

Q.Dot™

InAs



ホワイトペーパー

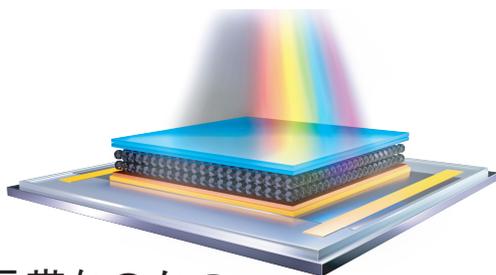
# InA量子ドットがSWIRセンシングをすべての人にもたらす

## 現状

量子ドット(QD)は、より鮮明なディスプレイ、スマートカメラ、次世代センサーなど民生用電子機器に革命をもたらすと長らく期待されてきました。QDテレビを耳にしたことがあるかもしれませんが、QDカメラやセンサーについてはあまり知られていません。それはなぜでしょうか？いくつかの理由がありますが、最大のものの1つはRoHS(特定有害物質の使用制限)です。これは民生用電子機器における特定の潜在的に有害な材料の使用を制限する規制です。

RoHSは科学的なブレークスルーと現実世界の製品との間のゲートキーパー、一種の技術的なフィルターとして機能します。たとえば、友人がQLEDについて話すことができても、量子ドットカメラやセンサーについて話すことができないのはそのためです。QLEDディスプレイはそのゲートを通りました。センサーはまだです。少なくとも今のところは。

そのしきい値を超えるには、QDカメラとセンサーは高性能であるだけでなく、RoHSに準拠した材料が必要ですが、これは現在も進行中の課題です。



## なぜこれらの波長帯なのか？

なぜ人間の目は可視スペクトルに合わせられているのでしょうか。それは単純に、大気がそれを透過するからです。可視光は、地球の厚い大気の中で最も大きなクリアチャネルの1つ、つまり光が散乱または吸収されない領域に降り注ぎます。大気の透過率をプロットすると、光が地面に届く領域がはっきりと分かります。可視光の外側には特別な領域、つまり未開発の可能性を秘めたスペクトルのSWIR領域が広がっています。私達は現在、これらの隠れた波長の探求を始めており、人間の目には見えないものを感知し、見ることを目指しています。これまでの課題は、今日の画像センサーの基盤であるシリコンがこれらの帯域を認識できないことです。しかし、量子ドットを使用することで、ついにこれらの帯域にアクセスできるようになります。以下では、どのスペクトル帯域が最も重要か、そしてなぜ民生用電子機器がすでにこれらの帯域の解放を求めているのかを説明します。

## インジウムヒ素量子ドットの登場

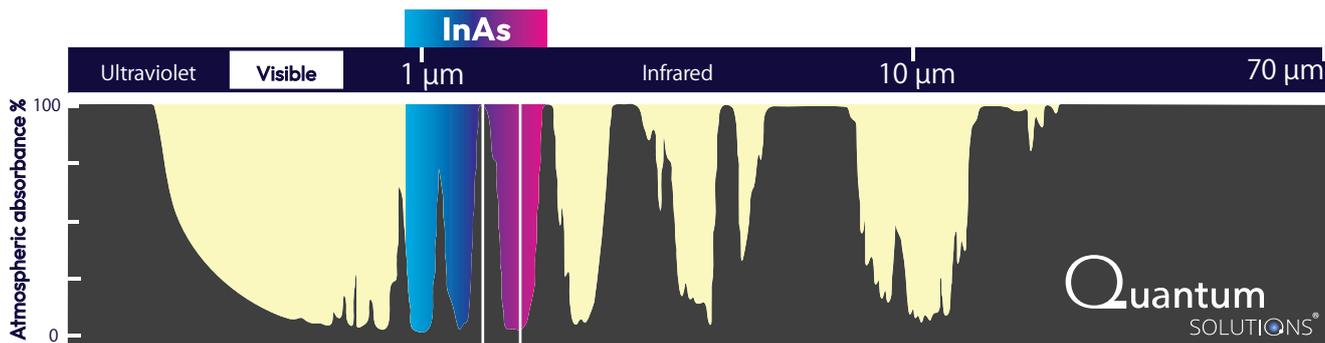


短波赤外線(SWIR)センサーは人間の目や従来のシリコンカメラでは捉えられないスペクトル領域、具体的には900-2500nmの波長で動作可能な新しいクラスのセンサーです。これらのセンサーの製造には、SWIR用途向けに設計された特殊な量子ドットが必要です。

