

## 走査型プローブ顕微鏡のご紹介

### はじめに

走査型プローブ顕微鏡 (scanning-probe microscopy : SPM) は原子間力顕微鏡 (atomic-force microscopy : AFM) を礎として発展した表面の極微細な構造や各種の物性を測定することができる装置です。

光を用いる光学顕微鏡やレーザー顕微鏡、電子を用いる電子顕微鏡に対してAFMはシリコン等で作られた極微細な針 (探針、プローブ) を用いて表面を走査することで凹凸形状の像を得ます。つまり、AFMは極微小部用の触針式三次元粗さ計の一種と言えます。1枚の画像の走査範囲は数十 $\mu\text{m}$ 角~数十nm角まで可変であり、倍率にすると数千倍~数百万倍の範囲に相当します。

このAFMの応用として、プローブに働く様々な力を検出して走査範囲内の分布像を得る分析装置が開発されました。例えば、プローブに働く粘弾性力を検出して画像化する位相像、磁気力を検出して画像化する磁気力顕微鏡 (magnetic-force microscopy : MFM)、摩擦力を検出して画像化する摩擦力顕微鏡 (frictional-force microscopy : FFM)、表面電位を検出して画像化する表面電位顕微鏡 (Kelvin-probe force microscopy : KPFM) など、数え方によっては100種類以上とも言われる測定手法があります。これらはいずれもプローブを用いて表面を走査することで像を得る点が共通

していることから、走査型プローブ顕微鏡と呼ばれています。

今回は昨年導入したSPMの中でも中型機に分類される装置での測定例をご紹介致します。

### 装置仕様

#### 走査型プローブ顕微鏡

型名: AFM5500M  
最大走査範囲: 200  $\mu\text{m}$  × 200  $\mu\text{m}$   
最大試料サイズ: 直径 100mm  
高さ 20mm  
重量 2 kg  
測定環境: 大気中、常温

図1に装置の概念図を示します。試料はモーター駆動のステージの上に固定され、その真上からプローブが試料に接近します。図2に示しますように、プローブは支持基板に取り付けられたカンチレバー (cantilever : 片持ち梁) と呼ばれる部分の先端付近に付いています。プローブに働く力は、多くの測定モードではカンチレバーの反りや共振周波数の変動として現れ、カンチレバーの裏面に当てたレーザーにより検出されます。試料表面の走査にはXYZ軸駆動の圧電素子が用いられます。

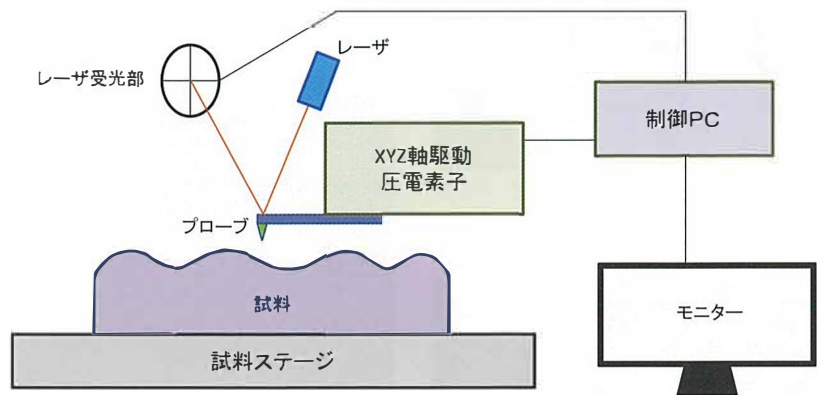


図1 装置概念図

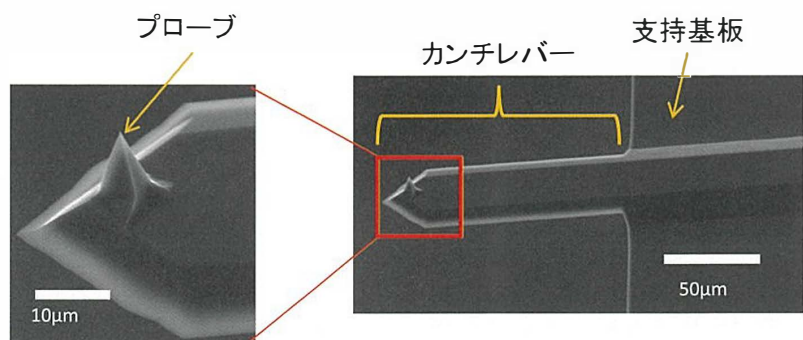


図2 プローブとカンチレバー

## 測定例

### 1. 形状測定

形状測定はSPMの最も基本となるモードです。形状測定にはプローブの先端が試料表面に常に接触するコンタクトモードと、プローブの先端が試料表面に間欠的に接触するダイナミックモードの2種類があります。いずれのモードでも測定可能ですが、通常は表面に与えるダメージが少ないダイナミックモードを用います。

図3はシリコンウエハ上に形成したダイヤモンドライクカーボン膜表面についてダイナミックモードで形状を測定した結果で、数100nm以下の凹凸形状が観察されました。この様な形状測定結果から断面粗さや面粗さを解析することができます。図4は面粗さ解析を実施した例です。

