

マイクロシステムとそのバイオへの応用

小野崇人・芳賀洋一・高橋一憲・江刺正喜

半導体の微細加工技術を利用したマイクロマシニング技術を用いれば、小さなスペースにさまざまなセンサーやアクチュエーターを集積化した、小さく、賢い、さまざまなマイクロシステムを実現できる。マイクロマシニングの特徴は、半導体の加工技術に加えてより立体的な加工が行なえる点である。その応用範囲は広く、さまざまな分析装置や反応器、医療用の機器などがある。本稿では、マイクロシステムの研究開発の一端を紹介する。

Key words 【マイクロマシニング】【マイクロリアクター】【能動カテーテル】
【走査型プローブ顕微鏡】

はじめに マイクロマシニング技術を用いれば、さまざまな小型センサーや多数の機能を集積化したマイクロシステムなどを作成することができる。マイクロマシニングの特徴は、半導体の微細加工技術を用いた精密加工と、より自由度の高い加工プロセスを組み合わせることで立体的な微小構造が作製できることである¹⁾。また、機械的に柔軟な構造の作製や大量生産が可能なこと、低い製造コストなどが利点としてあげられる。さまざまなセンサーやアクチュエーターを集積化し、複雑なマイクロシステムが実現できる。

近年、マイクロマシニングの医療やバイオ分野への応用が注目されている。その応用は実験室で使うラボツールから産業応用まで、幅広く期待されているが、立ち上がったばかりの研究開発領域であり、今後が期待できる分野である。本稿では、その広い応用の一端を紹介する。とくにマイクロマシニングを利用した分析システム、医療用マイクロマシン、表面分析やマイクロマニピュレーターなどに焦点を絞り、現状について紹介するとともに今後の展望を述べる。

I. マイクロマシニング：半導体技術を利用した高精度・高生産性・高再現性の加工技術

半導体技術を基礎としたマイクロマシニングでは、フォトリソグラフィーとよばれる微細パターン転写技術、プラズマエッチングや化学溶媒を用いたウエットエッチング、薄膜堆積技術、パッケージング技術などを組み合わせ、サブミクロンの精度でさまざまなセンサー・アクチュエーターが作製できる。加工できる材料としては、シリコンのみならず、ガラス、石英、金属、セラミックスなど多種多様である。高密度プラズマを利用した反応性イオンエッチングや LIGA プロセス(X線リソグラフィーとメッキ技術を組み合わせた加工技術)などと組み合わせれば、立体的な微細構造体も作製できる。これらの手法を用いれば1つの基板上にたくさんのセンサー・アクチュエーターを作製することができること、大量生産も可能であること、複数のセンサーからなるアレイ構造を作製できること、ICを集積化

Takahito Ono, Yoich Haga, Kazunori Takahashi, Masayoshi Esashi*, 東北大学大学院工学研究科, *未来科学共同研究センター (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉) [Graduate School of Engineering, *New Industry Creation Hatchery Center, Tohoku University, Aza Aoba, Aramaki, Aoba-ku, Sendai 980-8579, Japan] E-mail: tono@cc.mech.tohoku.ac.jp

Microsystem and Its Application from Bioengineering

し複雑な信号処理を可能にすること、等々の特徴を有する。いわば、賢く、多機能で、複雑な操作が可能な小型システムが作成できる。その応用分野も多種多様であり、化学分析、流体制御、医療応用、表面計測、慣性センサーなどである。これらの技術はしばしば MEMS (micro-electro-mechanical systems: 微小電気機械システム) とよばれ、バイオ分野への応用も近年注目されはじめている(バイオ MEMS とよばれる)。

II. バイオ・生化学への応用

バイオ関連の研究はその重要性から多くの研究者が競い合いながら新たな境地を開拓し、急速な進歩を遂げつつある。人々の健康や医療に役立てる目的から始められた、ヒトの全遺伝子情報を解読するという途方もなく巨大なヒトゲノムプロジェクトも最終段階を迎えることができる運びとなった。一方、マイクロマシニング技術の導入により、遺伝子を増幅したり遺伝子情報を読み取ったりする装置の小型化・集積化が急速に進展しつつある。たとえば、小型化することで装置内のデッドスペース(無駄な空間)を減らし、分析に要する時間、必要な試料も少なくすることができる。生体成分の分析は大きく分けて細胞からの成分抽出、前処理、反応・分離、検出などの工程がある。従来、これら個々の作業はすべて手作業で行ない、一連の作業を終えるまで相当の時間と費用と労力を費やしていた。

