

エピタキシャル成長のメカニズム： これまでにわかったこと、今後に期待すること

Epitaxial growth mechanisms-what we know and what we should know-

東大 (名誉教授)

○西永 頌

Univ. Tokyo

○Tatau Nishinaga

E-mail: Tatau-n@td6.so-net.ne.jp

エピタキシャル成長に限らず結晶成長で最も基本的なパラメータは成長の駆動力としての過飽和度 σ (または過飽和比 α) であろう。過飽和度は成長の方法、成長条件によって大きく変わる。それだけではなく、過飽和度といった時、それが成長の行われているどの場所の値なのかも基本的な問題である。しばしば、分子線エピタキシ (MBE) や有機金属気相エピタキシ (MOVPE) は液相エピタキシ (LPE) より過飽和度が高いといわれたが、これは、気相や液相といった環境相における過飽和度の話であり、実際に成長が行われている結晶表面での過飽和度ないし成長が起きているステップやキンクでの過飽和度の値はどうかとなると全く別話である。

実際の成長では環境相から原子ないし分子が結晶表面まで運ばれ、MBE も含め気相成長の場合は原子・分子は表面を拡散し成長点にまで達する。もし、表面拡散が成長プロセスにおいて大きな抵抗成分になれば、過飽和の大きな部分がこの抵抗部分で消費されるので成長場所での過飽和度は非常に低くなる。したがって、MBE や MOVPE の成長場所における過飽和度は思ったよりほかに小さい。

したがって、成長場所における過飽和度が重要でありこれが核形成や成長速度を支配する。成長場所における過飽和度を理論的に決定するには、表面拡散過程の解明やキンクやステップでの原子・分子の取り込みの緩和時間などの決定が必要となる。いっぽう、実験的には成長表面にらせんステップが見つければそのステップ間隔の測定により過飽和度を決定できる。図 1 に YBCO

を各種の方法で成長させた場合の成長表面での過飽和比を示す。最近、Akasaka 等 [1]はこの方法を用いて GaN の表面過飽和度を系統的に調べた。

本講演では、過飽和の問題を中心にメカニズムの理解について考える。

[1] T. Akasaka, Y. Kobayashi, M. Kasu: Appl. Phys. Lett. 97 (2010) 141902.

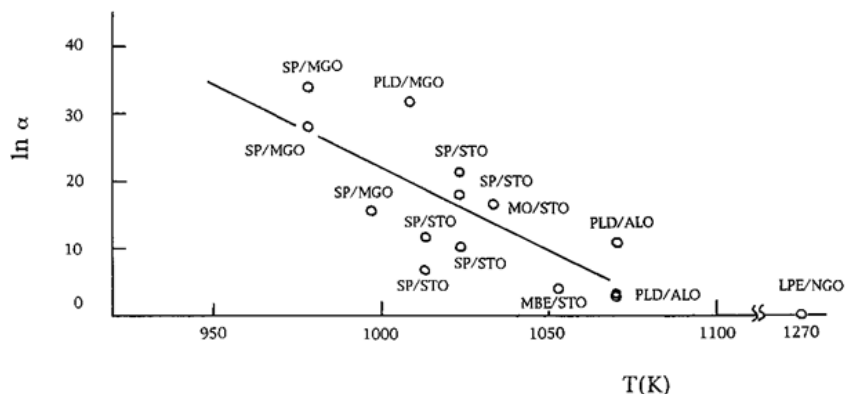


図 1 各種の方法でエピタキシャル成長された高温超電導体結晶 (YBCO, $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$) の表面に観察されたらせんステップのステップ間距離から計算した成長時の表面過飽和比 (α)。ここに、SP、PLD、MOCVD (MO)、MBE、LPE は、各々スパッタリング法、パルスレーザ堆積法、有機金属化学気相成長法、分子線エピタキシ法、液相エピタキシャル法を示し、MGO, STO, ALO, NGO は、各々 MgO , SrTiO_3 , LaAlO_3 , NdGaO_3 基板を示す。