

論文の内容の要旨

論文題目 半導体ナノ粒子の自己配列と光機能

氏名 前之園 信也

半導体ナノ粒子は量子閉じ込め効果の発現によりバルクとは異なる物性を示すため、新しいオプトエレクトロニクス材料として近年注目を集めている。従来このような半導体ナノ構造の作製には気相法が主流であったが、生産性およびコストの面で有利なコロイド化学的合成法がここ数年で研究が活性化してきている。これまで合成法および単一ナノ粒子の光物性に関して精力的に研究が行われてきたが、実際に半導体ナノ粒子を用いて光機能素子を作製する際にはナノ粒子薄膜を作製する必要がある。また素子としての性能向上のためにナノ粒子が密に充填された薄膜を作製する必要があるが、さらに粒子配列構造を制御することによって粒子群としての協同現象を発現させ、単一ナノ粒子とは異なる新規な機能を付加させることができる可能性がある。本論文は、新たなナノ粒子配列膜作製法の開発及び粒子配列構造と機能の関係を明らかにすることを目指す。

ナノテクノロジーにおいては、機能を持った数 \AA ~数 nm のスケールの構成要素を数 nm~数十 nm スケールの高次構造に組み立てる技術が必要となる。数 \AA ~数 nm のスケールの機能要素及び 100nm 以上のナノ構造作製技術に関しては構造制御可能となってきたが、その中間領域の構造制御技術は未だ完成されて

いない。ナノ粒子を機能要素と見做し、その高次構造を作製する、望ましくは規則配列させるという立場から、粒径分布が標準偏差で10%以下である必要がある。本論文では、その条件を満たす機能要素として、高量子効率と狭い粒径分布が達成可能なホットソープ法によるII-VI族化合物半導体のCdSeナノ粒子の合成に関して述べた。

次に、ナノ粒子配列膜を効率よく作製するためにはナノ粒子の自己組織化を利用することが有効である。具体的にはナノ粒子サスペンションを固体基板上に塗布乾燥し、薄い液膜にトラップされた粒子に働くキャピラリー引力による自己配列を利用するということを考える。そこで、配列過程における粒子間相互作用力と粒子-基板間相互作用力がどのように配列構造に対して影響を及ぼしているかということを理解するために、モデル粒子を用いて移流集積法による2次元粒子配列過程の解析を行った。また、半導体ナノ粒子を構成要素としてナノ高次構造を作製する際に、パターニング技術もまた極めて重要な技術となる。パターニングは従来フォトリソを用いるなどの手法が主流であったが、近年コスト的に有利かつ精細なパターニングが可能で自由度の高い方法として、インクジェット技術を応用したパターニング技術が様々な分野で注目され始めている。そこで、本論文においては、インクジェット法によるパターニングされた半導体ナノ粒子配列膜作製法の基礎検討として、液滴蒸発法による半導体ナノ粒子配列膜の形成過程について検討した。

半導体ナノ粒子は量子閉じ込め効果によってエネルギー準位の離散化が起こるため、原子・分子とバルク結晶の中間の性質を示すことから人工原子とも呼ばれる。ナノ粒子を密に充填することによって粒子間相互作用による様々な協同現象が生じ単一ナノ粒子とは異なる機能を発現することが期待される。しかしながら従来単一の孤立した半導体ナノ粒子に関する研究が主であり、ナノ粒子配列膜における粒子群としての光機能を調べる必要がある。本論文ではCdSeナノ粒子の粒子配列膜において新たに見出した光メモリ効果について述べ、そのメカニズムについて考察をした。