

巻頭言

結晶成長と結晶評価技術

Crystal Growth and Crystal Characterization Method

林 好 一*



我々の日常生活の便利さについては、20世紀以降のエレクトロニクスの発展なしには語れませんが、それを支えているのは高品質な結晶成長技術と言えます。その代表格はやはりシリコンですが、12インチもあるウエハーがほぼ無欠陥で不純物もなく大量生産できているのは、長い間、結晶成長屋の蓄積が連綿と引き継がれたためです。一方、筆者は、25年間、X線を用いた結晶の評価技術の開発に従事してきました。このように書いて改めて認識しますが、現在50歳であるため、人生の約半分を結晶キャラクタリゼーションに関わる仕事に捧げてきたということになります。評価技術も結晶合成と同様に日進月歩の進展があり、10年前では分からなかったことも、今ではだいぶ分かるようになってきました。分析屋はどちらかと言えば脇役と思われがちですが、筆者自身は、材料開発と評価技術は車の両輪のようなもので、どちらもバランスよく回転しなければ材料科学は前進しないと考えています。

X線を用いた結晶の評価技術として、最もポピュラーな手法はX線回折法で、殆どの読者は触ったことがあると思います。但し、商品となるような大面積ウエハーであれば、結晶の完全性を評価する必要があります。ここでは、X線トポグラフィーと呼ばれる手法が発明され、ウエハーの品質管理に利用されてきました。また、ウエハーの表面汚染はデバイスの歩留まりに大きく影響するので、デバイス製造工程に入れる前に、汚染分析によるスクリーニングを行う必要があります。ここで活躍したのは、全反射蛍光X線分析装置で、非破壊で微量元素分析できるため、半導体工場の製造ラインに一台ずつ配備されています。この装置の発明を成し遂げたのは、九州大学の米田泰治先生、堀内俊寿先生(堀内先生は後に京都大学に異動。両者とも故人。)で、筆者は彼らの研究室出身でもあります。

単結晶母体の品質管理も重要ですが、多くの機能性材料は母結晶にドーパントを添加し、物性の制御を行っています。そこで重要なのは、ドーパント状態分析(局所構造評価)です。例えば、ドーパントが置換サイトか格子間サイトか、クラスターを形成しているかで、現れる物性は大きく異なります。この局所構造を評価できる技術として、X線吸収微細構造法(XAFS)と呼ばれる手法があります。筆者のお膝元にある放射光実験施設あいちシンクロトロンにおいては、XAFSの専用ビームラインがあり、産業利用のために連日ビームタイムは埋まっています。ドーパントの状態分析の重要性は、企業の技術者にも広く認識されているのです。但し、XAFSで得られる局所構造の情報量は限定されたものであり、そのため、現在、筆者が精力的に取り組んでいる蛍光X線ホログラフィーが注目を浴びています。この方法は、ドーパント周辺の三次元原子配列を数ナノメートルの範囲で再生できる画期的な手法です。既に、数多くの共同研究の成果がありますが、三次元画像から観測される局所構造は、当初、想定していたよりは複雑なものが多いように思います。日本フラックス成長研究会のメンバーが様々な材料を日々合成していると思いますが、我々の手法も、たまには利用して頂けると有難いです。

最近、筆者らの研究室でも、ブリッジマン法等による結晶育成に取り組み始めました。まだまだ、結晶成長屋としてのヒヨッコである我々は、日本フラックス成長研究会の先生方に学ぶべきことが多いと感じています。本研究会が、今後、日本の結晶育成分野の先端を牽引する役割を果たすとともに、我々のようなビギナーとの接点役も担ってもらえたらと希望します。

*Koichi HAYASHI, 名古屋工業大学大学院工学研究科