

先端追跡

[R-68] テフロン的高度配向膜とエピタキシーへの応用

テフロンの商品名で知られるポリ(テトラフルオロエチレン) (PTFE) $(CF_2)_n$ は、ポリエチレン $(CH_2)_n$ の水素をすべてフッ素で置き換えた高分子で、化学的安定性、小さな表面張力など、独特の性質のために広く用いられている。最近カリフォルニア大学の Wittmann と Smith は、テフロン棒を 130°C に加熱したガラスに 1kg/cm^2 程度の圧力で押しつけてこすという単純な方法で、ガラス表面に高度に配向した PTFE 膜が作れることを示した^{1,2)}。分子鎖の配向は、透過電顕、電子線回折で確認され³⁾、さらに原子間力顕微鏡により、分子レベルでも観察された²⁾。

また、削りだした PTFE 表面においても、分子鎖が条痕の方向と平行に並んでいることが、シンクロトロン放射光を用いた C と F の K 吸収端における偏光軟 X 線吸収から示された³⁾。これに対し、4 フッ化エチレンのプラズマ重合で放電部から離れた基板に堆積する膜³⁾や短鎖化合物の真空蒸着で作製した膜⁴⁾では分子鎖が基板表面に垂直に並ぶことが偏光軟 X 線吸収や X 線回折からわかった。

さらに興味深いのは、これらの膜を他の物質を配向させる基板として用いられることで、有機無機の小分子、液晶、高分子などの幅広い化合物について、気相(蒸着)、融液、溶液などから種々の物質を堆積させることで配向試料が得られている^{1,3)}。また、生体関連の結果として、タンパク質アルブミンの吸着性が、上記のようなフッ化炭素鎖の表面配向や組成と良く対応していることもわかった³⁾。

文 献

- 1) J. C. Wittmann and P. Smith: *Nature* **352**, 414 (1991).
- 2) P. Dietz, P. K. Hansma, K. J. Ihn, F. Motamedi and P. Smith: *J. Mat. Sci.* **28**, 1372 (1993).
- 3) D. G. Castner, K. B. Lewis, D. A. Discher, B. D. Ratner and J. L. Gland: *Langmuir* **9**, 537 (1993).
- 4) T. Ohta, K. Seki, T. Yokoyama, I. Morisada, and K. Edamatsu: *Phys. Scripta* **41**, 150 (1991).
- 5) 上田裕清: *応用物理* **62**, 1019 (1993).

(名大理 関 一彦)

[R-69] シリコン表面での分子線反応性散乱

分子線散乱法を用いた表面反応の研究は、これまで主に金属表面での非弾性散乱について研究が行われ表面でのエネルギー移行反応について詳しく調べられた。最近、シリコン表面において反応性分子線散乱(エッチング反応)の研究が注目されている。

Yu ら¹⁾は Si (100) 基板に、700°C 以上の基板温度でパルス塩素分子線散乱の実験を行い、反応生成物として SiO 分子が脱離することを見つけた。入射分子線に対する SiO 生成の応答時間から表面での反応速度を求め、連続する二つの反応過程が存在することが示された²⁾。Matsuo ら³⁾は、0.5 eV のパルス塩素分子線の Si (100) 表面散乱実験を行い、600°C 以上の基板温度では SiCl 分子、800°C 以上の基板温度では SiCl₂ 分子が脱離していくことを観測して、入射塩素分子線と散乱分子の応答時間から反応速度および反応次数をもとめている。さらに最近では生成物の角度および速度分布測定の研究が行われている⁴⁾。

こうした分子線散乱法による反応の動的過程の研究以外に、分子線のエネルギーを利用することで表面反応を制御する研究も行われている。Teraoka ら⁵⁾は高い並進運動エネルギーをもった塩素分子線を用いた Si (100) 表面エッチング反応を行い、エッチング速度の測定を行った。その結果、2.1 eV 以上の並進運動エネルギーをもつ場合には 530°C の基板温度においてもエッチング反応が起こること、また 2.1~3.0 eV の範囲では並進運動エネルギーの増加に伴ってエッチング速度が増加することを見出している。

文 献

- 1) M. L. Yu and B. N. Eldrige: *Phys. Rev. Lett.* **58**, 1691 (1987).
- 2) T. Engel: *Surf. Sci. Rep.* **18**, 91 (1993).
- 3) J. Matsuo, F. Yannick and K. Karahashi: *Surf. Sci.* **283**, 52 (1993).
- 4) 吉川博志, 正嶋宏祐: 第 10 回化学反応討論会予稿集 (1994) p. 25.
- 5) Y. Teraoka and I. Nishiyama: *Appl. Phys. Lett.* **63**, 3355 (1993).

