

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 14237 号
------	---------------

氏 名 廖 亞強

論 文 題 目

Nanorod-Based Vertical GaN-on-GaN Schottky Barrier Diodes
Fabricated by Top-Down Approach
(トップダウン的手法により作製したナノロッド縦型GaN-on-GaN
ショットキーバリアダイオード)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	未来材料・システム研 究所	教授	天野 浩
委員	名古屋大学	未来材料・システム研 究所	教授	大野 雄高
委員	名古屋大学	工学研究科	教授	宮崎 誠一
委員	名古屋大学	未来材料・システム研 究所	准教授	本田 善央
委員	Nanyang Technological University	Temasek Laboratories	主任研究員兼副 プログラム責任 者	Subramaniam Arulkumaran

論文審査の結果の要旨

廖亞強君より提出された博士論文、“Nanorod-Based Vertical GaN-on-GaN Schottky Barrier Diodes Fabricated by Top-Down Approach (トップダウン的手法により作製したナノロッド縦型GaN-on-GaNショットキーバリアダイオード)”は、ポストシリコン半導体材料として注目されている窒化ガリウム (GaN) を用いた次世代高密度大容量縦型高周波・パワーデバイス作製の基礎となる、トップダウン方式によるナノロッド構造の作製法の構築およびショットキーバリアダイオード(SBD)による検証を目的とした研究成果をまとめたものであり、5章より構成されている。

第1章では、次世代ワイドギャップ半導体が何故高周波・パワー半導体として期待されるか、GaNの物性的な特徴、これまでの高周波・パワーデバイスの研究開発の歴史について、特に本研究で注目したSBDの研究開発の歴史、様々な応用領域における効率を表す指標である特性オン抵抗と絶縁破壊電圧の関係、および本研究で行った表面電界緩和構造 (REduced SURface Field: RESURF) 型SBDについて紹介している。

第2章では、結晶成長に使用した有機金属化合物気相成長装置、および直径1ミクロン以下のナノロッド構造を作製するための製造プロセスにおいて用いた電子線リソグラフィ装置、誘導プラズマ結合型反応性イオンエッチング装置、ほか電气的特性評価のために用いた装置を説明している。

第3章では、市販の電界分布シミュレーションソフトウェアを用いたRESURF型SBDにおけるナノロッド径、およびナノロッド間のピッチと逆方向に高電圧をバイアスした際の電界分布の関係を紹介し、特にナノロッド径を1ミクロン以下にすると、1ミクロンよりも大きいロッドの場合と比較して1MV/cm以上の電界緩和が可能であることを紹介している。

ナノロッドの作製法は大きく分けて二種類で、主に選択成長法を用いて、マスク材料の無い窓部に結晶成長により作製するボトムアップ的な方法と、二次元的に膜成長した後エッチングで部分的に削って作製するトップダウン的な方法がある。本研究ではエッチングによる側壁ダメージ導入という課題はあるものの、ナノロッドの寸法精度が圧倒的に高いトップダウンの方法を選択したことを紹介している。

次にナノロッドの作製手順としてニッケルマスクを用いてドライエッチングする場合、ショットキー電極形成のためにナノロッド間絶縁膜として用いるポリイミドをエッチングしてナノロッド上面を出す工程において、表面にプラズマによるダメージが入ってしまう、特にエッチングガスに含まれるフッ素や酸素がGaN表面から内部へ混入してしまうことを避けることが出来ないが、さらに塩素プラズマを用いてダメージ層をエッチングすると、ある程度ダメージ層の除去が可能であることを紹介している。特に塩素プラズマによるダメージ層の除去では、ドリフト層の不純物濃度が同じで、より耐圧が高いとされているpnダイオードと同程度の耐圧を示すSBDが作製されている。

第4章では、さらにプロセスの最適化を目指し、ナノロッド形成のためのニッケルマスクの下に二酸化シリコンを形成すること、およびナノロッド形成のためのドライエッチング後、化学薬品として水酸化テトラメチルアンモニウムにより側面のダメージ層を除去し、よりオン抵抗の低いSBDが実現可能であることを紹介している。得られたSBDの障壁高さは理論通りの結果を示し、オン電圧が0.6Vと低く、耐圧が770V以上と、理論通りの特性を示すSBDが得られることを示した。

第5章では、本研究での取り組みを総括した後、特性オン抵抗をさらに下げる試みとして、ナノロッドのピッチを2ミクロンまで狭くしてナノロッドの密度を上げた時の実験結果を紹介している。また、本研究で行ったナノロッドの作製法とは別の方法としてイオン注入を用いたり、再成長を用いる方法について紹介している。

本博士論文による次世代高密度大容量縦型高周波・パワーデバイス作製の基礎となるトップダウン方式によるナノロッド構造の作製法構築の取り組みは、同構造を基礎とする次世代高性能デバイス実現につながる重要な知見を与えており、学術的価値はもちろんのこと、産業応用上もGaNナノロッド構造高周波・パワーデバイスの社会実装の加速に貢献する非常に重要な成果である。

これらのことから本論文の提出者である廖亞強君は博士 (工学) の学位を受けるに十分な資格があると判断した。