従来、これらの量子ドットは一般的にPbSベースでしたが、鉛含有量のため、RoHS規制により使用が厳しく制限されていました。これは、スマートフォン、イヤホン、EV、IoT、AR/VRゴーグルへのSWIRセンサーの搭載を熱望していた家電メーカーにとって大きな遅延となっていました。

そして今、RoHS準拠のInAs量子ドットが安定した大型サイズと溶液処理性を備え、ついに登場しました。

Quantum Solutions社のInAs量子ドットは、物理的にも比喩的にも、今や大きく進化しています。これらは、電磁スペクトルの未開拓かつ非常に価値の高い領域で動作します。これらの調整可能な材料は400nmから1800nmまでの広い範囲をカバーしており、これらの帯域のいくつかは特に興味深いものです…



1450nm

1550nm

## 波長の高い価値



940nmは皮膚への吸収率が高いことから、長年にわたり近赤外線(NIR)による顔認証に利用されてきましたが安全基準によって厳しく制限されています。目はこの波長に反応するため、出力を低く抑える必要があり、認識範囲が制限され、明るい環境では性能が低下します。

### 1450nmの感度 **SENSES**

- **セキュアな顔認識**: 血管パターン、なりすまし防止、肌深度機能
- **ウェルネス&ウェアラブル**: ヘルステック向け非侵襲性水分補給および肌分析
- **表面感度LiDAR**: 近距離、反射性、または濡れた素材に最適化
- **モバイル3Dセンシング**: 空間コンピューティングのための高コントラスト、低ノイズ、高出力

1450nmの波長は、近赤外線(NIR)イメージングと生体認証センシングの限界を再定義します。水の自然吸収ピークに位置する1450nmは、顔の輪郭、肌の質感、皮下組織の特徴を超高精度に検出することを可能にし、短波長では到底実現できない詳細な情報を提供します。電磁スペクトルのこの静かな領域で動作するため、背景ノイズが低減し、周囲光からの干渉も少なくなります。さらに重要なのは、この波長域は眼の安全に関する規制でより高い照射パワーの使用が認められている波長域でもあることです。この組み合わせにより、システムはより強力な信号を送信でき、感度を向上させ、安全性を損なうことなく動作範囲を拡大することができます。実際、1450nmはより信頼性が高く安全な顔認証を可能にし、モバイルバンキング、安全なアクセス制御、個人識別などの機密性の高いアプリケーションにとって重要な飛躍的進歩となります。生体認証が次世代の民生用電子機器の標準となるにつれ、1450nmのNIRセンシングの利点を活用することが、より安全でスマート、そして堅牢なシステムを実現する鍵となります。

つまり、1450nmはウェアラブル、スマートフォン、没入型テクノロジーなど、身近なデバイスにおいて、より深い洞察を提供します。

1200nm付近は標準的な通信帯域の中間に位置し、光ファイバーの減衰が比較的小さいことから、中距離光通信に適しています。さらに、この波長域では周囲光源が少ないため、背景干渉が低減し、信号の明瞭度が向上し、商用電子機器における安全な通信チャネルの構築が可能になります。



### 1550nmの検出 **REVEALS**

- **長距離LiDAR**: 霧、煙、雨、ホコリを透過し、より安全なナビゲーションを実現
- **堅牢な3Dセンシング**: 制御されていない環境や屋外環境でも安定したパフォーマンスを発揮
- **ロボット工学とドローン**: 長距離での高精度マッピングと物体検出

