

GaAs 傾斜基板上に多重積層させた自己形成 InGaP/InGaP 量子細線状構造

Multiple stacking of self-organized InGaP/InGaP quantum wire-like structure

grown on misoriented GaAs (100) substrate

日本電信電話 (株) NTT フォトニクス研¹, 大阪市大大学院工学研究科²○満原 学¹, 渡邊則之¹, 横山春喜¹, 重川直輝²NTT Photonics Labs., NTT Corporation¹, Grad. School of Eng., Osaka City Univ.²○M. Mitsuhashi¹, N. Watanabe¹, H. Yokoyama¹, and N. Shigekawa²

E-mail: mitsuhashi.manabu@lab.ntt.co.jp

【はじめに】我々は、ヒ素フリー材料である歪 InGaP/InGaP MQW を Si をボトムセルとするタンデム型太陽電池のトップセルに応用することを検討している。前回、基板に(011)方向を水平方向から傾けた GaAs(100)傾斜基板を用いることにより、(100) just 基板の場合に比べて室温 PL 発光強度が増加することを報告した[1]。今回、我々はこの GaAs 傾斜基板上の歪 InGaP/InGaP MQW について、透過電子顕微鏡 (TEM) を用いた断面観察を行い、量子細線状の構造が多段にわたり安定して自己形成されていることが分かったので報告する。

【実験】試料は、原料に TMIn, TEGa, PH₃ を用いた MOMBE により基板温度 515°C で成長した。試料は、圧縮歪の InGaP 井戸層を引張歪の InGaP 障壁層で挟んだ構造を多重積層させ、この上下を InGaP 層で挟んだ構造である。基板には、(011) 方向を水平方向から傾けた GaAs (100) 傾斜基板と GaAs (100) just 基板を用いた。

【結果】10°オフ基板上に成長した試料では、同じ条件を用いて成長した(100) just 基板上の試料に比べて約 10 倍の室温 PL 発光強度が得られた。Fig.1 (a), (b)は、この (100) just 基板と 10°オフ基板上に成長した試料の断面 TEM 像を示している。図中、暗い領域が InGaP 井戸層、明るい領域が InGaP 障壁層に相当する。(100) just 基板上の試料は、井戸層と障壁層の界面が平坦であり、組成が急峻に変化した MQW 構造となっており、貫通転位などの結晶欠陥は見られない。一方、オフ基板上では、成長面内で InGaP 障壁層に周期的な起伏が発生し、この起伏を埋めるように InGaP 井戸層が成長した量子細線状の構造が自己形成されていることが分かった。障壁層における起伏は、6 層目の障壁層から明瞭に表れ、これ以降の障壁層では形状を保持したまま多段に安定して形成されている。詳細に見ると、この量子細線状の構造は(100) 方向から 12° 傾いた方向に沿って配列しており、障壁層の起伏は(100) 面から 16° と 18° 傾いた 2 つのファセットから構成されている。傾斜角度や層構成を変えた実験から、この配列方向と起伏の形状は固定ではなく、変化させることも可能なことが分かった。したがって、この量子細線状の構造は、その形状制御も可能である。

(100) just 基板上の試料では、断面 TEM 像では結晶欠陥は見られないにも関わらず PL 発光強度が弱いことから、井戸層と障壁層の界面における点欠陥の発生が考えられる。一方、傾斜基板上の試料では、上記のような量子細線状の構造となるために成長表面におけるステップの密度が増加する。傾斜基板上の試料で PL 発光強度が増加する要因として、このステップが界面の形成に影響を与え、点欠陥の発生を抑制していることが考えられる。

謝辞 本研究では、JST-CREST 「太陽光を利用した独創的クリーンエネルギー生成技術の創出」の支援を受けた。

<参考文献> [1] 満原他 :2014 年春季応用物理 17a-E11-10.

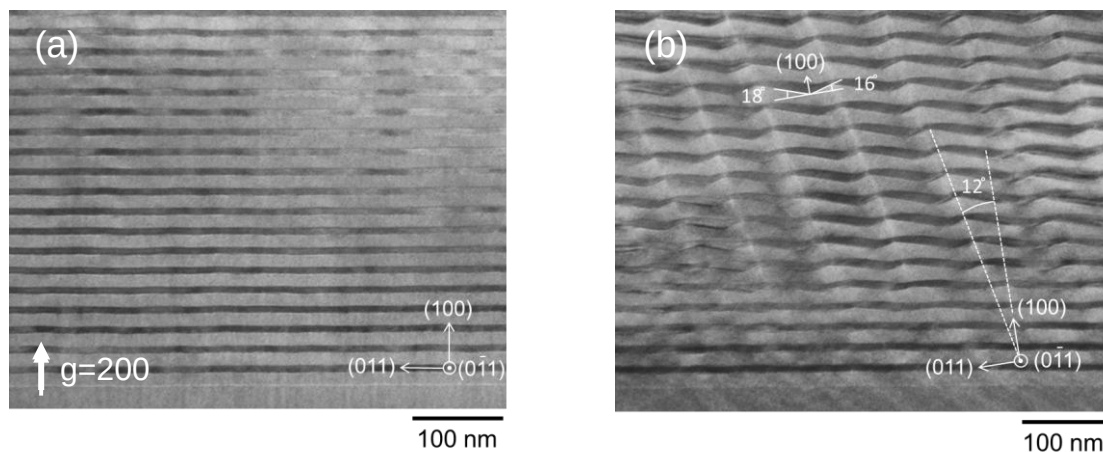


FIG. 1. (0-11) cross-sectional TEM images of samples grown on (a) GaAs (100) just substrate and (b) GaAs (100) substrate misoriented 10° towards (011).