

## 表面形状・粗さを測定する 3 つの装置

キーワード：触針式段差・表面粗さ計、レーザー顕微鏡、原子間力顕微鏡、表面形状、表面粗さ

### はじめに

森之宮センターには、表面の形状や表面粗さを測定するための機器が複数あり、装置ごとに得意な測定範囲（観察範囲と測高範囲）が異なります。そのため、観察対象に応じて、適切な機器を選択する必要があります。触針式段差・表面粗さ計、レーザー顕微鏡、原子間力顕微鏡（AFM）の3種類の測定装置について、得意な測定範囲やその特徴を解説します。

### 様々な表面形状測定装置

**触針式段差・表面粗さ計**は、探針を表面に接触させてスキャンすることで表面のプロファイルを得る装置で、数 mm～数 cm 程度の長さにならって高さのライン分析ができます。

**レーザー顕微鏡**は、レーザー光を用いた共焦点光学系によってサンプル表面の凹凸を非接触で検出することで、一辺が数十 $\mu\text{m}$ ～1 mm 程度の範囲で観察することができます。

**AFM**は、探針を表面に接触させてスキャンすることは触針式段差・表面粗さ計と同様ですが、探針の大きさが非常に小さく、ナノサイズの表面凹凸の測定に特化しており、その観察範囲は $\sim 30 \mu\text{m}$ です。

図1に示すように、3つの装置の測定可能な観察範囲は、ほぼ重なり合っておらず、高低差についても、得意とする領域が異なります。そのため測定に制限があり、同じサンプルでも異なる結果が得られることとなります。

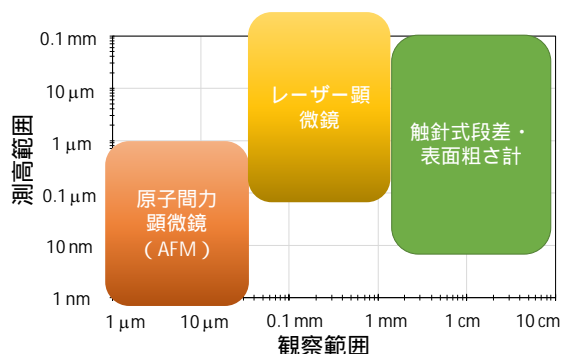


図1．各装置の観察範囲と測高範囲の比較

### 触針式段差・表面粗さ計

ET-3000i(小坂研究所製)では、先端径 $2 \mu\text{m}$ 、開き角 $60^\circ$ の探針で表面をスキャンします。図2 aに示したのは、ガラス板上に金(Au)を蒸着して作製した電極パターンの測定結果です。評価長さは15 mmで、電極の幅が約5 mm、高さが115～122 nmであることがわかります。

図2 bは紙やすり#1500を長さ3 mmにならってライン分析した結果です。この範囲の平均粗さ(Ra)は $3.38 \mu\text{m}$ でした。このように、比較的長い範囲のスキャンが可能で、高さ方向の許容範囲も大きく、接触式であることからノイズの少ない明瞭な形状波形が得られることが利点です。

しかしながら、1ラインのみの測定のため、表面形状の3Dデータを得ることができません。また、探針の先端径が $2 \mu\text{m}$ と比較的大きいため、これよりも横幅の小さい凹凸は検出できないこと、接触測定であることから、柔らかい粘着性の表面は測定できないことなどが、欠点として挙げられます。

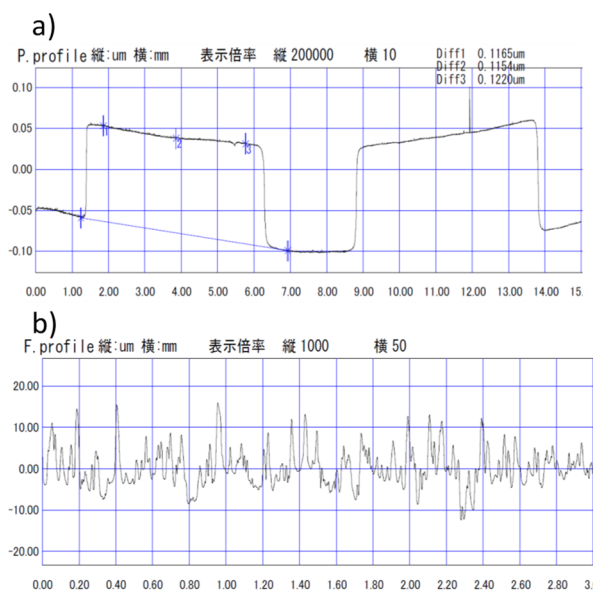


図2．触針式段差・表面粗さ計による a)ガラス板上の金電極パターン、b)紙やすり#1500の表面

## レーザー顕微鏡

図3 aに示したのは、LEXT OLS-4100(オリパス製)で図2 aと同じ電極パターンを測定した3D画像と断面プロファイルです。測定範囲が最大で1.2 mm四方であり、図2 aとは異なりパターンを跨ぐ測定ができないため、そのエッジ部に焦点を合わせて測定しています。パターンの高さは約115 nmで、図2 aの値と一致しますが、断面図はノイズの多い断面波形を示しています。これは、非接触式であることに起因するもので、高さ方向の精度は触針式には及びません。また、エッジ部近傍しか観察できていないので、膜厚にムラがあるようなサンプルでは注意が必要です。

