

世界最先端の ナノ粒子技術

ナノテクで 新分野の可能性を拓く

ナノテクブームのなかで、“ナノ…”と称して多くの研究開発が行われています。そのなかで、ナノ構造を形成するもっとも基本的な構成要素の一つであり、分子や原子の特性を残す最小の構造体、離散的な構造形成要素、それがナノ粒子です。ナノ粒子は半導体、金属、絶縁体など様々な材料で合成が試みられ、電子素子、光素子、記録媒体、電池などへの応用が期待されています。

ここでは、東芝におけるナノ粒子の形態制御と配列制御に重点を置いたR&Dの最前線について紹介します。

(この研究は2001年から5年間の予定で行われている経済産業省及び新エネルギー産業技術総合開発機構(NEDO)の国家プロジェクト「ナノ粒子の合成と機能化技術プロジェクト」において、当社研究員が(財)化学技術戦略推進機構に所属して行ったものです。)

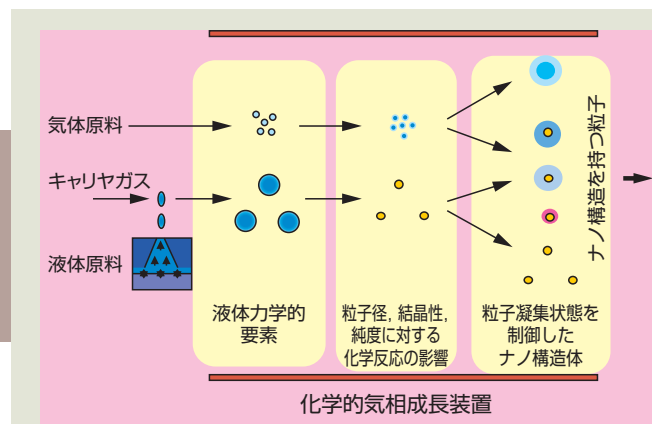


図1. 気相法によるナノ粒子合成の概念 — 供給する気体と液滴の量を調整できる気相成長装置を開発しました。

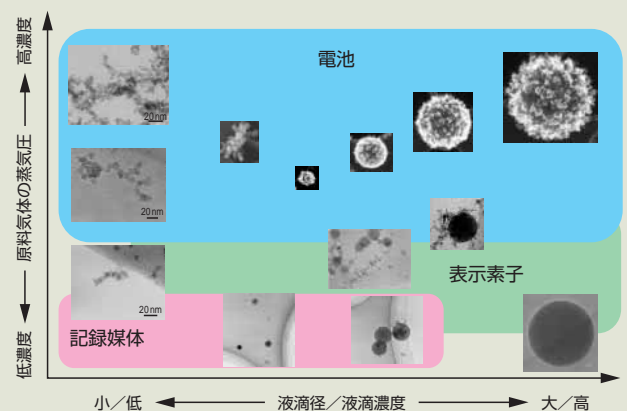


図2. 気相法により合成したナノ粒子の形態 — 供給する気体と液滴の量を調整することにより、様々なナノ粒子を合成することができます。

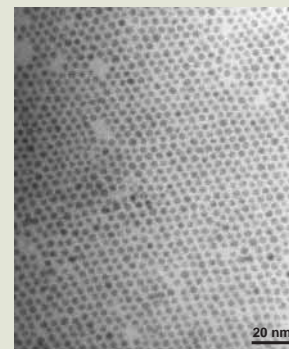


図3. 自己組織化を利用したナノ粒子の配列(一粒子系) — 径のそろった粒子1層を並べることにより、正六角形状の配列状態を得ることができます。

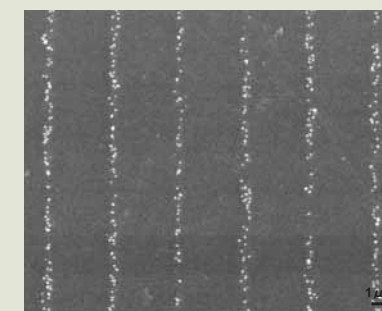


図5. ドライブプロセスによるナノ粒子のライン状配列 — 粒子と基板との静電電力を制御することにより、ドライブプロセスで粒子をライン状に配列することができます。

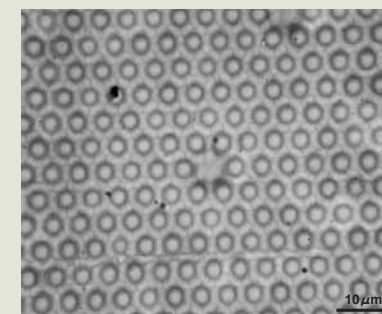


図4. 自己組織化を利用したナノ粒子の配列(二粒子系) — 2種類の径のそろった粒子を用いることで、精密な粒子配列状態を得ることができます。

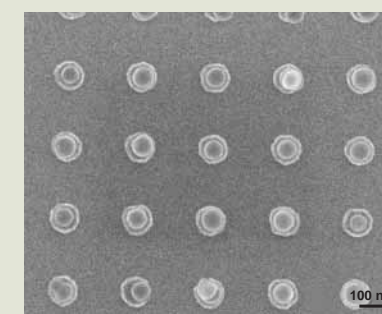


図6. ドライブプロセスによるナノ粒子のドット状配列 — 粒子と基板との静電電力を制御することにより、ドライブプロセスで粒子をドット状に配列することができます。

ドライブプロセスは一般的に純度が高く保てるため、半導体などの高純度ナノ粒子配列には必須の技術と言えます。図5と図6にドライブプロセスを用いて配列した例を示します。あらかじめウェーハ上に帯電パターンを形成しておき、帯電した粒子を供給します。粒子と基板間の静電ポテンシャルに従って粒子は移動し、ウェーハ表面の最安定な位置に着地します。図5は70 nmの粒子を線状に配列したものの、図6はドット状に配列したものです。この技術により得られるパターンは、現段階で世界最高の解像度です。

今後の展望

ナノの領域ではサイエンスとテクノロジーが並列に発展し、その進展とともに新しい技術や製品が開発されていくと考えられます。ナノ粒子には、バイオテクノロジーなどの新分野においても大きな可能性があります。デバイスメーカーとしての特長を生かし、合成技術や配列技術の高精度化、及びデバイスに適した材料系での応用検討を進め、ナノテク応用の製品化を加速したいと考えています。

