

単一の Cr 原子を含む CdTe 自己形成ドットの作製および発光スペクトル

Fabrication of CdTe self-assembled dots containing a single Cr atom and luminescence spectra

○内海 駿人¹、中澤 文生¹、金澤 研¹、黒田 眞司¹、Alban Lafuente-Sampietro^{1,2}、Lucien Besombes²、Herve Boukari²

(1.筑波大院数理物質、2.CNRS ネール研究所 半導体ナノ物性グループ)

○H. Utsumi¹, F. Nakazawa¹, K. Kanazawa¹, S. Kuroda¹, A. Lafuente-Sampietro^{1,2}, L. Besombes², H. Boukari²

(1.Institute of Materials Science, University of Tsukuba, 2.CEA-CNRS group Nanophysics and Semiconductors, Néel Institute, CNRS)

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

1. Introduction 半導体ドット中に単一の磁性スピンを含む系が注目を集めている。そのような系では磁性スピンの制御によるメモリなどへの応用が期待され、研究が行われている。これまで、ZnTe 上に自己形成された CdTe ドット中に 3d 遷移元素の Mn [1] ないし Co [2] の原子 1 個を添加した試料が作製され、単一のドットからの発光測定により、励起子と単一の磁性スピンとの相互作用による準位の分裂、および磁性スピンの緩和などのダイナミクスが明らかにされている。遷移元素のうち Mn や Co は核スピンを有し、d 電子スピンとの間の超微細相互作用がスピン緩和の一因になると考えられている。本研究では、天然に存在する約 9 割の同位体が核スピンを持たない Cr に着目し、超微細相互作用の影響が少なく、より長い緩和時間が期待できる系における励起子と磁性スピンの振舞いの解明に向けて、Cr の単一原子を含む CdTe 自己形成ドットの作製を行った。

2. Experimental CdTe 自己形成ドット試料は分子線エピタキシー装置を用いて作製した。ドット層の膜厚を精密に制御するために、ドット層の作製には 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た。さらに、ドットの自己形成促進のため CdTe 層表面への Te の着脱処理を行った [3]。また、ドットへの Cr 原子の添加量を変化させるため、Cr セル温度を 900~975°C の範囲で調節した。Cr 添加に伴う磁気光学特性の変化を観測するために、磁場中でマクロ領域のフォトルミネセンス (PL) 測定 (測定温度 4.2K) を行った。また、単一ドットからの発光を観測するために、高屈折率の固浸レンズを試料表面に載せ、顕微 PL 測定 (測定温度 5K) を行った。

3. Results Fig.1 に Cr 添加ドット試料 (Cr セル温度 925°C) のマクロ PL 測定により得られた磁場中の発光スペクトルを示す。磁場印加に伴い、 σ^- 円偏光成分の発光強度が σ^+ 成分に比べて増加し、また内挿図に示すように円偏光度が上昇していることから、励起子と Cr スピンとの相互作用による巨大ゼーマン分裂が発現していると考えられる。Fig.2 は、同一の試料における顕微 PL 測定で得られた単一のドットからの発光スペクトルを示す。5 本の鋭い発光線が現れているのは、励起子と単一の Cr スピンとの交換相互作用により発光線が分裂した結果であり、各発光線は Cr の d 電子スピンの成分 $S_z = 0, \pm 1, \pm 2$ の各準位に対応していると考えられる。各発光線の強度の違いおよび偏光依存性については、講演で議論したい。

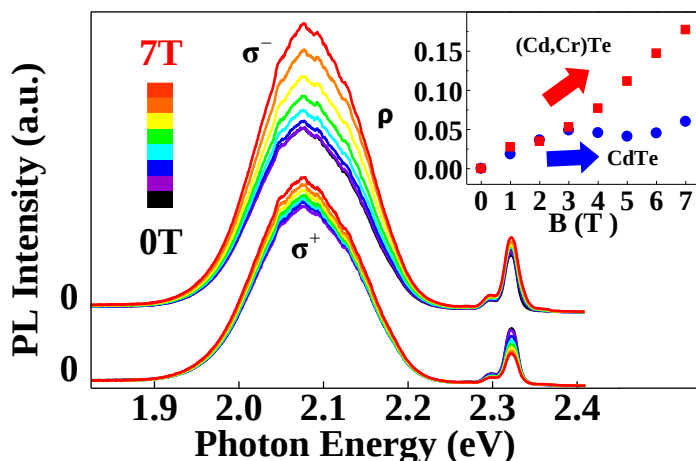


Fig.1 Macro-PL spectra of a (Cd,Cr)Te dot sample (Cr cell temperature 925°C) for the σ^+ and σ^- circular polarizations under magnetic fields from 0 to 7T at 4.2K. Inset: the degree of circular polarization defined as $\rho = (I_- - I_+) / (I_- + I_+)$, where I_- and I_+ represent the intensity of the σ^- and σ^+ circular polarization.

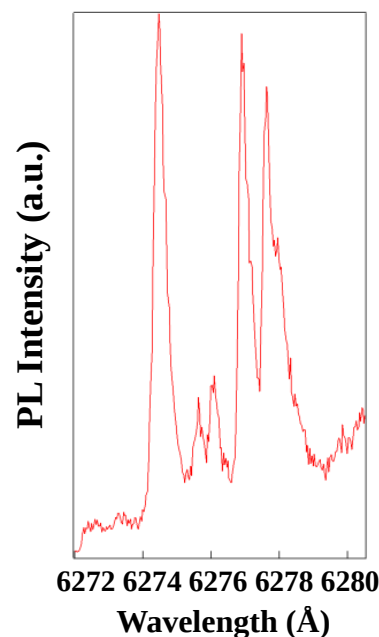


Fig.2 Micro-PL spectrum at 5K of the same dot sample as in Fig.1.

[1] L. Besombes *et al.*, PRL **93**, 207403 (2004).

[2] J. Kobak *et al.*, Nat. Commun. **5**, 3191 (2014). [3] F. Tinjod *et al.*, JAP **95**, 102 (2004).