Filgen®
biosciences & nanosciences

Quantum SOLUTIONS®



SWIR及びMWIR フォトディテクター & イメージングセンサー用 Q.® Dotスタック材料

アプリケーションノート

SWIR (短波長赤外線) および MWIR (中波長赤外線) センシングは、
以下の様々なアプリケーションで重要性を増しています：

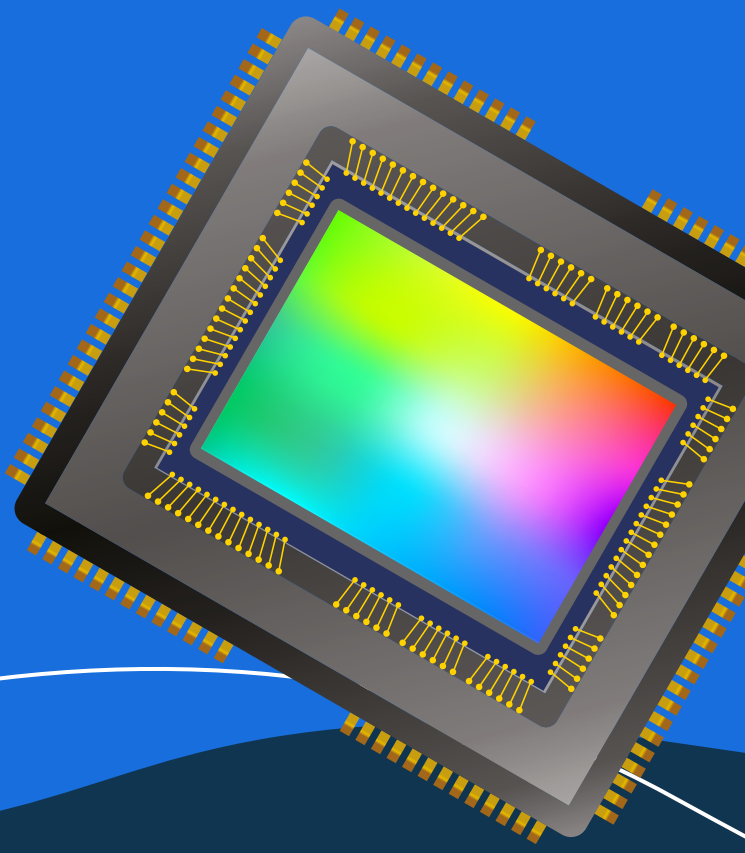
マシンビジョン
商品の品質検査・管理、ガス検知
（CH4、CO2、Co、NO2、NO、SO2）

自動車
3D航空及び地理マッピング、霧や雪などの
悪天候下での先進運転支援システム(ADAS)、
及びナイトビジョン(夜間支援)

家電製品
生体認証、3D撮影、視線追跡

医療
眼のモニタリング、非侵襲的診断

監視
厳しい条件に対応



現在、エピタキシャル成長したInGaAsやHgCdTe(MCT)化合物半導体を吸収体として使用する従来のSWIR/MWIRセンサーは、製造コストが高く、カメラの解像度も限られます。Quantum Solutions社は、センシング用途向けの「Q.® Dot」フォトダイオードスタック構造の作製に使用できる様々な材料を提供しています。これには、Q.® Dot量子ドット吸収体、電子輸送(ETL)及び正孔輸送層(HTL)材料が含まれます。

BENEFITS

広範囲
Q.® Dot 量子ドット吸収体：700から5000nmのSWIR(短波長赤外線)およびMWIR(中波長赤外線)領域で吸収波長を調整可能であり、高い外部量子効率(EQE)と検出能、低い暗電流という優れた光電特性を備えています。

フルスタック
様々なエネルギー準位を持つQ.® Dot ETL(電子輸送層)及びHTL(正孔輸送層)半導体材料は精密に設計され、Q.® Dot量子ドットを組み合わせて使用することが可能です。

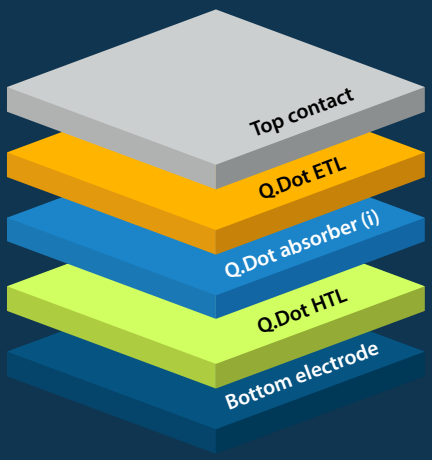
溶液処理
スピンコーティングやその他のプリントプロセスを用いて、基板(ガラス、シリコン、CMOSウェハ)上に容易に組み込むことが可能であり、低コスト性と製造の容易さを実現します。

