走査型プローブ顕微鏡について

システム工学技術系　川上　貴浩

1．　はじめに

現在、表面観察・表面構造の評価として、光学顕微鏡，電子顕微鏡（TEM,SEM），走査型プローブ顕微鏡(Scanning probe Microscope:SPM)などが用いられる。

その中で、取り扱いが簡単で、十分な分解能が得られる走査型プローブ顕微鏡（デジタルインスツルメンツ社 NanoScopeⅢ）が、電気電子工学科・金子・加藤・新保研究室に導入されたので紹介する。

2．　走査型プローブ顕微鏡の種類について

走査型プローブ顕微鏡は、走査型トンネル顕微鏡（Scanning Tunneling Microscope:STM），原子間力顕微鏡（Atomic Force Microscope:**AFM**），電気化学ＡＦＭ（EC-STM）、摩擦力顕微鏡（LFM）、磁気力顕微鏡（MFM）など、検出方法によりいくつかの種類があり、使用目的により使い分ける必要がある。

3．原子間力顕微鏡（AFM）について

形状観察で主に使用される原子間力顕微鏡（AFM）は、ほとんどすべてのサンプル（金属，半導体，絶縁物）に使用できる。測定モードは、コンタクト・モード，ノンコンタクト・モードとタッピング・モードの３種類があり、ここで主に用いられるタッピングモード AFM について説明する。

3．1　タッピングモード AFM の原理

ピエゾ加振器を用いて、先端に探針を付けたカンチレバーを共振周波数近傍（約 50～500KHz）で加振させてサンプル表面に近づける。探針に加わる力は、自由振動からエア・ダンピング[10μｍ]→静電気力（引力または斥力）[0.1～1μｍ]→吸着層の表面張力（引力）[10～200ｎｍ]→ファンデルワールス力（引力）[＜Åレベル]→クーロン力（斥力）[数分の１Å]→表面（探振は破損する）となる。タッピングモードでは、サンプル表面上を断続的に軽く触れながら（タップしながら）走査することにより、凹凸によるカンチレバーの振動振幅の変化量を、レーザ光を使って検出する。

検出されるカンチレバーの振動振幅の変化量（20nm～100nm）を一定に維持するために、フィールドバックによりピエゾスキャナーのＺ軸を上下動させ、同時にＸ，Ｙ軸方向にもスキャンし、これらＸ，Ｙ，Ｚ軸の駆動信号をもとに３次元の表面形状を描く。

3．2　タッピングモード AFM の特徴

(1)　従来のコンタクト・モードＡＦＭに比べて、２桁程度小さい 0.1～1nN 程度の力を制御することが可能なため、軟らかいサンプルも傷つけずに測

定できる。

(2)　探針はサンプル表面に断続的に接触するので、水平方向に働く力（摩擦力）が生じないため、基盤との吸着力（付着）が弱いサンプルも測定することができる。

(3)　カンチレバーの加振振幅を大きくすることにより、サンプル表面の吸着層に捕らえられずに測定できるので、広範囲に動作領域が確保でき、かつ安定に動作する。

(4)　タッピングモードAFMでは、分解能を制御するものは探針の先端サイズだけとなり、約1nm～10nmの分解能が得られる。

各モードの特徴を以下に示す。

	コンタクト・モードＡＦＭ	タッピング・モードＡＦＭ	ノンコンタクト・モードＡＦＭ
水平分解能	0.2～1nm	1nm	5～10nm
サンプルにかかる力	大気中≒50nN 液中≒1nN	大気中≒ 0.1～1nN	大気中≒0.01～ 0.1nN
摩擦力	大	無	無
軟サンプル観察	△	◎	◎
観察の安定性	◎	◎	△
感度と応答速度	◎	◎	△

4．その他の走査型プローブ顕微鏡

以下の顕微鏡としても使用できる。

◇走査型トンネル顕微鏡（Scanning Tunneling Microscope:STM）は、先鋭な探針を導電性サンプル表面に1nm以下まで近づけ、トンネル電流を検出し画像化する。

◇摩擦力顕微鏡（Lateral Force Microscope:LFM）は、サンプル表面の摩擦力を測定し画像化する。

◇磁気力顕微鏡（Magnetic Force Microscope:MFM）は、プローブに磁性の探針を用いることにより、表面近傍に生じている磁界を測定し画像化する。

◇液中測定AFMは、液中セルを用いて,液中測定を行います。コンタクト・モード、タッピングモードで使用できる。

5．使用申し込みについて

電気電子工学科　金子・加藤・新保研究室にお申し込みください。

6．参考文献

ＮａｎｏＳｃｏｐｅⅢ
ＴａｐｐｉｎｇＡＦＭ　オペレーションガイドＶｒｅ４．１１マニュアル