

量子井戸幅の揺らぎによる CdTe 無歪ドットの作製および PL スペクトル Fabrication of CdTe Strain-Free Dots Due to the Fluctuation of the Quantum-Well Width and Their Photoluminescence Spectrum

○内海 駿人¹、坂本 圭祐¹、金澤 研¹、黒田 真司¹、

Alban Lafuente-Sampietro^{1,2}、Lucien Besombes²、Hervé Boukari²

(1. 筑波大院数理工物質、2. CNRS ネール研究所)

○H. Utsumi¹、K. Sakamoto¹、K. Kanazawa¹、S. Kuroda¹、

A. Lafuente-Sampietro^{1,2}、L. Besombes²、H. Boukari²

(1. Institute of Materials Science, University of Tsukuba, Tsukuba, Japan

2. CNRS, Institut Néel, Grenoble, France)

E-mail: s1520392@u.tsukuba.ac.jp

1. Introduction これまで、自己形成ドット中に遷移元素である Mn [1]、Co [2]、Fe [3] または Cr の原子 1 個を含む系が作製され、これら単一磁性スピンの振る舞いが明らかにされてきた。自己形成ドットは下地との格子不整合により面内の大きな 2 軸性の格子歪みを伴うため、合成軌道角運動量 $L \neq 0$ である磁性スピン (Co^{2+} , Fe^{2+} , Cr^{2+}) はその影響を強く受け、準位の分裂が生じる。単一磁性スピンに対する格子歪みの影響に関して相補的な議論を行うためには、無歪ドット (strain-free dots: SFD) での研究が必要となる。本研究では、CdTe/CdMgTe 量子井戸において、CdTe 井戸層の膜厚の原子層程度の揺らぎにより、励起子を面内に局在化させることで零次元閉じ込め可能な構造を SFD として作製した。このような構造では格子不整合率が非常に小さいため、ドットに生じる歪みは十分小さいと考えられる。

2. Experimental Fig. 1 に試料構造の模式図を示す。CdTe SFD 試料は分子線エピタキシー装置を用いて作製した。まず平坦であり、かつ格子緩和した CdTe 表面を得るために、GaAs(001)基板上に CdTe 緩衝層を 2 μm 成長した。次に $\text{Cd}_{0.7}\text{Mg}_{0.3}\text{Te}$ 障壁層を 40 nm 成長した。そして膜厚を正確に制御するために、Cd と Te の分子線を交互に照射することで 1 原子層ずつ結晶成長を行う原子層エピタキシー法を用いて、CdTe 井戸層を 4.0 ないし 4.5 ML 成長した。最後に $\text{Cd}_{0.7}\text{Mg}_{0.3}\text{Te}$ 障壁層を 90 nm 成長した。また、単一ドットからの発光を観測するために、顕微 PL 測定 (測定温度 5 K) を行った。

3. Results Fig. 2 に顕微 PL 測定で得られた多数のドットからの発光スペクトル、および内挿図として単一のドットからの発光スペクトルを示す。CdMgTe 障壁層からの発光は 2200 meV 付近のピークに対応する。CdTe 井戸層からの発光は、井戸幅の設計値 (4.5 ML) に対応するエネルギー (1950 meV) を中心とするブロードな発光ではなく、1800 - 2100 meV の範囲で個々の局在状態に束縛された励起子からの多数の鋭い発光線のみが観測された。また内挿図のスペクトルでは、高エネルギー側のピークから、中性励起子(X)、正帯電励起子(X^+)、負帯電励起子(X^-)、励起子分子(XX) と同定される。X および XX が 2 つのピークに分裂しているのは、ドットのもつ異方的な形状により、2 重縮退のブライト励起子 ($| \pm 1 \rangle$) の混成 ($(| +1 \rangle \pm | -1 \rangle) / \sqrt{2}$) が生じたためであると考えられる [4]。



Fig. 1 Sample structure

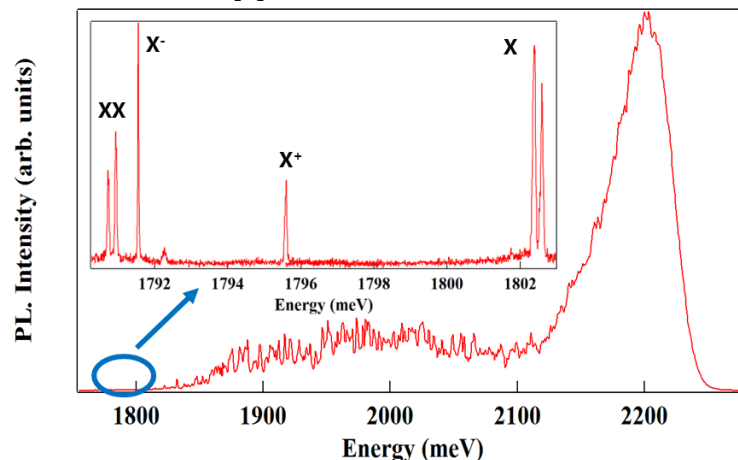


Fig. 2 Micro-PL spectrum at 5K of a SFD sample (CdTe QW: 4.5ML). Inset: Single-dot spectrum at 5K of the same sample.

[1] L. Besombes *et al.*, PRL **93**, 207403 (2004) [2] J. Kobak *et al.*, Nat. Commun. **5**, 3191 (2014)

[3] T. Smoleński *et al.*, arXiv: 1505.06763 (2015) [4] L. Besombes *et al.*, J. Cryst. Growth **214**, 742 (2000)