

## 先端追跡

### [R-51] STM 発光による量子構造の評価

最近ミクロとマクロの中間に位置するサイズをもつ物質に特有な現象を研究する「メゾスコピック物理」に関する話題をよく耳にする。量子ドットや量子ワイヤーといった量子構造がエッチングや選択成長のような表面科学的手法を駆使して作製されるので会員のなかにも関心をおもいかたがたくさんおられると思う。

このような量子構造作製において、構造物の表面や結晶の品質制御は重要である。表面単位や格子欠陥などが多くれば、メゾスコピックな現象発現の障害となる。したがって、作製した構造の品質評価は重要となる。

以前この欄で走査型トンネル電子顕微鏡(STM)からの電子トンネルに付随する発光が観測されることを紹介した<sup>1)</sup>。STM 発光は物理現象としても非常に興味深いものであるが、量子構造評価のための新しい手段としても大いに期待される。

実際、選択成長により作製した p-型 GaAs 量子ワイヤーからの STM 発光が計測され、量子ワイヤーを反映した(発光)像が得られている<sup>2)</sup>。発光は探針から p-型 GaAs に入射した電子と、ホールとの再結合で起くる。試料表面を走査したときの発光強度変化は量子構造を反映したものであり、1 nm 程度の位置分解能を得ることが可能である。この方法は個々の量子構造の評価が可能になるという特長を有し、新しい評価手段として今後の発展が大いに期待されるものである。

### 文 献

- 1) S. F. Alvarado, Ph. Renaud, D. L. Abraham, Ch. Schonenberger and D. J. Arent: *J. Vac. Sci. Technol. B* **9**, 409 (1991).
- 2) Ph. Renaud, S. F. Alvarado, U. Marti, F. K. Reinhart, D. Martin, F. Morier-Genoud and P. C. Silva: *50th Annual Device Research Conf.*, Boston, June 22-24, 1992.

(東北大電通研 上原洋一)

### [R-52] 格子不整合ヘテロ成長における成長モード遷移と表面拡散長

大きな格子不整合をもつヘテロエピタキシャル成長においては、成長初期に 2 D から 3 D への成長モード遷移が起こり、島が形成されることが知られている。この過程を引き起こす駆動力は、形成された島の自由端の弾性変形による格子歪の緩和によって系のエネルギーが層構造よりも減少することから生じるとするモデルが提案され<sup>1,2)</sup>、理論的検証も行われつつある<sup>3)</sup>。成長モード遷移が起こるよりも小さい膜厚領域での layer-by-layer 成長中に観察される RHEED 強度振動に対応した格子定数の振動も、島の自由端の弾性変形によって説明されている<sup>4)</sup>。

臨界膜厚以上では島状構造がエネルギーが低く安定な構造であることから、ヘテロ成長において layer-by-layer モードを維持するためには、表面拡散長を短くして平衡状態に達するのを妨げればよいと考えられる。N. Grandjean and J. Massies<sup>5)</sup> は InGaAs/GaAs へテロ成長において、モンテカルロシミュレーションの結果に基づいて、基板温度を下げる、成長速度を大きくする、サーファクタントを用いるなどの方法で表面拡散長を短くすることにより、成長モード遷移の臨界膜厚が大きくなることを示した。この結果は、格子不整合によって生じる歪の影響によって通常のホモ成長とは逆の成長条件依存性が生じることを示しており、歪超格子構造の形成に重要な示唆を与えている。

### 文 献

- 1) D. J. Eaglesham and M. Cerullo: *Phys. Rev. Lett.* **64**, 1943 (1990).
- 2) C. W. Snyder, B. G. Orr, D. Kessler and L. M. Sander: *Phys. Rev. Lett.* **66**, 3032 (1991).
- 3) J. Tersoff and R. M. Tromp: *Phys. Rev. Lett.* **70**, 2782 (1993).
- 4) J. Massies and N. Grandjean: *Phys. Rev. Lett.* **71**, 1411 (1993).
- 5) N. Grandjean and J. Massies: *J. Cryst. Growth* **134**, 51 (1993).

