズモニック結晶の詳細な研究をもとに、CL法では検出が困難な非発光性のモードをEELS法により分析することを目指して本研究課題に取り組んだ。プラットフォームの装置の特性を生かした極めて有効な支援が実施できた。

## 【参考文献等】

[1] W. L. Barnes, T. W. Preist, S. C. Kitson, and J. R. Sambles, *Phys. Rev. B* **54**, 6227-6244 (1996).

[2] F. J. García de Abajo and M. Kociak, *Phys. Rev. Lett.* **100**, 106804 (2008).

[3] H. Saito and N. Yamamoto, *Nano Lett.* **15**, 5764-5769 (2015).