マイクロマシニングを用いると、マイクロバルブ、マイクロポンプ、マイクロ反応器、ミキサーなどの素子を小型化することができる。これらの素子を小型化・集積化したマイクロシステムは総称して μ -TAS (micro-total chemical analysis system) と一般によばれている。 μ -TAS は(生)化学分析に必要な素子を小型化し、それらをわずか数 cm 角のチップ上に集積させ、一連の処理を自動化した装置全般のことを指す。 μ -TAS の究極の目標は実験室で行なう一連の作業を1つのチップ上で行なうことである。これにより試薬の低減化、分析時間の短縮、携帯・移動性を可能にするなどの大きなメリットが生まれてくる。いまのところ、 μ -TAS の利用が期待される分野として、バイオ、環境、医療・医薬、プロセスモニタリングなどがあげられる。そのなかでもバイオ関連の μ -TAS の技術開発は世界各国で最も精力的に行なわれている。

1. 小型電気泳動チップ

細胞内で働いている mRNA は多数存在し、その中から対象にする mRNA を調べるためには、まずそれを分離しなければならない。RNA も DNA と同じように分子骨格がリン酸ジエステル結合で成り立っているため、全体的にマイナスにチャージしている。ゲル中で RNA に電圧をかけると RNA はプラスのほうに引き寄せられる。ただしその移動速度は RNA 分子の鎖長、大きさ、形に依存するので移動速度に差が出る。これを利用し性質の異なる RNA を分離することができる。同様な方法で DNA の塩基配列を決定することもできる。一般的な電気泳動装置は平らな板の両端に電極をつけた単純な構造のいわゆるスラブタイプがほとんどであった。しかし、サンプル量が少ないほど分離に要する時間を短くでき、コストも下がるため、キャピラリー(細管)タイプの電気泳動もよく用いられている。さらに最近ではマイクロマシンの技術を使って試作したものも多数報告されている。なかでも LIGA プロセスを用いて作製したマイクロチップの報告が多くなってきている。LIGA プロセスとは、シンクロトロン放射光を利用した半導体微細加工技術のひとつである。利点はモールド(鋳型)による大量生産が可能であるため、診断用のチップなどは安価で使い捨てタイプのもを提供することができる。また選択できる材料が多種類(プラスチック、金属、セラミックスなど)あること、高精度で高アスペクト比の加工を実現できることなど、サンプルの特徴にあった微量の分析が可能である²⁾。

2. PCR 用マイクロリアクター

PCR とは polymerase chain reaction の略であり、酵素反応を利用し、細胞などで取り出した微量のサンプル DNAなどを大量に複製することができる。DNA 分析に必要な量は、PCR 法を用いて容易に得ることができる。PCR 反応は非常にシンプルであり、温度制御を正確に行なえばできてしまうものである。しかしこの温度制御が非常に重要であり、適切な温度コントロールができないと、副生成物が生じてしまう。酵素反応自体は非常に速いため、PCR 反応全体をとおして、所定の温度に合わせる過程が律速となる。マイクロマシニングの技術を用いると反応容器を極端に小さくでき、反応容器の熱容量を小さくできる。また、温度センサーやヒーターなどを容器に集積化できる。熱伝導性に優れたシリコンを用いてつくった反応器では、温度制御および容器内部の温度を均一にできるとともに

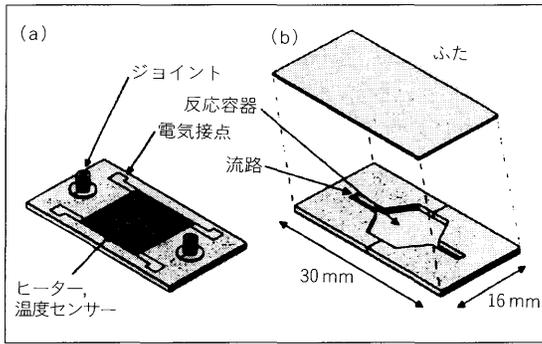


図1 温度センサーとマイクロヒーターを集積化したマイクロPCRの模式図

(a) PCR用のマイクロチャンパーと複数のサンプルを同時に分離・検出するためのマイクロチャンネルアレイ。(b) マイクロチャンネルアレイ。(文献5より許可を得て転載)

短時間で温度の上げ下げが可能になる³⁾。混合・反応チャンパーや成分分離のための電気泳動マイクロチャンネル、検出部などを集積化させたハイブリッド型 μ -TASもマイクロマシニングの技術を用いれば作成できる⁴⁾。なお放熱性をさらに高めるため、シリコン容器の厚さを薄くすることもできるが、容器内部の温度が高まる(90°C以上)と内部圧力が高くなり、容器を壊す恐れがある。一例として、近藤らによって開発された、ヒーターや温度センサーが集積化された小型PCRチャンパーを図1に示す⁵⁾。このPCRチャンパーは柔軟性に優れたポリイミド膜を容器底部にコーティングし、内部圧力に耐えられるような工夫を施している。