(静大電子工研 野村卓志)

## [R-53] 合金の耐食性と自然酸化皮膜の構造

合金化による耐食性や耐熱性の向上は、その合金表面に生成する大気中の自然酸化あるいは熱酸化皮膜の性質に大きく左右されることが予想される。最近合金上の酸化物の組成と構造についていくつかの検討が行われ、合金の組成比と皮膜中の合金成分の組成比が異なることや、酸化皮膜が均一ではなく特定成分の濃縮層が生成することが相次いで報告されている。

Mg 合金では、少量の Al の添加により耐食性が著しく改善される。腐食試験の結果では Al 含量が 2% から 4% に増加すると腐食速度は急激に低下するが、それ以上の含量增加では緩慢であった<sup>1)</sup>。この合金を酸素をコントロールした圧力で含む真空中に置き、表面を削ったときにできる酸化物の組成を XPS で in-situ に検討すると、表面に生成する最初の新しい酸化物のいくつかの単分子層では、熱力学的には Mg の酸化物ができやすくかつ下地金属素地の Al 分率は小さいにもかかわらず、Al が Mg よりはるかに多かった<sup>2)</sup>。酸化物が成長すると共に Al 濃度は減少するが、合金のアルミニウム含量が 4% かそれ以上であれば含量に依存せず 35 wt% と一定になった。このように表面皮膜中に濃縮されるアルミナが耐食性の向上に大きな役割をもつことが明らかになった。

Ni-Ti 合金の大気酸化皮膜には、Ti が優先酸化される結果 Ti が濃縮することが XPS により示された<sup>3)</sup>。また、Ti-Al-Nb 合金の熱酸化皮膜には、ルチルスケール下の皮膜／素地界面側にアルミナの連続層が生成して酸化の進行を抑制すると報告された<sup>4)</sup>。Al-Ta 合金の熱酸化においても Al の優先酸化によるアルミナ層の形状により著しく耐高温酸化性が向上する。これらの研究はいずれも表面の酸化膜の組成と構造が材料の特性に大きく寄与することを示しており、高機能材料の開発と皮膜生成機構の解明が表面構造解析によってさらに進展すると期待される。

## 文 献

- 1) O. Lunder, K. Nisancioglu and R. Steen-Hansen : Magnesium Properties and Applications for Automobiles, SAE Technical Paper 930755, SAE Int. Warrendale, Pennsylvania (1993).
- 2) J. H. Nordlien and K. Nisancioglu : Proc. of the European Symp. on Modification of Passive films, European Federation of Corrosion Event 193, Paris (1993).
- 3) 秋山英二ほか：第 40 回腐食防食討論会講演集，沖縄 (1993) p. 55.
- 4) 柴田俊夫ほか：第 40 回腐食防食討論会講演集，沖縄 (1993) p. 59.

(東大生産研 小野幸子)

## [R-54] 薄膜成長様式決定にオージュ電子分光法以外何が有効か

薄膜が下地基板上に成長する場合、その成長様式（モード）は、核成長による場合、層成長による場合、Stranski-Krastanov 型による場合などに分類される<sup>1)</sup>。これら以外にも、下地基板との間で合金などを形成しつつ成長するモードも存在する。これらの成長モードの決定は主にオージュ電子分光法 (AES) で行われている。しかし、モード決定には細心の注意が必要で、AES のデータをサポートするような補完的な手段の導入が必要と思われる。

たとえば Cu(111) 上に Se を蒸着した場合<sup>2)</sup>、AES のデータは、成長モードを決定するにはいささか不安の残る変化曲線を示す。しかし、低速電子回折法 (LEED) や電子エネルギー損失分光法 (EELS) などによるデータを同時に測定し、AES のデータと対比させると、つぎのようなことがわかる。AES のデータの折れ曲がり位置に対応して、 $(\sqrt{3} \times \sqrt{3}) R 30^\circ$  構造を示す回折斑点の周期的な強度変化や位置の変化などが観察される。また、EELS では損失ピークの新たな出現や消滅などが観察される。これらの対応結果から、Cu(111) 上の Se は合金を形成しつつの成長モードであることが導き出された。

薄膜成長様式の決定に AES は有効な方法であることに変わりはないが、モード決定に間違いを生じさせないためにも、そのまま同時に測定できる EELS などは一度試みる必要があるのではないだろうか。特に、合金などを形成する可能性のある系<sup>3)</sup>では、薄膜の各成長段階が理解でき、有効である。薄膜成長様式の決定に AES 以外の方法が積極的に導入され、その有効性が検証されることを望む。

## 文 献

- 1) C. Argile and G. E. Rhead : Surf. Sci. Rep. 10, 277 (1989).
- 2) S. Nagashima and I. Ogura : Thin Solid Films 228, 64 (1993).
- 3) Th. Koch, A. Siber, J. Marien and P. Ziemann : Phys. Rev. B 49, 1996 (1994).

(日大工 永嶋誠一)