

Core-Shell Structure Ratio of the Quantum Dots CuGaS₂/ZnS and the Light-Emitting Properties

伊藤 里早

Risa ITOH

電子情報学専攻修士課程 2年

1. はじめに

私は、2017年12月6日～8日に仙台国際センターで開催された、「IDW'17 The 24th INTERNATIONAL DISPLAY WORKSHOP」に参加し、7日に「Core-Shell Structure Ratio of the Quantum Dots CuGaS₂/ZnS and the Light-Emitting Properties」というテーマについて、ポスター発表を行った。

2. 研究背景

コロイド状量子ドット (QDs: Quantum Dots) は、量子力学的特徴を視覚化する物質である。実際に、紫外光を照射すると、量子ドットは様々な色で発光する特性を持つ。発光色は、ナノ結晶の粒子のサイズと関係があり、サイズが大きくなると、その発光色は青色から赤色へと変化する。本研究では、CuInS の中で、クラーク数の低い In をクラーク数の高い Ga と置き換えた CuGaS₂/ZnS の作製を試みた。

3. 研究内容

QDs の作製に、ホットインジェクション法を用いて行った。CuGaS₂/ZnS の QDs 溶液を、Core: Shell=1:0, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, 1:7, 1:8, 1:9, 1:10 で作製した。作製した溶液を、それぞれ分光蛍光光度計を用いて、発光スペクトルの評価を行った。さらに、Energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS) 分析を行い、QDs の評価を行った。また、Transmission electron microscope (TEM) 観察を行い、粒子形態を評価した。

4. Photoluminescence (PL) 測定結果

作製したそれぞれの溶液は、分光蛍光光度計を用いて、PL 測定を行った。測定時の励起波長は、365 nm に設定した。分光蛍光光度計によるスペクトル測定の評価結果を Fig. 1 に示す。

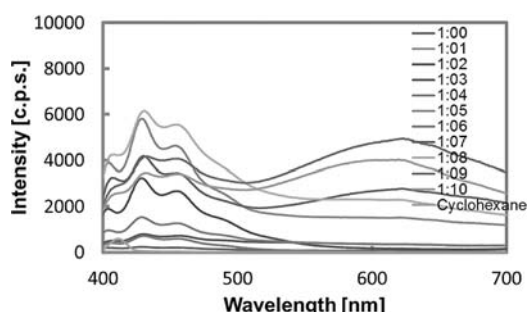


Fig. 1 QDs 溶液の PL 測定結果 (励起波長: 365 nm)

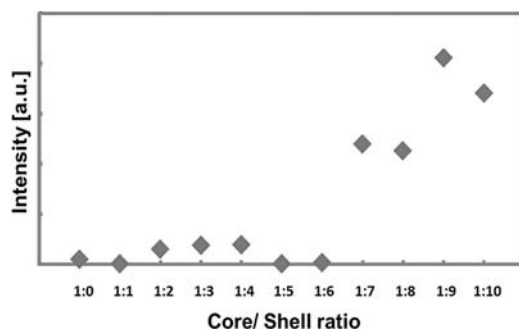


Fig. 2 PL 測定より算出した積分強度

さらに、PL 測定より算出した積分強度のグラフを Fig. 2 に示す。それぞれのグラフより、CuGaS₂/ZnS=1:9 のとき、最も発光が強いことがわかる。また、Fig. 2 のグラフより、シェルの比率が上がるほど積分強度が増加することから、シェルによる量子閉じ込め効果が発光強度に、起因していると考えられる。

5. Energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS) 分析結果

QDs の元素分析を行うために、Scanning electron microscope (SEM) の EDS 分析を行った。それぞ

れの元素の結合エネルギーのスペクトル測定の結果を、Fig. 3 に示す。

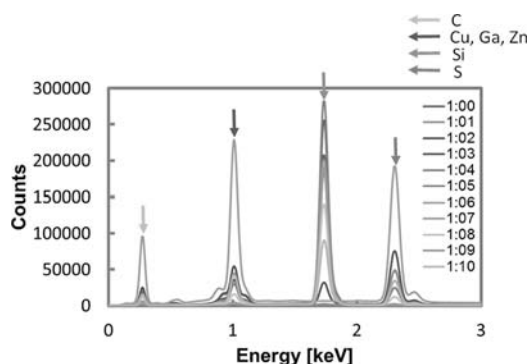


Fig. 3 EDS 分析結果（スペクトル測定）

上図より、QDs に含まれる元素（Cu, Ga, Zn, S）それぞれにおいて、 $\text{CuGaS}_2/\text{ZnS}=1:9$ のとき、最も結合エネルギーが強いことがわかる。この結果より、元素の結合エネルギーが強いことから、発光強度が増加したと考えられる。

6. Transmission electron microscope (TEM) 観察

QDs の粒子形態を評価するために、TEM 観察を

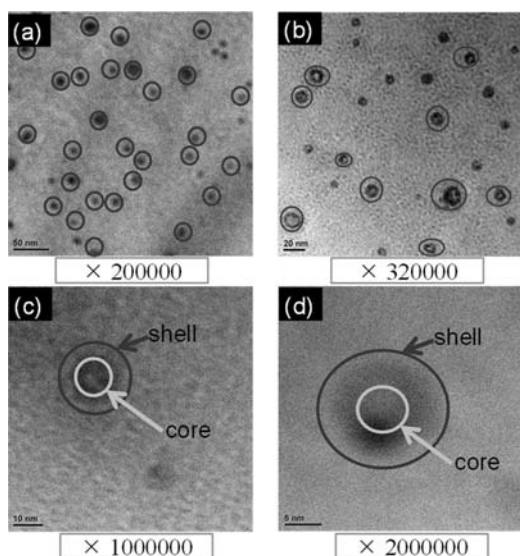


Fig. 4 TEM 画像 ($\text{CuGaS}_2/\text{ZnS}=1:7$)

行った。以下の Fig. 4 に、 $\text{CuGaS}_2/\text{ZnS}=1:7$ のときの TEM 画像を示す。

TEM 画像より、QDs のコアシェル型の様子を観察することが出来た。また、画像からコアの部分の直径を算出したところ、6 nm であった。さらに、コアシェル全体の直径は、12 nm であった。

7. まとめ

今回の研究では、 CuInS の中で、クラーク数の低い In をクラーク数の高い Ga と置き換えた $\text{CuGaS}_2/\text{ZnS}$ の作製を行った。作製した QDs 溶液の PL 測定、EDS 分析及び TEM 観察を行った。PL 測定、EDS 分析の結果より、 $\text{CuGaS}_2/\text{ZnS}=1:9$ のとき、最も結合エネルギーが強いことから、発光強度が増加したと考えられる。また、TEM 観察より、コアの部分の直径が 6 nm、コアシェル全体の直径は、12 nm であった。

8. おわりに

私は、今回初めて国際学会で、ポスター発表をさせていただいた。英語でアブストラクトを書き、ポスターを作成するのは慣れないことが多かったが、大学院生としてとても貴重な経験が出来たと思う。発表時間中は、国籍を問わず多くの方々が、私のテーマに興味を持ってくださり、たくさんの意見や質問をいただくことが出来た。慣れない英語での質疑応答も、経験することが出来てよかった。今回の学会で知り得た知識を多に生かし、今後の研究を発展させたいと考えている。

また、今回の学会発表を行う為に、懇切丁寧なご指導をいただきました山本伸一教授、番貴彦助教、山本研究室の先輩方や、共に協力し合い、励まし合った同期の仲間たちに心より感謝いたします。さらに、夏休みの留学でお世話になりましたカナダのウェスタン・オンタリオ大学の、Heng-Yong Nie 先生に厚く御礼申し上げます。