

先端追跡

[R-21] 薄膜成長機構解明へのX線回折法と ホログラフィー技術の導入

結晶基板上に金属や半導体などの薄膜がヘテロエピタキシャル成長する場合、基板表面上に存在する種々の欠陥や吸着原子は、その後の薄膜成長に大きな役割を演じる。薄膜がどのような様式で成長していくかは、オージェ電子分光法 (AES) などを用いて決定されてきた。しかし、ホモエピタキシャル成長する系では、AESは必ずしも強力な手段にならない。また、界面構造、表面の平坦さなどを原子レベルで制御する技術が最近ますます重要になっている。この制御技術の確立には、結晶成長機構を原子レベルで解析できる技術開発が不可欠となる。

分子線エピタキシー法において、RHEED 振動を用いた薄膜の成長制御は数多く試みられ、結晶成長機構を原子レベルで理解できる解析手段としてその有効性が認められている。一方、電子線の代わりにX線回折法を用いた例も最近報告されている。Ag/Ag(111)のサーファクタントエピタキシャル成長において、X線反射強度は表面のテラスとか成長様式に敏感で、RHEED 振動に類似の曲線を示すことがわかった¹⁾。また、GaAsでも同様の結果が報告されている²⁾。X線は電子線と違い、真空中以外の環境下でも使用できるので、その応用範囲は広い。また、散漫な低速電子回折 (diffuse LEED) を利用したホログラフィック LEED³⁾ で、表面にランダムに吸着した原子の表面構造を解析した例も報告されている。これらの報告はいずれも今までに開発されてきた個々の方法を融合したものであるが、薄膜の成長機構を原子レベルで理解するには興味ある解析方法である。

文 献

- 1) H. A. van der Vegt, H. M. van Pinxteren, M. Lohmeier and E. Vlieg: Phys. Rev. Lett. **68**, 3335 (1992).
- 2) P. H. Fuoss, D. W. Kisker, F. J. Lamelas, G. B. Stephenson, P. Imperatori and S. Brennan: Phys. Rev. Lett. **69**, 2791 (1992).
- 3) D. K. Saldin and P. L. de Andres: Phys. Rev. Lett. **64**, 1270 (1990).

(日大工 永嶋誠一)

[R-22] レーザーアブレーション (LA) におけるパルス幅の効果

レーザーによるアブレーション (溶発) は、マイクロリングラフィー¹⁾ など表面微細加工技術から超電導、ダイヤモンド、X線ミラー、半導体デバイスなどの薄膜へと応用が展開されている。発生する粒子が高エネルギーをもち、基板上での低温エピタキシーが可能な理由による。膜の均一性、組成とレーザーを当てる多元素ターゲットから蒸発する種、その組成が問題とされる。たとえば、YBaCuO 系の超電導薄膜の場合、ミリ秒の励起では、生成する薄膜組成はターゲット物質と異なるのに対し、ナノ秒パルスレーザー照射により両者は一致する²⁾。一つの原因として長いパルス幅での溶発した粒子への2次の光エネルギーの作用が考えられる。LiNbO₃ のエキシマレーザー照射で、ナノ秒からピコ秒にパルス幅を短縮すると LA の起こるしきい値は顕著に減少する³⁾。興味深いのは、最近の熔融シリカを光が透過するエキシマレーザーで LA させる場合である。シリカ自体の光吸収は Si および O のダングリングボンド中の不対電子により生成する色中心であり不純物ではない⁴⁾。ナノ秒パルスでは低エネルギー時に光の入射側でなく透過光が出る側で LA が起こる。光の位相干渉効果で考察されている。フェムト秒パルスではこの裏側での LA は起こらない⁵⁾。LA が起こるしきい値より少し低いエネルギーの偏光照射で表面が融解する折には特徴的な縞模様を観測される。理論的にはこの縞の間隔は光の波長に依存する⁶⁾。レーザーと固体表面との相互作用は基礎研究として発展を見ている。LA の研究は、加えて表面加工光技術として応用発展する可能性をもつ。

文 献

- 1) D. J. Ehrlich, J. Y. Tsao and C. O. Bozler: J. Vac. Sci. Tech. **B3**, 1 (1985).
- 2) W. Marine, M. Peray, Y. Mathey and D. Pailharey: Appl. Surf. Sci. **43**, 377 (1989).
- 3) Th. Beuermann, H. J. Brinkmann, T. Damm and M. Stuke: Mat. Res. Soc. Proc. **191**, 37 (1990).
- 4) W. P. Leung, M. Kulkarni, D. Krajnovich and A. C. Tam: Appl. Phys. Lett. **56**, 551 (1991).
- 5) J. Ihlemann: Appl. Surf. Sci. **54**, 193 (1992).
- 6) J. E. Sipe, J. F. Young, J. S. Preston and H. M. van Driel: Phys. Rev. B **27**, 1141 (1983).