(金材技研 中村一隆)

[R-70] めっき法によるマイクロマシンの作製 (LIGA 技術)

最近 mm 以下のサイズのアクチュエーターや機械装置 (マイクロマシーン) の開発研究が盛んに行われている¹⁾。その応用も医療機器を始めとし、広い分野で期待され、わが国でも財団法人が平成 3 年に発足し、活発に行われている。作製方法は、これまで集積回路を作製してきたホトファブ리케이션や、エッチング法が主であり、また部品の固体形成法として蒸着やスパッタリング法などの気相成長法が主である。しかし、LIGA (Lithographie, Galvanoformung, Abformung) と呼ばれるいわゆる湿式のめっき法による作製法がドイツのカーlsruエ原子力研究所で精力的に検討され、かなりの実績を上げつつある²⁾。めっき法は、最近のプリント配線基板の高密度化や多層化に見られるように、きわめて精密な技術となり、ファインプレーティングと呼ばれ始めている。さらに種々の金属の積層も可能であり、マイクロマシンの作製にはきわめて期待されるものがある。しかし、残念ながらわが国では手がける者がまだ少なく、成果も少ないのが実情である。めっき技術は、これまでの電気化学的な方向からの研究だけでなく、膜の結晶学的な構造の研究も進み、その制御から、膜物性の制御も可能となりつつある。利用の仕方によってはドライプロセスと同様か、それ以上の機能材料の作製が可能であり、このようなマイクロマシンの作製にも期待される技術のようである。

いずれの方法によってもマイクロマシーンとなると、個々の部品の微細化に伴う表面の影響の増大が問題となる。今後は本学会の各位のご協力をあおぐことが多くなるであろう。

文 献

- 1) 藤田博之：“マイクロマシンの世界” (工業調査会出版, 1992)。
- 2) F. Harashima, M. Esashi and H. Fujita (eds): “Integrated Micro Motion Systems-Micro Machining, Control and Applications” (Elsevier Sequoier S. A. 1990).

(都立大工 渡辺 徹)

[R-71] レーザー冷却原子ビームによるナノリソグラフィ

ナノメートルサイズでのリソグラフィ技術の開発が進められているが、光を用いた場合、微細加工の限界は波長と同程度である。最近、ベル研究所の Timp らは、中性のナトリウム原子でナノメートル幅の直線を描くことに成功している¹⁾。この方法では、蒸発源と基板との間に二つのレーザー光を導入する。一つは、あらかじめ径の小さなアパーチャーを通して十分コリメートされた蒸発原子の進行方向に対する横方向速度成分を抑える (冷却する) ために用いる。二つめのレーザーを用いて基板表面のごく近傍で定在波をたてる。コリメートされた中性ナトリウム原子は、この定在波の電場の影響を受けて、横方向に運動し始める。このときの原子が感じるポテンシャルは、レーザーの周波数と原子の遷移周波数とのずれ、遷移双極子の大きさ、遷移寿命、および電場の強さの関数として表わされる。原子はポテンシャルの底となる定在波の「節」の部分に集まり、結果として、基板上では定在波の半波長間隔で、直線上に原子が配列する。

この方法を、McClelland らはクロム原子に応用し、シリコン基板上に得られたパターンを原子間力顕微鏡で観察した結果を報告している^{2,3)}。それによると、213 nm 間隔 (用いたレーザー光の半波長) で原子列ができ、それぞれの列の断面はガウシアン型になっている。その半値幅は 65 nm、高さは 34 nm である。多少のバックグラウンドがあるが、これはコリメートが十分でないこととクロムの同位体の存在によるものと考えている。

原理的には、数 nm の線幅でのリソグラフィも可能で、また定在波を組合せることにより、基板上に規則正しく「点」を描くこともでき、新しいナノテクノロジーのひとつとして期待される。

文 献

- 1) G. Timp, R. E. Behringer, D. M. Tennant, J. E. Cunningham, M. Prentiss and K. K. Berggren: Phys. Rev. Lett. **69**, 1636 (1992).
- 2) J. J. McClelland, R. E. Scholten, E. C. Palm and R. J. Celotta: Science **262**, 877 (1993).
- 3) R. E. Scholten, J. J. McClelland, E. C. Palm, A. Gavrin and R. J. Celotta: J. Vac. Sci. Technol. B **12**, 1847 (1994).

(通信総研 多田博一)