

顕微光電子分光用試料ステージの性能評価

(阪大院理¹, 千葉大院自然²) ○松浦 伸志¹, 山本 勇², 宮久保 圭祐¹, 山田 剛司¹, 宗像 利明¹

【序】有機分子が固体表面に吸着するとき、分子膜は分子間相互作用や分子-基板間相互作用により空間的に不均一に成長する。このため電子状態にも空間的な不均一性が現れる。そこで我々の研究室ではマイクロビーム光電子分光(Micro-UPS)を用いて分子集合状態と電子状態の関連を明らかにすることを試みている。Micro-UPS では試料上で回折限界までレーザー光を集光することによってスポット径 300 nm で光電子分光を行なうことができる。さらに微小な領域の構造は光電子放射顕微鏡(PEEM)を用いて調べる。PEEM はエネルギー分解ができないが、試料表面の電子状態を高い空間分解能(≤ 50 nm)で観測できるため、2つの測定の結果を比較することでMicro-UPS のスポット内の分子集合体と電子状態についても考察が可能となる。しかし、2つの測定は別々のチャンバー内で行なうため、その間に試料を移動させなくてはならない。互いの測定で同一場所を測定するには、mm サイズの試料の特定の場所を 300 nm より十分高い位置分解能で再現できる試料ステージが必要となる。そこでパルスモータ駆動式試料ステージを作製し、その位置分解能を PEEM によって評価した。

【装置概要】 Fig. 1 に装置の概観を示す。今回評価を行なったステージにはシグマテック製パルス駆動 XY ステージ(最大駆動距離 ± 3 mm、分解能 10 nm)を採用した。その他、焦点合わせ用に移動分解能 1 μ m の手動方式 Z 軸(試料方向)ステージと角度調整のための最大可動角度 1° の 2 方向手動チルトが組み合わせてある。XY ステージと試料固定部分は剛性の高い中空の肉厚 SUS 管を介して繋がっており、液体窒素管、ヒーター、熱電対等各種配線が管内を通して試料固定部に接続できる。

【実験】 超高真空中でステージ上に取り付けられた試料にレーザー光を照射し、放出された光電子を PEEM(OMICRON Nano Technology 製)によって拡大・結像した。光源には Ti:Sa レーザーの第三高調波(260 nm, 20 mW, 100 fs, 76 MHz)を用いた。試料には電子顕微鏡用標準パターン基板 MRS-4 (Geller Micro Analytical Laboratory 製)を用いた。

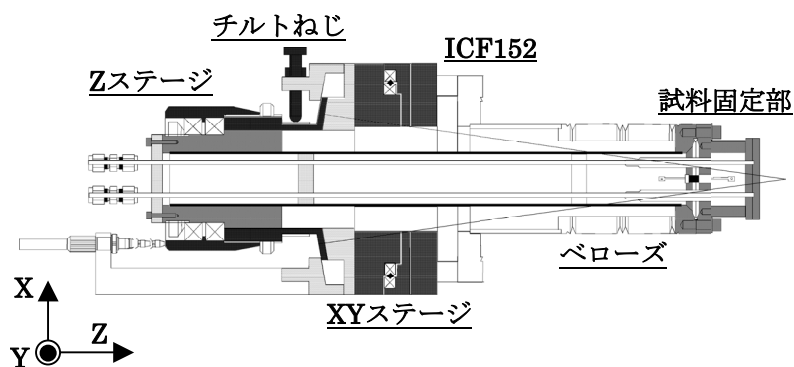


Fig.1 試料ステージ略図

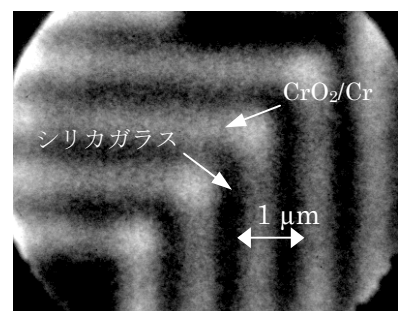


Fig.2 MRS-4のPEEMイメージ。シリカガラス上につくられた厚さ 100 nmのCrO₂/Crパターン。

Fig.2はMRS-4の1 μm 間隔パターンのPEEMイメージである。PEEM イメージの移動方向に垂直なラインで移動前後の輝度分布の変化を調べることで移動距離を見積もった。パターン端の構造の乱れや測定装置による誤差を抑えるために輝度分布は一定の範囲で平均化した。

