

As₂分子線を用いて成長した InAs 量子ドットへの GaAs キャップによる構造変化

Deformation of InAs QDs grown using As₂ molecular during GaAs capping

和歌山大シスエ¹, NEC², 物材機構³

○(M2) 林 佑真¹, 尾崎 信彦¹, 大河内 俊介², 池田 直樹³, 杉本 喜正³

Wakayama Univ.¹, NEC², NIMS³

°Y. Hayashi¹, N. Ozaki¹, S. Ohkouchi², N. Ikeda³, Y. Sugimoto³

E-mail: ozaki@sys.wakayama-u.ac.jp

【はじめに】光通信分野や生体・医療イメージング技術において、波長 1 μ m 帯の近赤外光の利用が進みつつあり、当該波長帯の広帯域光源の需要が高まっている。我々はこれまで、分子線エピタキシー(MBE)法により GaAs 基板上に自己組織的に成長した InAs 量子ドット(QD)を用いた近赤外 (1.2~1.3 μ m 帯) 広帯域光源の開発を行っており、この InAs-QD の発光中心波長を 1 μ m 帯に短波長化した広帯域光源開発を目指してきた[1]。その中で、InAs-QD 成長時に用いる As 分子線種を As₄ から As₂ に変えた場合、QD 発光波長が短波長化すること、さらに成長中断時間によって短波長化の程度を制御できることを見出した[2]。しかし、As 分子線種の違いによる発光波長変化のメカニズムは未解明であった。前回、GaAs キャップ層による QD 埋め込み過程の RHEED 観察結果から、埋め込み QD の高さが As₂ を用いて成長した方が低い可能性があることを報告した[3]。そこで今回、透過型電子顕微鏡法(TEM)による断面観察を行って QD のサイズ比較を行い、As 分子線種の違いによる光学特性変化のメカニズム解明を目指した。

【実験手法】サンプルは MBE 法により *n*-GaAs(001)基板上に成長した。サンプルは、同じ成長条件で作製した InAs QD を 2 層 (PL 評価用の埋込み QD と AFM 評価用の表面 QD) 含んでおり、それぞれの QD を As₂ 分子線と As₄ 分子線により成長した 2 種類のサンプルを作製した。サンプル成長後、一部を薄片化し断面 TEM 観察により As₂, As₄ の分子種を用いて成長した各 QD のサイズを計測、比較した。

【結果と考察】As₂ および As₄ 分子線を用いて成長した埋込み QD からの PL スペクトルを Fig.1 に示す。As₂ を用いた場合は As₄ を用いた場合に比べ発光波長が約 30nm(1215nm から 1186nm)短波長化している。Fig.2 に同じサンプルの断面 TEM 観察像、および、表面 QD (赤矢印) と埋込み QD (白矢印) の高さを計測し纏めたヒストグラムを示す。表面 QD の平均高さは、As₂ を用いた場合 8.6 nm、As₄ を用いた場合 8.1 nm と、As₂ を用いた方が僅かに大きく、この傾向は AFM 観察から得られた結果と一致した。一方、埋込み QD の平均高さは、As₂, As₄ いずれを用いた場合も表面 QD より低く、As₂ を用いた場合 5.9 nm、As₄ を用いた場合 6.2 nm と、As₂ を用いた方がより低くなっていることが分かった。これらの結果は、GaAs キャップ層による QD 埋め込み時に、キャップ層より上に露出する QD 構造が崩れて高さ低減が生じ、その程度が QD 成長時に用いた分子線種により異なることを示している。As₂ 分子線を用いて成長した QD はより大きな高さ低減が発生し、その結果、As₄ 分子線を用いて成長した QD よりも発光波長が短波長化したと考えられる。

(謝辞) 本研究は科研費 (16H03858, 25286052)、テルモ生命科学芸術財団の支援を受けて実施されました。TEM 観察は、筑波大学微細加工 PF 中島清美様、東北大学金属材料研究所大野裕先生にご協力頂きました。

Refs. [1] N. Ozaki et al., *Nanomater. Nanotechnol.* **4**, 26 (2014). [2] 林佑真他、2015 年秋季応用物理学会 13p-PB2-9. [3] 林佑真他、2016 年秋季応用物理学会 15a-P11-5.

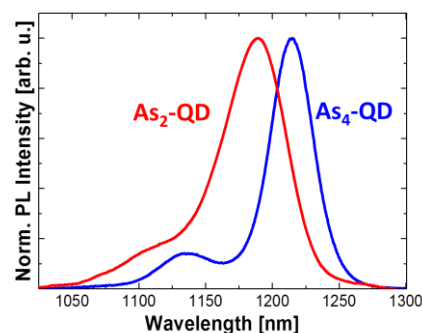


Fig. 1 PL spectra obtained from InAs-QDs grown using As₂ (red line) and As₄ (blue line) sources.

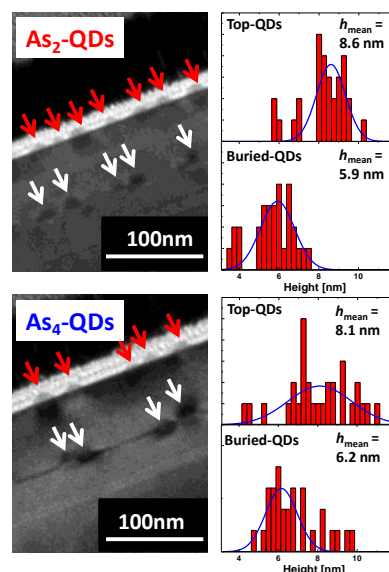


Fig. 2 Cross-sectional TEM images and height histograms of As₂-/As₄-QDs grown on a top-surface (red arrows) and buried in a GaAs layer (white arrows).