

## 「窒化物半導体の最前線 ー欠陥のない結晶・デバイスを目指してー」

世話人 白石賢二（名大）、天野浩（名大）、須田淳（京大）、村上尚（東京農工大）

400 席あった会場は終始満席。ピーク時は 400 人を優に超えており、立ち見を余儀なくされるほどの大盛況ぶりであった。また本シンポジウムは長丁場で 13:00 より 19:00 過ぎまで行われたが最後まで聴衆の数は減ることはなくずっと大盛況であった。

本シンポジウムは、大分類 15「結晶工学」の分科企画として大会 2 日目、2016 年 9 月 14 日に開催された。GaN 結晶成長と GaN デバイスを一気通貫に研究することを目指して GaN 研究コンソーシアムが発足したことを機に、結晶成長技術から光デバイス・電子デバイスへと大きな進展がみられる窒化物半導体を俯瞰的に検討することを目指して 9 名の招待講演者と 3 名の一般講演者から構成される本シンポジウムが開催された。

最初に、葛原正明先生（福井大院工）に「窒化物デバイスの新展開」と題してご講演いただいた。現状の GaN は  $10^6\text{cm}^{-2}$  以上の結晶欠陥が存在するため、ドナー準位を深いアクセプタ準位によって補償する必要がある。実際、アクセプタ不純物の濃度を増加させることによって、GaN の絶縁破壊電界は見事に増加することが示された。

つづいて森勇介先生（阪大院工）に「GaN バルク結晶成長の新展開」と題して、Na フラックス法を用いた GaN バルク成長に関するご講演をいただいた。GaN 自立基板を目指したバルク成長は HVPE 気相成長をはじめとして多くの手法で行われているが得られている転位密度は  $10^5\text{cm}^{-2}$  程度であり、さらなる結晶品質の向上が必要な状況にある。森先生のグループでは Na フラックス法を基礎として、ドット状に成型したものを種結晶とするポイントシード法を提案することで転位密度は  $10^2\text{cm}^{-2}$  まで低減できることを示された。

つづいて松岡隆志先生（東北大金研）に「窒化物半導体における窒素極性成長」と題してご講演いただいた。GaN のエピタキシャル成長は Ga 極性で成長を行うものが多いが、今後の応用展開を鑑みると窒素極性面を用いた結晶成長の可能性にも期待するものが非常に大きい。実際、松岡先生のグループでは InN の窒素極性成長においては赤色の発光も実現できている。このように講演を通じて窒素極性成長のポテンシャルを感じさせる興味深い講演であった。

第一部の最後には寒川義裕先生（九大応力研）に「GaN 結晶成長シミュレーションの新展開：第一原理計算に基づくアプローチ」と題してご講演をいただいた。寒川先生は大気圧化で行われるため成長表面のその場観察の難しい MOVPE 法における成長表面の理論的予言を第一原理計算と熱力学的解析を組み合わせた理論的アプローチをご紹介いただいた。寒川先生はまず、寒川先生が開発した新理論によって表面相図を圧力-温度 (p-T) 相図で表すことが可能になったことを紹介された。さらに、熱力学的解析も加えることによって成長の駆動力の基板面方位異方性等まで理論的に求めることが可能になり、計算シミュレーションはもはや MOVPE において必要不可欠になっていることを印象づける講演であった。

第二部のはじめは、一般講演から本シンポジウムに選ばれた吉田丈弘さま（サイオニクス）に「タイリング法による直径 7 インチ GaN 自立結晶の作製」と題してご講演をいただいた。本講演ではタイリング法を用いて小径 GaN を敷き詰めて、その上に気相成長でそれらをつなぎ合わせることによって大口径結晶を得る方法で、実際に 7 インチの基板の作製に成功した。

つづいて一般講演から本シンポジウムに選ばれた松原徹さま（山口大院創成科学）に「STEM による GaN 層中の貫通転位芯の解析」と題してご講演いただいた。本講演では STEM 観察によって転位芯の存在頻度を MOVPE 成長によって作成されたサンプルについて調査検討を行った。その結果、MOVPE においては a-type の転位芯が多くを占めることが報告された。

つづいて、橋詰保先生（北大量集セ）に「GaN系トランジスタにおける界面制御」と題してご講演いただいた。特に自立基板上に作成された GaN-MOS 構造では界面準位密度が非常に小さいものが実現されることがわかった。絶縁膜  $Al_2O_3$  をデポしただけでは界面準位密度は  $10^{12}cm^{-2}$  程度あるが、アニールすることで界面準位密度は激減し、逆バイアスを印加しながらアニールすることでさらに界面準位密度はさらに大きく低減できることが報告された。

つづいて、須田淳先生（京大院工）に「GaN 縦型パワーデバイスの現状と課題」と題してご講演いただいた。須田先生は GaN パワーデバイスとしての GaN がぶち当たっている問題についてわかりやすくご講演いただくと同時に豊田合成が示した GaN トレンチ型 MOSFET 等の最新のトレンドも示され、GaN パワーデバイスの教科書となるようなご講演をいただいた。

第二部の最後は、原直紀さま（富士通研）に「GaN 高周波デバイスの現状」と題してご講演をいただいた。ご講演では、エピ構造、デバイス構造、プロセス技術の革新によって電流コラプス現象が克服されてから、高周波デバイスとしての GaN デバイスの性能が飛躍的にアップしていることが報告された。

第三部の最初は、講演奨励賞記念講演として土山和晃さま（豊技大工）に「GaN-LED を用いた高密度光電子集積回路基盤技術の開発」と題してご講演いただいた。ご講演では、GaN 系発光素子と LSI の異種デバイス融合を目指した講演が行われた。Si-MOSFET と GaN- $\mu$ LED を融合させることにより Si-MOSFET の入力信号を光信号として出力できることを示す画期的な成果発表であった。

つづいて、中島昭さま（産総研）に「P/N 混載 GaN パワー集積回路技術の現状」と題してご講演をいただいた。ご講演では従来の GaN の NMOS に加えて PMOS の作製に成功すると同時に NMOS と PMOS をつなげて世界初の GaN 系 CMOS の作製に成功したという画期的な内容であった。

最後に、牛田泰久さま（豊田合成）に「GaN 光デバイスの現状」と題してご講演をいただいた。ご講演では、豊田合成が手掛ける多くの光デバイス製品について具体的製品名を挙げていただくだけでなく、これらの製品の市場規模にも触れる等、企業研究者らしい実践的なご講演であった。

最後に、ご多忙の中すばらしい講演をご準備いただいた 12 名の講演者の方々、活発な討論で会を盛り上げていただいたの方々、19 時を大きく超過したにもかかわらず、最後まで聴講して下さった皆様に、紙面を借りて厚く御礼申し上げます。