1550nmはSWIR領域内で太陽光の透明度が最も高い領域です。このスペクトル範囲は、煙、もや、霧などの厳しい気象条件下でのシーンの撮影に最適です。特に、1550nmのSWIR光はこれらの障害物による散乱が少なく、可視スペクトルと比較して大幅に鮮明な画像が得られます。火災時に濃い煙のベールを切り抜けることを想像してみてください。このような能力があれば、危機的な瞬間に脱出して生き残る可能性が大幅に高まります。自動車用途では、1550nmじゃIEC 60825-1の下で真の「アイ(眼)セーフ」ゾーンを提供します。現在、ユーザーの安全性を損なうことなく、NIR波長よりも高いレーザー出力を可能にしています。この規制上の利点により、夜間や厳しい気象条件下での長距離および高解像度のセンシングに最適であり、自動車用LiDARおよび屋外イメージングの決定的な前進となります。現在、スマートインフラストラクチャや次世代の民生用デバイスに拡大している1550nmは、信頼性の高い深度および物体検出を提供します。

つまり、1550nmは究極の実現手段であり、パワフルでコンプライアンスに準拠し、将来を見据えたパフォーマンスを実現します。点滅しないビジョンシステムで障害物を透過し、次世代イメージングはここから始まります。

# では、我々は準備万端でしょうか？

はい、**InAs** 量子ドットはここにあり、我々は準備万端です。

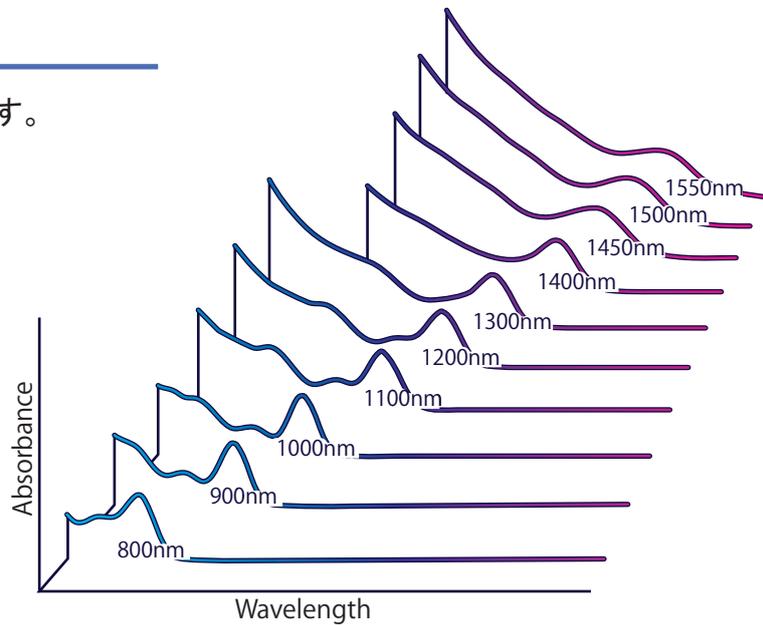
我々は物理と規制の難題を解決しました。1550nmは「5年後」の話ではありません。今まさに実現しています。

・RoHS準拠 ・スケーラブル ・高性能

Quantum Solutions社はInAs量子ドットを市場に提供しています。

我々の溶液プロセス材料は既存のフォトダイオードスタックにシームレスに適合します。スピコート可能でRoHS準拠、そして8インチおよび12インチのウェハでの量産に対応しています。

ついに登場！本物を待ち望んでいるあなたへ…

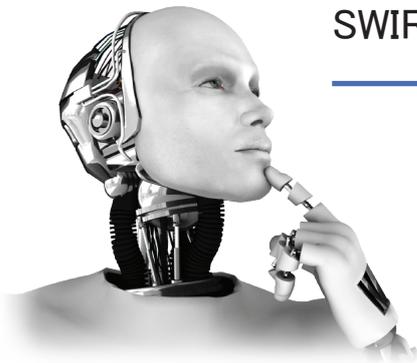


## SWIR搭載の民生用電子機器の決定版

高性能量子ドットを実現できる半導体材料は理論的には多種多様です。Quantum Solutions社ではそれぞれの技術を分析し、多様な設計要件を考慮した結果、InAsがさらなる開発を進める上で唯一の選択肢であることが判明しました。以下の表には、優れた有望な技術がいくつか示されています。この比較は、民生用電子機器の厳しいセンシング要件という観点から意図的に構成しています。

