17p-E11-4

自己形成GaAsナノホールを用いた近接積層InAs量子ドットの発光特性

Photoluminescence properties of closely stacked InAs quantum-dots on self-formed GaAs nanoholes

電気通信大学 先進理工学専攻　°山下 博幸, 高橋 佑太, 山口 浩一

Univ. of Electro-Communications, °Hiroyuki Yamashita, Yuta Takahashi, Koichi Yamaguchi

E-mail：hiroyukiyamashita@crystal.ee.uec.ac.jp

はじめに　量子ドット(QD)間に電子的な結合状態を有する結合 QD 構造は量子情報処理などへの応用が期待されている。結合 QD の作製法として近接積層成長法があるが、QD 間のスペーサ層厚を薄くすると、スペーサ層の隆起や積層 QD の形状変化など構造制御が難しくなる。本研究では GaAs 層で埋め込まれた InAs QDs の直上のみにナノホールが自己形成されることを見出し[1]、この上に InAs QDs を成長させた完全結合型の近接積層 InAs QDs 構造（Fig.1）の成長手法を提案した[2]。これまで、その成長過程と発光特性について調べ、ナノホール上への確率的な取り込み過程や PL 発光スペクトルの狭線化について報告した[2]。今回は、その PL スペクトルの励起光強度依存性および時間分解 PL 特性を調べ、この結合 QD 構造における発光機構について検討を加えたので報告する。

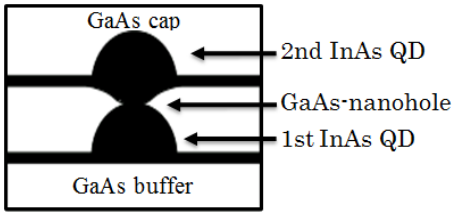

Fig.1. Schematic diagram of closely stacked InAs-QDs on self-formed GaAs nanohole.

実験　MBE によって、GaAs(001)基板上に基板温度 590℃で GaAs buffer 層を成長後、低成長速度(0.035ML/s)・低 As 圧(3×10^{-7} Torr)・基板温度 500℃の成長条件で InAs QDs を 2.6ML 成長させた。その後 450℃で GaAs cap 層を 10nm 成長し、As 雰囲気中において 500℃で 5 分間アニール処理を行うことで GaAs ナノホールを自己形成した。ナノホールを自己形成後、1 層目の QD と同様の条件で 2 層目の QD をナノホール上に 0～3.4ML 積層成長させ、460℃で GaAs cap 層を 100nm 成長した。また、試料の発光スペクトルと蛍光寿命を 15K において顕微 PL によって測定した。

結果・考察　Fig.2(a)に近接積層 QD 構造の強励起状態の PL スペクトルを示す。高エネルギー側に複雑なサブピークが多数観測され、これらは 1 層目と 2 層目のそれぞれの QDs からの基底準位および励起準位からの発光の混在したスペクトルを示した。Fig.2(b)に各準位における蛍光寿命を示す。1 層目 QD の基底準位からの発光は、単層 QD の基底準位における蛍光寿命(～1 ns)よりも長く、1.6 ns を示した。これは QD 間におけるキャリアのトンネル輸送に起因しているものと考えられる（Fig.3）。以上のように、本研究の近接積層 InAs QDs 構造では、ナノホールを介して QD が直接結合しているにも関わらず、それぞれの QD にキャリアが量子閉じ込め状態にあることが分かった。

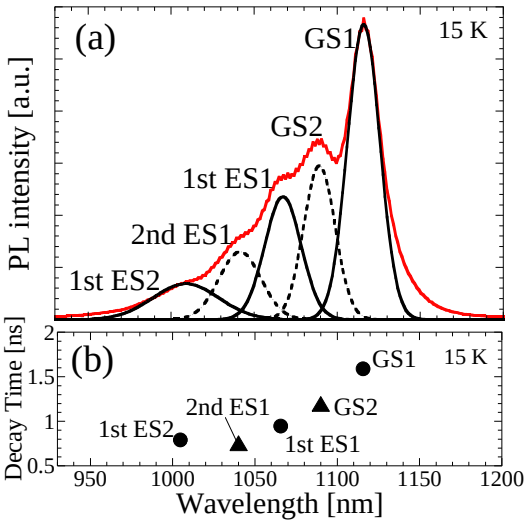

Fig.2. PLspectra (a) and decay time (b) of closely stacked InAs-QDs with 3.4 ML.

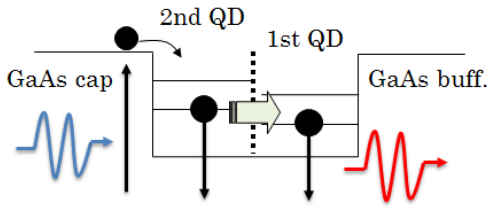

Fig.3. Schematic diagram of carrier transfer between closely stacked InAs-QDs.

[1] T. Satoh and K.Yamaguchi : Jpn. J. Appl. Phys,44 (2005) 2672.

[2] N.Tsukiji and K.Yamaguchi : J.Cryst.Growth,301-302(2007)849-852

© 2014 年　応用物理学会