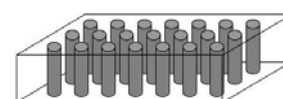


ディビジョン番号	14
ディビジョン名	ナノテク・材料化学

大項目	2. ナノ操作
中項目	2-1. ウエットプロセッシング
小項目	2-1-5. 自己組織化・マイクロ相分離

#### 概要（200字以内）

ウエットプロセッシングは常温、常圧あるいはそれに近い環境中で水溶液あるいは有機溶媒を用い、低いエネルギー消費、低環境負荷で材料やデバイスを作製、加工する技術である。低分子や高分子の自己組織化を利用することにより高度に制御されたナノ構造や機能を付加することができ、様々な分野での応用が可能である。



#### 現状と最前線

ナノテクノロジーにおいては金属、半導体、セラミックスやそれらのコンポジットを用いた高性能デバイスや高機能材料が求められているが、これらの製造過程ではCVD、PVD、プラズマ、粒子ビームや高温高圧環境などのいわゆるドライプロセッシングが主として用いられている。しかし、これらの技術はエネルギーや資源の消費量が大きく、環境に対する負荷も大きい。一方、生物は常温、常圧の環境中水の存在下で高度な機能を有する器官を創り出し、バイオミネラリゼーションと呼ばれるプロセスで無機物質や金属さえも作る。ウエットプロセッシングは常温、常圧あるいはそれに近い環境中で水溶液あるいは有機溶媒を用い、低いエネルギー消費で材料やデバイスを作製、加工する技術であり、ナノテクにおいても重要な技術である。各種の無機材料についてウエットプロセッシングによる製法やパターン化の報告があるが、ここではウエットプロセッシングが特に有効な高分子ナノテク材料を中心に紹介する。

高分子ナノテク材料の製造過程においてウエットプロセッシングが用いられる例としては、パターン媒体、燃料電池、交互積層膜、ゾルゲル法によるメソポーラスシリカ、ウエットスピニング、インクジェットプリンティングなどが挙げられる。

ウエットプロセッシングにおいて最も利用価値が高いのは高分子や低分子の自己組織化である。特に高分子ブロック共重合体のマイクロ相分離を利用したパターン媒体や薄膜の研究は盛んである。ブロック共重合体はマイクロ相分離と呼ばれる自己組織化現象により数 nm から数百 nm の規則的周期構造を様々な形成し、マイクロドメインと呼ばれる nm オーダーの相も様々な形状をとることができる。中でも特に注目されているのはパターン媒体作製のテンプレートとして利用価値の高い

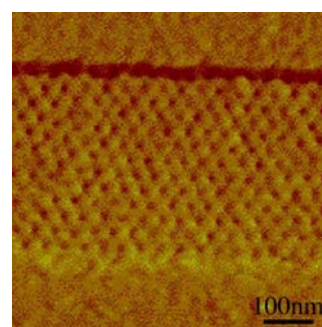


図1 シリコン基板上の溝の中に並べた垂直シリンダー

基板と垂直に配向したシリンダー状マイクロドメイン構造 (図1) である。シリンダーを垂直配向させる方法の研究も盛んであり、ブロック共重合体を溶液からスピんキャストした基板を溶媒蒸気に曝す方法、ホモポリマーをブレンドする方法、基板表面の化学修飾などが報告されている。単にスピんコートするだけで垂直シリンダーが得られるという報告もある。このようなパターンをナノリソグラフィーのマスクとして用いることにより、 $1\text{Tb}/\text{in}^2$  を越える高密度磁気記録媒体の開発が進められている。

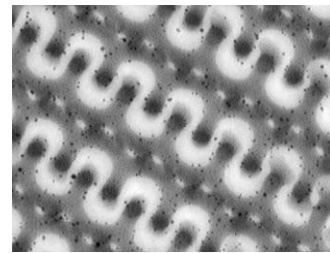


図2 Pd ナノ微粒子を担持した高分子ナノ多孔体

ブロック共重合体の溶液キャストフィルムはまた、その構造規則性を利用したフォトニック結晶開発の試みや、共連続マイクロドメイン構造を利用したナノ多孔体にさらに金属ナノ微粒子を担持させたハイブリッド材料 (図2) の燃料電池への応用が計られている。

基板を正および負イオンの高分子水溶液に交互に浸すことにより簡便に数nm厚さの高分子超薄膜が作製できる交互吸着法を用いれば、大面積の有機太陽電池を作ることができる。交互吸着法はタンパク質や無機コロイドなど多くの物質に応用できるため、様々な交互積層膜デバイスの作製が可能である。

メソポーラスシリカは直径 2-50 nm の細孔を有する二酸化ケイ素多孔体であり、触媒の担体、吸着材、分離膜、センサー、光学デバイス、など幅広い応用が期待されているが、界面活性剤や両親媒性ブロック共重合体が水溶液中で自己組織化により形成するコロイド結晶を鋳型とするゾルゲル法により製造される。ゾルゲル法ではこの溶液にテトラエトキシシランなどシリカのもととなる化合物を加え、触媒によるゾルゲル反応によりこれをシリカゲルに変え、焼成により界面活性剤やブロック共重合体を分解除去する。一部焼成というドライプロセッシングがあるが、ウェットプロセッシングを主体とする技術である。

インクジェットプリンタは、極少量の液体を微小領域に極めて高精度に吹き付けることができるため、様々な方面への応用が可能である。インクの代わりに DNA 溶液を用いた DNA チップの製造や、生きた細胞を直接患部に吹き付ける医療法の開発が進められている。また、液体を基板上に均一に塗布できることから、発光体を用いた FED や有機 ELD などのディスプレイ装置の製造への応用が研究されている。

#### 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  
 $1\text{Tb}/\text{in}^2$  の記録密度を超える磁気記録パターン媒体
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題  
 交互吸着法による有機太陽電池の開発  
 ブロック共重合体を用いたフォトニック結晶、レーザーの開発

#### キーワード

スピんコート、ブロック共重合体、交互吸着法、ゾルゲル法、インクジェット

(執筆者：長谷川 博一)