

課題番号 : F-18-KT-0124
利用形態 : 機器利用
利用課題名 (日本語) : ナノインプリントを用いた光学材料の高性能化
Program Title(English) : Improving optical material performance by nanoimprint
利用者名 (日本語) : 村井俊介
Username(English) : S. Murai
所属名 (日本語) : 京都大学大学院工学研究科
Affiliation(English) : Graduate School of Eng., Kyoto Univ.
キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置、表面プラズモン、蛍光材料

1. 概要 (Summary)

金属ナノ粒子表面での自由電子のプラズマ振動と光が共鳴することで表面プラズモンポラリトン (SPP) が生じる。特に、回折格子のような周期構造を有するプラズモニック周期アレイでは光回折と SPP が同時に励起される。この時、光回折を介して SPP がアレイ平面上に広がることにより、光に対する強い応答が得られるようになる。このような現象は協同プラズモニックモードと呼ばれる。

本研究では、地球上に豊富に存在し、低コストかつ深紫外域で SPP を励起できるアルミニウム(Al)を用い、紫外領域の波長に対応する周期を持つナノシリンダー周期アレイを作製した。透過率測定により紫外領域において協同プラズモニックモードを観察した。また紫外光の増強効果を実証するために、発光量子収率が高く、大きなストークスシフトを持ち、蛍光寿命の長い希土類錯体($\text{Eu}(\text{hfa})_3(\text{TPPO})_2$)を発光層として選び、これをナノシリンダーアレイ上に堆積させ、発光増強を試みた。

2. 実験 (Experimental)

【利用した主な装置】

ナノインプリントシステム、ドライエッチング装置、超高分解能電界放出型走査電子顕微鏡、大面積超高速電子線描画装置、プラズマ CVD 装置

【実験方法】

ナノインプリントおよび反応性イオンエッチングによって Al ナノシリンダーアレイを SiO_2 ガラス基板上に作製した。Fig. 1 に Al ナノシリンダーアレイの走査型電子顕微鏡写真を示す。作製したアレイ上に $\text{Eu}(\text{hfa})_3(\text{TPPO})_2$ 発光層を真空蒸着した。発光層蒸着前後の試料に対して透過率の波長・入射角依存性を測

定し、蒸着後の試料に対して He-Cd レーザー(波長 325 nm)励起による発光スペクトルの放出角依存性を測定した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

アレイの周期が増加するにつれて、面内へ回折される波長は長波長シフトし、それに伴い、SPP の励起波長も長波長シフトした。この時、回折光と SPP が相互作用し、協同プラズモニックモードが励起されており、周期の制御により励起波長の制御が可能であることが示唆される。蒸着後の試料に対する発光の測定において、アレイによる励起光の吸収の増加を反映した発光強度の増加が見られた。すなわち、アレイの存在に基づく紫外光の面内での閉じ込めと、発光層における光吸収の増加を実現した。

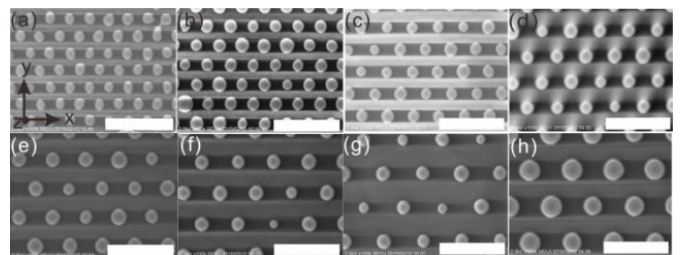


Fig. 1 Scanning electron microscopic (SEM) images of the Al nanocylinder array with the pitch $p =$ (a) 150, (b) 180, (c) 200, (d) 220, (e) 255, (f) 275, (g) 300, and (h) 330 nm. Scale bars = 500 nm.

4. その他・特記事項 (Others)

特になし。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

- (1) Y. Kawachiya *et al.*, *Opt. Express* **26**, (2018) 5970.
- (2) R. Kamakura *et al.*, *ACS Photonics*, **5**, (2018) 3057-3063

6. 関連特許 (Patent) なし。