3. DNAチップ

遺伝子の発現、変異、多型解析を行なう強力なスクリーニング(探索)法としてDNAチップ技術を紹介したい。これはスライドガラスまたはシリコンなどの基板上に多数のcDNA(細胞内に存在するmRNA由来のDNA)や合成オリゴDNAを固定し、それら多数のDNAと調べたい対象の細胞由来のDNA(つまり細胞内に存在するmRNA)を同時にハイブリダイゼーション反応させることができ、高速でかつ膨大な数の反応を一度の実験で処理できる、いわゆるハイスループットなものである。原理は基板上に多数のDNAプローブを配置し、蛍光ラベルしたサンプルDNAをプローブにハイブリダイズ(相補的な塩基配列による1本鎖どうしの会合)させることによって、遺伝子の発現情報をひき出すものである。

MEMSを利用したDNAチップといえば、Sosnowski

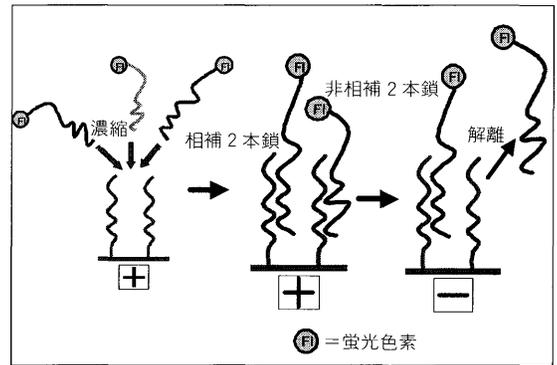


図2 個々の微小電極上でのDNAの動きを示す模式図

らが開発したものが代表的である⁶⁾。これは基板表面に微小な電極が多数アレイ状につけられており、プローブはそれぞれの電極中に固定されている。なお電極表面はゲルで覆われている。ハイブリダイゼーション反応を行なう際、電極上の電位を変化させることで標的DNAを電極に近づけたり、遠ざけたりすることができる。すなわち前述のとおりDNAはマイナスに帯電しているため、図2左のように電極をプラスにすることで標的DNAが電極付近に集まり、プローブと2本鎖を形成する時間を短くすることができる。また不完全な2本鎖(非相補的な2本鎖DNA)はその保持する力が弱いいため、電極をマイナスにすることにより非相補的DNAを電極付近から遠ざけることができる。その結果、相補的なDNAのみが電極上に残り、反応の効率を大幅にアップさせることができる。ただし、基板上につけられる電極の数、つまりプローブの数に制限があることが問題である。

以上、MEMSの技術が今日のバイオテクノロジーにとって不可欠であることがおわかりだと思う。今後もMEMSの技術が他の領域の研究にとってブレイクスルーになることは大いに期待できる。

III. 能動カテーテルとその周辺技術

血管内治療などの低侵襲治療・検査へ役立てる目的で、ヘビのように自分で動きながら体内の目的部位まで入っていく能動カテーテルについて紹介する⁷⁾。本カテーテルはリード線を介した外部からの制御信号により、図3に示すように屈曲、ねじれ回転、伸縮、および硬さ調節を行ないカテーテル操作を容易にする。これにより目的の病変部へ容易に到達できるようになり、バルーンを用いた血管内狭窄部の拡張、薬液の局所注

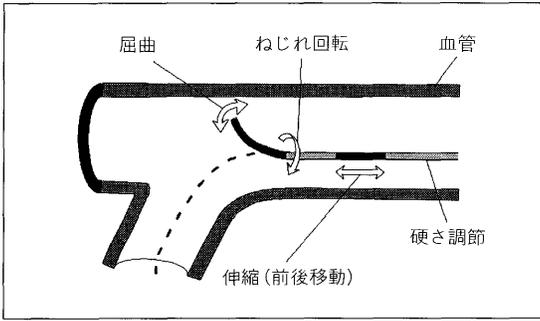


図 3 能動カテーテルの各種機能

入，血管塞栓術といった低侵襲治療に役立つ。また，体内局所の病変部からサンプルを採取することにも役立つと考えられる。筋肉にあたるアクチュエーターとして，通電加熱により変形する形状記憶合金 (shape memory alloy ; SMA) コイルが分布しており，パイアスばねの働きで元の形に戻る。現在，造影剤など液体の注入またはマイクロツールなどの出し入れに用いられる内腔 (ワーキングチャンネル) を有する“能動カテーテル (active catheter)”と，ワーキングチャンネルをもたない外径 0.5mm 前後の“能動ガイドワイヤー (active guide wire)”について，研究・開発を行なっている。以下，それぞれの機構の原理と構成について簡単に述べ，続いて能動カテーテルに関連した集積回路とセンサー技術について述べる。

