

CdTe 自己形成ドット中の Cr の荷電状態の ESR による検出

Probe of the charge states of Cr ions in CdTe self-assembled dots

筑波大数理物質¹, CNRS ネール研² [○]井上 智貴¹, 安藤 舜¹, 稲井 聡志¹, 塩川 凜人¹,

丸本 一弘¹, H. Boukari², L. Besombes², 黒田 真司¹

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

[○]T. Inoue¹, S. Ando¹, S. Inai¹, R. Shiokawa¹, K. Marumoto¹, H. Boukari², L. Besombes², S. Kuroda¹

E-mail: s2120318@s.tsukuba.ac.jp

1.Introduction エレクトロニクスの微細化の進展に伴い、ナノ構造中の単一スピンの振る舞いが注目を集め、その制御を目指した研究が行われている。私たちは、これまで CdTe 自己形成ドット (SAD) に遷移元素の Cr 原子 1 個を含む試料を作製し、ドット中の励起子との相互作用を通じて単一 Cr スピンの振る舞いを明らかにしてきた [1]。CdTe 中の Cr 原子は通常 Cd サイトを置換し 2 価のイオン Cr^{2+} になると考えられ、ドット中に Cr 原子 1 個が含まれると、単一の Cr^{2+} スピン ($S = 2$) との相互作用により励起子発光スペクトルは、複数の発光線に分裂する。しかしながら、実際に作製した Cr 添加の CdTe SAD 試料において、そのような発光スペクトルは観測されるものの、その割合は非常に低い。加えて、これまでに作製した SAD 試料の中には、 Cr^{2+} ではなく、1 価のイオンである Cr^+ スピンとの相互作用による分裂と考えられるスペクトルも観測されている [2]。このように、添加した Cr 原子はさまざまな形で取り込まれている可能性があるため、本研究では我々は CdTe ドット中での Cr の状態を調べることを目的として、電子スピン共鳴 (ESR) 測定を行った。Cr 添加の CdTe SAD 試料、および薄膜試料に対して ESR 測定を行い、Cr イオンの異なる価数の状態 (Cr^{2+} , Cr^+)、あるいは置換サイト以外の状態 (Cr-Te 化合物など) を判別することを試みた。

2.Experimental Cr 添加 CdTe SAD および薄膜試料は MBE により作製した。GaAs(001) 基板上に堆積させた ZnTe 表面に CdTe:Cr 層を積層し、S-K モードによりドットを自己組織化させた。ESR 測定には X バンド (9.4GHz) を用いた。

3.Result Fig.1 にドット試料の室温での ESR 測定結果を示す。310mT 付近の大きなシグナルは、Cr を含まない CdTe SAD および薄膜試料でも観測されており、Cr 由来ではなく CdTe 中の何らかの欠陥に起源を持つと考えられる。一方、Cr 添加試料 A2 で観測された 280mT, 330mT 付近のシグナル (それぞれ信号 S1, S2 とする) は、ドット中の Cr によるものである。Fig.2 に、試料 A2 の極低温 (4K) における、疑似太陽光の光照射下の光励起 ESR 測定の結果を示す。図に示すように、Cr を含む試料 A2 においては光照射により信号 S2 の強度が非常に大きくなっている。CdTe:Cr バルク結晶に対する光励起 ESR の先行研究 [3] における測定結果と類似していることから、この信号は Cr^+ を起源とするものであり、 Cr^{2+} が光励起により生成した電子を捕獲して Cr^+ に遷移したと考えられる。さらに信号 S2 の形状を詳しく見ると 4 つの細かいピークを有しており、Cr の安定同位体である ^{53}Cr (存在比 9.5%) の核スピン $I = 3/2$ との超微細相互作用による分裂と考えられる。一方、信号 S1 の方は、ESR スペクトルの磁場の印加方向依存性より Cr^{3+} を起源に持つと考えられる [4]。詳細は、講演で報告する予定である。

References

[1] A. Lafuente-Sampietro *et al.*, PRB **93**, 161301 (2016). [2] V. Tiwari *et al.*, PRB **104**, L041301 (2021). [3] M. Godlewski *et al.*, pss(b) **97**, 281 (1980). [4] M. Z. Cieplak *et al.*, pss(b) **70**, 323 (1975).

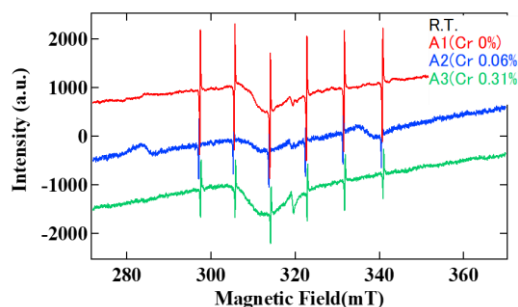


Fig1. ESR spectra at room temperature of SAD samples with different Cr contents.

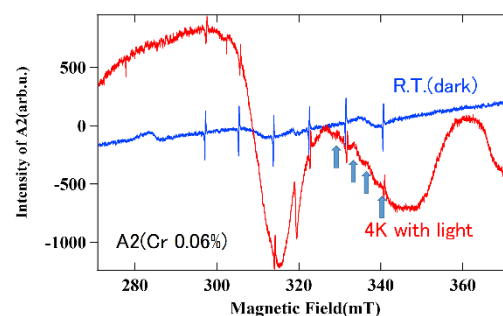


Fig2. Photo-excited ESR spectrum of A2 at 4K.