製造元：Quantum Advanced Solutions LTD | nit 8, Innovation Quarter, Oxford Technology Park, OX5 1RD, United Kingdom
E-mail: info@quantum-solutions.com | Tel.: +44 73 89826941
輸入販売元：フィルジェン株式会社 | 〒459-8011 愛知県名古屋市緑区定納山一丁目1409番地
E-mail: support@filgen.jp | Tel.: 052-624-4388

デバイス構造の実例

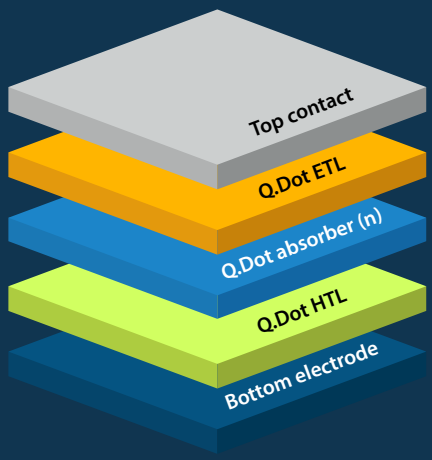
Q.® Dot スタック構造は、感度範囲、EQE、暗電流、応答時間などのフォトダイオード性能の要求仕様に応じて、実装方法、Q.® Dot スタックの種類、順番、厚さ、スピンコーティング条件が異なる場合があります。

実例：Q.® Dot層のスタック構造にはいくつかの選択肢があります。



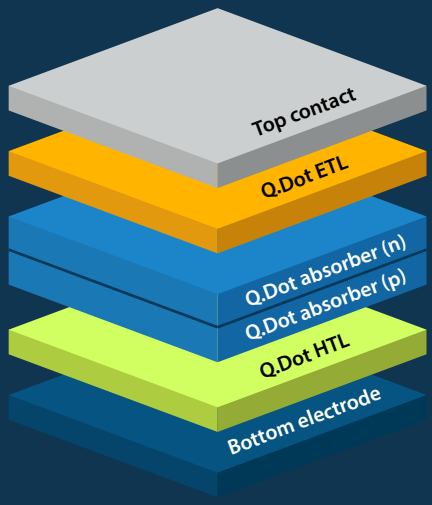
A

タイプ(A)：下部にQ.® Dot HTL、吸収層となるQ.® Dot 量子ドット(i型)、Q.® Dot ETL、上部電極の順番に配置した典型的なフォトダイオードスタック構造を表している。



B

タイプ(B)：吸収層がQ.® Dot 量子ドット(n型)であるフォトダイオード構造を表している。



C

タイプ(C)：Q.® Dot PbS量子ドット層の中にn型とp型の2種類が含まれているスタック構造の例を表している。

詳細については、以下の記事をご覧ください。 [1], [2], [3], [4], [5].