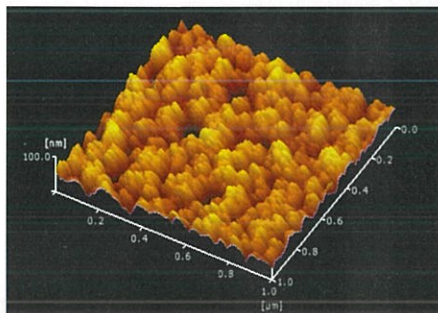


図3 ダイヤモンドライクカーボン膜表面の形状像

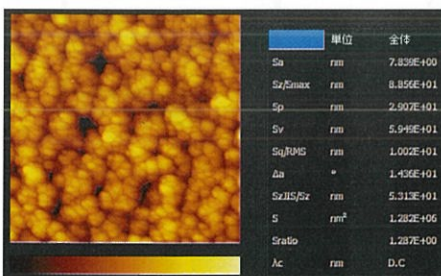


図4 表面粗さ解析結果

### 2. 磁気力顕微鏡 (MFM)

磁性金属膜をコーティングしたプローブを用いて測定することで微小な領域の磁区構造を観察することができます。図5はSUS410につい

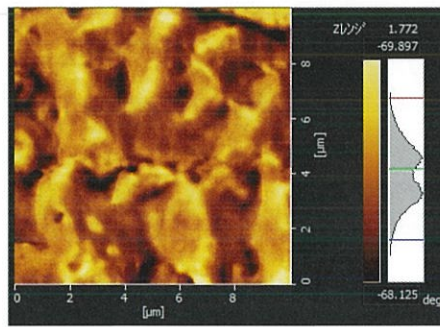


図5 MFM測定例：SUS410

て観察した例です。この場合は先端をS極に着磁したプローブを用いています。表面にN極が向いていてプローブと試料が引き合う部分は明るく、S極が向いていて反発しあう部分は暗く表示しています。

このように強磁性体の磁区構造を観察するだけではなく、非磁性の材料が極わずかに磁性を示す場合にそれがどこにあるのか探索することも可能です。図6は本来非磁性のNi合金がわずかに磁性を示したため、MFMを用いて磁性が発現している位置を探索した例です。局部的にプローブが引き付けられる箇所があり、磁性を有した物質が点在している様子が認められました。

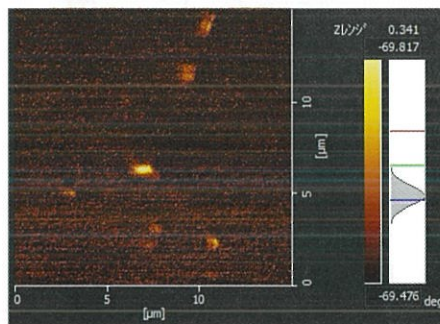


図6 MFM測定例：非磁性材料中の磁性箇所

### 3. 表面電位顕微鏡 (KPFM)

SPMには導電性金属膜をコーティングしたプローブを用いて、電圧を印加しながら測定するモードがいくつかあります。代表的なものは電流分布を測定する電流同時測定AFM (CPAFM)、抵抗分布を測定する拡がり抵抗顕微鏡 (SSRM)、強誘電体の歪分布を測定する圧電

応答顕微鏡 (PRM)、そして表面電位分布を測定する表面電位顕微鏡 (KPFM) です。その事例としてSiウエハ上に作製したグラフェンのKPFMの測定結果を図7に示します。グラフェンの層数の違いにより表面電位が変化する様子が観察されました。

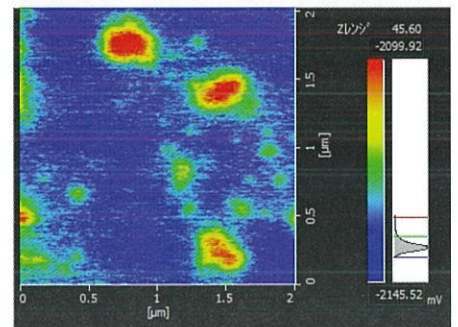
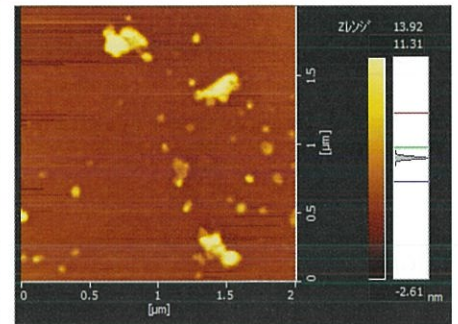


図7 KPFM測定例：Siウエハ上のグラフェン(上：形状像 下：電位像)

## おわりに

今回ご紹介したSPMにはこれら以外にも様々な測定モードがあります。また、小型機では測定できないような大きさ・重さの試料も測定できる特長があります。初めての方はもちろん、既にSPMをお持ちの方も測定モードや試料サイズの制限でお悩みの際はお気軽にご相談下さい。

### お問い合わせ先

尼崎事業所  
解析技術部 新谷 龍二  
TEL：06-6489-5777  
FAX：06-6489-5792  
E-mail：shinya.ryuji.cn8@nstec.nipponsteel.com