1. 屈曲，ねじれ回転，伸縮，硬さ調節機構をもつ能動カテーテル

図 4 に能動カテーテルの構造を示す。SMA コイルと外側チューブに隙間があるため，外側に熱が伝わりにくく，通電加熱して曲げた場合の外側の温度は，38°C 水中において 41°C 以下に保つことができる。屈曲機構は 3 本の SMA コイルアクチュエーターがライナーコイル内側に多点で固定され，6 方向に屈曲可能な関節が複数個，一列に連なった構造となっている。ライナーコイルは駆動電流を供給する際の共通線として用いており，SMA コイルを切ることなく，それぞれの関節を独立し

て駆動することができる。

カテーテル操作において血管などの分岐部を選択するには，先端部が J 字形状のように曲がったガイドワイヤーやカテーテルを挿入し，手元からのトルク (ねじれ力) を先端部に伝えて回転させることが一般的に行なわれている。しかし，途中でループや複雑な走行があると，トルクが先端部にうまく伝わらなくなる。ガイドワイヤーやカテーテル先端部へねじれ回転機構を搭載し，上記問題を解決できる。1 本の SMA コイルをねじった状態で，ステンレス鋼製ライナーコイルの内側に挿入し，同心で各部を固定する。通電加熱により SMA コイルがねじれ回転し，電流を切ると外側のライナーコイルの働きで通電前の角度に戻る。

また，ほぼ同じ構成で SMA コイルをねじれ回転させる代わりに，長軸方向に縮めてライナーコイル内に固定すれば伸縮機構になり，カテーテル先端部の精密位置決めに役立つ。SMA コイルを形状記憶された状態のまま変形させずにライナーコイル内に固定すると，通電加熱で硬くなるので硬さ調節機構となり，カテーテルやガイドワイヤー先端で狭窄部や血管内閉塞部を押す力を微調整できる。SMA コイルとライナーコイルの接続は絶縁被覆をレーザーで除去し，その場所に金属を選択的に電解メッキすることで行なっており，一括組立てにより安価に製作できる⁸⁾。そのほか組立てに関連して，レーザーによる光化学反応を利用して非平面上に絶縁物や金属を堆積させて微細パターンを形成したり，またこれを用いてマイクロアセンブリを行なう試みもしている⁹⁾。

通信制御回路チップを内蔵したポリマー製リンクを

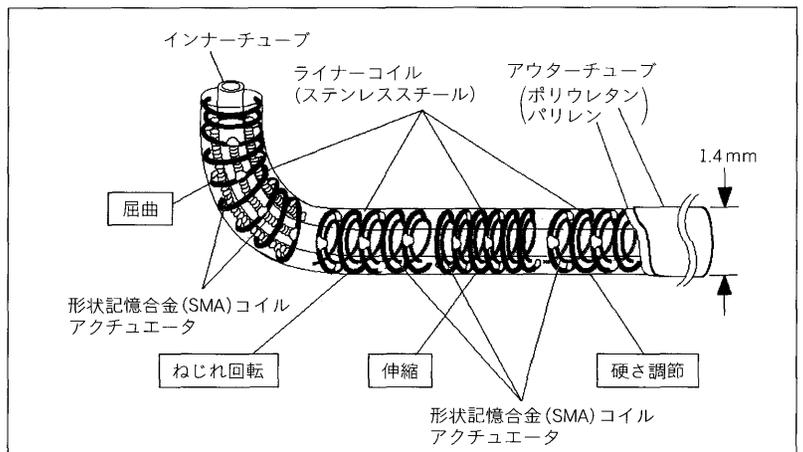


図 4 多機能能動カテーテルの構造

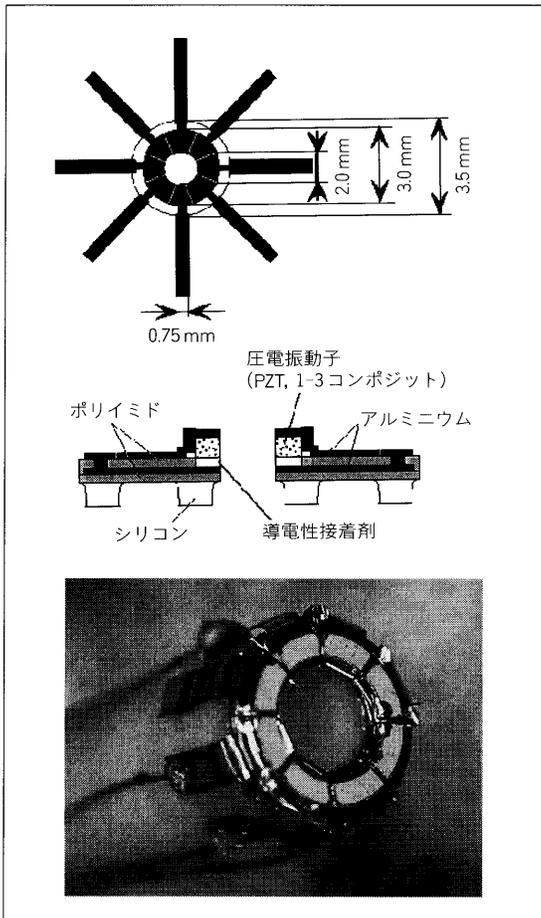


図 5 超音波イメージャー

各関節の間に配置し、これにより3本の共通リード線のみで電力や選択信号を供給して各部を動かすことも可能である¹⁰⁾。なおこの際、チップとリード線を一体形成し装着しやすくしている。