【結果と評価】まず、ステージをステップ移動させたときの移動精度の結果を Fig.3 に示す。Fig.3 は X 方向(水平方向)に 1 step = 500 nm で移動させたときの実際の移動量である。平均の移動距離は 486 nm で入力とほぼ等しい値が得られた。しかし個々の移動では 520 nm 程度と 400 nm 程度の移動が周期的に起こっている様子が見られる。Fig.4 は X 軸方向にステップ移動させたときの入力距離に対する移動距離の差をまとめたものである。10 ~ 100 nm のステップ幅では入力距離を中心として ± 30 nm 幅に分布している。500 nm 以上のステップでは 100 nm の誤差分布が見られるが、これは Fig.3 の周期構造の結果であり、中空管のゆがみ発生とその解消によるものと考えられる。そこで、現在はゆがみによる誤差を解消するために管をより肉厚にすることを試みている。

Fig.5 は Y 方向(垂直方向)への移動後元の位置に戻したときの総移動距離に対する原点の再現性をまとめたものである。移動距離 250 μm までは移動距離や刻み回数によらず誤差は 50 nm 以下であった。移動距離が $\geq 500 \mu\text{m}$ では中空管のゆがみによる精度の低下が見られた。しかし、1 mm の移動においても誤差の平均は 80 nm 程度であり十分小さい値である。以上の結果から、本試料ステージの精度は 300 nm のスポット内で位置を再現するために十分である。

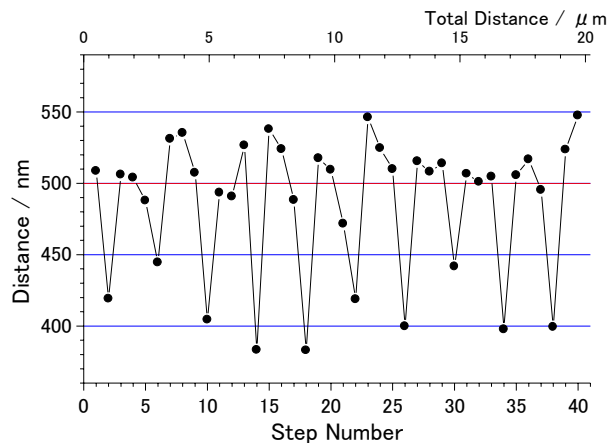


Fig.3 500 nm ステップ毎の実移動距離。誤差 + 20 nm と - 100 nm の周期的な構造が見られる。

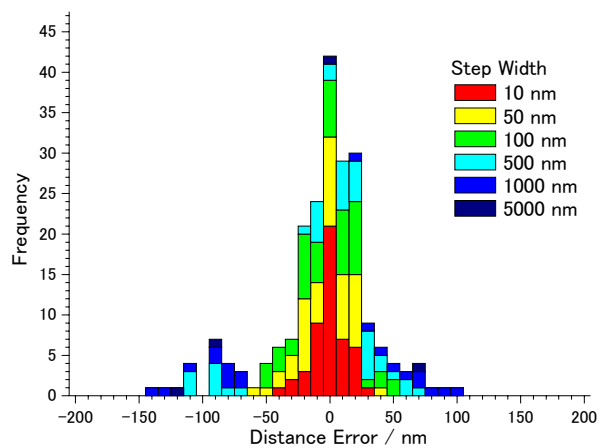


Fig.4 ステップ毎の入力と移動距離の差。 ≤ 100 nm のステップ幅では入力に対して 30 nm 程度の精度がある。

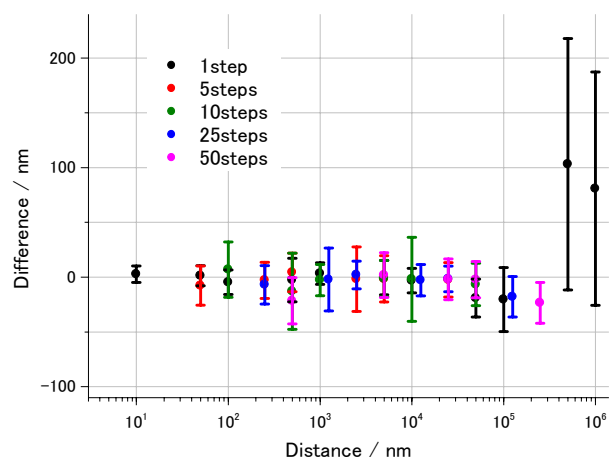


Fig.5 ステップ移動後原点に戻したときの総移動距離に対する移動前後での試料位置の誤差。