松井 功

研究開発センター
先端機能材料ラボラトリー

ナノ粒子技術のポイントと背景

ナノ粒子は、一般的には、1~100nm程度の粒子を指します。小サイズ化による高機能化とナノ領域で現れる特有の効果の発現が開発目的です。

例えばCdSe(セレン化カドミウム)のナノ粒子では、組成をチューニングして波長を制御していたこれまでの発光材料に比べ、半導体ナノ粒子では、そのサイズだけを変えることで発光波長を変える量子サイズ効果を得ることができます。

ナノ粒子技術開発のポイントは、バルク的なナノ粒子利用と同時に、ナノサイズの効果を利用した新たなデバイスを開発することです。そのためには

粒子の合成・配列技術が欠かせません。

ナノ粒子の合成・配列技術の狙いと特徴

デバイスに必要とされるナノ粒子には、用途に応じて最適な形状があります。記録素子では孤立した粒子が等間隔で配置されていること、バッテリーでは表面積が大きく粒子どうしが電気的に融着していることが必要です。量子サイズ効果を現す発光素子では、粒子1個を、コアと呼ばれる中心とシェルと呼ばれる薄皮を持つ構造にすることが有効です。デバイス応用においては粒子形態の制御が重要となります。

また、ナノ領域の新たな効果の発現は、配列状態を制御することにより可能で

す。量子ドットと呼ばれる半導体のナノ粒子のアレイ構成により、非線形光学効果などの性質が現れます。そこで必要になるのはナノ粒子の精密配列技術です。

ナノ粒子の形態制御と配列制御

前記のような要求に対して、ナノ粒子の形態制御技術と配列制御技術を開発しています。

●ナノ粒子の気相合成による形態制御

化学的気相合成法(CVD)を用いて様々な形態の粒子を合成することを試みました。その概念を図1に示します。太陽電池の電極や光触媒などへの応用が期待される二酸化チタンの形態を図2に示します。

従来行われていなかった試験パラ

メータ(原料蒸気の混合状態、反応の核(100 nmの液滴)の供給、液滴の組成など)の工夫を凝らしています。粒子はすべてアナターゼ型と呼ばれる結晶形で、操作条件の最適化により、単一球形粒子、数珠状粒子、コアの回りに極微小粒子を持つサテライト型粒子などの形態に制御できました。また、これまで報告されたことのないまったく新しい形態のナノ粒子(コアの周囲に微結晶がフラクタル状に成長した粒子)を発見しました。従来法に比べ格段にナノ構造形態粒子の制御性が向上し、様々な形態のナノ粒子を合成することが可能になりました。

●ナノ粒子の精密配列技術

粒子の溶液を用いるウェットプロセ

スと粒子を気体状で供給するドライブプロセスを検討しています。

ウェットプロセスでは自己組織化と呼ばれる現象を利用します。これは、ナノの領域では表面の効果が大きくなるため、粒子表面間に働く力により粒子相互の運動が支配されるためです。図3のように、粒子径をそろえた粒子を用い、その表面を特定の大きさの分子で修飾することで、粒子1層の厚さで正六角形状の配列状態を得ることができます。また、粒子径の異なる2種類の粒子を用いることにより、図4に示すように、更に精密な配列構造を得ることができます。図4では中心に5 μmの粒子があり、その回りに50 nmの粒子を正六角形状に配列しています。