2. カテーテル先端センサー

外部からカテーテルを操作するときに役立つセンサーについて研究している。図5はカテーテル先端に取りつける前方視用の超音波イメージャーである¹¹⁾。8個のPZT(ジルコンチタン酸鉛)圧電トランスデューサーを配線つきポリマー基板と一体で形成し、カテーテル先端に装着できるようにした。圧電トランスデューサーを高機能化するためには、細いPZTロッドのレイをポリマーで埋めた複合圧電体を製作する必要がある。このため微細加工したシリコンを鋳型にしてPZTセラミックスを焼結し、その後XeF₂ガスでシリコンを

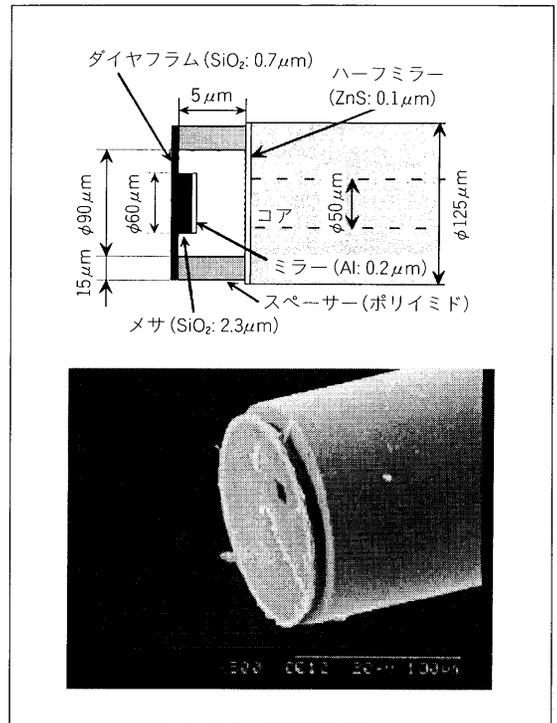


図 6 極微細径光ファイバー圧力センサー

除去するLost-mold法を開発した¹²⁾。このほか、能動カテーテルのアウトチューブに回折格子付きのポリマー光導波路を形成してカテーテル各部の曲がりを検出する試みや¹³⁾、先端に微小な磁気ベクトルセンサーを搭載して、外部コイルの磁界を検出しカテーテルや内視鏡先端の位置をモニターする研究なども行なわれている¹⁴⁾。光ファイバーの先端に薄いダイヤモンドを形成した、直径125 μm の極微細径圧力センサーを図6に示す¹⁵⁾。圧力によるダイヤモンドの変位を干渉現象による反射光の変化として検出する。この圧センサーをカテーテル壁内やガイドワイヤーの中に内蔵すると、血圧など体内局所の圧力をモニターすることができるようになる。

IV. マイクロプローブ

生体分子などのナノメートルのサンプルを操作しその機能を直接調べることは、個々の分子の機能を解明する有効な手段である。走査型プローブ顕微鏡は、直接原子分子を観察できる方法として有効であるのみならず、そのマイクロプローブの探針で物理的に分子を操作したり、DNAなどを任意の場所で切断することも

可能である。

このマイクロプローブに複雑な機能をもたせ、顕微鏡としてだけではなく、“見て、操る”などの複合的機能がナノエンジニアリングの目的には必須になる。このマイクロプローブの作製には、マイクロマシニングを利用した超微細加工技術が不可欠である。マイクロプローブに複雑な動作をさせるため、集積回路、センサー、光学部品、アクチュエーターなどのさまざまな要素を集積化する試みが行なわれている。ここでは、前記目的のために開発したマイクロプローブについて紹介する。

1. 近接場マイクロプローブ

光を利用したさまざまなデバイスでは、光の波動性による回折によりその最小スポット径が制限される。近年、近接場光を利用し、回折限界をこえて波長よりもずっと小さな光を利用できるようになった。この技術は、近接場光学顕微鏡として広く用いられるようになった。光の波長以下の寸法をもつ微小な金属開口は光がほとんど伝播せず、開口近傍には近接場が形成される。この微小開口を形成したプローブを用いて表面を走査し、観察試料と近接場との相互作用により散乱された光を検出する。光を用いているため、微小な領域の蛍光のマッピングや分光測定が行なえるのが特徴である。