(電通大 田中勝己)

[R-23] 脱離する励起分子の並進速度

水素分子が Cu 表面に近づくとき、その振動励起や並進エネルギーの増加は解離吸着を促進する（活性化吸着）。この逆過程で脱離する分子の並進、内部エネルギーは表面温度ではなく、分子と表面との相互作用エネルギー図の形に依存する¹⁾。Auerbach らは Cu(111) 面から $2D(a) \rightarrow D_2(g)$ で脱離する分子の回転、振動の準位を選別してイオン化し並進速度分布を測定した²⁾。これら三つの同時選別測定は活性化吸着では初でダイナミックスのモデル反応が生まれた。並進エネルギーは v (振動量子数) = 0 の分子 $> v=1 > v=2$ の順でそれぞれの差は約 0.2 eV である。振動を励起すると分子の解離に要する並進エネルギーはこの大きさが小さくなるので³⁾ 詳細約合の原理は表面でも成立しているようだ。低い回転温度 (回転量子数 $J < 6$) の脱離分子では J を増すと並進エネルギーは増し、より高い回転温度ではむしろ減少する。回転について詳細約合を仮定すれば低い回転温度では回転は吸着を阻害し、高い回転温度では吸着を促進していることになる。前者は立体障害、後者は回転→振動エネルギー変換が示唆される。しかし回転準位まで選別した活性化解離吸着の実験はまだ成功していない。なお活性化吸着ではない Pd(100) 面では、脱離水素分子の振動、並進、回転温度はほぼ表面温度であり上記の相関は検討できない⁴⁾。

文 献

- 1) G. R. Darling and S. Holloway: J. Chem. Phys. **97**, 734 (1992).
- 2) H. A. Michelsen, C. T. Rettner and D. J. Auerbach: Phys. Rev. Lett. **69**, 2678 (1992).
- 3) C. T. Rettner, D. J. Aurbach and H. A. Michelsen: Phys. Rev. Lett. **68**, 1164 (1992); Surf. Sci. **272**, 65 (1992).
- 4) L. Schröter, Chr. Trame, R. David and H. Zacharias: Surf. Sci. **272**, 229 (1992).

(北大触媒センター 松島龍夫)

[R-24] 高温超伝導体物性評価に光明!

—110 K 相 Bi 系超伝導体単結晶の大型化成—

今や新高温超伝導体の開発競争は爆発的なブームが過ぎ、踊り場にさしかかった感がある。次世紀を見据えた地道な研究が望まれており、確実な研究成果を挙げることが現在の活発な研究開発を持続させ得る。セラミックスを主体にした超伝導コイル用の線材では最近、Bi 系酸化物超伝導体が開発され、従来の Nb-Sn 合金系などの超伝導体の特性を越えるものができてきている。そこで、現在最もよく研究されている Y 系 (Y-Ba-Cu-O)¹⁾、Bi 系 (Bi-Sr-Ca-Cu-O)²⁾、Tl 系 (Tl-Ba-Ca-Cu-O)³⁾ において、その超伝導特性を物理的、化学的に研究するため、またエレクトロニクス・デバイスへの応用を図るためには、是非とも大型なサイズの単結晶が必要である。超伝導エレクトロニクス・デバイスにおける特徴は超高速動作、小さい消費エネルギーなどであり、これらと従来の Si 素子などを組合せた新構造デバイス研究も始められている。現在のミリ単位のサイズを越えてセンチ単位の単結晶ができるようになれば、超伝導デバイスに利用する薄い基板などが作りやすくなり機能特性が正確に解明できる。従来、80 K 相の Bi 系超伝導単結晶は $8 \times 8 \text{ mm}^2$ の板状のものができているが、110 K 相 Bi 系単結晶となると $0.1 \times 0.1 \text{ mm}^2$ のサイズが最高であり、新高温超伝導体の機能解明の障害となっていた。このたび鳥取大学グループではこの 110 K 相 Bi 系単結晶で $2 \times 2 \text{ mm}^2$ のサイズのを電気炉を用いて作製することに成功した。これにより従来薄膜単結晶でしか得られなかったものが、バルク単結晶で容易に手にいれることができ、基礎物性の解明、応用開発により一層の弾みがつくものと期待できる。

文 献

- 1) D. L. Kaiser, H. Holtzberg, B. A. Scott and T. R. McGuire: Appl. Phys. Lett. **51**, 1040 (1987).
- 2) S. Kishida, H. Tokutaka, M. Katayama, K. Nishimori, N. Ishihara and T. Yumoto: Jpn. J. Appl. Phys. (to be published).
- 3) T. Kotani, T. Nishikawa, H. Takei and K. Tada: Jpn. J. Appl. Phys. **29**, L902 (1990).

(鳥取大工 西守克己)