

課題番号 : F-18-BA-0014  
利用形態 : 技術代行  
利用課題名(日本語) : FIB 装置を利用した TEM 観察用試料作製  
Program Title (English) : Fabrication of TEM observation samples using FIB  
利用者名(日本語) : 尾崎信彦  
Username (English) : N. Ozaki  
所属名(日本語) : 和歌山大学システム工学部  
Affiliation (English) : Faculty of Systems Engineering, Wakayama University  
キーワード/Keyword : 膜加工・エッチング、TEM 観察用試料、FIB-SEM

## 1. 概要(Summary)

我々は分子線エピタキシー法による半導体量子ドットの成長および発光波長制御技術の開発を行っている。量子ドットの発光波長制御には、成長条件の最適化による量子ドットサイズや歪制御が重要であり、発光波長制御の再現性や有効性を評価するために、量子ドット成長後の構造評価を行う必要がある。特に透過型電子顕微鏡法を用いた断面構造評価を行う必要があり、そのためのサンプル作製を収束イオンビーム装置により行った。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

FIB-SEM

### 【実験方法】

申請者の所属機関にて、分子線エピタキシー法により GaAs (001) 基板上に InAs 量子ドット(QD)を成長後、異なる2種類のエピタキシャル層にてキャッピングを行った試料を用意した。一つは GaAs にてキャッピングを行ったもので、もう一つは InGaAs にてキャッピングを行ったものである。これらの基板から FIB にて切り出し加工を行い、埋め込まれた QD の断面観察が可能となるように厚さ約 50 nm の TEM 用薄膜試料とした。剥片化した試料を透過型電子顕微鏡法(TEM)にて観察を行った。なお、試料への電子線入射方向が[1-10]方向となるようにそれぞれのサンプルを切り出した。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1 に断面 TEM 像の例を示す。GaAs 基板上に成長した QD を、異なる種類のキャッピング層(GaAs および InGaAs)でエピタキシャルに埋め込んだ際の断面画像から、量子ドットのサイズを統計的に計測した。その結果、GaAs でキャッピングを行った QD は、平均高さが約 7 nm

となり、一方 InGaAs でキャッピングしたものは約 11 nm と、GaAs でキャッピングした QD の方がサイズ(高さ)が小さくなる傾向があることが分かった。この傾向は、キャッピング層成長時に QD 中の In 原子が拡散し、QD 高さが減少した結果と考えられる。また、それぞれの QD からの発光特性を評価すべく、室温でフォトルミネッセンス測定したところ、GaAs キャッピングした QD の方が発光波長が短波長となり、TEM で計測されたサイズ変化の傾向と相関することが分かった。

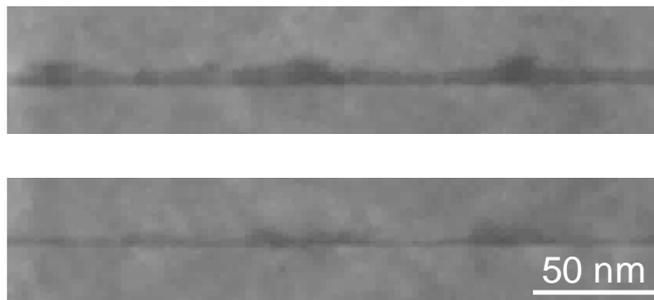


Fig. 1 Cross-sectional TEM images of the buried QDs capped with an In<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As layer (upper) and a GaAs layer (lower).

以上から、QD の発光波長制御に関わる成長条件の最適化に関する情報を得ることができた。今後、この情報を基に所望のデバイス応用に利する QD 成長を行っていく。

## 4. その他・特記事項(Others)

なし。

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

(1) D. Ikuno, T. Wang, N. Okada, and N. Ozaki, Compound semiconductor week (CSW2019) submitted.

## 6. 関連特許(Patent)

なし。