

# 研究室と社会を繋ぐあいちシンクロトロン光センター

天野 浩  
名古屋大

h-amano@imass.nagoya-u.ac.jp

キーワード：窒化物半導体パワーデバイス、ウェハレベル評価、微細構造評価

## 1. あいちシンクロトロン光センターによる GaN 結晶評価に至るまで

1980 年代、日本の大学の貧乏研究室から生まれた窒化ガリウム(GaN)を用いた LED は、その後主に企業での研究開発により青色 LED の社会実装のための技術が構築され、交通信号灯や携帯電話・スマートフォン・PC 用ディスプレイ・TV などのバックライトとして我々の生活を一変した。また青色 LED と黄色蛍光体を組み合わせた白色一般照明市場は、2020 年全世界で 5 兆 7 千億円もの売り上げをあげ、従来の白熱電球や蛍光灯と比較した省エネルギー効果は、国内だけで年間 1 兆円にも及んでいる。青色 LED に使われている GaN 結晶は、主にサファイア基板上に低温バッファ層を用いて成長されている。次に社会実装が進んでいるのは SiC 基板上に AlN を介して成長された GaN/AlGaN ヘテロ接合によるマイクロ波増幅用高移動度トランジスタ、いわゆる HEMT で、4G から 5G の基地局用パワーアンプ用トランジスタとして欠かすことは出来ない。また、最近では、主にシリコン基板上に成長されたパワーデバイスとしての HEMT が、LED 電球の駆動用や主に PC 用の小型 AC アダプタに用いられている。これらサファイア、SiC、Si など異種基板上に成長された GaN 結晶の評価用に放射光施設が積極的に用いられた例は少ない。これらの GaN には、平均で  $1\text{cm}^2$  あたり  $10^9$  本程度の貫通転位が存在する。すなわち  $1\mu\text{m}$  角に 10 本程度の貫通転位が存在することになり、写真乾板上で一つ一つの転位を全く判別できないからである。

GaN による消費電力削減効果を LED 照明だけに留まらせておくのはもったいない。電気エネルギーで動作するありとあらゆるシステムの電源回路に GaN パワーデバイスを用いることにより、更に 15%もの節電が可能となる。また、再生可能エネルギーを中心とした次世代電力網では、高速・低損失で動作可能な大電力用 GaN パワーデバイスが必要である。すなわち、2050 年までに我が国がネットゼロカーボンエミッション(NZCE)国家となるための鍵となるのが GaN パワーデバイスと言える。そのためには、より大電力を制御可能なデバイスの研究開発が必要となる。現状の異種基板上の GaN 結晶を用いた 1 チップのパワーデバイスが扱える電力は 100W に満たない。大電力パワーデバイスの実現には、より貫通転位密度の低い自立 GaN 基板上に作製された GaN 結晶が必要である。

我々は極めて貫通転位密度の低い GaN 基板上に pn ダイオードを作製し、あいちシンクロトロン光センターを用いたトポグラフィによる結晶評価とそれぞれの箇所のデバイスの逆方向漏れ電流を連結して比較し、特に無転位領域の漏れ電流を評価することによって、漏れ電流の伝導機構を世界に先駆けて明らかにした。当日はその詳細を紹介する。

## 2. あいちシンクロトロン光センターへの期待

現在、我々は GaN 基板上の GaN デバイス製造用クリーンルーム C-TEFs にて、2 インチおよび 4 インチ基板上へのパワー・高周波・光デバイスの試作を繰り返している。今後基板開発と GaN デバイスの社会実装の進展と共に基板サイズは 6 インチ、8 インチと大口径化される。その際、エピタキシャル成長およびデバイスプロセスの前工程としてフルウェハの高速評価が望まれる。一方で、最近我々はメガネタイプのマイクロ LED ディスプレイ用に 1 回のエピタキシャル成長で青、緑、赤のピクセルを同時に成長する技術を構築した。そのピクセルサイズは  $1\mu\text{m}$  角以下であり、市販の X 線装置では個々のピクセルの評価は出来ない。高強度広域ビームと狭域ビームを併せ持つ設備の構築が望まれる。

以上のようにあいちシンクロトロン光センターは、大学の研究室と企業、社会を繋ぎ 2050 年までに NZCE となるために欠かすことの出来ない設備および組織である。今後益々の整備・充実をお願いします。