

MBE による (Cd, Mn) Te 自己形成ドット作製における発光特性の改善 Improvement of optical properties of (Cd,Mn)Te self-assembled dots grown by MBE

筑波大院数理物質¹, ○古田 敦¹, 中澤 文生¹, 金澤 研¹, 黒田 眞司¹
Grad. School of Pure & Appl. Sci., Univ. Tsukuba¹, Atsushi Koda¹, Fumio Nakazawa¹,
Ken Kanazawa¹, Shinji Kuroda¹, E-mail: s-koda@ims.tsukuba.ac.jp

【はじめに】II-VI 族ベース希薄磁性半導体の(Cd,Mn)Te の量子ドットにおいては磁気ポーラロン効果の増大[1]や単一 Mn スピンの振舞い[2]などの特異な現象が明らかにされている。母体の CdTe ドットの作製は格子不整合基板上へのヘテロエピタキシーにおける自己形成により可能であるが、Mn を高濃度に添加した(Cd,Mn)Te ドットの作製は容易ではなかった。我々はこれまで GaAs(001) 基板上に厚さ 0.7 μm 程度の ZnTe 緩衝層を積層し、その表面上への(Cd,Mn)Te の積層によりドット作製を試みてきたが[3]、ZnTe 緩衝層の厚さが十分でなく、S-K モードによるドットの自己形成で Mn 組成が高く強い発光を保つドットの作製は困難であった。そこで今回我々は ZnTe 緩衝層を厚くして、GaAs との格子不整合による歪が完全に緩和された ZnTe 表面上に(Cd,Mn)Te を積層することで、高い Mn 組成と強い発光を両立したドット作製を試みた。また並行して ZnTe 基板を用いたドット試料の作製も行った。

【実験】結晶成長は MBE により行い、基板として GaAs(001)または ZnTe(001)単結晶を用いた。GaAs 基板の場合は ZnTe 緩衝層を従来の 0.7 μm より厚い 4 μm 積層し、その上に(Cd,Mn)Te を 7.5ML 積層してアモルファス Te の着脱を行う手法[4]によりドットの自己形成を促進した。Mn の分子線供給量は Cd に対して一定の割合 Mn/Cd=0.03 に保ち、基板温度 T_s は 240~330 $^{\circ}\text{C}$ の間で変化させた。ZnTe 基板の場合は、ZnTe 層を 0.7 μm 積層した上に同様の手法でドットを作製した。いずれの場合も光学測定用の試料はドット表面に ZnTe キャップ層を約 30nm 積層し、ファラデー配置で磁場中の PL 測定を行った。

【結果】まず、GaAs 基板上に作製した Mn を添加していない CdTe ドットでは、ZnTe 緩衝層の厚さを 0.7 μm から 4 μm に増加させることで PL 発光強度は大幅に増加し、下地層によるドットの光学特性の改善が確認された。Fig.1 は ZnTe 緩衝層の厚さが 4 μm の場合に Mn/Cd=0.03, $T_s=300^{\circ}\text{C}$ で成長した(Cd,Mn)Te ドットの磁場中 PL で、2.05eV 付近のピークがドットに束縛された励起子からの発光で、1.7~1.9eV および 2.1eV 付近のピークは ZnTe 層からの発光と考えられる。Fig.2 に同じ Mn/Cd=0.03 で T_s の異なる値で成長したドットからの発光エネルギーの磁場によるシフト及び Brillouin 関数によるフィッティングとその結果得られた有効 Mn 組成 x_{eff} を示す。このように GaAs 基板上の ZnTe 緩衝層を厚くすることで、Mn 添加量が多い場合でも比較的強い発光が得られ、また、ZnTe 基板を用いた場合も同様の結果となり、下地層による発光特性改善の効果が明らかになった。

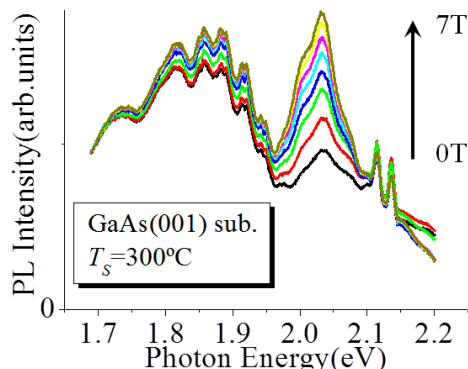


Fig.1 PL spectra at 2K of (Cd,Mn)Te self-assembled dots grown on GaAs substrate at Mn/Cd=0.03 and $T_s=300^{\circ}\text{C}$.

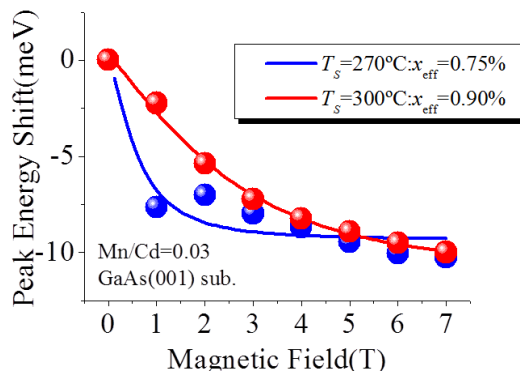


Fig.2 The shift of PL peak energy against magnetic field of (Cd,Mn)Te self-assembled dots grown on GaAs(001) substrate.

[1] Y. Terai *et al.*, APL **76**, 2400 (2000). [2] L. Besombes *et al.*, PRL **93**, 207403 (2004).

[3] 中村 他、第 59 回 応用物理学関係連合講演会 17p-DP7-2 (2012). [4] F. Tinjod *et al.*, JAP **95**, 102 (2004).