図3 bは、図2 bと同じ紙やすり#1500を測定したものです。このように、3D画像が得られることで、視覚的にイメージしやすくなります。この画像から計算された面粗さ(Sa)は1.52 μmで、触針式の数値と概ね近いものですが、厳密な比較のためには同じ装置・同じ条件で測定した結果を用いるべきです。

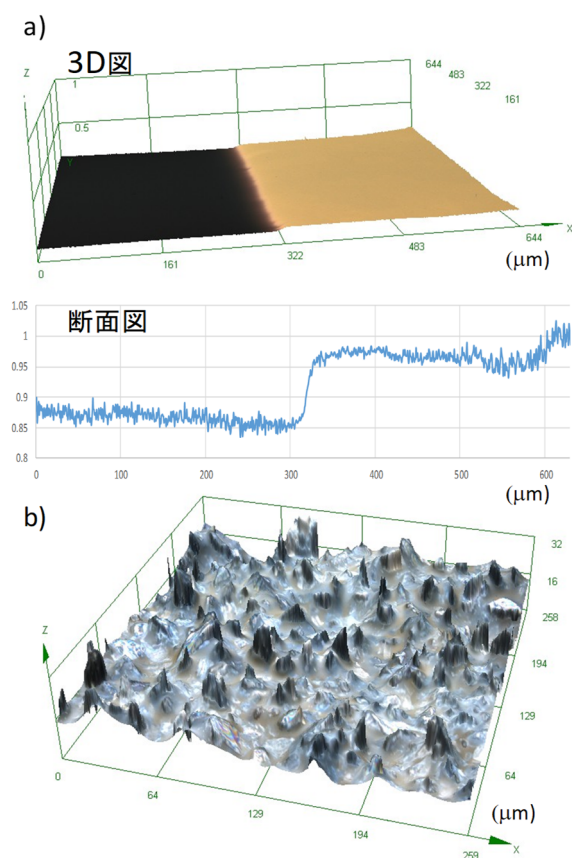


図3 . レーザー顕微鏡による a)ガラス基板上の金電極パターン、b)紙やすり#1500の表面

## AFM

SPM-9600(島津製作所製)で図2 a、図3 aと同じ電極パターン上の2 μm四方を測定した結果を図4に示します。この装置の最大観察範囲は30 μm四方のため、レーザー顕微鏡のようにエッジ部など特定の位置を狙って測定することは大変困難なのですが、数mmにわたって均一な表面上の微細な形状を測定することには適しています。図4に示した2 μm四方というのは、触針式段差・表面粗さ計の探針の先端径に相当するサイズであり、レーザー顕微鏡でもほぼ平坦に見える表面です。しかし、AFM用の探針の先端径は、ごく標準的なものでも20 nm以下であるため、AFMであればこのように微細な凹凸を測定することが可能なのです。測定した範囲の表面粗さは1.59 nmでした。逆にAFMは測高範囲が狭く、1 μm程度の凹凸で測定できないことがあるので注意が必要です。

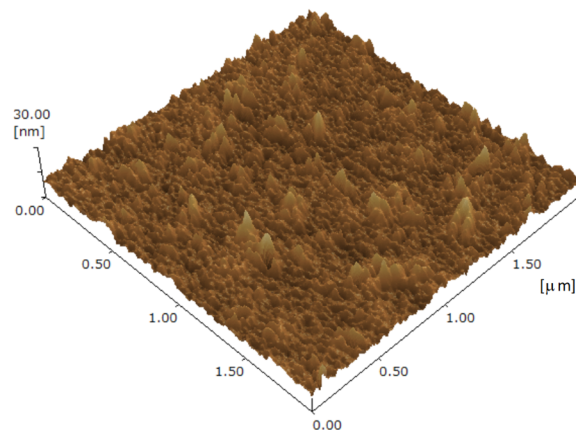


図4 . AFMで測定した金電極の表面形状

## まとめ

このように、表面形状・粗さの測定では、どの装置を用いるかによって得られるデータが大きく異なりますし、見えてくるものが違います。観察対象のサイズを念頭に観察範囲と測高範囲を図1に当てはめ、適切な装置を選択していただくことになります。対象物の表面形状が全くわからない場合は、光学顕微鏡としての機能も備える、非接触で測定できるレーザー顕微鏡を用いることをお勧めします。

これらの装置に興味ございましたら、下記連絡先までお問い合わせください。

AFMについては、テクニカルシート No. 17-08、レーザー顕微鏡については、No. 19-07でも紹介しています。また、高分子薄膜材料の評価については No. 17-10も参考にしてください。

発行日 2021年3月1日

作成者 電子材料研究部 ハイブリッド材料研究室 渡辺 充、中村 優志

電子材料研究部 表面工学研究室 品川 勉

Phone: 06-6963-8029 E-mail: watanabe.mitsuru@orist.jp