二層積層 InAs 量子ドットへのキャッピングレート制御による発光長波長化

Emission wavelength extension of bi-layer InAs quantum dots by controlling the capping rate

和歌山大シス工　○(M1)奥野 光基，祝出 航佑，尾崎 信彦
Wakayama Univ. ○Koki Okuno, Kosuke Iwaide, and Nobuhiko Ozaki
E-mail: ozaki@wakayama-u.ac.jp

【はじめに】近赤外光は光通信や生体イメージングなど様々な分野で利用されている。これらの応用に必要な、特定の波長帯に対応した近赤外光源へのニーズはますます高まっており、特に小型・集積化可能な半導体材料で様々な波長帯光源を開発することは重要である。そのため我々は、GaAs 基板上自己組織化 InAs 量子ドット(QD)による近赤外光源の開発を行ってきた[1]。InAs-QD は通常約 1.2 μm の発光中心波長を示し、QD サイズや組成などを調整することで、単一材料でありながら様々な発光中心波長への制御が可能という特長がある。その一例として、二層積層(bi-layer)法[2]による発光長波長化がある。これは、二層の QD を近接積層することで、下層の QD(seed-QD)から伝播する歪が上層の QD(active-QD)のサイズ増大を誘発し、発光を長波長化させる手法である。当研究室では、seed-QD の成長条件最適化による active-QD のサイズ増大を報告している[3]が、QD サイズ増大に伴う発光長波長化に飽和傾向が生じるという課題があった。一方、単層 QD を GaAs 層で埋め込む際の成長レート(Capping Rate: CR)の増加が、発光長波長化に寄与することを確認しており[4]、この効果を二層積層 QD に適用すべく、本研究では、二層積層 QD への CR に対する発光波長依存性を調べた。

【実験手法】サンプルは分子線エピタキシー法により GaAs 基板上に作製した。seed-および active-QD への InAs 供給量は、それぞれ 2.3、2.6 ML とし、成長レートはともに 0.05 ML/s とした。seed-および active-QD を埋め込む GaAs 層の CR を 0.3–1.0 ML/s の範囲で変化させたサンプルを作製し、CR に対する光学特性の変化を室温でのフォトルミネッセンス(PL)測定により評価した。

【結果と考察】Fig. 1 に CR を変化させたサンプルから得られた PL スペクトルを示す。CR の増加に伴い、active-QD からと考えられる最大発光ピーク波長が長波長側へシフトし、CR が 1.0 ML/s のサンプルからは約 1326 nm の発光ピーク波長が得られた。これは、CR の増加に伴い QD が埋め込まれるまでの時間が短縮されたことで、埋め込み時の QD からの In 拡散量が減少し、QD のサイズ低下が抑制された結果と考えられる[4]。Fig. 2 に発光ピークエネルギーと発光ピーク強度の CR に対する変化を示す。発光ピーク強度は CR 1.0 ML/s の強度で規格化している。CR の増加に伴い、発光長波長化だけでなく、発光ピーク強度が増加する傾向が確認できた。この理由として、CR 増加による QD からの In 拡散減少が、QD と埋め込み層との界面における欠陥導入を抑制し、非発光中心が減少した可能性が考えられる。これらの結果から、二層積層 QD への CR 増加による発光長波長化かつ高輝度化の可能性が示された。

【謝辞】本研究は、科研費(20H02183)、高等教育機関コンソーシアム和歌山の研究助成を受けた。

[1] N. Ozaki et al., Nanomater. Nanotechnol. **4**, 26 (2014). [2] E. Clarke et al, J. Phys.: Conf. Ser. **107**, 012003 (2008). [3] N. Ozaki et al, J. Cryst. Growth **378**, 553 (2013). [4] 王 涛他、 第 67 回応用物理学会春季学術講演会 12p-D215-9 (2020).

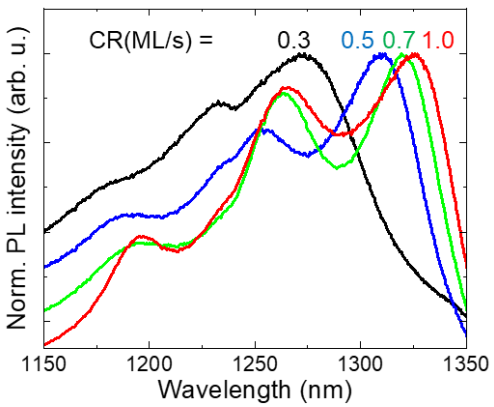

Fig. 1 PL spectra obtained from bi-layer QDs capped with a GaAs layer grown with various CRs.

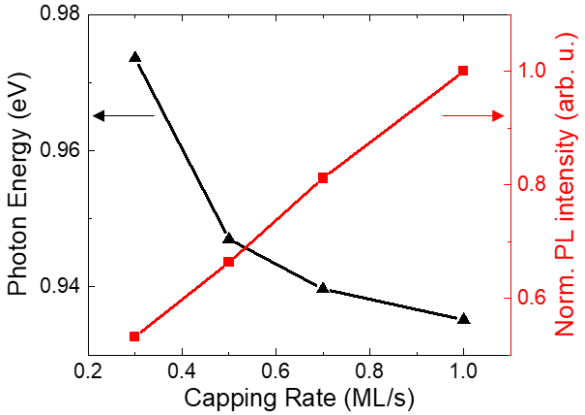

Fig. 2 PL peak energy and intensity variations as a function of CR.

© 2023年 応用物理学会