



半導体の量子井戸など 先端的基礎研究が特色

工学部 材料創造工学科 教授 中西 俊介

研究シーズの概要

物質に電磁波や強い光を当てた時に生じる物質の変化（光学的、電気的变化）を調べる光物性の基礎研究が中心です。レーザーなどを照射して、材料の光学遷移を瞬間的に励起し、その後の変化を解析し新しい材料開発に役立てることや、ポリマー系に色素を加えた光材料の光学位相変化の研究などをこれまで行ってきました。

そうした研究成果を基に、現在は、半導体の量子井戸や量子ドットと呼ばれている電子を閉じこめた状態で起こる光学的特徴の研究分野まで領域を広げています。特に新しい発光材料として注目されているカドミウムセレン（CdSe）という素材の半導体量子ドットの発光特性制御と光学材料への応用について注力しています。CdSe 量子ドットは直径がナノメートル（ $\text{nm}=10^{-9}$ メートル）サイズで、そのサイズや形状を変えれば発光色を変えられるという興味深い性質を有しています。ちなみに、赤色発光のCdSe 量子ドットの直径は17nmほど。しかし、これを直径約5.4nmと約三分の一の大きさにすると発光色は青色に変化します。CdSe 量子ドットの発光は非常に明るいため、切り取った細胞の着色など生体のラベリングに用いられています。これまでの一般的な色素に比べ、細胞質に付着しやすく、物質がどういう分布になっているのかを知る上で重宝されています。

その一方で、CdSe 量子ドットは溶媒などとの相互作用で光が当たっているにも関わらず突然数十秒ほど、発光が止まるなどの欠点もあります。この改善策として、CdSe 量子ドットの粒子の周りに金属粒子を配置し発光状態の安定化を図るなどの研究も進めています。

半導体量子ドットとは

ナノテクノロジーの進展

★ナノメートルサイズ加工による新機能開発（ $\approx 100\text{nm}$ ）
ナノピンセット、LSIの高集積化、メモリーの高密度化

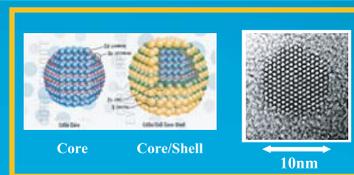
★ナノメートルサイズによる量子効果発現（ $\approx 10\text{nm}$ ）

量子井戸（1次元）、
量子細線（2次元）、
量子箱（3次元）、
量子ドット（メソスコピック）

量子力学的閉じ込め効果による
量子エネルギー、電子状態の制御
により、優れた機能発現を探求

量子ドット (Quantum Dots)

- ・MBE法による作製
- ・化学合成法による作製 (CdSe)



【利用が見込まれる分野】 化学・医薬品、電子部品・デバイス、インテリア、計量器製造分野

研究者プロフィール

中西 俊介 / ナカニシ シュンスケ



メールアドレス nakanish@eng.kagawa-u.ac.jp
所属学部等 工学部
所属専攻等 材料創造工学科
職位 教授
学位 理学博士
研究キーワード 量子エレクトロニクス、光材料、プラズマ、色素、蛍光分析

問い合わせ番号：EN-09-007

本研究に関するお問い合わせは、香川大学社会連携・知的財産センターまで
直通電話番号：087-864-2522 メールアドレス：ccip@eng.kagawa-u.ac.jp

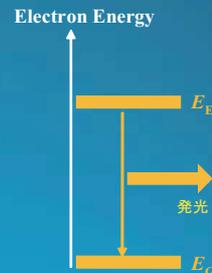
量子コンピューティングの研究

量子コンピュータに応用可能な半導体中の量子電子の基本的動きについての基礎研究も行っています。量子力学の世界では粒子が“あいまいに”（右か左かの一方にあるのではなく、同時に重ね合って）存在しており、そのあいまいさを利用して演算を行うというのが量子コンピュータの概念です。従来のコンピュータでは、「1」か「0」の2つの状態しかありませんが、量子コンピュータでは、その中間の状態も有り得るとし、従来の計算機演算の単位のビットとは区別して量子ビット（キュービット）と呼んでいます。量子コンピュータの特徴は、超並列演算が行えるという点で、実用可能になれば従来方式のコンピュータを遙かに凌ぐ性能が得られるとして期待されています。中西研究室では、「1」と「0」の重ね合せの状態（“あいまいさ”の状態）を出来るだけ長く保持するための研究など、量子コンピューティングに関連する先端的基礎研究も続けています。

CdSe 量子ドットの光学特性(優れた点)

量子閉じ込め効果による優れた発光特性

- (1) ドットサイズによる発光波長の可変性
量子効果により半導体バンド構造が制御可能
- (2) シャープな発光スペクトル
スペクトル純度のよい発光: スペクトル幅 $\approx 30\text{nm}$
- (3) 量子効率の高い発光
電子状態密度の離散化による明るい発光

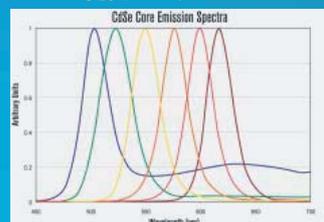


吸収スペクトル



After
Evident Technology Corp.

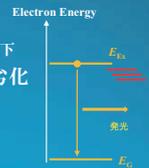
発光スペクトル



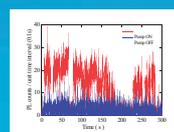
CdSe 量子ドットの光学特性(欠点)

発光特性が環境状態、表面状態に敏感

- (1) 合成法による結晶の不完全性
結晶の表面欠陥、トラップ単位による発光効率低下
- (2) 溶媒などとの相互作用による発光特性劣化
発光のアリンキング現象など
- (3) 高密度化での発光特性変化
共鳴エネルギー移動、ドットの凝集効果



CdSe量子ドットのプリンキング現象



中西研究室では、これら量子ドットの研究のほか、光材料の評価と応用分野での技術レベルを高めており、なかでも色素・ポリマー系のフォントエコー分析ではその技術ノウハウを蓄積しています。また、民間企業に対して誘導体の四光波混合分光、半導体の非線形超高速分光、2光子励起による誘導体の蛍光分光など数々の光分析技術の紹介や共同研究の門戸を開いています。