

選択的ナノ機械構造体形成技術

東京大学情報理工学系研究科知能機械情報学専攻 教授 下山 勲
同 上 (下山研究室所属) 菅 哲朗

メタボ(メタボリックシンドローム)が流行語となり、大気中の花粉予報が毎日報じられていることが示すように、現代の日本は健康や体調の維持に大きな関心が集まる、QOL(Quality Of Life)重視型の社会であるといえます。日々の体調管理を行う上では、個人の体内や身の回りの環境に関するデータの収集が欠かせません。こうしたセンサシステムを、MEMS技術を用いて集積化・ワンチップ化することができれば、体内・体外環境データの常時リアルタイムモニタリングへの道が開けてくると考えられます。わたしたち東京大学下山研究室は、ファインMEMSプロジェクトのなかで、「選択的ナノ機械構造体形成技術」という課題名のもと、こうした小型センサシステムの実現においてキーとなる製造技術の研究開発に取り組んでいます。

体内・体外環境用モニタリングセンサの具体的なイメージを図1に示します。センシングにはラベルフリーで生体分子の相互作用を検出可能なSPR(Surface Plasmon Resonance: 表面プラズモン共鳴)と呼ばれる、金属の共鳴現象を利用した検出方法を使用します。SPRセンサシステムを構築するためには、SPR検出部、分光部、光源および受光部などの複数要素の製造技術が必要になります。そこで、それぞれの要素製造技術に対し、計4つの柱に分かれて研究開発を行っています。

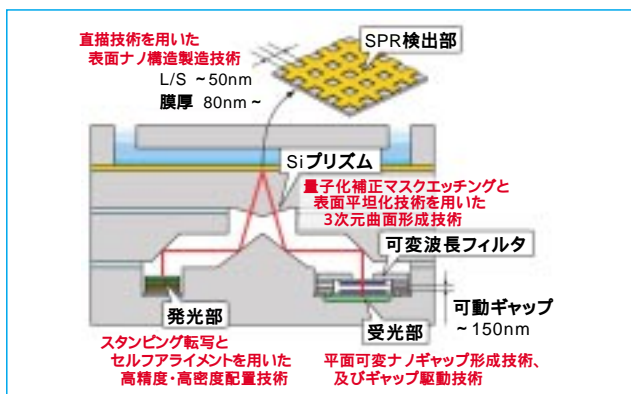


図1 SPRセンサシステム

SPR検出部

通常、SPR検出部にはプリズムなどの底面に厚さ50nm程度の金属膜(金、銀など)を成膜したものを使用します。一般的なプリズムの材料にはガラスが用いられますが、SPRの検出光に近赤外光を使用することで、シリコンをプリズム材料として用いることもできます。任意角度のシリコン斜面加工を実現するために、電子線直描技術とエッチング技術を組み合わせた、3次元曲面形成技術について研究開発を行っています(要素技術1)。さらに、通常は金属薄膜には平坦な膜が使用されていますが、金属膜上にナノサイズの構造を作ることによるSPR高機能化を目指しています(要素技術2)。

分光部

SPRセンサの方式には光源の波長を固定して入射角

を振る方法と、入射角固定で波長を振る方法の二つの方式があります。後者の方法が可動部分を少なくすることができるので、センサの薄型化・小型化には適していると考えられます。この場合、分光を行うためのフィルタが必要となるので、ナノサイズの可動ギャップを有する、ファブリーペロー型干渉器の製造技術の研究開発を行っています(要素技術3)。

光源および受光部

光源や受光部として使われるレーザーダイオードやフォトダイオードは、GaAsやGaNなどの化合物半導体基板上に形成され、多くは小型のチップの形で提供されます。こうした異種材料や多種類の素子をセンサ基板上へ高精度で一括配置するための方法について研究開発を行っています(要素技術4)。

研究成果の例をひとつご紹介します。図2にその概要と結果の写真を示します。多種類の素子の一括配置技術に関する研究成果です。これまで、多種類の素子をインテグレートする際には、ひとつひとつの素子を順番にピックアップする、シリアルな方法が用いられてきました。それに対して、この方法は多くの素子を一括して平行に集積できるという特徴を持っています。シリコンゴムなどの弾性素材をスタンプ素材として用いて、もとの基板から素子を一括・並列的にピックアップします。ピックアップされた素子を集積のターゲットとなる基板へスタンプングすることで転写が完了します。さらにこのプロセスを繰り返すことで、多色刷りの要領で多種類の素子を同一基板上に転写することも可能です。このようにして、複数のマイクロ構造の立体積層や、MEMS構造上へのガラスナノ構造の転写を実現しており、本方式の集積化配置技術としての有効性を示しています。

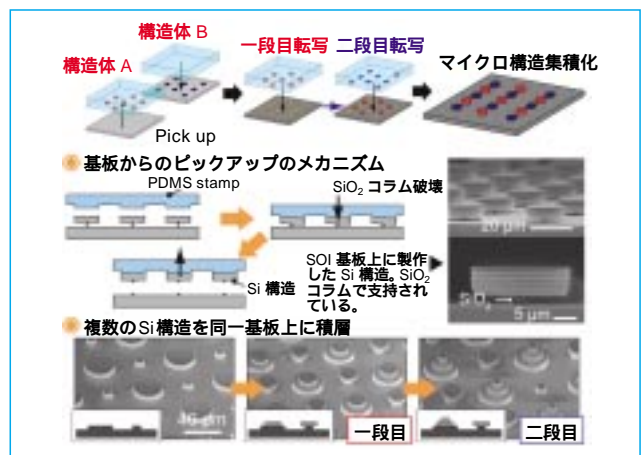


図2 スタンプ転写技術

プロジェクトは2年目に入り、研究成果が着実にあがりつつあります。本プロジェクトで、実用化を見据えた、次代のMEMS技術の礎となる技術を開発できるようにしたいと考えながら、日々わたしたちは研究開発に取り組んでいます。