

氏名(本籍)	寺井慶和(京都府)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第2339号
学位授与年月日	平成12年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	工学研究科
学位論文題目	自己組織化によるCdTe及びCd _{1-x} Mn _x Te量子ドット構造の作製と光物性研究
主査	筑波大学教授 工学博士 瀧田宏樹
副査	筑波大学教授 理学博士 大成誠之助
副査	筑波大学教授 工学博士 川辺光央
副査	筑波大学助教授 博士(理学) 有馬孝尚
副査	筑波大学講師 理学博士 黒田眞司

論文の内容の要旨

本論文は、II-VI族半導体CdTeおよびそれにMnを加えた希薄磁性半導体であるCd_{1-x}Mn_xTeの自己組織化ドットの作製ならびにその光物性に関する著書の研究を纏めたものである。格子不整合系でのエピタキシャル成長において歪みを利用した自己組織化ドットの作製は、ナノメートルサイズの量子ドットが比較的容易に出来ることから、III-V族半導体において盛んに研究されているが、II-VI族での研究例は少なく、Te化合物であるCdTeやMnなど磁性元素を含む希薄磁性半導体での自己組織化ドットの作製の報告例は本研究に至るまではなかった。著書は分子線エビタキシー(MBE)によりZnTe(100)面上にCdTe及びCd_{1-x}Mn_xTeを成長し、自己組織化ドットの作製に成功し、作製したドットの光学・磁気光学特性を詳細に研究した。特に後者のCd_{1-x}Mn_xTeドットにおいては、希薄磁性半導体の量子ドットの磁気光学特性に関する研究として初めて定量性に言及できる知見を得ることができ、励起子が0次元に束縛されることにより磁気ポーラロン形成の効果が顕著に増大することを実験的に明らかにした。

本研究で得られている主要な結果は以下のように纏められる。

1. CdTe自己組織化ドット

GaAs(100)基板上に成長したZnTe面上に、原子層エビタキシーの手法により、CdTeを積層させ、積層膜厚が3.5原子層に達すると、直径20nm、高さ2.7nm程度の大きさの比較的均一なドットが高密度($\sim 10^{11}\text{cm}^{-2}$)に作製できることを見出した。

ZnTeキャップ層で覆った埋め込みCdTeドットに対し、フォトルミネッセンス(PL)測定により、ドットに束縛された励起子からの発光を観測した。PL発光特性を様々な角度から調べ、特に発光寿命の温度依存性から励起子の0次元性を示す結果を得た。

2. Cd_{1-x}Mn_xTe自己組織化ドット

CdTeドットの場合と同じく原子層エビタキシーの手法により、Cd_{1-x}Mn_xTe自己組織化ドットの作製を行った。Mn組成10%以下の範囲で、CdTeドットと同程度のサイズ、密度のドット構造が作製できることを示した。

同じく埋め込み $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ ドットのPL測定を行い、PL発光エネルギーがMn組成の増加に伴い系統的にシフトすることから、実際にMnが含まれたドット中の励起子からの発光であることを確認した。またスペクトルは2つの発光線からなるダブルピーク構造をなすことを見出し、その2つの発光線の温度・励起光強度・磁場に対する依存性を詳細に調べ、2つの発光線のうち低エネルギー側の発光線は特異な振舞いを示すことを見出した。その振舞いは0次元励起子において磁気ポーラロン形成の効果が顕著に増大した結果であるとして解釈できることを示した。

審査の結果の要旨

格子不整合系の成長における自己組織化島状成長という手法を希薄磁性半導体 $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ に適用してナノスケール量子ドット試料を作製し、その磁気光学特性を明らかにしようとする、先駆的な研究である。MBEの成長条件をさまざまに変えて成長を行うことによって、最も均一かつ高密度のドットが成長する条件を根気よく検索した結果、論文要旨に記したような結果を得ることが出来た。このように作製したドットからのPL発光の特性を様々な角度から詳細に研究し、その結果特に $\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ ドットからの発光スペクトルの振舞いが、これまでの常識とは異なり極めて特異であることを膨大なデータから疑問の余地なく示している。またその特異な振舞いを定性的に説明するモデルとして、励起子が0次元に束縛されることにより、磁気ポーラロン形成の効果が著書に増大しているという、新しい猫像を提唱している。

希薄磁性半導体量子ドットの磁気光学特性という物理的にも応用的にも興味を持たれる新しいテーマに対し、自己組織化ドットが実験的研究の対象として極めて有用であることが本研究によって示されており、本研究で明らかにされた知見が学問的に高い価値を持つというだけでなく、今後この分野の発展へ寄与することが期待できるという点でも高く評価できる研究であると言える。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。