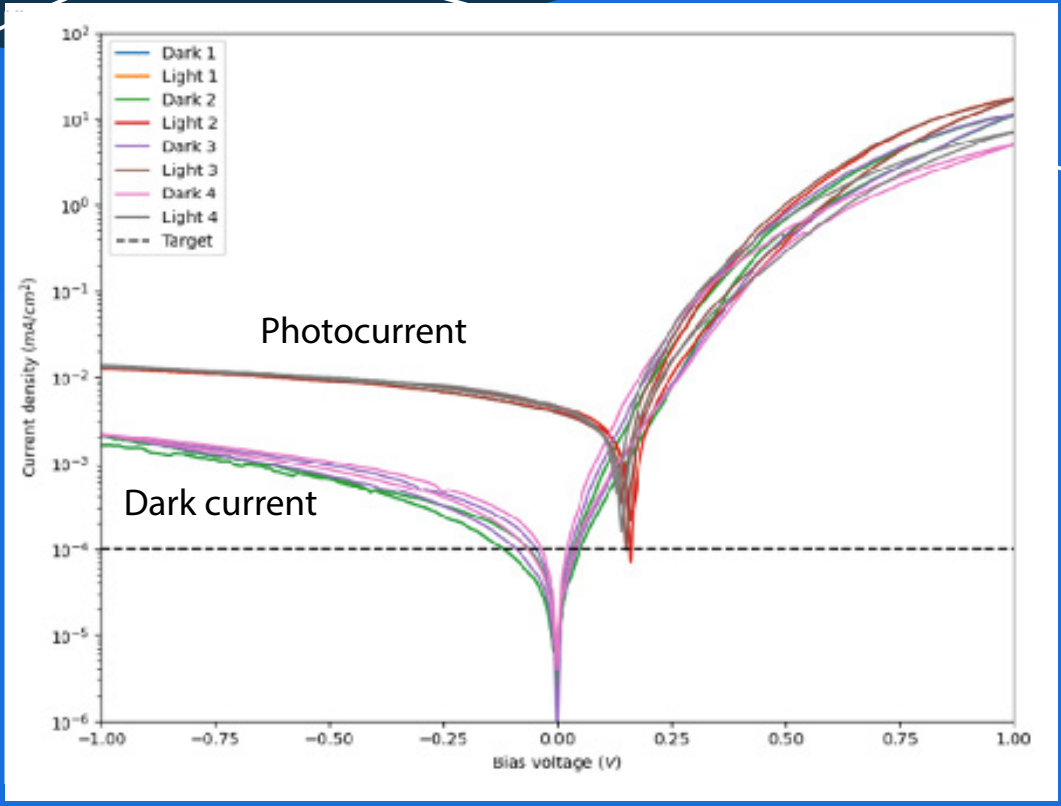
製造元：Quantum Advanced Solutions LTD | nit 8, Innovation Quarter, Oxford Technology Park, OX5 1RD, United Kingdom
E-mail: info@quantum-solutions.com | Tel.: +44 73 89826941
輸入販売元：フィルジェン株式会社 | 〒459-8011 愛知県名古屋市緑区定納山一丁目1409番地
E-mail: support@filgen.jp | Tel.: 052-624-4388

事例紹介: InAs QDs

脂肪酸でキャップされ、吸収波長が1200nmである、Q.® Dot InAs量子ドット(Q.® Dot InAs-1200-abs)を、タイプ(A)の量子ドットスタック構造(P.3)を採用したSWIRフォトダイオードデバイスの吸収層として用いた。
Q.® Dot InAs-1200-abs層は、液相配位子交換法を用いて処理を行い、n型インク吸収層が作製された。[6] 電子輸送層には「Q.® Dot ETL-ZnO」が、正孔輸送層には「Q.® Dot HTL-PbS」がそれぞれ使用された。

ETL層およびHTL層の厚さに応じて、1200nmにおけるデバイスのEQEは最大35~50%変動する可能性があります。暗電流は0.5 Vのバイアス印加時に300 nA/cm2 という低い値まで低減できる。
いくつかのバリアントにおけるI-V曲線の例を、図1に示します。

1

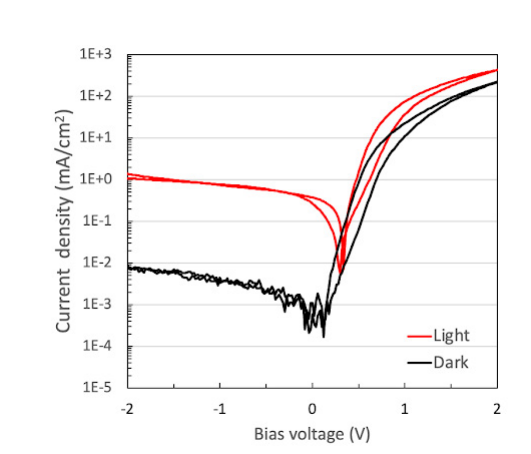


製造元：Quantum Advanced Solutions LTD | nit 8, Innovation Quarter, Oxford Technology Park, OX5 1RD, United Kingdom
E-mail: info@quantum-solutions.com | Tel.: +44 73 89826941
輸入販売元：フィルジェン株式会社 | 〒459-8011 愛知県名古屋市緑区定納山一丁目1409番地
E-mail: support@filgen.jp | Tel.: 052-624-4388

