

課題番号 : F-18-HK-0052
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : プラズモンアシスト水熱合成による酸化亜鉛ナノ発光体の作製
 Program Title (English) : Fabrication of ZnO nanoemitter using plasmon-assisted hydrothermal synthesis
 利用者名(日本語) : 鈴木達郎, 藤原英樹
 Username (English) : T. Suzuki, H. Fujiwara
 所属名(日本語) : 北海道大学電子科学研究所
 Affiliation (English) : Research Institute for Electronic Science, Hokkaido University
 キーワード/Keyword : レーザー誘起水熱合成、酸化亜鉛、プラズモン、リソグラフィ・露光・描画装置

1. 概要(Summary)

金属ナノ構造に誘起される局在プラズモン場は、ナノ領域への集光と電場増強により、光-物質間相互作用が強く増強されるため、様々なデバイス応用が提案されている。しかし、ナノサイズの局在場中に適切に発光・吸収体を配置する事は極めて難しい。この様な問題に対し、近年提案されたレーザーの局所加熱を利用した水熱合成法(レーザー誘起水熱合成法)に注目した。本手法は、照射スポットでのみ反応を誘起でき、加熱条件の制御(照射パワーや時間)が容易であるため、形成するナノ発光体の制御が可能となると期待される。本研究ではこの手法を利用し、レーザー照射により誘起された金属ナノ構造のプラズモン場を介した局所加熱により、金属ナノ構造上に選択的な酸化亜鉛(ZnO)ナノ発光体の作製を試みた。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

電界放射型走査型電子顕微鏡、超高精度電子ビーム描画装置 100 kV、ヘリコンスパッタリング装置

【実験方法】

ZnO ナノ発光体を作製するため、25mM の硝酸亜鉛六水和物水溶液とヘキサメチレンテトラミン水溶液を作製し、0.1mL ずつ混合した前駆体溶液を準備した。また、金属ナノ構造として、1064nm 付近にプラズモン共鳴を持つ Fig. 1 のようなバタフライ構造をガラス基板上に作製した。この試料を顕微鏡ステージに固定し、構造上に前駆体溶液を滴下した後、波長 1064nm の CW レーザーを石英基板側から照射することで金ナノ構造を励起し、レーザー照射強度・時間を変えながら ZnO ナノ発光体の作製を試みた。水熱合成後、試料を洗浄・乾燥させてから、電子顕微鏡画像やエネルギー分散型 X 線分析により、金ナノ構造上

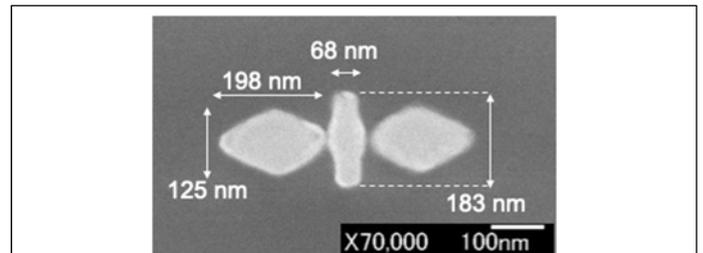


Fig. 1 SEM image of fabricated nano-butterfly structure.

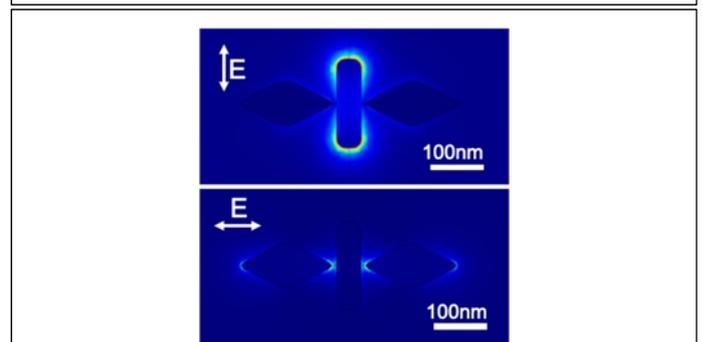


Fig. 2 Electric field intensity distributions. Arrows in the figure shows the direction of irradiated light polarization.

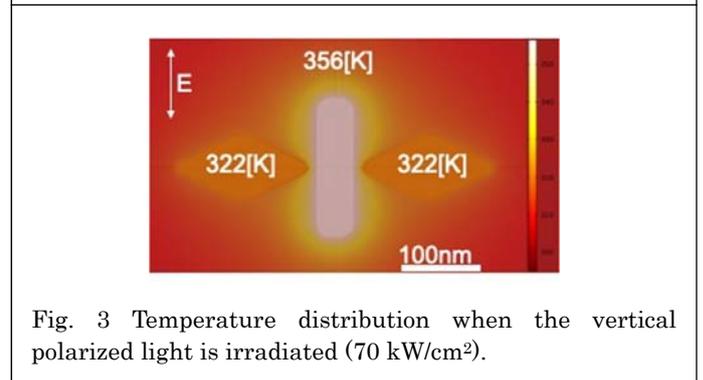


Fig. 3 Temperature distribution when the vertical polarized light is irradiated (70 kW/cm²).

に選択的に ZnO が形成されるかどうかを確認した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 2 は、構造に垂直に光を照射した際の電場強度分布を示している。矢印で示した方向の偏光に応じて電場強度分布が変化の様子が確認できる。また、縦偏光を入射(70kW/cm²)した際の温度分布を Fig. 3 に示す。結果から、偏光方向に応じてナノスケール領域で温度の異なる領域を意図的に作り出すことが可能であることが示さ

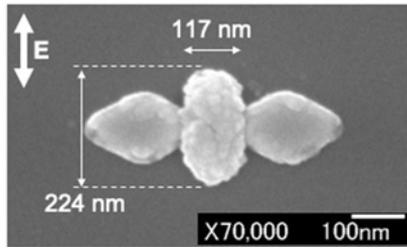


Fig. 4 SEM image of gold nano-butterfly structure after 1064-nm laser (vertical polarization) was irradiated.

れた。

この結果を基に、実際に作製した金ナノ構造で酸化亜鉛の水熱合成を試みた。Fig. 4は、図中の矢印の方向の直線偏光(波長 1064 nm、強度 70kW/cm²)を 10 ms 照射した結果である。数値解析の結果に示す通り、中心のバー構造にのみ選択的に酸化亜鉛を作製することに成功した。

4. その他・特記事項(Others)

- ・天田財団 (AF-2015206)プラズモン場を用いたレーザー水熱合成によるナノ発光体の最適配置
- ・科研費・基盤研究 C(17K05016)

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) 鈴木達朗、藤原 英樹「酸化亜鉛ナノ発光体のプラズモンアシスト水熱合成」、第 66 回応用物理学会春季学術講演会、東京工業大学 大岡山キャンパス、2019/3/10
- (2) 鈴木達朗、藤原 英樹「酸化亜鉛ナノ発光体のプラズモンアシスト水熱合成」、Optics & Photonics Japan 2018、筑波大学東京キャンパス文京校舎 2018/11/1
- (3) H. Fujiwara and K. Sasaki, “Localized field control by plasmonic mode interference”, META 2018 CONFERENCE (The 9th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics), ROUND-TRIP MARSEILLE CRUISE, 2018/6/28 (招待講演)

6. 関連特許(Patent)

なし