

コロイド量子ドットと太陽電池応用

久保貴哉*†・玉木浩一*・瀬川浩司*,**

*東京大学先端科学技術研究センター 東京都目黒区駒場4-6-1 (〒153-8904)

**東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻 東京都目黒区駒場3-8-1 (〒153-8902)

† Corresponding Author, E-mail: ukubo@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

(2023年5月1日受付, 2023年6月19日受理)

要 旨

量子閉じ込め効果など量子ドットが示す物性の多様性は、基礎研究の対象としても、機能性材料やデバイス応用などの点からも興味深く、適応領域が多岐にわたる。本稿では、コロイド量子ドットを光電子デバイス材料として用いることを念頭におき、その有用性や高機能化に向けた課題を解説する。また、太陽光フルスペクトル利用に資する広帯域光電変換の可能性など、コロイド量子ドットの特徴を活用した太陽電池応用の現状と今後の展望を紹介する。

キーワード：量子サイズ効果, 赤外光電変換, 広帯域光電変換, 次世代太陽電池

1. はじめに

カーボンニュートラル社会の実現は、世界規模での喫緊の課題である。その課題解決策の一つとして太陽光利用の大規模普及が求められ、従来の太陽電池の設置環境以外にも、狭小地や建物の壁面や低照度環境、さらには移動体など社会の隅々にまで太陽電池(光発電デバイス)を浸透させることは有効である。そのためには、太陽電池の高効率化に加え、軽量化、形状追従性の向上、さらには透過性や色調といった意匠性が重要視されることもあり、多様な特性を有する太陽電池を、安価な方法で作製する必要がある。この点、ウェットプロセスとの相性が良く、温和な条件で作製できる有機金属ハライドペロブスカイト太陽電池や有機薄膜太陽電池の研究開発が加速している。一方、コロイドナノ結晶(以下、コロイド量子ドット)は、数ナノメートルサイズのナノ結晶が溶媒中に均一分散したもので、量子閉じ込め効果など量子ドットが示す物性の多様性は、基礎研究の対象から、光吸収や発光が組成や量子サイズ効果を活用した機能性材料やデバイス応用など、適応領域が多岐にわたる。本稿では、コロイド量子ドットの特徴を活用した太陽電池の現状と今後の展望を紹介する。

2. コロイド量子ドット

結晶サイズが励起子のボーア半径程度になると量子閉じ込め効果や、電子正孔のクーロン相互作用、さらには、電荷分極によるポテンシャル変調の影響により、電子や正孔の励起状態のエネルギー準位が、結晶サイズ依存性を示す(図-1)。結晶サイズが減少すると吸収端が高エネルギー(短波長)化することが確認できるが、その変化の度合いがナノ結晶ごとに異なるのは、電子や正孔の有効質量の違いなどを反映している。

さまざまなコロイドナノ結晶の中でも、太陽光のフルスペクトルを目指した太陽電池応用には、鉛カルコゲナイド系ナノ結晶など赤外吸収量子ドットが有効である。PbSコロイド量子ドットの場合、量子サイズ効果を活用すると、バルクの吸収端3.1 μm から可視領域まで吸収端を制御でき、太陽光スペクトル

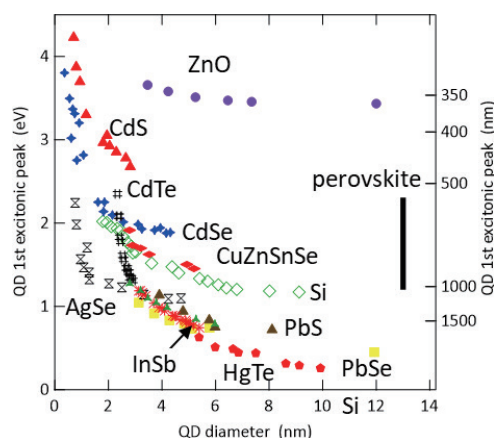


図-1 異なる元素組成からなるナノ結晶の第一励起吸収位置(吸収端相当)の結晶サイズ依存性

*プロットは、著者らのデータや、既報論文から読み取ったものである。グラフ中の太い縦実線は、ペロブスカイト太陽電池の吸収端制御領域を示す。



【氏名】 くほ たかや
 【現職】 東京大学先端科学技術研究センター附属エネルギー国際安全保障機構 特任教授
 【趣味】 自然観察
 【経歴】 1992年3月東京工業大学大学院有機材料工学専攻博士課程修了。博士(工学)。新日本石油(現ENEOS)中央技術研究所に勤務(1992~2006年)、2006年8月東京大学先端科学技術研究センター特任助教授、2011年8月より現職。

【図表について】電子ジャーナルサイト「J-STAGE」ではカラーでご覧いただけます。https://www.jstage.jst.go.jp/browse/shikizai-char/ja/