

東芝のナノテクをけん引する先端材料技術

日ごろ、“ナノテク(ナノテクノロジー)”ということばに接する機会が増え、新聞の科学欄などをはじめ、大きく取り扱われるケースが増えてきています。ナノテクとは、十億分の1(ナノ)メートル(nm)というスケールで物質を制御し、そこに新たな機能や付加価値を見だし、先端材料や新しいデバイスに応用していく技術のことです。

“ナノ材料”は、現在のナノテクブームに先駆け、当社研究開発センターの若手研究者を中心に生み出された先端材料技術です。この“ナノ”スケールで構造を制御した材料は、当社のナノテクの“火付け役”となっており、産業界からも注目を寄せられる技術となってきました。

電子レンジでチンするナノテク(?)

ナノ材料の特徴として、そのナノサイズの構造が「自己組織化で(自然に)作られる」という点が挙げられます。一般に、nmレベルの構造というのは、通常の分子の大きさに比較すると、1~2けたも大きなサイズのため、従来の分子設計手法ではとても制御できなかった構造です。ここでは、“ブロック共重合体”という高分子(ポリマー)材料を使用し、ナノサイズの構造を作製することを試みました。図1は、その仕組みを示したものです。“水と油”を非常に激しくかくはんすれば、小さな泡状の構造が生成しますが、かくはんを止めると、いずれは水と油は分離し、泡構造は消えてしまいます。ところが、もし、この水と油を分子レベル(化学結合)でつなげてしまうとどうなるでしょうか。水と油の分子は分離したくても分かれられないため、構造はいつまでも消えないで残ることに

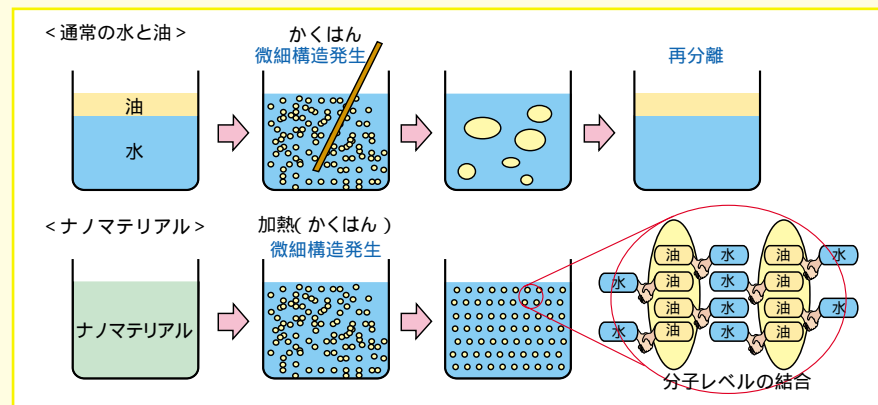


図1. ナノ材料の自己組織化の原理 水と油が手をつないだ均一な大きさの分子が、ナノの構造を生み出します。そのため、放置しても微細構造を保ちます。

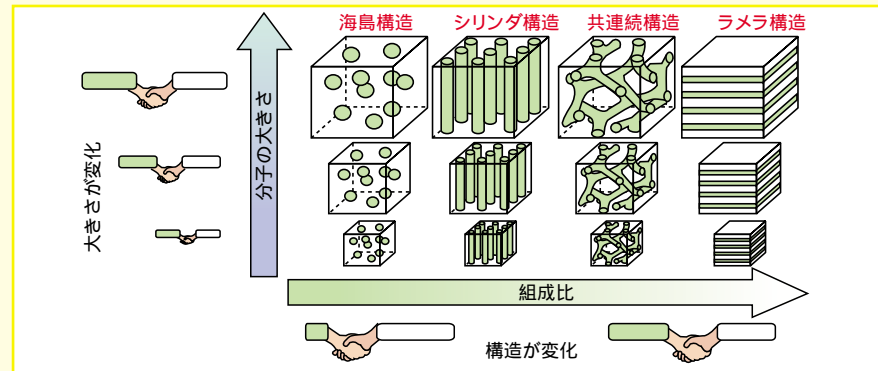


図2. ブロック重合体による構造とサイズの制御 ナノ材料では、分子量、分子組成が、形と大きさを決めます。

なります。ブロック共重合体とは、まさにこのような“水と油の性質を持つ重合体どうしを結合させた”分子構造をしており、生成する泡(構造)のサイズは全体の分子の大きさ(分子量)に依存して、数nm~数百nmレベルになります。

おもしろいことにこの材料は、水と油に相当する部分の比率を変えると、図2で示したように、その微細構造が変化します。ドット状の(海島)構造から棒状(シリンダ)構造へ、更には二つの成分が互いに連続し、まるでテトラポッドを積み上げたような(共連続)構造へ、そして二つの相が平面状に交互に積層した(ラメラ)構造へと変化していきます。

自己組織化では、これらの材料を“加熱”(十分なかはん)に相当するというごく簡単な操作で“自然に”ナノの構造ができてしまいます。でも、実はナノ材料は、その分子上に、みずから形成する三次元構造の設計図を持っているのです。いわば、「電子レンジでチンする簡単でスマートなナノテク」とでも表現いたしましょうか...

