

課題番号 : F-13-RO-0049  
 利用形態 : 技術補助  
 利用課題名(日本語) : 光八木宇田アンテナによる量子ドット発光の指向性制御  
 Program Title (English) : Control of the quantum dot emission by the Optical Yagi Uda antenna  
 利用者名(日本語) : 徳原 克俊  
 Username (English) : Tokuhara Katsutoshi  
 所属名(日本語) : 広島大学大学院先端物質科学研究科  
 Affiliation (English) : Hiroshima University Graduate School of Advanced Sciences of Matter

### 1. 概要(Summary)

テレビ放送の送受信に用いられる八木宇田アンテナの金属棒の代わりに金属ナノ粒子を配列することで可視光を一方方向に導くことができることが実証されている。[1]このアンテナの応用としてアンテナの給電素子上に量子ドットと呼ばれる微弱発光物質を結合させることで、量子ドット発光の検出効率を高めることのできるデバイスの作製を目標としている。

### 2. 実験(Experimental)

Si 基板上に 1 層目 PMMA(膜厚約 80 nm)、2 層目 ZEP520(膜厚約 80 nm)のレジストを塗布し、電子ビーム露光装置を用いてアンテナパターンを描画を行った。2層レジストを採用した理由は、リフトオフ時の歩留まりの向上のためである。描画条件は、加速電圧 100 kV、ビーム電流値 50 pA でドーズ量は 360  $\mu\text{C}/\text{cm}^2$  である。この描画条件での現像パターンが FDTD シミュレーションによって求めた、最も指向性の強くなる際の粒子サイズ設計に近づくように条件出しを行った。シミュレーションの結果、現状でアンテナの放射指向性パターンの最適設計は粒子長が reflector:125 nm、feed:106 nm、director:75 nm で粒子幅は全て 50 nm、粒子間隔はそれぞれ 125 nm という設計となっている。その設計値で波長 800 nm の光を入射した際の応答を Fig. 1 に示す。放射パワーは Feed1 素子の際の放射パワーで規格化をしてあるため、5 素子アンテナの 0 度方向への放射パワーは約 3.6 倍であることが分かる。描画後の現像条件は現像:ZED-N50(27 $^{\circ}\text{C}$ 、45sec)、1st リンス:ZMD-D(27 $^{\circ}\text{C}$ 、90sec)、2nd リンス:超純水(27 $^{\circ}\text{C}$ 、60 sec)である。

### 3. 結果と考察(Results and Discussion)

CAD の設計サイズを変えて、描画の条件出しを行った結果の SEM 画像を Fig. 2 に示す。Fig. 2 より最適設計通りのパターンが描画できていることが確認された。しかし、

描画パターンの更なる安定化のため、レジストの膜厚や現像の温度や時間の見直しなどプロセス条件の見直しの余地は考えられる。今後はこの現像パターンを元に厚さ 50 nm の Au を蒸着・リフトオフを行うことで金属ナノ粒子とアライメント用のパターンを作製できることを確認した後に、レジストを再度塗布し、2 度目の電子線露光によって量子ドットを固定するための微小開口を行う予定である。

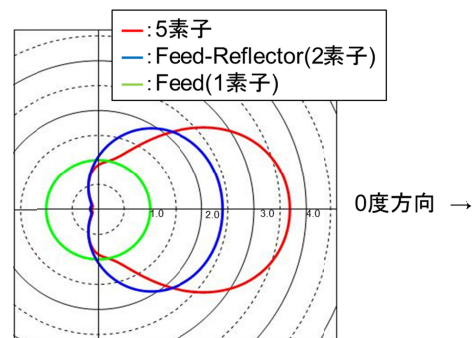


Fig. 1. Emission pattern of the antenna ( $\lambda = 800\text{nm}$ )

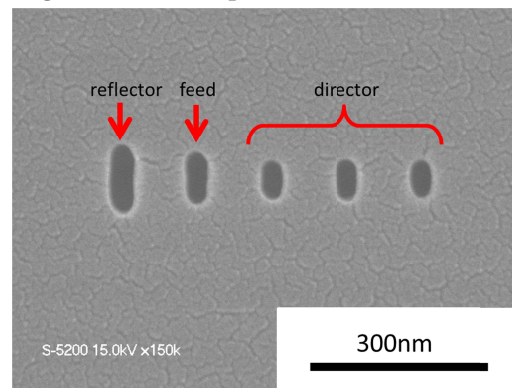


Fig. 2. Developed pattern of the nanoantenna

### 4. その他・特記事項 (Others)

[1]Terukazu Kosako et al., Nature Photonics Vol 4, No.5, pp. 312-315(May 2010)

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

なし。

### 6. 関連特許 (Patent)

なし。