

# MEMSフロンティア未来デバイス プロセスインテグレーション

首都大学東京 システムデザイン学部 教授 諸貫 信行

これまでの当コラムで、20年後のMEMSデバイス応用としてグリーン、ホワイト、およびブルーデバイスの紹介がありました。これらの応用を支えるためのプロセス技術には、ナノメートル単位の微小構造をメートルオーダの範囲にわたって製作したいというような厳しい仕様が求められます。これに対し、切削のような母性原理（転写の原理）に基づくトップダウンプロセスのみでの対応は難しいと考えられます。一方で、自己組織化などの原理を用いたプロセスによればナノメートルオーダの構造を製作できるものの、これをそのままメートルオーダに展開することも容易ではないと考えられます。

そこで図1のようなトップダウンプロセスとボトムアッププロセスを融合させ、これらの領域を跨ってシームレスに適用できるような製造・組立の融合技術開発の検討を行いました（検討WGメンバーは表1のとおり）。寸法の大きな範囲では古典的な機械加工やビーム加工が適宜組合されて用いられると考えられるものの、位置決め精度などを保障するために温度を始めとする雰囲気制御も必要でしょう。

これに加え、高スループットや低コストでの製造を考えるとインプリントなどの転写技術が不可欠となります。また、単に形状を転写するという枠組みから更に発展させ、特定機能材料・分子やバイオデバイスの転写・組立（組込み）を想定するとデバイス設計そのものにも影響を与える可能性があります。

ナノメートル以下の寸法範囲では自己組織的なプロセス、すなわちボトムアッププロセスの適用が必須と考えられます。しかも一様な単分子膜ではなく、場所によって異なる分子を固定化したり配向させる技術も想定されます。これらのプロセスの特徴は以下の3点です。

## (1) 三次元ナノ構造の製造技術

リソグラフィとエッチングを組合せることで、いわゆる2.5次元構造（円柱など）が製作され、これのさらなる高分解能化も当然求められるでしょう。しかし、例えばテーパや自由曲面などの三次元加工要求に現状技術で十分に対応できるとはいえません。周期ナノメートルレベルの微細三次元構造の加工技術開発が必要となります。

## (2) 大面積

ポスターサイズレベルの大面積の応用に対しては、印刷技術を適用すべきであり、これにより高速で大量の生産が可能となります。一方で、印刷技術の中でも一物品に対応可能なのがインクジェット技術です。ス

ループットは落ちるもののカスタマイズされた製品設計に個々に対応するプロセスとしては有望と考えられます。この技術においても使用する材料に研究余地が残されており、将来的にはバイオを含めた微小デバイスそのものを付着させることも考えられます。

自己組織プロセスによる構造形成においても面積拡大が重要な課題のひとつと考えられます。

## (3) 界面制御

固体表面の濡れ性などを場所ごとに変えることができると自律的な組立を行うことができます。例えば水に機能デバイスを分散させ、ここから基板を引上げることで親水部のみにデバイスを固定することなどが期待されています。様々な機能デバイス組立に適用するためには、表面修飾を含む多くの技術開発が必要です。また、分子レベルの分解能でこれを行うためには、界面制御を極めて微細に行う必要があります。

以上、幾つかの課題概要を述べてきましたが、本当の意味でのプロセスインテグレーション実現は容易ではありません。しかし、各種アプリケーション実現を支える基幹技術であり、その波及効果は大きいと考えています。

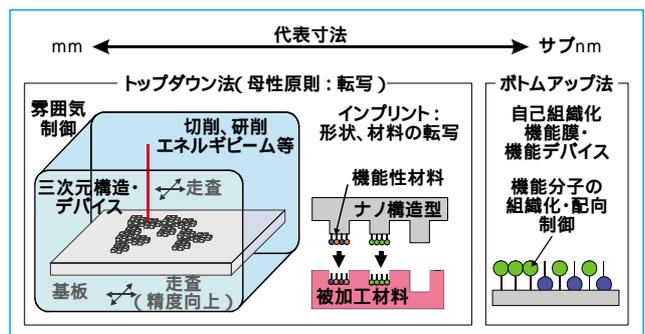


図1 次世代プロセスのイメージ図

表1 プロセスインテグレーションWG委員

諸貫 信行	首都大学東京
芦田 極	産業技術総合研究所
橋口 原	静岡大学
寒川 誠二	東北大学
銘苅 春隆	産業技術総合研究所
不破 耕	株式会社アルバック
五十嵐泰史	沖電気工業株式会社
水田 千益	株式会社数理システム
田中 浩一	ソニー株式会社
川原 伸章	株式会社デンソー
益永 孝幸	株式会社東芝
橋本 廣和	株式会社フジクラ
友高 正嗣	富士電機システムズ株式会社
久保 雅男	松下電工株式会社
浅海 和雄	みずほ情報総研株式会社