

次世代 GaN パワートランジスタの特性の安定化・高性能化に成功

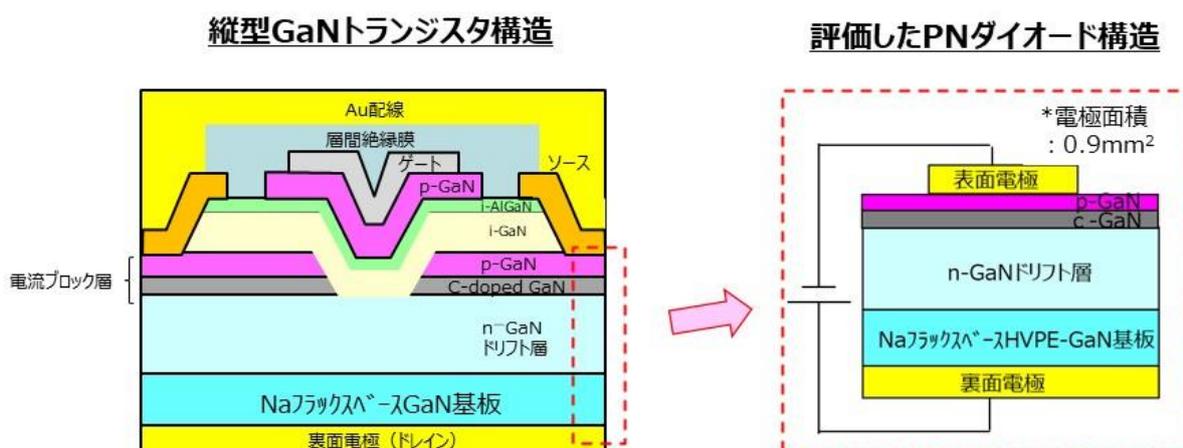
国立大学法人大阪大学

背景

GaN パワーデバイスの社会実装にはデバイスの生産量を向上させることが必須となります。従来法の HVPE 法で作製した GaN 基板でも、デバイス構造を工夫することにより高性能なトランジスタ特性を得ることはできていました。しかしながら、縦型 GaN トランジスタの課題である歩留に関しては、30%程度と低いレベルに留まっており、その原因に関しては解明されていませんでした。デバイス作製が容易なダイオードを作製・評価した場合は極めて高い歩留を実証できていたことから、デバイス作製工程が複雑なトランジスタを作製した際の歩留の低下は作製工程に原因があると考えられてはいましたが、本質的な原因解明はなされていませんでした。そのような状況において、大阪大学大学院工学研究科はパナソニック ホールディングス株式会社、豊田合成株式会社、株式会社サイオクスと共同で、ナトリウムフラックス法で作製した GaN 結晶を HVPE 法の種結晶に活用することでこの問題を解決することができました。

開発した技術

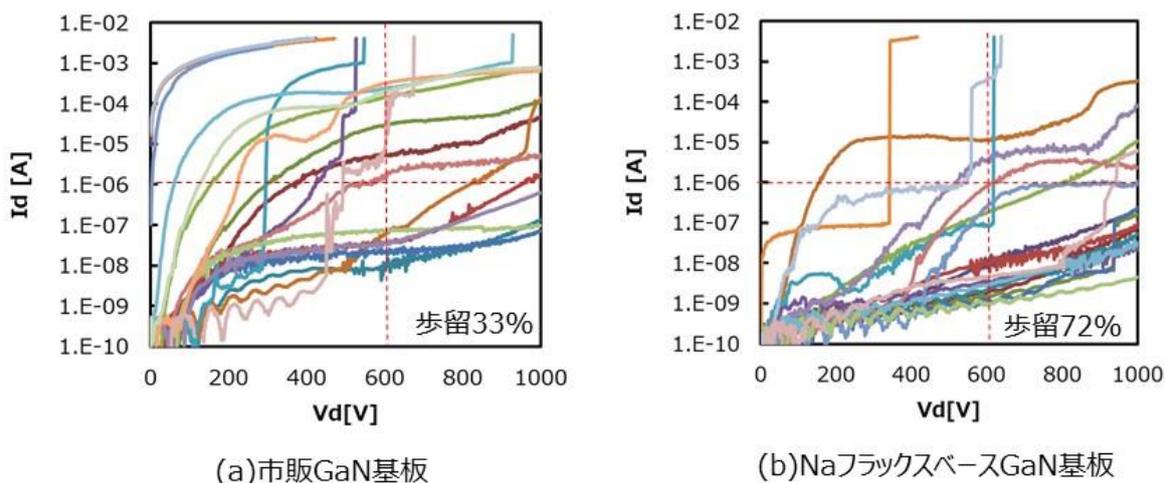
高品質 GaN 基板の効果検証として、ナトリウムフラックス種結晶を下地として作製した GaN 基板（以下、Na フラックスベース GaN 基板）を用いて縦型 GaN トランジスタを形成しました。



【図1】 Na フラックスベース GaN 基板上縦型 GaN トランジスタの断面構造と縦耐圧評価で用いた PN ダイオード構造

図1の左図に縦型 GaN トランジスタ構造を示します。オフ特性に影響する構造の一つとして、赤点線で囲んだ電流ブロック層とドレイン電極間の PN 構造があります。そこで、縦型 GaN トランジスタと同時に形成した上記 PN ダイオードの逆方向特性評価を行い、市販基板との比較を行いました。なお、PN ダイオードは縦型 GaN トランジスタと同一ウェハ内に作製されているので、結晶成長およびプロセス履歴は、縦型 GaN トランジスタの赤点線部と同じです。

図2に市販 GaN 基板と Na フラックススペース GaN 基板の PN ダイオード構造の逆方向特性を示します。なお、GaN 基板中の転位密度が特性に影響する可能性があるため、両者の転位密度はおおよそ 10^5cm^{-3} 台半ばに揃えてあります。図2から、市販 GaN 基板に対して Na フラックススペース GaN 基板では逆方向リーク電流が抑制されていることが分かります。600V 印加時のリーク電流 $1\ \mu\text{A}$ 以下という基準に対して、市販 GaN 基板では歩留 33%に対して、Na フラックススペース GaN 基板では歩留 72%と大きな改善が確認されています。市販 GaN 基板において、プロセス履歴がほとんどない状態で PN ダイオード評価を行った場合は極めて高い歩留であることから、今回の低歩留の要因は結晶成長（再成長）あるいはプロセスにより新たな欠陥が生成されたためと推測されます。それに対し、Na フラックススペース基板では、結晶成長やプロセスで新たな欠陥が生成されにくく、高歩留の結果が得られたと考えられます。縦型 GaN トランジスタ作製において、新たな欠陥が生成されにくいという特徴は、結晶成長やプロセス条件の自由度を高めることができることから、有利な特徴であると言えます。



【図2】PN ダイオードの逆方向特性比較