

InAs/Al_xGa_{1-x}As 量子ドットにおけるキャリアの熱活性特性Thermal carrier activation properties in InAs/Al_xGa_{1-x}As quantum-dots

神戸大院工 °朝日 重雄, 寺西 陽之, 笠松 直史, 加田 智之, 海津 利行, 喜多 隆

Kobe Univ. °S. Asahi, H. Teranishi, N. Kasamatsu, T. Kada, T. Kaizu, and T. Kita

E-mail: 118t803t@stu.kobe-u.ac.jp

【はじめに】次世代の高変換効率太陽電池として量子ドット (QD) 中間バンド型太陽電池が注目されている。中間バンド型太陽電池では価電子バンドから中間バンドに励起されたキャリアを光励起によってさらに伝導バンドに励起する必要があるが、この 2 段階光励起過程の途中で何らかの理由で中間バンドからキャリアが脱出してしまうと、本来期待されている中間バンドによる変換効率向上の効果が下がる。量子ドット中間バンド型太陽電池の課題の一つである低い開放電圧は、中間バンドに励起されたキャリアが熱またはトンネル効果により抜け出すことが原因である。このようなキャリアの脱出を抑制するためには、ホスト結晶にワイドバンドギャップ半導体を用いることでキャリアの閉じ込めを強くすることが必要である[1]。我々は Al_xGa_{1-x}As でキャップした InAs QD を用いてキャップ層のバリア高さを制御した。InAs/Al_xGa_{1-x}As QD からのキャリア脱出特性を詳細に調べることによって、中間バンド型太陽電池特性に対するキャリア脱出の影響を明らかにすることを目的に研究を行った。

【実験】基礎的なキャリアの熱活性特性を明らかにするために、単層の InAs/Al_xGa_{1-x}As QD を固体ソース分子線エピタキシーにより作製した。GaAs(001)基板上に Al_{0.1}Ga_{0.9}As を 50nm 成長し、その上に InAs QD を 2.0ML 成長、さらにその上に Al_{0.1}Ga_{0.9}As キャップ層を 50nm 成長した。基板温度は InAs QD 成長前が 550℃とし、InAs QD 成長以降では 480℃と 490℃の 2 種類の試料を作製した。試料構造を図 1 に示す。また、比較として QD に GaAs でキャップした試料も成長した(QD 成長以降の基板温度 480℃)。フォトルミネッセンス(PL)スペクトルは 659nm 励起で、200~300 K で測定した。

【結果】300K で測定した PL スペクトルを図 2 に示す。基板温度 480℃の InAs/Al_{0.1}Ga_{0.9}As QD の PL ピーク波長は比較用の GaAs キャップした試料よりも長波長化しているのに対し、490℃の試料では、ほぼ同じピーク波長となった。図 3 に PL 強度の試料温度依存性を示す。温度依存性から見積もった熱活性化エネルギーは基板温度 490℃で成長させた試料の方が大きくなっており、熱脱出が抑制できていることを示している。講演では発光特性やキャリアダイナミクスの詳細を明らかにして、太陽電池動作に及ぼす影響について議論する。

【参考文献】[1]F. K. Tutu, P. Lam, J. Wu, N. Miyashita, Y. Okada, K.-H. Lee, N. J. Ekins-Daukes, J. Wilson and H. Liu: Appl. Phys. Lett. 102, 163907 (2013)

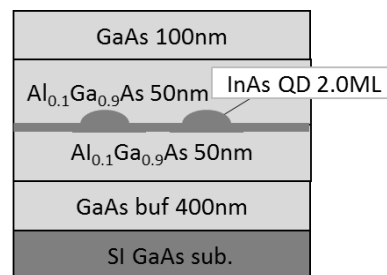


図 1 試料構造

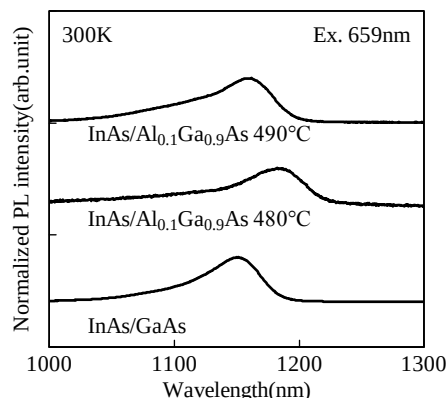


図 2 PL スペクトル測定結果

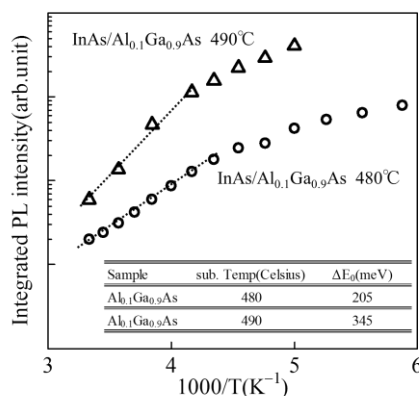


図 3 PL 強度温度依存性