

単分散化による高効率 PbS-QD 赤外フォトダイオードの開発

High quantum efficiency PbS-QD infrared photodiode via improved QD monodispersity

富士フイルム株式会社 ○小野 雅司, 高田 真宏, 白田 雅史

FUJIFILM Corporation, ○Masashi Ono, Masahiro Takata, Masashi Shirata

E-mail: masashi.ono@fujifilm.com

化学的な方法で合成されたコロイド量子ドット(QD)は、大規模な粒子合成プロセスや塗布によるデバイス形成を導入する事で、コストやスケーラビリティに優れるという実用上の利点を有している。中でも硫化鉛(PbS)-QD は、光電変換デバイスを目的とした研究開発が最も盛んに行われている材料系である。一般的な合成条件の範囲において、PbS-QD は量子サイズ効果によってバンドギャップを 0.5 ~ 1.4eV 程度の間で制御可能である事[1]、光電変換膜としてのキャリア輸送長が長い事[2]等から、太陽電池の基礎研究のみならず、NIR や SWIR 領域における光検出素子への実用化が進んでいる。特に IR 領域のイメージセンサー用途としては、Si-ROIC 上に Monolithic に塗布成膜が可能な事から、一般的に高価な InGaAs センサーを置き換える事が期待されている。しかしながら QD を光電変換層に備えたフォトダイオードにおいては、量子効率や暗電流に関して依然改善の余地がある状況である。

そこで本研究では、PbS-QD を光電変換層に備えたフォトダイオード素子において、特に光学設計と粒子合成条件の観点から量子効率を向上させることを目的とした。光学干渉を加味した設計により、QD 層の光吸収が極大となる条件を見出した。一方、単分散化させた PbS-QD(励起子吸収の半価半幅 49 meV at ~1000 nm)の塗布膜は、一般的な合成処方から得られた塗布膜と比べ励起子吸収波長での消衰係数 k が 0.03 程度向上した。最適光学設計と単分散化した QD 膜を組み合わせる事で、実際のフォトダイオード素子における外部量子効率が、一般的な合成処方から得られた QD 膜を用いた場合と比較して、励起子吸収波長帯において 10%程度向上した。即ち、量子サイズ効果による制御が可能な範囲において、所望の波長におけるセンサー感度を高められる事を実証した。

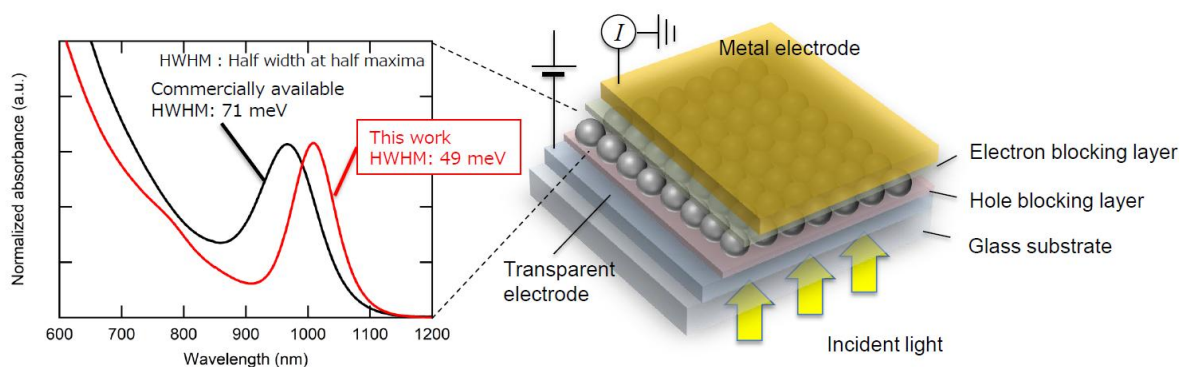


Fig. 1 (left) Normalized absorbance spectra of the PbS-QD dispersions used in this work. (right) Schematic structure of the QD photodiode demonstrated in this work.

[1] J. Zhang *et al.*, J. Phys. Chem. Lett. **6**, 1830-1833 (2015).

[2] J. Xu *et al.*, Nature Nanotechnology **13**, 456-462 (2018).