



青色LED (Light Emitting Diode:発光ダイオード)

福村 知昭 (化学専攻 准教授)

2014年のノーベル物理学賞は、青色発光ダイオード(LED)を開発した功績で、赤崎勇(名城大学教授)、天野浩(名古屋大学教授)、中村修二(カリフォルニア大学サンタバーバラ校教授)の三氏に授与された。日本における研究開発がノーベル賞へとつながったのは誠に喜ばしいことである。LEDの原理はすでに確立しており、それまで赤色と緑色のLEDは実現していたが、この青色LEDの開発により、三原色すべてのLEDが利用可能になった。電球灯からLEDへと置き換えが進んでいる信号機を見てもわかるように(図1)、省電力、CO₂削減、そして地球温暖化の抑制に大きく貢献するイノベーションの鏡のような発明であった。白熱灯は熱くて触れないが、LEDは爛々と輝いていても温かい程度で、このことから省電力を実感できる。わが家でも電気代節約のためにLED照明を導入しつつある。取扱説明書によると、LED照明の寿命は6、7年程度で保守上も有利である。

青色LEDの実現には、LEDの母材である窒化ガリウム(化学式はGa₂N₃)の薄膜成長技術の開発が大きく役立った。



図1：交差点にある視認性にすぐれたLED信号機。

LEDでは、電子をキャリアとする n 型半導体の薄膜と正孔をキャリアとする p 型半導体の薄膜をきれいに貼りあわせた構造が必要で、その貼りあわせた界面で電子と正孔が効率よく再結合して発光するために、原子レベルで平坦な界面と電子および

正孔濃度の精密な制御が要求される。したがって、結晶性の高いGa₂N₃薄膜の成長を原子レベルで制御することと、Ga₂N₃に n 型ドーパントもしくは p 型ドーパントを微量に添加してそれぞれ電子と正孔の濃度を制御することが必要である。後者の技術はシリコンやガリウムヒ素などではすでに確立されているが、そのようなバンドギャップが小さい半導体では青色発光は望めない。Ga₂N₃の場合、バンドギャップは十分大きく青色発光の可能性はあるが、結晶性の高い薄膜をつくることすら当初はかなわなかった。赤崎教授がGa₂N₃の研究を始めてからエピタキシャル薄膜が実現するまで実に10年以上を要している。その後、三氏の主たる貢献により、 n 型と p 型試料の作製、そして高効率発光が可能になり、LEDの実現に至った*。

薄膜成長は、原料の種類や純度、成長用の基板の種類、成長温度、薄膜成長時の真空度やガス雰囲気といったさまざまなパラメーターを最適化する作業が欠かせない。筆者の属する固体化学研究室でも酸化物などの薄膜を成長させるために同じような実験作業を日々行っている。目的に応じて元素を組み合わせる薄膜成長を行うという意味ではLED研



図2：筆者のオフィスのドアに貼ってある周期表。

究と同様で、周期表とにらめっこする元素科学の一種である(図2)。それでも、ひとつの物質の薄膜成長に10年以上取り組むというのは気の遠くなる話で、周囲の研究に惑わされない強い信念があったに違いない。今後の科学技術の発展とイノベーションの開拓には、(半導体分野の言葉でいう)モア・ムーア(More Moore)やモア・ザン・ムーア(More Than Moore)のような研究に加え、ラザー・ザン・ムーア(Rather Than Moore)のような困難だが高い目標のための研究も不可欠であろう。研究予算の獲得競争が厳しい現在においても、そのような研究を受け入れる土壌が必要ではないかと感じる次第である。

※青色LEDの誕生の経緯は以下の文献に詳しい。(Y. Nanishi, *Nature Photonics* 8, 884 (2014))

「知と技の交差点」では、基礎的な研究にまい進した結果、副産物として生まれた技術や、実用との接点を視野に入れながら理学的アプローチを実施している研究、実用化を目指した研究など、理学的な基礎研究が技術革新につながった例をご紹介します。編集委員会では自薦他薦を問わず、原稿や情報をお待ちしております。