

応用物理ハンドブック第7章結晶成長等の再考

Reconsideration of Chapter 7 Crystal Growth in Oyobutsuri Handbook etc.



○諏澤 寛源 (反射層付LED (DBR-LED) 創始者)

°Hiromoto Susawa (The Originator of LED with Distributed Bragg Reflector)

E-mail: automobile_21@yahoo.co.jp

発光デバイスなどの Light Emitting Diode (LED) の量産に使用される結晶成長は、Metal Organic Chemical Vapor Deposition (MOCVD) か、溶液成長である。筆者は、反射層付 LED (DBR-LED) を創始したとき、MOCVD を使用した。反射層 (DBR) は、発光した光を反射し、電流を流す半導体多層膜である。これにより、光出力が 1.6 倍向上した。DBR の 1 層の膜厚は数十 nm で、MOCVD の得意とする膜厚である。これの公的な報告は、第 50 回応用物理学会学術講演会 (1989 秋) 28 p-ZB-10 が最初である。その年付近から、MOCVD が主流になった。それ以前は Liquid Phase Epitaxy (LPE) が用いられていた。LPE は、溶液成長に含まれる。成長界面がほぼ平衡なのが特徴である。原料が溶液に十分溶けない場合、成長は困難である。これが、MOCVD にとって代わられた主原因である。最近、溶液内の流れなどを導入し、この平衡の制限を克服してきた。もともと、気相成長に勝る長所をもっていたので、見直されてきている。本発表は、溶液成長に注目する。

応用物理ハンドブックには膨大な情報が収録されている。溶液成長も紹介されている。掲載されている数式は有用だが、その式に至る基礎的な考えが省略されている。ハンドブック中の式 (7.14) は、初期過飽和が現象を支配するとき、成長時間 t に対し、成長膜厚を見積る式である。

$$(\text{成長膜厚}) = 2 \{(\text{溶質初期過飽和の濃度表示})/(\text{その溶質の固相中濃度})\} \{(\text{拡散定数}) t / \pi\}^{1/2}$$

膜厚が $\sqrt{t}$ に比例する関係は重要である。ハンドブックに記載されているように、この式は、GaAs の成長から導かれた。すなわち、溶液の組成が変化しても成長する固相の組成が変化しない場合である。InGaP の成長のように、溶液の組成によって固相の組成が変化する場合、適用範囲外になる。ただ、現時点で応用物理学会内では数学的根拠はないが、物理現象を考察すると、この式は成立しそうなことが予想される。結論からいうと、数理モデルを改善し、そのモデルに対するひとつの解のもとで、数学的に正しいことが導かれる。この場合はことなきを得たが、さらに発展した事例で大きく間違える場合がある。もとの理論的背景を知ることが重要である。

溶液成長の進化には数値シミュレーションが有効である。準備として、数理モデルを確認する。問題を提起するので、筆者の考えが不十分な場合は、ご指摘願いたい。

まず、数値シミュレーション実施や、理論との違いを考察する。

本テーマは、移動現象に注目して結晶成長を研究する。移動現象の中に、「対流」がある。「対流」と記述すると自然対流だけイメージする方がおられる。これは、力学の専門家にもおられる。これは、重大なことなので指摘する。対流が十分に理解されていないことは、高橋、他 2014 年秋大会 18a-PB-6 でも報告されている。

最後に、上式について考察する。

溶液成長の理論的検討は、現在、本講演会に関する内容を査読して出版する Japanese Journal of Applied Physics は扱っていないので、収録可能な雑誌があれば、ご紹介ください。