

課題番号 : F-21-HK-0016  
利用形態 : 機器利用  
利用課題名(日本語) : 歪み印加での変調を可能とする量子ドット発光デバイスの作製  
Program Title (English) : Fabrication of the QD photon source controlled by the external stress  
利用者名(日本語) : 野添胡桃, 鳥井純平, 鍛冶怜奈, 足立智  
Username (English) : K. Nozoe, J. Torii, R. Kaji, S. Adachi  
所属名(日本語) : 北海道大学大学院工学院  
Affiliation (English) : Faculty of Engineering, Hokkaido University  
キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置, 膜加工・エッチング, 形状・形態観察, 量子ドット, 応力変調

## 1. 概要(Summary)

近年, 量子ドット(QD)中のスピン自由度の利用研究が量子情報処理・スピントロニクス分野で注目されている。QD での長い正孔スピンコヒーレンスを活用するには, 外部歪みなどによる価電子帯混合の制御が重要である。本研究では外部歪みによる正孔 g 因子制御を目指し, 圧電素子を用いた歪み印加構造の作製を行なった。この構造は歪誘起の核四極子相互作用の変調にも応用できる。

## 2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】 超高精度電子ビーム描画装置 125KV (ELS-F125-U), 反応性イオンエッチング装置 (RIE-10NRV), ICP 高密度プラズマエッチング装置 (RIE-101iHS), プラズマ CVD 装置 (PD-220ESN), 多元スパッタ装置 (QAM-4-ST), ヘリコンスパッタリング装置 (MPS-4000C1/HC1), 電子ビーム蒸着装置 (EB-580S), 超高分解能走査型電子顕微鏡 (SU8230), 電界放射型走査型電子顕微鏡 (JSM-6700FT), レーザ一頭微鏡 (VK-9700/9710)

【実験方法】 分子線エピタキシー法で GaAs(111)A 基板上に液滴成長した GaAs/Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As QD 試料を用い, 歪み変調型発光デバイスを作製する。ナノピラー加工を施した QD 成長膜を圧電素子表面に蒸着した金属電極に圧着することで, QD 層に外部歪みを加える。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig.1. (a)に本実験で作製したナノピラーの SEM 画像を示す。ナノピラー作製には, SiO<sub>2</sub> 成膜と HSQ スピンコート, 電子ビーム描画, エッチング, マスクリムーブ工程を含む。設計値 [直径 700 nm, 長さ 2.75 μm]に対し, 実際のピラーの直径が 720 nm, 長さが~2.7 μm となり, 概ね設計通りに作製できている。同 Fig.1. (b)は, 圧電素子 [PMN-PT]表面に膜厚 100 nm/3 nm の Au/Cr 電極を蒸着し, その上にナノピラーを分散転写した様子をレーザ

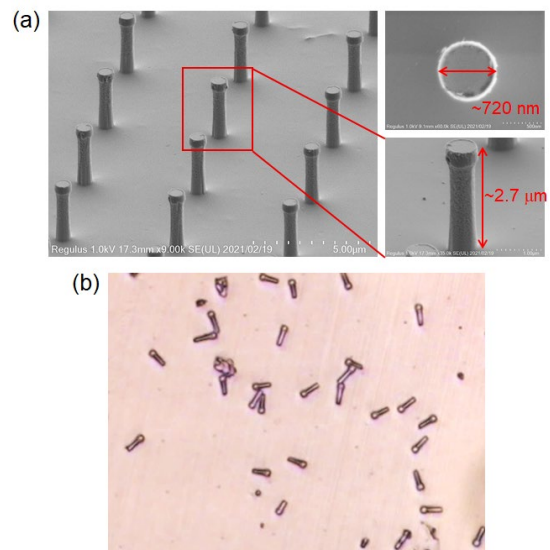


Fig.1 (a) SEM image of QD nano-pillars. (b) Nano-pillars on Au/Cr thin film electrodes deposited on the surface of PMN-PT.

一頭微鏡で観察した像である。電極の平坦性は良好であり, 個々のナノピラーを識別することができる。試料表面に HSQ をスピンコートし, 側面からの歪み伝播も促したところ, 外部歪みによって発光エネルギーがシフトを確認できた。

## 4. その他・特記事項(Others)

- ・ JSPS KAKENHI 基盤研究(C)20K0381200
- ・ 北大電子研ナノテクノロジー連携推進室 小田島聡博士の技術指導に厚く感謝いたします。

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

- (1) 野添胡桃 他, 第 57 回応用物理学会北海道支部学術講演会 (2022 年 1 月 8-9 日, オンライン).
- (2) S. Yamamoto et al., Jpn. J. Appl. Phys. **60**, SBBH07/1-4 (2021). (DOI: 10.35848/1347-4065/abd709)

## 6. 関連特許(Patent)

なし