

半導体製造技術で作る 微小機械、 実装技術の低コスト化 などが焦点に

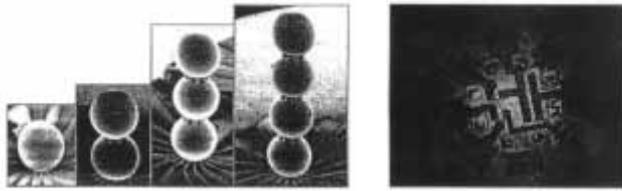
—— MEMS-2000 レポート

澤田 廉士

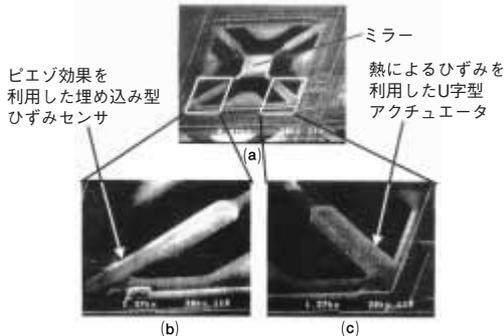


IEEE Robotics and Automation Society 主催の微小電気機械システム(マイクロマシン)に関する国際学会「IEEE Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) 2000」が、1月23日～27日に開催された。会場は、今年(2000年)7月に九州・沖縄サミット外相会合が予定されている宮崎シーガイアである。MEMS 国際会議は、センサ、アクチュエータなどの電気機械部品のうち、発展がもっとも期待される微小なシステムに絞って討議を重ねている。MEMS 会議は米国、欧州、アジアのローテーションで毎年1回開かれており、今回が13回目となる。(筆者)

MEMS 技術を手たく説明すれば、これまで小さな機械加工部品を組み立て、調整しながら作成していたアクチュエータや構造物を、フォトリソグラフィ技術などを利用して作成しようというものである。材料としてはシリコンやガリウム砒素(GaAs)などが使われる。つまり、半導体と同じ製造技術を利用して微小な電気機械



【図1】1mm 径のシリコン半導体球
(a)～(d)は半導体球を金バンプでつないだ例、(e)は表面上に形式したNMOS デバイス。



【図2】 piezo素子を利用してミラーを制御
piezo素子のはりでミラーの4すみを支持し、piezo効果(電圧を加えると形状がひずむ効果)を使って40 μm 角のマイクロミラーを傾斜させる。同時に、ひずみに比例した電位でミラーの変位を検出する。

部品を作る。

フォトリソグラフィ技術を使う利点は、個々の部品の組み立てが不要になったり、あるいは組み立てが必要な場合でも、一括組み立てを行いやすくなることにある。また、微小サイズの多数の電気機械部品をアレイ状に、一括形成することも可能である。

MEMS 会議では、当初、光ファイバ径(約100 μm)と同じサイズで、数万 rps で回転する静電気モータや、静電気くし型電極で構成したアクチュエータを利用して、光ファイバ・ガイドのなかの数 mm サイズのミラーを出し入れするスイッチなどが発表された。これまでの製造の概念を覆し、しかも従来より1～2桁小さいサイズを実現したことで、世界中を騒然とさせた。

13回目ともなると、これまでの発表内容の改良・改善、および応用的な発表が多くなり、基礎研究として話題性のある発表は少なくなってきた。これは、近年、MEMS 技術を取り扱う会議が増えており、そちらへ投稿されるケースがあるためだろう。