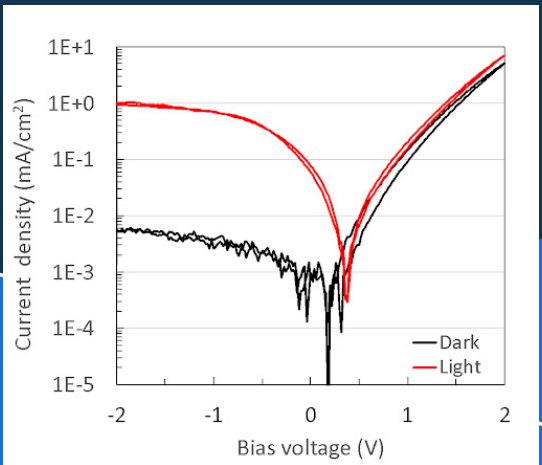
事例紹介: PbS QDs

オレイン酸でキャップされ、吸収波長が1420nmである、Q.® Dot PbS量子ドット(Q.® Dot PbS-1420-abs)を、タイプ(A)の量子ドットスタック構造を持つSWIRフォトダイオードデバイスの吸収層として用いた。このQ.® Dot PbS-1420-abs層は、スピンコーティング法および固相配位子交換法を用いて成膜され、i型吸収層を形成している。[7] Q.® Dot ETLおよびHTLの選択と厚さによって、1450nmにおけるEQEは最大40~60の範囲で変化させることができます。暗電流は、0.5Vのバイアス印加時において100~1,000 nA/cm2の範囲まで低減できます。いくつかのバリエーションのI-V曲線の例を図2および3に示します。図2では、ETLにZnO、HTLにPbSを用いており、図3ではETLにZnO、HTLにPOLを用いている。

2

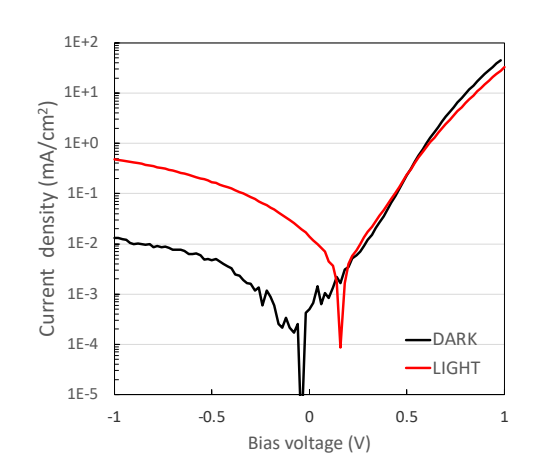


3



吸収波長1420nmのQ.® Dot PbS n-typeインク(Q.® Dot PbS-1420-abs n-ink)をQ.® Dot ETL-ZnOおよびQ.® Dot HTL-PbSを含むタイプ(B)のスタック構造を持つSWIRフォトダイオードデバイスの吸収体として使用した。
Q.® Dot PbS-1420-abs層は、簡単なスピンコーティング法によって成膜した。3回の積層工程を繰り返すことで、300nmの厚い吸収層を形成した。この成膜プロセスにおいて、固体状態での配位子交換は必要としなかった。1450nmにおける外部量子効率(EQE)は50~60%に達し、0.5Vのバイアス印加時の暗電流は13μA/cm2であった(図4)。p型量子ドット吸収層をさらに組み込んだタイプ(C)の構造を採用することで、暗電流を1μA/cm2未満まで低減することが可能である。

4

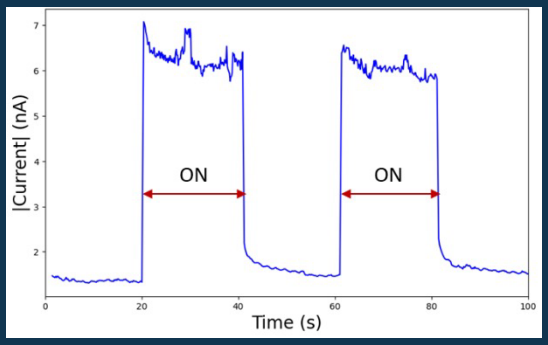


製造元：Quantum Advanced Solutions LTD | nit 8, Innovation Quarter, Oxford Technology Park, OX5 1RD, United Kingdom
E-mail: info@quantum-solutions.com | Tel.: +44 73 89826941
輸入販売元：フィルジェン株式会社 | 〒459-8011 愛知県名古屋市緑区定納山一丁目1409番地
E-mail: support@filgen.jp | Tel.: 052-624-4388

