CdTe 自己形成ドットにおける Cr の電荷揺らぎによる発光スペクトルの分裂
Splitting of emission spectrum due to charge fluctuation of Cr ion in CdTe self-assembled dots

筑波大数理物質 [1]、CNRS ネール研 [2]　○ 牧田 憲治 [1]、有野 雅史 [1]、須永 雅弘 [1]、黒田 眞司 [1]、
A. Lafuente-Sampietro[1,2], H. Boukari[2], L. Besombes[2]
Inst. Mater. Sci., Univ. Tsukuba[1], CNRS Institut Néel[2]
○K. Makita[1], M. Arino[1], M. Sunaga[1], S. Kuroda[1], A. Lafuente-Sampietro[1,2], H. Boukari[2], L. Besombes[2]
E-mail: s1820406@s.tsukuba.ac.jp

1. Introduction　我々はこれまで Cr 原子 1 個を含む CdTe 自己形成ドットを作製し、ドット中の単一 Cr スピンの振舞いを調べ、スピンを制御する手法の開発を目指して研究を行って来た[1]。ドット内部に含まれる Cr は $Cr^{2+}(d^4)$の状態で軌道角運動量 $L=2$、スピン $S=2$ を有し、格子歪に起因してスピンの z 成分 S_z の絶対値に応じた Cr 準位の分裂が生じ、加えてドットに束縛された励起子スピンとの交換分裂の結果、低温では 3 本の発光線に分裂したスペクトルを示す。その一方、最近の研究では、同じく 3 本に分裂した発光線から成るものの、偏光依存性などで全く異なる特徴的な振舞いを示す発光スペクトルが見出されている。これらの特徴は Cr スピンとの交換相互作用では説明できず、ドット外に存在する Cr イオンの価数の揺らぎにより励起子のエネルギーが分裂するというモデルを考えた[2]。

2. Experimental　CdTe 自己形成ドット試料は MBE により作製した。ZnTe (001)面上に Cd と Te の分子線の交互供給(ALE)により CdTe 数原子層を積層し、いわゆる S-K モードによりドットを自己形成させた。CdTe 層の積層中に微量の Cr 分子線を供給し、内部に Cr を含むット試料の作製を試みた。作製した試料に対し、顕微 PL 測定により単一ドットからの発光を観測し、発光線の分裂の有無を調べた。

3. Results　Fig. 1 にドット内部に Cr 原子を含む場合と異なる特徴を示す発光スペクトルの例を示す[2]。中性励起子 X からの発光は 3 本の分裂した発光線から成るが、各々の発光線は直線偏光を示し、図に示すように偏光の方位を変えると発光線の波長が僅かにシフトする。即ち、偏光の方位が互いに直交し、エネルギーの僅かに異なる 2 つの準位から成っていることがわかる。これは内部に Cr 原子を含むドットでは見られない振舞いであり、加えて磁場下での発光においても準位交差[1]が見られないなど、Cr スピンとの交換分裂では説明できない種々の特徴を示す。これらの特徴を説明するため、Cr イオンがドット外部に位置し、その価数の揺らぎによりドット内の励起子エネルギーが変化するというモデルを考えた[2]。Fig. 2 に CdTe/ZnTe ヘテロ構造内の Cr イオンのドナー/アクセプターとしてのエネルギー準位を示す。$Cr^{2+/3+}$のドナー準位および $Cr^{2+/1+}$のアクセプター準位が ZnTe のバンドギャップ中に位置することが先行研究[3]により示されている。このエネルギー配置のもとで、ZnTe 層内に位置する Cr イオンが光励起により生成した電子・正孔を捕獲すると、Cr イオンの電荷状態が Cr^{1+}から Cr^{3+}の間で変化する。この電荷揺らぎにより生じた静電ポテンシャルの変動がドット内部の励起子エネルギーに変化を齎し、発光線の分裂が生じたと考えることができる。発表ではドット内部に Cr 原子を含む場合とスペクトルの振舞いを比較しつつ議論を進める予定である。

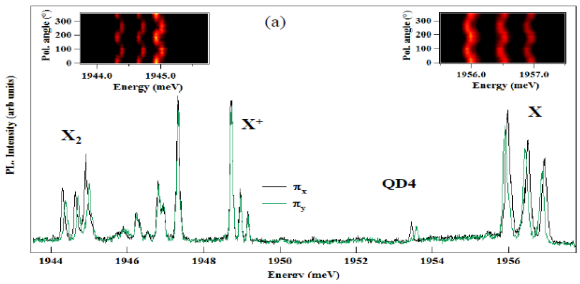

Fig.1 Linearly-polarized PL spectrum exhibiting different behaviors from the dot sample containing Cr inside the dot.

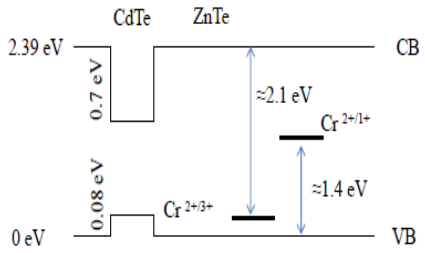

Fig.2 Energy configuration of donor and acceptor levels of Cr^{2+} in ZnTe.

References[1] A. Lafuente-Sampietro *et al.*, PRB **93**, 161301 (2016), PRB **95**, 035303 (2017), PRB **97**, 155301 (2018). [2] L. Besombes *et al.*, *submitted*. [3] J. Dziesiaty *et al.*, Z. Phys. Chem. **201**, S63 (1997).