

近接積層 InAs/GaAs 量子ドットの GaAs スペース層膜厚と成長温度による広帯域偏光特性制御 (2)

Broadband control of polarization characteristics in closely-stacked InAs/GaAs quantum dots by growth temperature and thickness of GaAs spacer layer (2)

○海津 利行^{1,2}、田尻 祐介¹、喜多 隆¹ (1. 神戸大院工、2. 神戸大研究基盤セ)

○T. Kaizu^{1,2}, Y. Tajiri¹, and T. Kita¹ (1. Grad. Sch. of Eng., Kobe Univ., 2. CSREA, Kobe Univ.)

E-mail: kaizu@crystal.kobe-u.ac.jp

はじめに 光情報通信の利用帯域の拡大に向けて、波長 1.0~1.3 μm 帯で動作する量子ドット(QD)光増幅器の開発が進められている。その作製技術として、発光波長の制御および偏光特性の制御による Transverse magnetic(TM)成分の増強が重要である。我々はこれまで、GaAs スペース層の成長温度変化と QDs の多重近接積層を組み合わせ、1.1~1.3 μm にわたる広帯域での偏光特性制御を実現している[1, 2]。今回、1.2 μm 帯および 1.3 μm 帯発光の近接積層においてスペース層膜厚条件を検討し、強い発光強度を保ちつつ、TM 偏光成分が増強される積層成長の手法を確立した。

実験 分子線エピタキシーを用いて GaAs(001)基板上に GaAs バッファ層を成長した後、基板温度 480 $^{\circ}\text{C}$ で InAs QDs (2.0 分子層(ML))を形成した。初層の GaAs スペース層(d_1)を基板温度(T_s)430、460 $^{\circ}\text{C}$ でそれぞれ 7、5 nm 成長した後、2 層目以降の InAs QDs (1.4 ML)と GaAs スペース層($d_s=4$ 、5 nm)を交互に成長し、最後に GaAs 層(100 nm)でキャップした。これらの試料の室温におけるフォトルミネセンス(PL)および偏光 PL (励起波長 659 nm、励起強度 1 mW)を測定した。

結果と考察 図 1 に、 $T_s=430$ $^{\circ}\text{C}$ 、460 $^{\circ}\text{C}$ で成長した 30 層近接積層 QDs および単層 QDs の(-110)劈開面における偏光 PL スペクトル、表 1 に単層 QDs に対する近接積層 QDs の室温における表面 PL ピーク強度比を示す。 d_1 は、それぞれの T_s における初層の QDs の埋め込み後の高さより 1 nm 厚い膜厚で、 d_s を 4 nm および 5 nm に変化させている。すべての近接積層 QDs で、成長方向に平行な TM 偏光成分の発光強度が成長方向に垂直な transverse electric(TE)成分に比べて増大しており、積層 QDs の電子的結合によって重い正孔と軽い正孔のミキシングが生じている[3]。 d_s を厚くすると、 $T_s=430$ $^{\circ}\text{C}$ では高い TM/TE 強度比を保ちつつ、発光強度が約 10 倍増大しているのに対して、 $T_s=460$ $^{\circ}\text{C}$ では発光強度はほとんど変化せず、TM/TE 強度比が著しく減少している。これは、低い T_s では、In-Ga インターミキシングの抑制によって QDs の高さが増大するため、厚い d_s においても QDs 間の電子的結合が保たれる一方で、強い格子歪による積層欠陥が低減されたものと考えられる。したがって、スペース層成長温度に応じて初層および 2 層目以降のスペース層膜厚を変化させることで、強い発光強度を示す広帯域の偏光特性制御が可能である。

[1] A. Takahashi *et al.*, Phys. Rev. B, **87**, 235323 (2013).

[2] 海津他, 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 16a-B9-10 (2016).

[3] Y. Ikeuchi *et al.*, Appl. Phys. Express **4**, 062001 (2011).

表 1 単層 QDs に対する 30 層近接積層 QDs の室温における表面 PL ピーク強度比。

	$T_s=430$ $^{\circ}\text{C}$	$T_s=460$ $^{\circ}\text{C}$
$d_s=4$ nm	0.023	0.64
$d_s=5$ nm	0.22	0.66

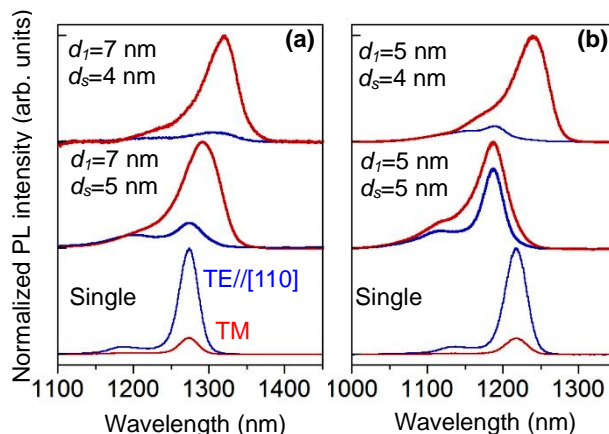


図 1 30 層近接積層 QDs および単層 QDs の(-110)劈開端面偏光 PL スペクトル ((a) $T_s=430$ $^{\circ}\text{C}$ 、(b)460 $^{\circ}\text{C}$).