

先端追跡

[R-182] 表面エネルギーの違いを利用した2成分混合高分子の分離とパターン形成

電子回路の微細化に伴い、ナノスケールでのパターン形成技術の確立が重要になっている。すでに、金基板上に形成された自己組織化単分子層 (SAM) 膜やその上に形成される高分子膜の利用が考案されている¹⁾。SAM膜では膜厚が薄く、半導体プロセスに不都合が生じたり、その上に形成される高分子膜は、エッジ部分がだれてしまうなどの問題があった。

ドイツの M. Böltau らは、この問題を回避する方法として、相分離性の2成分高分子混合溶液の利用を提案している²⁾。具体的には、金基板上に SAM 膜をあらかじめパターン描画し、その上にポリスチレン (PS) とポリビニルピリジン (PVP) の混合物をスピコートで塗布すると、表面エネルギーの違いにより、SAM 膜の上では PS が、金の上では PVP が選択的に積層され相分離を起こす。その表面は比較的平坦で、通常原子間力顕微鏡 (AFM) 観察では、コントラストが弱い、フリクションモードの AFM 観察により両者の区別がはっきりとする。エタノールで PVP だけを取り去ることにより、PS のパターンが残る。AFM 像を見ると、エッジが非常に急峻であるのが特徴である。

さらに、半導体技術への展開を考えて、シリコン表面における酸化膜部分 (SiOx) と水素終端化部分 (SiH) によるパターン上での相分離を紹介している。PS とその一部分を臭素化した高分子 (PSBr) から成る混合物をパターン上にスピコートで塗布すると、SiOx 上には PS が、SiH 上には PSBr が選択的に積層する。膜厚を厚くパターンを微細化するほど相分離の程度は向上することを報告している。シクロヘキササンにより PS を溶かすことにより、高さ 80 nm、幅 1.5 μm のグリッドが形成されている。

相分離を利用した高分子のパターン形成では、反応性イオンエッチングなどの半導体プロセス技術を利用できることや、条件さえ押さえれば作成が容易で再現性が良いことなどから、今後の発展が期待される。

文 献

- 1) N.L. Abbot, et al.: Science **257**, 930 (1992).
- 2) M. Böltau, et al.: Nature **391**, 877 (1998).

(京大院工 多田博一)

[R-183] 光照射下での STM 測定における熱的影響

レーザー光照射下における走査トンネル顕微鏡 (STM) の研究が、表面における光誘起効果、例えば、半導体表面での光誘起電流/電圧、光による非線形効果、表面プラズモンの生成と消滅、超短パルスによる励起等を高分解能で観察することを目的として行われている。これらの実験においては、レーザー光照射による探針や試料の熱膨張がトンネル特性に与える影響を知ることが重要となる。ここでは、この熱膨張によるトンネル電流の変化に関する研究について幾つか紹介する。

Bragas ら¹⁾は、HOPG と金箔を試料、Pt を探針とし、偏光したレーザー光に変調を加えて試料-探針に照射して電流-電圧特性を測定した結果、あるバイアス電圧範囲内では光誘起電流がバイアス電圧に依らずに平均化したトンネル電流に比例することを示した。このようなバイアス無依存の特性と電流-電圧特性、レーザー光の偏光等を組み合わせることで、様々な光誘起電流から熱的影響分を差し引くことが可能であると指摘している。

光照射下での STM の熱膨張の影響は、ナノファブリケーションにおいても重要である。Yates らのグループはナノ秒パルスレーザー照射下で STM 探針を利用した単原子の沈着²⁾、脱離³⁾の実験を行っており、この原子移動のメカニズムは、探針の過渡的な熱膨張による電場の変化が主な要因ではないかと考察している。これをうけて Lyubinetzky ら⁴⁾は、パルス幅 20 ns の YAG: Nd³⁺ レーザーを p-Si(100) 表面に照射した後の過渡的なトンネル電流を測定した。レーザー強度や光照射による探針の変位量とトンネル電流との間に指数関数的な関係が観測されたことから、この過渡電流は STM 探針の熱膨張が主な要因であると結論付けている。20 ns のパルス幅に対し、過渡的な電流変化は μs のオーダーであるが、これは探針内の熱拡散による時間遅れのためと考察している。また、熱膨張は 15–20 μs で最大となり、100 μs 程度で冷却すると見積もられている。

文 献

- 1) A.V. Bragas, S.M. Landi, J.A. Coy and O.E. Martinez: J. Appl. Phys. **82**, 4153 (1997).
- 2) V.A. Ukraintsev and J.T. Yates, Jr.: J. Appl. Phys. **80**, 2561 (1996).
- 3) Z. Dohnalek, I. Lyubinetzky and J.T. Yates, Jr.: J. Vac. Sci. Technol. A **15**, 1488 (1997).
- 4) I. Lyubinetzky, Z. Dohnalek, V.A. Ukraintsev and J. T. Yates, Jr.: J. Appl. Phys. **82**, 4115 (1997).

(東大先端研 高橋琢二)