広がる可能性

この材料で特筆に値するのは、前述の水と油に相当する部分に異なる物性を付与でき、まったく新しい物性を持つ新素材が得られること、そして、それら二つ

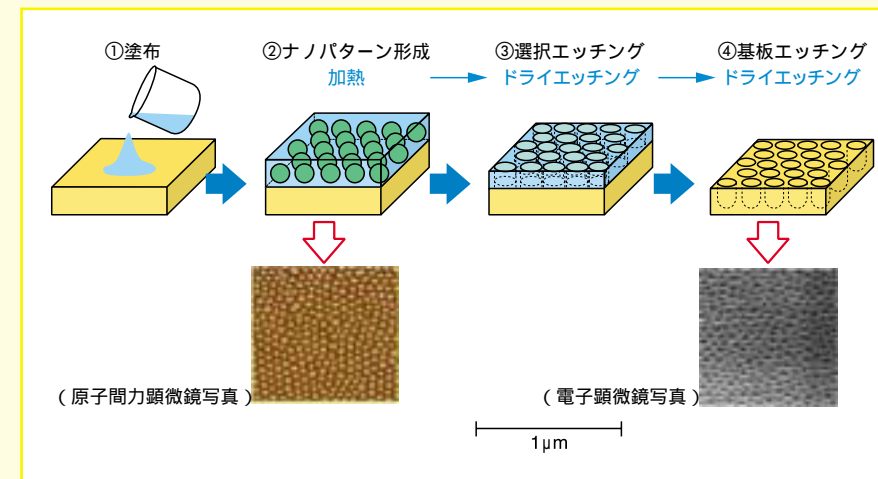


図3. 加工プロセスと原子間力顕微鏡でとらえたパターン 塗布して加熱するだけで、ナノパターンが形成されます。

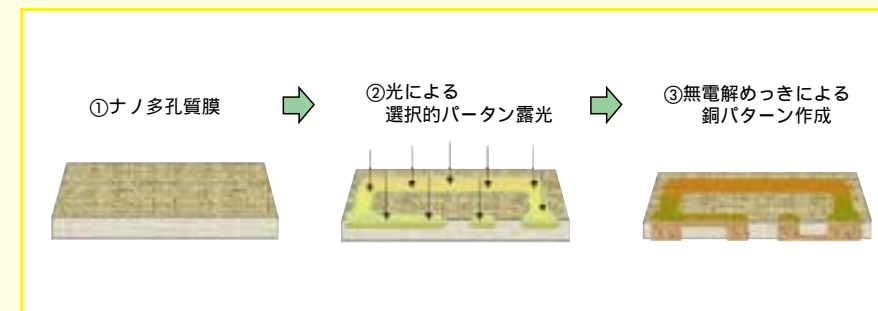


図4. “ナノ多孔質基板”を用いた、高密度配線板の製造方法 ナノ材料を用いた多孔質シートが、次世代の携帯機器を変えていきます。

の相の比率や分子量で形や大きさまでも自由に制御することができることです。このことは、ナノの構造が与える形状を加工やデバイス構造に利用できたり、特異的な物性(力学的特性、表面物性、電子物性、光学特性、など)や化学反応性を付与できる要因となっています。例えば、有機物から成る片方の相を選択的に除去し、中空にしたり、無機材料のようなまったく異なる他の素材を埋め込むような芸当も可能です。

これらの特徴を生かし、新素材だけでなく、高密度の記録装置、高性能表示装置、低コストの微細加工、新しい電池材料や光デバイスなどに例示される、広範

闊な応用が考えられています。

ハードディスクの容量が1,000倍に!

こうした特性を生かして最初に開発できたのは、“ナノパターンニング”という技術です。これは、例えば先ほど示した自己組織化で生ずるナノパターンを基板平面上に並べ、それをひな型として下地基板を加工する技術です。現状のナノ加工には、1台十数億円もする電子ビーム露光装置が必要ですが、この技術では露光装置を用いなくても、数十nmサイズのパターンを形成でき、超低コストなナノ加工が実現できます(図3)

図3のホールに磁性体を詰め込むことにより作成したハードディスクは、従来の1,000倍の高容量を達成することが期待されており、実用化を目指した検討が進められています。

携帯機器の大きさが半分!

共連続構造を持つ自己組織化膜は、ブロック成分の一方を除去して中空にすることにより、容易に“多孔質プラスチック膜”へと変換されます。この膜は液体も光も透過することができることから、この性質を利用して、更におもしろい応用が可能です。図4は、こうした“ナノの多孔質基板”を用いた、高密度配線板の製造方法を示したものです。感光性材料を塗布した上記多孔質基板に光を照射した後、めっき液に浸すことにより、光を強く当てた所だけ、膜内に自在に銅配線を張り巡らせることが可能です。この手法により、従来比1/16の面積の高密度基板が試作できました。現在、この技術を用い“従来の半分の大きさの携帯機器”の実現を目指しています。

更なる応用を目指して

ナノ材料の応用は、まだ始まったばかりです。ナノ材料は、他の身近な電子デバイスにも、新たな革新をもたらす可能性を秘めた技術です。

より“小さく”、“低コストで”、“高性能な”、新材料・デバイスを目指し、ナノ材料のチャレンジは続きます。

研究開発センター
新機能材料・デバイスラボラトリー主任研究員
後河内 透