

## 審査の結果の要旨

氏名 劉洋

本論文は「光援用過程による酸化亜鉛量子ドットの寸法分布制御に関する研究」と題し、全5章からなる。

第1章「序論」では半導体量子ドット(QD)の性質、構造、種類について述べ、それらの製造方法について解説している。次にナノテクノロジーの発展に伴い、QDを用いたナノ寸法のデバイスの開発が進んでいること、さらに、それに用いる微粒子の寸法を制御する必要性が高まっていることを指摘している。その必要性を満たす為、本研究では光と物質との間で発生する近接場相互作用を利用した光援用過程を用いて寸法ばらつきを抑えること、加えて結晶欠陥を除去することを目的とすると述べている。

第2章「ゾル・ゲル法による酸化亜鉛量子ドットの作製」ではQDの材料として頻繁に使われている酸化亜鉛(ZnO)を対象とし、それを安価で簡易に作製する方法としてゾル・ゲル法を取り上げている。まず作製方法について述べた後、実際に作製されたQDの寸法のばらつき、結晶欠陥の存在を、それぞれ電子顕微鏡、分光装置を用いた観測により評価している。これらの結果を対数正規分布曲線によりあてはめ、かつシミュレーションと比較した上で、これらの性能を改善するために光エッチングゾル・ゲル法を提案している。

第3章「光エッチングゾル・ゲル法によるZnO QD寸法分布の制御及び結晶欠陥の改善」では、原料溶液中でゾル・ゲル法によりQDの寸法を増加させる際、外部から光を照射することにより光エッチングを施してQDの成長レートを抑制することを試みている。He-Cdレーザーを光源として用い、溶液中において一定以上の寸法をもつQDの数の割合を減らすことに成功し、一定以上の寸法をもつQDの数の割合を従来の23%から17%へと減少させている。また、シミュレーションと比較し、実験結果の妥当性を主張している。寸法制御の更なる精度向上のための原理限界について計算を行い、11.7%の限界値を導出している。さらに、本手法により結晶欠陥の数も減少させることに成功し、その結果、ZnOのQDからの固有の発光強度が増強され、発光の量子効率が39%に達することを確認している。

第4章「ドレストフォトンフォノン援用ゾル・ゲル法による寸法分布の制御」では、ゾル・ゲル法により作成中の溶液にQDの共鳴波長より長波長の光を入射し、それにより誘起されるドレストフォトンフォノンの効果を用いて、一定以下の寸法をもつQDの成長を促し、その割合を増やすことに成功し、一定以下の寸法をもつQDの数の割合を従来の28%から21%へと減少させている。また、これらの実験結果を理論的に解析している。さらにまたこの制御特性をQD表面の電気二重層の厚さとの関連から考察し、溶液のLi濃度の減少とともにQDの成長率が減少することを見いだしている。

第5章「結論と展望」では本論文のまとめとして、光エッチングを利用した光援用ゾル・ゲル法において中心寸法より大きい寸法分布を制御することに成功し、さらに結晶欠陥も除去することができたこと、さらにドレストフォトンフォノン援用ゾル・ゲル法において中心寸法より小さい寸法分布を制御することに成功したこと、これらを定量的に評価できたと主張している。さらに残された問題と今後の展望についても記している。

以上を要するに、本論文は光援用過程と称する新しい方法により微粒子の寸法のばらつきを著しく減少させることに初めて成功したものであり、電子工学および光加工技術の発展のために寄与するところが少なくない。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。