招待講演はCMOS センサ、光応用、球状半導体

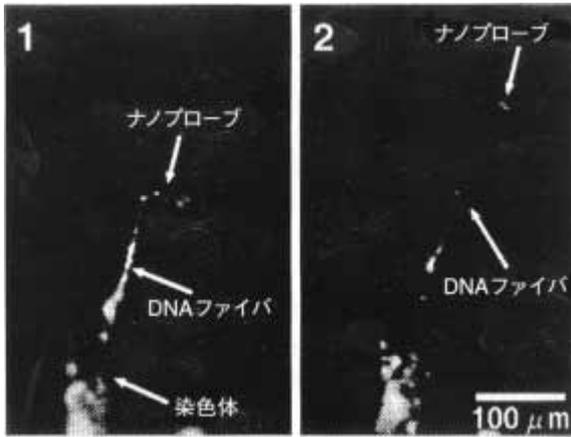
MEMS 会議では三つの招待講演が行われた。1 番目の招待講演では、“Intelligent CMOS Sensors”と題して、ドイツ Infineon Technologies 社の Christofer Hierold 氏が、CMOS プロセスで製造したセンサの技術動向を解説した。CMOS センサはこれまで、自動車の安全制御やエアバッグの圧力センサなどに利用されてきたが、今後は家電や情報機器のセンサ、たとえば音響センサなどへ発展するであろうと述べた。

また、2 番目の招待講演では、米国 Optical Micro-Machines 社の R. S. Payne 氏が“MEMS Commercialization : Ingredients for Success”と題して、光応用のマイクロマシンの製品化動向について発表した。これまで、製品化されている分野を売り上げの大きい順に並べると、ハード・ディスク装置のヘッド、インジェクション・プリンタ・ヘッド、心臓のペースメーカ、体内診察機器、補聴器、圧力センサ、化学センサ、赤外線イメージ・センサ、加速度センサ、ジャイロ、磁気抵抗センサ、マイクロ光スペクトル測定器となる。このうち、飛躍的な成長率を示しているのは、赤外線イメージ・センサ(年率5倍ののび)とマイクロ光スペクトル測定器(年率3倍ののび)である。現在のところ金額は少ないものの、今後が期待されている分野として、薬品搬送システム、光スイッチ、遺伝子実験関連、光磁気ヘッド、プロジェクション・バルブ、チップ・コイル、マイクロリレー、マイクロモータ、傾斜計、インジェクション・ノズル、衝突防止システムなどがあるという。

3 番目の招待講演では、米国 Ball Semiconductor 社の竹田宣生氏が“Ball Semiconductor Technology and its Application to MEMS”と題して、1mm 径の球の表面上に形成するボール状の半導体に集積回路を形成することの意義や技術についての展望を示した(図1)。同社は、これまで使われてきた平面基板の半導体より製造コストが安く、製造設備がコンパクトになるボール状半導体技術の開発を進めている研究開発ベンチャである。

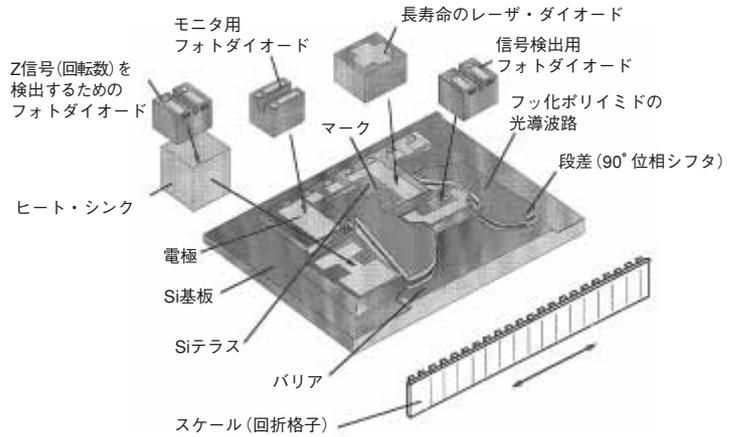
MEMSの応用はセンサ、光素子、実装技術からバイオまで

今回の MEMS 会議の発表について、六つの分野を概説する。



〔図3〕 DNA を取り出すマイクロプローブ

ガラス・ファイバの先に電子ビームを照射して作成したナノプローブ。このプローブで人間の染色体からDNAを取り出すことができる。



〔図4〕 光素子の1/10のサイズに

導波路を形成した平らなチップの上に光素子(半導体レーザとフォトダイオード)をボンディングして形成した。個別部品を組み合わせる場合と比べて、サイズを1/10にできた。

