量子ドット

量子ドット**(Quantum Dot)** は、量子化学、量子力学に従う独特な光学特性を持つナノスケールの半導体結晶のことを指します。通常、2-10nmの直径で、10-50個ほどの原子で構成されます。コロイドナノ結晶のサイズによってバンドギャップを調節することが可能であるため、粒径に依存した特徴的な発光特性を持ちます。量子ドットは、単に発光波長が調整可能でスペクトルの半値幅が狭いというだけでなく、高い量子効率を持ち、また一方で、幅広い波長を吸収することができます。エネルギー準位、バンドギャップ、伝導帯、価電子帯といった概念は、通常のバルクサイズの半導体の概念がそのままあてはまりますが、一つ大きな違いがあります。バルク状態では、半導体クリスタルの粒径は、Exciton Bohr Radiusよりも大幅に大きくなり、励起子は自然限界にまで及びます。しかし、半導体クリスタルが小さくなると、物質のExciton Bohr Radiusのサイズにまで近づき、電子エネルギー準位はもはや連続ではなくなり、離れ離れになって行き、つまりエネルギー準位同士の間に小さな分離が生じます。この分離したエネルギー準位の状態は、量子封じ込めと呼ばれ、この状態では、半導体物質は、バルクではなくなり、量子ドットと呼ばれる状態になります。この状態では、半導体物質の吸収・発光に大きな影響があります。バルク半導体物質と同様に、量子ドットでも電子はバンドギャップの端から端まで移動する傾向があります。しかし、量子ドットでは、バンドギャップのサイズは量子の粒径を変えるだけでコントロールすることができ、ドットの発光波長はバンドギャップに依存しますので、ドットの発光波長を非常に精密に調節可能です。

基本的に、量子ドットは溶液（水、各種有機溶媒）に分散させることができるので、低コストのプリント技術やコーティング技術を用いることが可能です。量子ドットの発色が明るく鮮やかであることに加えて、広範囲の波長の光を発光可能で、かつ高効率、長寿命、高い減衰係数であるために、その用途は**生体イメージング**や、**照明**、**ディスプレイ**から**太陽電池**や**セキュリティタグ**、**量子ドットレーザー**、**フォトニック材料**、**トランジスタ**、**熱電材料**、**量子コンピューター**まで幅広く、さまざまな用途での利用を目的に活発に研究開発が進められています。

FUJI PIGMENT Co., Ltd.
2-23-2, Obana, Kawanishi, Hyogo 666-0015 JAPAN
Phone: 072- 759-8501 Facsimile: 072- 759-9008
Web : http://www.fuji-pigment.co.jp/

太陽電池

安価な印刷法によって太陽電池を作製することが可能になります。既存の色素は時間とともに分解して行く傾向を持ちますが、量子ドットは無機化合物であるため安定です。また、シリコン系太陽電池の利用できる波長は可視域であり、また一方の有機色素は赤色光の集光にはあまり向いていません。しかしながら、量子ドットは粒子径サイズを制御することにより赤外から紫外までの波長を吸収することが可能であるため、最適に効果を発揮することが期待されます。光照射力の弱い曇りの日の集光効率がより高い点も特徴です。

生体イメージング

超微粒子である量子ドットは体内のあらゆる場所に送達可能であり、医用画像やバイオセンサーなど、様々な生物医学用途に適しています。また生体適合性ポリマーで量子ドットをコーティングすることで、血中に分散させることが可能です。また、抗体などの特定の分子と結合させ、標的細胞に用いることも可能です。現状では、蛍光を用いたバイオセンサーにはスペクトル幅の広い有機色素が用いられていますが、有効色が少ない点や標識寿命が短いなどの制約があります。これに対し、量子ドットはあらゆる波長領域の光を発光することが可能である点や、高輝度、長い蛍光寿命など、従来の有機色素よりも優れた特徴を持っています。

エレクトロニクス・フォトニクス

量子ドットはゼロ次元であるために、高次元構造体よりも状態密度が非常にシャープです。また、サイズが小さいことで、大きな粒子の場合のように電子が長距離移動する必要がないために、電子デバイスの動作は速くなります。このような電子特性を活かし、トランジスタや太陽電池、超高速の全光学的スイッチおよび論理ゲート、量子計算機などの応用例があります。その他には、高密度固体メモリーチップ、LED、白色固体照明、バックライト、ディスプレイ、フォトニクスインク（セキュリティインクなどに応用）、光検出器などの例があります。

FUJI PIGMENT Co., Ltd.
2-23-2, Obana, Kawanishi, Hyogo 666-0015 JAPAN
Phone: 072- 759-8501 Facsimile: 072- 759-9008
Web : http://www.fuji-pigment.co.jp/

Fuji TECHNICAL INFORMATION

一般的な量子ドットはカドミウムを用いた半導体ですが、多くの用途でこれら重金属の使用は規制されています。そのため、従来型と同様の輝度と安定性を保持した、カドミウムフリー量子ドットの開発が進められています。弊社はこのカドミウム含有量子ドットを含め、カドミウムフリー量子ドットの開発を鋭意進めており、今後もラインアップを増やしていきます。なお、量子ドット技術の商品化には量産化の問題が伴うため、現状では生体イメージングなどの少量の材料で実現可能なマーケットでのみ、実際の応用が進んでいます。しかし、弊社では安価で比較的大量に合成する手法を見出して行ってますので、顧客に対して負担の少ない価格で提供することを目指しております。

溶媒は主に水、一般的な有機溶剤ですが、ご要望有れば各種有機溶剤にも置き換えることが可能です。またさらなる粒子径制御が必要な場合はご相談ください。また、下記以外にも、Ag系、Te系、Ni、Mo系、シリコン量子ドット、その他の量子ドット、量子ロッドなども開発中です。

下表は現在の弊社の量子ドットの性能を含めて示しています。量子収率などは現在さらに向上させています。いつでも技術的な御相談をお待ちしております。ご相談ください

量子ドット	励起波長（最大量子収率時）	発光ピーク波長（最大量子収率時）	量子収率 (%)	半値半幅 (nm)	溶媒
ZnS	460	520	15 >	32 ± 5	オクタデセン トルエン エチレングリコール アルコール ケトン など
CdSe	490	580	35 >	31 ± 5	
CdSe/ZnS	350	400	25 >	54 ± 5	
InP/ZnS-Gr.	400	440	50 >	28 ± 5	
InP/ZnS-Red	400	660	50 >	35 ± 5	
CuInS2/ZnS	450	550	40 >	50 ± 5	
Carbon	360	440	45 >	25 ± 5	水
Graphene	360	440	80 >	25 ± 5	

FUJI PIGMENT Co., Ltd.
2-23-2, Obana, Kawanishi, Hyogo 666-0015 JAPAN
Phone: 072- 759-8501 Facsimile: 072- 759-9008
Web : http://www.fuji-pigment.co.jp/