

課題番号 : F-18-HK-0023  
 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) : 石田太郎, 松崎亮典, 鍛冶怜奈, 足立智  
 Username (English) : T. Ishida, R. Matsusaki, 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、量子ドット、応力変調

## 1. 概要(Summary)

近年、量子情報分野への応用を目指し、量子ドット(QD)中のスピン自由度に対する研究が精力的に行なわれている。QDによる長い正孔スピンコヒーレンスを量子ビットとして活用するには、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、圧電素子を用いた外部歪み印加構造の作製を行なった。

## 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(ELS-F125), 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), 高分解能電界放射型走査型電子顕微鏡(JSM-6700FT)

【実験方法】 分子線エピタキシーによるGaAs(111)A基板上での液滴成長 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した。QD 成長膜に電子ビーム描画(ELS-F125)とドライエッチング(RIE-10NRV, RIE-101iHS)を施し、φ500 nm, 長さ2.5 μmのピラーを作製した(Fig.1)。プラズマCVD(PD-220ESN)によりピラー表面を膜厚50nmのSiO<sub>2</sub>層で覆い、ピラーを(001)-[Pb(Mg<sub>1/3</sub>Nb<sub>2/3</sub>)O<sub>3</sub>]<sub>0.72</sub>-[PbTiO<sub>3</sub>]<sub>0.28</sub>(PMN-PT)圧電素子上に転写し圧着した。PMN-PT 圧電素子に電場

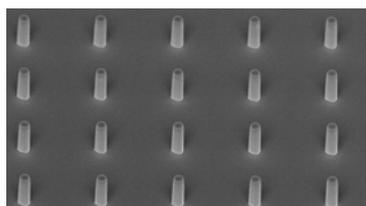


Fig.1 GaAs/Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As/GaAs(111)A pillar array. A diameter and a height of pillars, and a lattice constant of the array structure are 500 nm, 2.5 μm, and 5 μm, respectively.

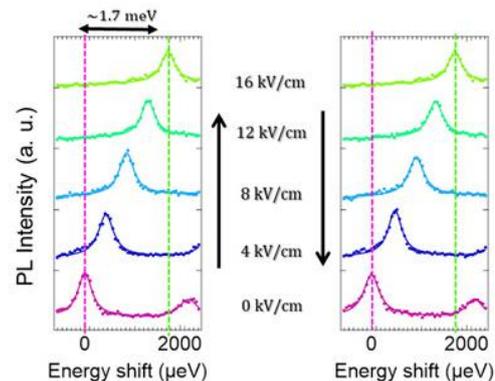


Fig.2 PL spectra of GaAs/Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As QD with biaxial strain at 30 K.

を印加することで素子面内に圧縮歪みが生じ、素子に圧着されたピラーに応力を加えることが可能となる。試料表面にはHSQをスピンコートし、側面からの歪伝播も促した。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig.2に電場印加によるQD発光エネルギーの変化を示す。PMN-PTに電場を印加するとPMN-PT面内に圧縮歪みが生じQDに応力が印加される。印加電場が増大(応力が増大)するに従いQD発光エネルギーは高エネルギー側にシフトし(Fig.2左)、印加電場を減少させると元の状態に戻る(Fig.2右)。このように、QD発光エネルギーの可逆的な変調により、応力印加が可能である事が示された。

## 4. その他・特記事項(Others)

JSPS KAKENHI 挑戦的研究(萌芽)17K19046

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

- (1) 石田太郎 他, 第54回応用物理学会北海道支部学術講演会, 平成31年1月5日.
- (2) 石田太郎 他, 第66回応用物理学会春季学術講演会, 平成31年3月11日.

## 6. 関連特許(Patent)

なし。