

主 論 文 要 旨

報告番号	甲 第 号	氏 名	杉本 義明
主 論 文 題 目 :			
近接場光学顕微鏡を用いた半導体量子ドットにおける局所摂動の可視化			
(内容の要旨)			
<p>半導体量子ドットは電子・正孔の三次元閉じ込めにより量子力学的効果が顕著に発現するナノ構造体である。量子ドット中では電子のエネルギー準位が原子のように完全に離散化するため、人工原子とも呼ばれる。量子ドットを用いて古典的な素子にはない重ね合わせ状態やもつれ合い状態を実現し、量子情報処理に向けたいくつかの応用が提案されている。例えば、量子コンピュータに必要な量子2準位系として量子ドット中の電子スピンを用いたものが提案されており、その場合、状態の読み出しには荷電励起子からの発光の検出が用いられる。また量子暗号通信におけるもつれ合い状態の生成には、励起子分子からの緩和において異なる励起子状態を経由する2つのパスを利用する。量子ドットを実用的なデバイスへ応用する上で問題となるのが、フォノンや外部電荷、不純物などの外乱によるコヒーレンス時間の短縮である。その起源の正確な理解のためには、量子ドットに対する摂動を実空間の波動関数の情報まで含めて詳細に議論することが必要である。</p> <p>量子ドットの成長法としては、自己組織的に高密度の量子ドットを形成するボトムアップによる方法が一般的である。このような成長法では、量子ドットに形状や大きさのばらつきが存在するため、マクロな発光測定では個々の量子ドットの情報が不均一なスペクトル広がりにより埋もれてしまう。しかし近接場光学顕微鏡を用いた測定では、回折限界を越えた微小スポットにより単一量子ドットを対象とした分光が可能である。さらに量子ドットよりも小さい光スポットを用いることができれば、量子ドットに閉じ込められた励起子の波動関数を視覚化することも可能である。本論文では量子ドット内部、ならびに周辺における局所的な摂動を、励起子波動関数のマッピングを通して可視化することに取り組んだ。</p> <p>本論文は全体で7章からなる。第1章は量子ドット研究の意義や応用、ならびに本研究の動機について述べている。第2章では量子ドットのナノ分光解析に必要な半導体量子構造の物理と近接場光学についての説明、及び量子ドットの作製方法と研究状況について述べる。第3章では測定に用いた装置や要素技術について説明する。第4章では近接場光学顕微鏡を用いた量子ドット中の浅いポテンシャルの可視化について述べている。測定で得られた実空間マッピングに対して、数値計算による波動関数の再現を通してモデルの妥当性を評価した。第5章では量子ドット周辺の環境、すなわちドット近傍にトラップされた電子によって発生する局所電場による波動関数の歪みを可視化した。電場のスイッチング時間を計測するため、量子ドット発光に対する相関分光計測もおこなった。第6章では近赤外発光する単一量子ドット分光に向けた近接場プローブ開口の透過効率評価をおこなった。第7章では本論文の結論であり、最後に展望について述べる。</p>			