原子間力顕微鏡および近接場光学顕微鏡が同時測定できるマイクロマシンプローブについて紹介する。一般的に用いられている光ファイバプローブでは、光がそのプローブ先端の光の波長よりも狭い径の領域を通り抜け、微小開口に達するまでかなりの損失があり、光の透過特性が悪い。筆者らは、シリコンの微細加工技術を利用して、数十 nm の大きさをもつ微小開口を形成する技術を開発した^{16,17)}。このプローブは、探針先端の開口角度が大きくなれるため、光の透過率が非常に高くできる特徴をもつ。

微小開口を形成した近接場光学顕微鏡用のシリコンプローブの模式図を図7に示す。微小開口の作製には、

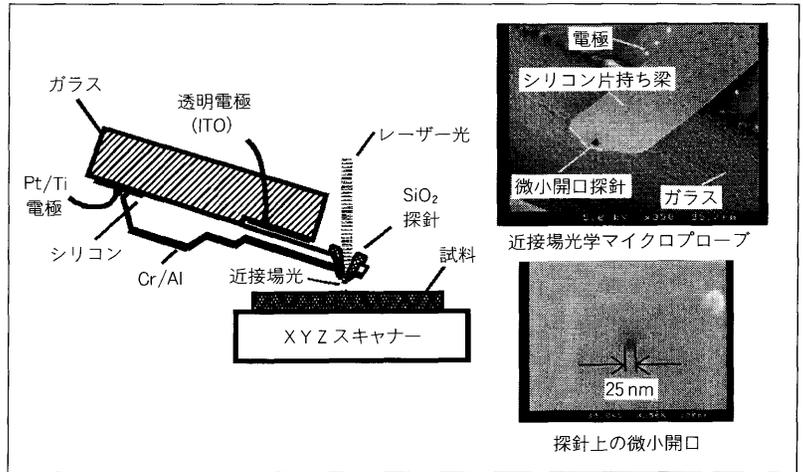


図7 原子間力/近接場光学顕微鏡用マイクロプローブの模式図(左)とその電子顕微鏡写真(右上)および探針先端に形成した微小開口(右下)

シリコンを酸化する際に、シリコンの異方性エッチングにより形成したエッチピットの底では、酸化膜の厚さが他の部分より薄いことを利用している。エッチピットを形成したシリコンを酸化後、酸化膜のエッチング溶液で少しだけエッチングすれば微小開口が簡単に形成できる。最後にアルミニウムなどの金属膜を堆積し金属の微小開口を形成する。図7はこのようにして作製した微小開口をもつシリコンマイクロプローブ(右上)、およびその先端に形成した25 nm径の微小開口(右下)の電子顕微鏡像である。作製した微小開口は、100 nmの直径で光の透過率(入射した光強度に対する近接場強度の比)が 10^{-2} (1%)程度と非常に高い¹⁸⁾。通常用いられている光ファイバプローブでは、同じ径で 10^{-5} 程度である。この片持ち梁の根元から微小開口上に光導波路を形成し、光ファイバと連結させて光を導くことも可能である¹⁹⁾。

2. 電磁駆動マイクロプローブ

マイクロプローブに駆動機構を内蔵すれば、表面の凹凸に追従してプローブを動かし、探針-表面間の力を一定に保つことができる。マイクロプローブはサイズが小さく、共振周波数は高く形成できるため、高速の走査も可能になる。先端に高感度のカセンサーおよび駆動機能をもつ電磁駆動式のセンサー(走査型プローブ顕微鏡用のセンサー)をここで紹介する²⁰⁾。図8にその電子顕微鏡写真を示すように、このセンサーはシリコンの片持ち梁とその先端の“ねじれ型片持ち梁”から構成されている。このねじれ型片持ち梁は、カセン

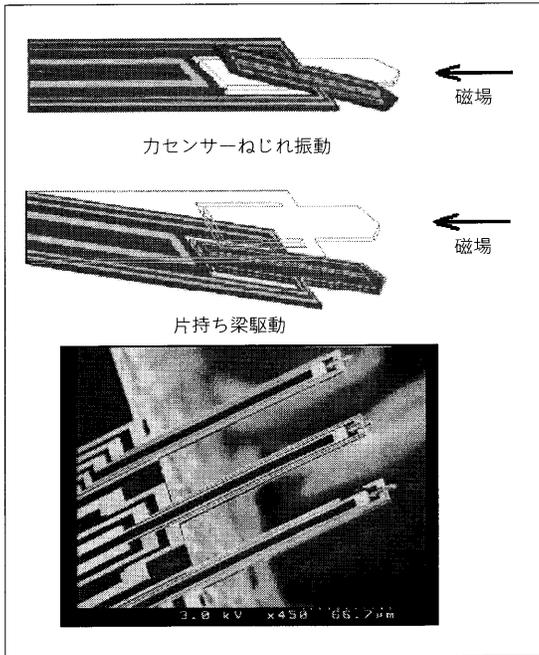


図 8 電磁力によるアクチュエーターを内蔵したマイクロプローブ

ねじれ型片持ち梁の構造をもつ振動型力センサーがカンチレバー先端に形成してある。作製したプローブアレイ (下) の電子顕微鏡写真。

サーとして働き、シリコンの片持ち梁部は駆動のための電磁駆動アクチュエーターとして働く。ねじれ型片持ち梁で検出した力をアクチュエーターにフィードバックして動作させることで、高速の走査が可能になる。

