

ディビジョン番号	14
ディビジョン名	ナノテク・材料化学

大項目	1. ナノ物質
中項目	1-2. 無機材料、金属材料
小項目	1-2-9. 半導体ナノ複合体の形状制御

<p>概要（200字以内）</p> <p>量子サイズ効果を示す半導体ナノ粒子は、液相化学合成により作製可能であり、さらに合成条件を精密に変化させることにより、粒子のサイズとその形状異方性が制御できる。また、半導体ナノ粒子をコアとして持つコア・シェル構造体を光エッチングすると、構造体内部にナノ空隙をもつ形状異方的な中空構造粒子の作製が可能である。このようなナノ粒子複合体は、新規光デバイスや高活性触媒への利用が期待できる。</p>	
<p>The diagram illustrates a three-step process: 1. A core-shell structure consisting of a semiconductor core and a silica shell. 2. Size-selective photoetching of the silica shell to create a porous structure (Juncos-type structure) with a central semiconductor core and an internal void. 3. Further photoetching to create a semiconductor-metal nanojunction, where a metal tip is attached to the semiconductor core.</p>	
<p>現状と最前線</p> <p>半導体粒子は、その粒子サイズがおよそ 10 nm 以下にまで小さくなると、バルク結晶とは異なった物理化学特性を示すようになり、さらにその特性は粒径に依存して大きく変化する。これは、おもに量子サイズ効果にもとづく電子エネルギー構造の変化に由来する。またナノ粒子は、構成原子の数十%以上が表面に存在し、非常に凝集しやすい状態にある。</p> <p>単分散性の高い半導体ナノ粒子の液相化学合成法の1つとして、高温有機溶媒中におけるナノ粒子前駆体の熱分解法が注目されている。この方法では、有機分子が粒子表面に強く吸着し、半導体ナノ粒子の凝集を妨げて安定化させる。また、微量の有機化合物を共存させてナノ粒子を合成すると、結晶面選択的に結晶成長が抑制され、ロッド形状などの異方性形状をもつナノ粒子の合成が可能となる。得られたナノ粒子は、高い結晶性を持つために強く発光し、その発光波長は粒子サイズおよび粒子形状に依存して変化した。</p> <p>また、得られたナノ粒子をシリカなどの化学的に安定な固体で粒子表面を均一に被覆することによってコア・シェル構造体を形成させ安定化させる方法がある。シェルを形成する材料を適切に選択すれば、コアとなる粒子のサイズや形状を変化させることなく粒子を機能化することができ、コアあるいはシェルを単独で用いる場合とは異なる特性を発現させることが可能となる。さらに、コア粒子をサイズ選択的に光エッチングすることによって、その粒子サイズを減少させれば、シェルとコア粒子との間にナノサイズの空間をもつ中空構造粒子（ジングルベル型構造体粒子）が作製できる（図）。</p>	

コアである半導体ナノ粒子の表面は、安定化剤などが吸着していない未修飾表面を持ち、非常に高い光触媒活性を示した。また、構造体内部の空隙は、ナノサイズのフラスコと見なすことができ、金属析出による半導体-金属接合ナノ粒子の作製に用いることができた。

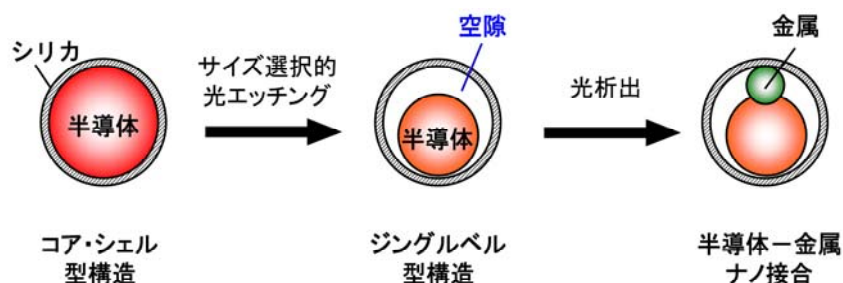


図1 光化学的手法による半導体ナノ粒子複合体の構造制御

将来予測と方向性

・5年後までに解決・実現が望まれる課題

半導体ナノ粒子が強く発光し、その発光波長を粒子サイズにより制御できることから、生体分子マーカー、LEDなどのオプトエレクトロニクスデバイスへの応用が活発に研究されている。しかしこれら目的のためには、現在の半導体ナノ粒子の形状異方性制御法が満足するものでなく、以下の課題を解明する必要がある。

- ・半導体ナノ粒子およびその複合体の形状異方性の精密制御。
- ・ナノ粒子形状に依存する物理化学特性の解明と制御法の確立。

・10年後までに解決・実現が望まれる課題

・化学合成した半導体ナノ粒子の基板への集積化法と、個々の粒子への配線技術が確立できれば、LSIなどの電子デバイスの化学合成への応用が可能となる。

・ナノ粒子はそのサイズ・形状を変化させることにより、光吸収特性を自在に制御できるので、粒子を低毒性元素からなる材料に置き換えるとともに、その安定性を向上させれば、汎用的な太陽電池など、光エネルギー変換素子が実現可能となる。

キーワード

半導体ナノ粒子、形状異方性、量子サイズ効果、ナノ複合体、コア・シェル構造

(執筆者：鳥本司)