

単一の Cr 原子を含む CdTe 自己形成ドットの作製と光学特性評価

Fabrication and optical characterization of CdTe self-assembled dots containing a single Cr atom

筑波大数理物質¹, CNRS ネール研² ◯有野 雅史¹, 森田 真衣¹, 牧田 憲治¹, 黒田 眞司¹,
V. Tiwari², H. Boukari², L. Besombes²

Inst. Mater. Sci., Univ. Tsukuba¹, CNRS Institut Néel²

◯M. Arino¹, M. Morita¹, K. Makita¹, S. Kuroda¹, V. Tiwari², H. Boukari², L. Besombes²

E-mail: s1920363@s.tsukuba.ac.jp

1. Introduction 半導体量子ドット中に導入した単一の磁性スピンを制御し、メモリ等への応用を目指す研究が行われてきている。我々は導入する磁性原子として Cr に着目し、CdTe 自己形成ドットに Cr を添加した系の光学特性を調べている。これまでに、単一のドットからの発光を捉える顕微フォトルミネッセンス(PL)測定によって、単一 Cr イオンと量子ドット中に束縛された励起子との交換相互作用を表す発光線の分裂[1]などを報告してきた。しかし現在の課題として、このような Cr 原子 1 個を含むドットが非常に僅かにしか見つからないという点がある。そこで本研究では CdTe ドット層の積層において、Cd と Te の分子線供給方法や供給比を変化させて試料を作製し、これらの積層条件で光学特性がどのように変化するかを調査することで、単一 Cr 原子を含むドット試料の作製に適した条件の探索を行った。

2. Experimental CdTe 自己形成ドット試料は分子線エピタキシー法により作製した。ZnTe (001)面上に Cd と Te の分子線の交互供給 (原子層エピタキシー法: ALE 法) または同時供給 (以降はこちらを MBE 法と呼ぶ) によって CdTe 層を積層し、いわゆる S-K モードによりドットを自己形成させた。CdTe 層の積層中に供給する Cr 分子線量を調節することにより、ドットあたり 1 個の Cr 原子を含むドット試料の作製を試みた。Cr 添加量は、供給した Cr 分子線がすべて結晶中に取り込まれる仮定の下で算出した CdTe 中の Cr 組成の値で表し、0.001~0.1%の範囲で変化させた。これらの試料に対して PL 測定を行い、試料の光学特性を評価した。

3. Results Fig.1 に各条件で作製した試料において、広い範囲からの発光を検出した PL スペクトルを示す。(a)の ALE 法によって作製した試料では、2.0-2.1 eV 付近のドット中励起子からの発光は Cr を 0.1% 程度まで添加しても比較的強いものの、顕微 PL 測定においては Cr 原子 1 個の入ったドットはごく僅かしか検出されなかった。MBE 法による作製では、Cd と Te の分子線の同時供給において Te 分子線過剰と Cd 分子線過剰の 2 つの条件で作製し、発光特性を比較した。(b)の Te 過剰の条件で作製した試料では、0.001%程度の非常に低い Cr 組成においては強いドットからの発光が見られたが、Cr 組成が 0.002% 以上に増加すると発光強度は急激に低下した。一方、(c)の Cd 過剰の条件では、0.06%とより高 Cr 組成でも比較的強い発光が見られた。以上のような発光強度の Cr 添加量による変化の違いから、CdTe 層の積層条件によって Cr の結晶への取り込まれ方が異なっていることが示唆される。一つの要因として、ALE 法と MBE 法を比較すると、成長速度の遅い ALE 法では Cr 添加量が多くなると安定相である六方晶系の CrTe 化合物が生じ易く、それが発光特性に影響する可能性が考えられる。詳細は講演で議論する予定である。

Reference [1] A. Lafuente-Sampietro *et al.*, PRB **93**, 161301 (2016).

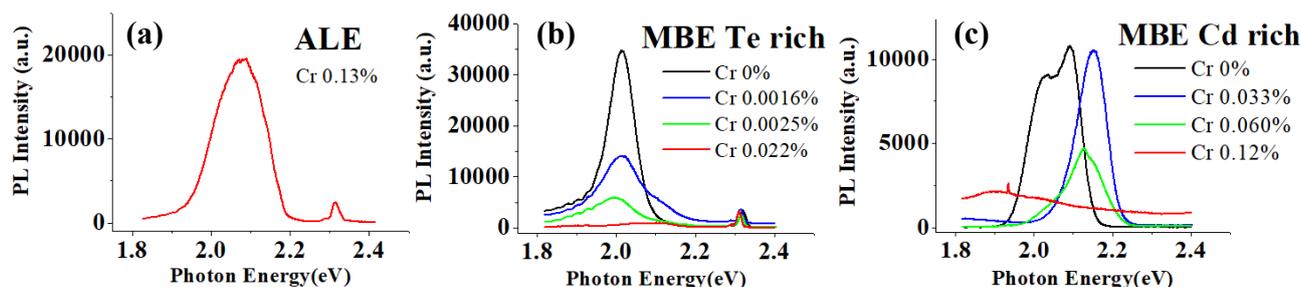


Fig. 1 PL spectra from Cr-doped CdTe dot samples.

CdTe layers were grown by (a) ALE (b) MBE in Te-rich condition (c) MBE in Cd-rich condition.