ねじれ型片持ち梁は、細長いシリコンの薄膜プレートが、その両側を 2 本の細い梁で支えられている。プレート先端が力を受けると、2 本の梁を軸にねじれる (図 8 上)。また、2 つの金属配線のループがねじれ型片持ち梁の上に形成してある。このため、外部から磁場を与え、一方の金属ループに交流電流を流すと、印加磁場と電流とのローレンツ力によりねじれ型片持ち梁はトルクを受けねじれ振動する。振動子の振動周波数の変化から高感度に力を測定できる。このねじれ型片持ち梁の共振周波数は MHz 以上につくることが可能である。

おわりに マイクロマシニング技術を用いれば、高度な機能をもつ複雑なマイクロシステムが作成できる。その応用は幅広く、非常に微量な試薬の化学合成、ワンチップ上での化学実験室、合成自動化マイクロシス

テム、微量物質の分析、体内での医療応用や表面分析と分子マニピュレーションなどである。今後、さまざまな素子の集積化がいつそう進み、より高度な機能をもつ複雑なシステムの開発が進むであろう。

文 献

- 1) たとえば、江刺正喜・藤田博之・五十嵐伊勢美・杉山進：マイクロマシニングとマイクロメカトロニクス、培風館 (1992)
- 2) Baba, Y. : The 10th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators, **1**, 40-43 (1999)
- 3) Daniel, J. H., Iqbal, S., Millington, R. F., Moore, D. F., Lowe, C. R., Leslie, D. L., Lee, M. A., Pearce, M. J. : *Sensors and Actuators*, **A71**, 81-88 (1998)
- 4) Burns, M. A., Johnson, B. N., Brahmasandra, S. N., Handique, K., Webster, J. R., Krishnan M., Sammarco, T. S., Man, P. M., Jones, D., Heldsinger, D., Mastrangelo, C. H., Burke, D. T. : *Science*, **282**, 484-487 (1998)
- 5) 近藤聖二・森本伸彦・堀 邦夫・篠原悦夫・狩野恭一：電気学会論文誌 E, **119**, 448-453 (1999)
- 6) Sosnowski, R. G., Tu, E., Butler, W. F., O'Connell, J. P., Heller, M. J. : *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **94**, 1119-1123 (1997)
- 7) 芳賀洋一・江刺正喜：人工臓器, **27**, 662-670 (1998)
- 8) Haga, Y., Maeda, S., Esashi, M. : Proc. IEEE International Micro Electro Mechanical Systems Conference, 181-375 (2000)
- 9) Lim, G., Park, K., Sugihara, M., Minami, K., Esashi, M. : *Sensors and Actuators*, **A 56**, 113 (1996)
- 10) Park, K.-T., Esashi, M. : Proc. of IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems, 400-405 (1999)
- 11) 谷 恵亮・西尾真博・芳賀洋一・江刺正喜, 第 38 回日本エム・イー学会大会論文集, 302 (1999)
- 12) Wang, S., Li, J.-F., Watanabe, R., Esashi, M. : *J. Am. Ceram. Soc.*, **82**, 213-215 (1999)
- 13) 富吉俊夫・芳賀洋一・南 和幸・江刺正喜：第 37 回日本エム・イー学会大会論文集, 318 (1998)
- 14) 戸津健太郎・芳賀洋一・江刺正喜：電気学会 E 部門総合研究会資料, 77-82 (1999)
- 15) Katsumata, T., Haga, Y., Minami, K., Esashi, M. : Technical digest of Intn. Conf. on Optical MEMS and Their Applications (MOEMS97), 141-146 (1997)
- 16) Minh, P. N., Ono, T., Esashi, M. : *Appl. Phys. Lett.*, **75**, 4076-4079 (1999)
- 17) Minh, P. N., Ono, T., Esashi, M. : *Sensors and Actuators*, **A 80**, 163-169 (2000)
- 18) Minh, P. N., Ono, T., Esashi, M. : *Rev. Sci. Instr.*,

- 71, 3111-3117 (2000)
- 19) Qian, W., Minh, P. N., Ono, T., Esashi, M. : International Conference on Electrical Engineering, Hong Kong, 284-287 (1999)
- 20) Lee, D. W., Ono, T., Esashi, M. : *Sensors and Actuators, A* 83, 11-16 (2000)