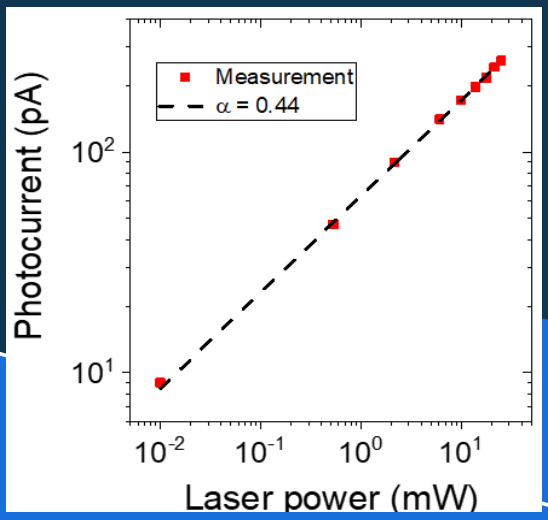
事例紹介: MWIR QDs

吸収波長3500nmのQ.® Dot HgTe量子ドット(Q.® Dot HgTe-350-abs)を、p-i-n型デバイススタック構造を持つ二重ヘテロ接合フォトダイオードデバイスの吸収層として使用した。Q.® Dot HgTe層はスピンコーティング法に続いて固相配位子交換工程を経て、i型吸収層として成膜した。このフォトダイオードデバイスは電荷収集効率の向上と暗電流の抑制のために、電子輸送層および正孔輸送層を備えている。輸送層にはQ.® Dot HTL-PbSとQ.® Dot ETL-ZnOを使用した。作製したデバイスの室温における565nmの光応答特性を図5に示す。暗電流密度は1.3x10-5 A/cm、EQEは-0.5Vで14%であった。図6は、1550nmレーザーを光源として用いた場合の作製デバイスの感度測定結果を示しており、直線性を示している。

5

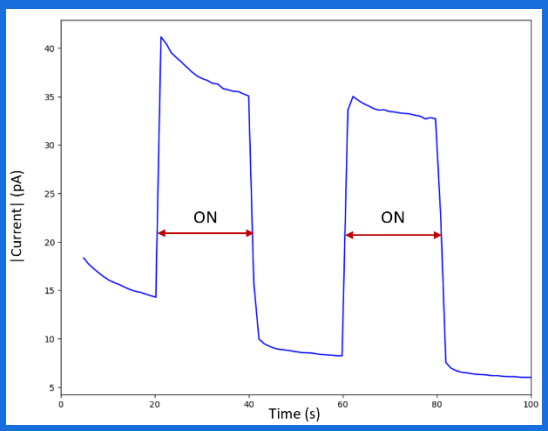


6



吸収波長3500nmのQ.® Dot PbSeインク(Q.® Dot PbSe-3500-abs n-ink)を、p-i-n型スタック構造を持つダブルヘテロ接合フォトダイオードの吸収層として使用した。このデバイスには前述と同様に、Q.® Dot ETL-ZnOおよびQ.® Dot HTL-PbSが組み込まれている。Q.® Dot PbSe吸収層は、簡単なスピンコーティング法を用いて形成した。この際、数回の塗布工程を繰り返すことで、300nmの厚みを持つ吸収層を実現した。なお、この成膜プロセスにおいて、固体配位子交換は一切必要としなかった。作製したデバイスの室温における565nm光に対する応答特性を図7に示す。このデバイスは、暗電流密度1.5×10⁻⁷ A/cm²、信号対雑音比2という性能を示した。

7



製造元：Quantum Advanced Solutions LTD | nit 8, Innovation Quarter, Oxford Technology Park, OX5 1RD, United Kingdom
E-mail: info@quantum-solutions.com | Tel.: +44 73 89826941
輸入販売元：フィルジェン株式会社 | 〒459-8011 愛知県名古屋市緑区定納山一丁目1409番地
E-mail: support@filgen.jp | Tel.: 052-624-4388

製品ポートフォリオ



Q.®Dot SWIR quantum dots: PbS and InAs



Q.®Dot MWIR quantum dots: HgTe and PbSe



Q.®Dot quantum dot n-type inks: PbS, InAs, HgTe and PbSe



Q.®Dot ETL and HTL materials

製造元：Quantum Advanced Solutions LTD | nit 8, Innovation Quarter, Oxford Technology Park, OX5 1RD, United Kingdom
E-mail: info@quantum-solutions.com | Tel.: +44 73 89826941
輸入販売元：フィルジェン株式会社 | 〒459-8011 愛知県名古屋市緑区定納山一丁目1409番地
E-mail: support@filgen.jp | Tel.: 052-624-4388