

香川大学工学部造形工学講座 橋口 原 研究室

香川大学 教授 橋口 原

私の研究室では、ナノプローブ+MEMSという組合せで新しい機能を有するナノテク研究用デバイスの開発を行っております。そもそも私がプローブ研究を始めたきっかけは会社時代にさかのぼります。入社2年目に若手テーマ提案という制度があって、当時少しずつ注目を集めていたフィールドエミッションディスプレイの研究開発を始めました。シリコン電子銃アレイを作製するため、ウェットエッチングでシリコンのエッチングばかりしていました。シリコンの電子銃は、通常円形状マスクのアンダーエッチングを時間制御して作製しますが、アンダーエッチングを利用しないできないものかと考えていました。そこで思いついたのが局所酸化とKOHエッチングの組合せです。パターンエッジ部にKOHによる異方性エッチングで結晶面を露出させ、その面を酸化膜で保護するというプロセスを3回行いますと、きれいな針形状が再現性、均一性よくできます。しかもパターンのエッジを利用するので、リソグラフィの精度にも依存しません。この手法で形成したシリコン電子銃は結構良い特性だったのですが、結局シリコンは電子銃として利用されるには至りませんでした。大学に着任してからこの手法をベースにプローブデバイスを研究してきました。DNAを伸張固定するDNAピンセット（JST先端計測機器開発事業で研究中）、染色体を切断するナノナイフ、そしてナノ物質を把持回収するAFMピンセット（地域新生コンソーシアムで研究中）などは同様のプロセスで作製します。ウェットエッチングのよいところは、低コストでナノ構造を安定に作製でき、しかも大面積でも均一性がよいことです。その他には、櫛歯アクチュエータのイミタンス特性を利用した自己検知型AFMプローブに注力しております。これは水晶振動子と同様の回路で自励振動させた櫛歯アクチュエータに原子間力が作用すると、その共振周波数が変化することを利用したものです。既に2次元イメージが取得できています。AFMプローブとしての応用もありますが、ピンセットにこの原理を利用すればタッチセンサーや力センサーとして利用できますので、柔軟物質把持用として細胞ピンセットなどへも展開しています。今後はバイオテクノロジー研究とリンクできるように、溶液中で

利用できる機能化AFMプローブの開発にも取り組んでいきたいと考えております。なお、最近香川県のアオイ電子株式会社が、MEMSピンセットの製造販売を始めました。MEMS部分だけでなく、コントロール系にも工夫を凝らしています。TEM内でのサンプル搬送や、製造工程で発生する異物の回収などに利用できます。また、AFMピンセットも近いうちに商品ベースにのってくると思います。AFM装置にはMEMSピンセットが当たり前の時代がくればよいのですが。

さて話は変わりますが、有名なファインマン先生のナノテクに関する講演を読みますと、まず4分の1のスケールの機械を作り、その機械がさらに4分の1の機械を作れば16分の1の機械が作れるというくだりがあります。現在はSPMの開発により、プローブで原子や分子がマニピュレーションできています。ところがいわゆるメゾの領域が飛んでしまっているのです。そこでは電磁気力とメニスカス力のようなマイクロの機械的力が拮抗してかなり複雑です。AFMピンセットでも掴めるけど離せないということがサンプルによってはあり、その解決に苦労しているところです。

というわけでとりあえずMEMSによりナノ領域を対象としたマイクロの大きさの切断機械やハンドリング機械は作れるようになりました。ようやく機械の「bottom」が見えてきましたが、マイクロの機械でナノ・メゾの機械構造がうまく作れるか、まだまだ長い戦いが続くのではないのでしょうか。