**含まれる要件** : 現在商用化可能 | 1450および1550nm (真のSWIR) | 安定性 | EQE (デバイス製造に関する実際のパフォーマンス) | 高速センシング | Quantum Solutions社品質の量子ドット

	<b>Q.Dot™ InAs</b>	Ag <sub>2</sub> Te	InSb	CuInS <sub>2</sub>	SiQD
Status	Ready to order	Commercial examples	Not commercially available	Commercially available	Emerging / Research stage
Spectral absorbance range	900 - 1800 nm [1]	350-1600 nm [2]	900 - 2000 nm [3]	400 - 1000 nm [4]	300 - 700 nm [5]
Stability	High thermal stability	Propensity for ionic exchange	Moderately sensitive to oxidation	Good thermal Lower photostability	Good thermal Photostable
EQE In SWIR	79% at 940 nm 40% at 1200 nm	30% at 1550 nm [6]	33% at 1380 nm [7]	< 4% [8]	N/A [9]
Response Time	10-100 ns	70 ns - several μs [10]	70 ns - several μs [11]	5ms - 100ms+ [12]	10μs ~ ms [13]
HWHM of absorbance	70 - 100 nm	20 - 100 nm [14]	Broad, needs refinement [15]	Broad [16]	50 - 150 nm [17]
Fab Compatibility	Fully compatible Scalable	Pin holes, High ion mobility	Challenging Stability Issues	Good yield and low toxicity	Fully compatible Scalable
Verdict	Good for consumer electronics	High latency Fab incompatibility	Underdeveloped	Not SWIR Solar cells Bioimaging	Not SWIR LEDs Bioimaging



## 参考文献

---

- [1] <https://quantum-solutions.com/product/qdot-indium-arsenide-inas-quantum-dots/>
- [2] <https://arxiv.org/abs/2309.15221>
- [3] <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsnano.3c12007>
- [4] <https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm>
- [5] <https://www.nature.com/articles/s41598-018-21181-8>
- [6] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2211285525003854>
- [7] <https://www.scholars.northwestern.edu/en/publications/control-over-metal-halide-reactivity-enables-uniform-growth-of-in>
- [8] <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsomega.4c03802>
- [9] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34757719/>
- [10] <https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/advs.202407453>
- [11] <https://www.wileyindustrynews.com/en/news/environmentally-friendly-quantumdots-fast-photodetectors>
- [12] <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsaelm.0c01064>
- [13] <https://www.nature.com/articles/srep30669>
- [14] [https://www.researchgate.net/figure/Size-tunable-Ag2Te-QDs-a-Absorption-spectra-of-various-sized-Ag2Te-QDs-b-k-TEM-images\\_fig1\\_377114492 /](https://www.researchgate.net/figure/Size-tunable-Ag2Te-QDs-a-Absorption-spectra-of-various-sized-Ag2Te-QDs-b-k-TEM-images_fig1_377114492)  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40159846/>
- [15] <https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/adma.202306147>
- [16] <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10650527/>
- [17] <https://www.mdpi.com/2079-4991/9/9/1294>

---

### 製造元

## Quantum Solutions

Unit 8, Innovation Quarter,  
Oxford Technology Park, OX5 1RD,  
Oxford, United Kingdom  
E-mail: [info@quantum-solutions.com](mailto:info@quantum-solutions.com)  
[www.quantum-solutions.com](http://www.quantum-solutions.com)

### 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1丁目1409  
TEL: 052-624-4388  
E-mail: [support@filgen.jp](mailto:support@filgen.jp)  
<https://filgen.jp/>