小野崇人

略歴：1997年 東北大学大学院工学研究科修了，同年より東北大学工学部助手，1999年より現所属（講師）。研究テーマ：マイクロ・ナノマシニング，マイクロプローブ，ナノメカニクス。関心事：マイクロ微小電気機械システムをより小型化したナノマシン。

共立出版 書籍展示販売のご案内

下記学会会期中，学会参加者を対象にした書籍の展示販売を行ないます。共立出版ブースへぜひお立ち寄りください。

日本分子生物学会年会

日 時：平成12年12月13日(水)～16日(土) 9：00～17：00 (16日は12：00まで)
 会 場：神戸国際展示場1号館・2号館 (〒650-0046 神戸市中央区港島中町6-11-1)

- 『蛋白質 核酸 酵素』増刊号
 小型魚類研究の新展開／再生医学と生命科学／転写因子の機能／最先端創薬／神経回路形成と機能発達 他
- PNE モノグラフ
 免疫系の遺伝子戦略／血管新生とがんの生物学／血液製剤／エイズ／蛋白質の機能情報の解説／バクテリアのべん毛モーター／他
- シリーズ バイオサイエンスの新世紀 (既刊3冊)

- タンパク質の一生／酸化ストレス・レドックスの生化学／生体膜のエネルギー装置
- シリーズ ニューバイオフィジックス (全11巻)
- シリーズ ニューバイオフィジックスII (既刊6冊)
- シリーズ 光が拓く生命科学 (既刊7冊)
- 専門書・実用書・読み物
 生体内一酸化窒素(NO)実験プロトコル／走査電子顕微鏡／ダイソン博士の太陽・ゲノム・インターネット 他

お知らせ

**大阪大学蛋白質研究所セミナー
 マメ科のモデル植物ミヤコグサを用いた分子細胞生物学**

期 日：平成12年11月16日(木)・17日(金)
 場 所：大阪大学蛋白質研究所1階講堂

- ◆11月16日 13：00～18：00
 はじめに・ミヤコグサ研究の概観 林 誠 (阪大工)
 マメ科作物のゲノム研究から見たミヤコグサの意義
 原田久也 (千葉大園芸)
 根粒形成初期応答 河内 宏 (農業生物資源研)
 根粒共生変異体スペクトラムと Ljsym 77 遺伝子のクローニング 川口正代司 (東大総合文化)
 共生窒素固定を制御する宿主因子 LjSym 75, LjSym 81 菅沼教生 (愛知教育大)
 alb 1 と Ljsym 72 の表現型解析とクローニングに向けて 今泉 (安楽) 温子 (農業生物資源研)
 アーバスキュラー菌根菌の共生に異常を示す変異体の単離と特徴 妹尾啓史 (三重大生物資源)
 特別講演1：プロモータートラッピングによる根粒および根で発現するミヤコグサ遺伝子の同定 P.Gresshoff (Queensland 大)
 特別講演2：トランスポゾン・タギングによる共生遺伝子の同定 J.Stougaard (Aarhus 大)
- ◆11月17日 9：30～15：00
 ミヤコグサを用いたマメ科フラボノイドの研究 青木俊夫 (日大生物資源)
 ハダニに対するミヤコグサおよびマメ科植物の誘導間接防御応答 高林純示 (京大農)
 インゲン根粒菌によって形成されたミヤコグサの早期老化型根粒について 畑 信吾 (京大生命科学)

- ミヤコグサ根粒菌のゲノム解析 金子貴一 (かずさ DNA 研)
 - ミヤコグサ根粒菌の系統的遺伝子破壊株作製プロジェクト 佐伯和彦 (阪大理)
 - ミヤコグサ根粒菌の網羅的な遺伝子発現解析を目指して 南澤 究 (東北大遺伝生態研)
 - ミヤコグサのゲノム, EST 解析 佐藤修正 (かずさ DNA 研)
 - DNA マイクロアレイを用いたミヤコグサ花器官成熟関連遺伝子の探索 渡辺正夫 (岩手大農)
 - ミヤコグサ染色体のダイレクト・マッピング 福井希一 (阪大工)
 - ミヤコグサのゲノムマッピングと大容量 BAC ライブラリー構築 川崎信二 (農業生物資源研)
 - ミヤコグサ研究の展望 田畑哲之 (かずさ DNA 研)
- 参加費：無料。事前登録不要。あらかじめ参加申込された方には講演要旨集を無料で配付。ご希望によりミヤコグサ種子・ミヤコグサ根粒菌を無料で配付します。**
申込方法：下記ホームページを通じて参加申込をお願いいたします。
連絡先：〒565-0871 吹田市山田丘3-2 大阪大学蛋白質研究所 中井正人
 Tel.06-6879-8612 FAX 06-6879-8613
 E-mail:nakai@protein.osaka-u.ac.jp
 http://plant.protein.osaka-u.ac.jp/lotus2000/