(1) 加速度センサ・ジャイロ

半導体の製造技術をそのまま利用して形成する。加速度によって半導体の容量変化が発生する原理を応用している。1枚の基板に多数の加速度センサ・ジャイロを一括形成できる。

(2) アクチュエータ

アクチュエータの主流は静電気を利用したくし型電極とスクラッチである。このほかピエゾ素子膜や記憶合金を利用するものもある(図2)。

(3) ボンディングとパッケージング

今回のMEMS会議では実装技術についての発表が目立った。ICの場合と同じように、MEMSでも作成した構造物(チップに相当)をボンディングによって固定したり、パッケージに封止する必要がある。ところが、現在、このボンディングやパッケージングがMEMSのサイズを大きくしたり、コストを上昇させている。

たとえば、ポリシリコンで作ったマイクロヒータを用いてガラスとアルミニウム、またはガラスとシリコンをボンディング(温度は700℃)してパッケージングするローカライズド・ボンディングや、フッ素化高分子を用いた低温ボンディングなど、これまでにない実装技術が報告された。また、パッケージのなかに高感度の容量型湿度センサを内蔵し、外部アンテナで内部の湿度を検査できるマイクロパッケージの報告もあった。パッケージングの技術は確実に進展している。

(4) バイオ応用

MEMS技術の有望な応用分野の一つにバイオテクノロジーがある。たとえば、細い管内を流れている細胞の蛍光観察や、細胞融合のためのマイクロ構造体作成、体内の情報をワイヤレスでモニタリングする技術などがおもな研究テーマとなっている。今回のMEMS会議では、細胞融合の応用を目的としたマイクロミキサや、細胞内のDNAを取り出すためのナノプローブ(図3)を、ガラス・ファイバの先に電子ビームを照射して作成した発表もあった。

(5) 光学応用

この分野は、最近では別の国際会議(Optical MEMS)で発表さ

れることが多いことから、今回はめぼしい発表が見あたらなかった。

この分野も前述のパッケージングと密接に関連した形での報告が多かった。図4は、筆者らのグループが開発したエンコーダ(モータの回転角やステージなどの直線移動量を検出する位置決めセンサ)である。エンコーダはこれまで、個別部品を3次元的に調整して組み立てていた。筆者らは導波路を形成した平らなチップ上に光素子(半導体レーザとフォトダイオード)をボンディングして形成した。これによって、偏光子、レンズ、プリズムなどの個別部品がまったく不要になった。

(6) 3次元構造体

3次元構造体関連の発表では、シンクロトロンを用いて発する強力なX線を利用して高アスペクト比の構造物を作る方法やシリコン単結晶半導体基板の異方性エッチングを用いる方法、ICPと呼ばれる高密度のプラズマによりシリコンに深い溝を形成する方法、折り紙を折るように、2次元的に形成した構造体を立体的な形状にしていける方法などの報告があった。

“サイエンス”に乏しい

通産省が引っ張っているマイクロマシン・プロジェクトも、発足して今年で10年を迎える。これを反映してか、日本で開催された今年のMEMS会議は、基礎研究よりも応用の発表が目立った。逆にいえば、“サイエンス”に乏しいともいえる。個人的には、サイエンスの要素が加わってくると、学会もよりおもしろくなると思う。

NTT 通信エネルギー研究所

澤田廉士

◆筆者プロフィール◆

澤田廉士。1978年、九州大学工学研究科 修士課程機械工学専攻修了。工学博士。1978年電信電話公社(日本電信電話株式会社の前身)に入社。現在に至る。研究分野はシリコン結晶欠陥、SODIC基板、光計測、光マイクロマシンなど。