

φ6インチGaN系パワーデバイスの素子分離加工安定処理

サムコ㈱ プロセス開発3部

■はじめに

窒化ガリウム (GaN) 系半導体は、シリコン (Si) に代わる次世代パワーデバイスの材料として期待され、広いバンドギャップ、高い電子移動度などの優れた物性から炭化ケイ素 (SiC) と共に研究・開発が進められてきた¹⁾。信号の増幅を行う高周波デバイスや電力の制御・変換を担うパワーデバイス分野でGaN系半導体は既に実用化されており、市場はますます広がっている²⁾。特に、低ON抵抗、高チャネル移動度を要求されるGaN-HEMTはSi基板上に作製する手法が確立され³⁾、φ6インチやφ8インチの基板を用いた生産が進められている。当社はGaN系発光デバイス用のICP-RIE装置およびCVD装置を提供しており、これらは研究開発から量産工程に至るまで広く利用されている。ICP-RIE装置のエッチング速度、面内均一性、連続処理時の安定性は、多くのユーザーから高い評価を頂いている。本レポートでは、量産対応のICP-RIE装置であるRIE-800iPCによるφ6インチSi基板に形成されたGaN系パワーデバイスの素子分離加工において、25枚の連続加工性を検証したもので報告する。



図1. ICP-RIE装置
RIE-800iPC

■実験内容

ICP-RIE装置RIE-800iPCを用いてφ6インチGaN層を形成したSi基板25枚の素子分離エッチングを行い、安定した量産プロセスの検証を行った。図1にRIE-800iPCの外観写真を示す。また、エッチングしたサンプル構造を図2に示す。Si基板上にGaN層(約7μm)が形成され、さらにフォトリソ(Photolith: PR)がマスクとして露光・現像されている。PRマスクの開口面積は10%程度である。素子分離加工はSi基板に到達するまでGaN層のエッチングを行うプロセスであるが、φ6インチ全面でSi基板に到達している必要がある。そのため、プロセス上Si基板に対するオーバーエッチングが発生する。しかし過剰なオーバーエッチングはデバイスへのダメージや高さのばらつきによる後工程の加工精度悪化などの懸念がある。またウエハごとのGaN層の厚みにばらつきも存在する。そこでオーバーエッチング量を安定化させる目的として発光分光型のエンドポイントモニター(堀場製作所EV-140C)を使用した。

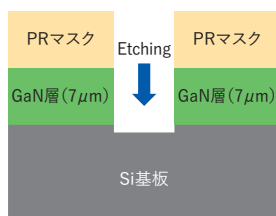


図2. サンプル構造とPRマスク
によるGaN層のエッチング

■実験結果

エンドポイントモニターによる終点検知を使用して1カセット25枚の連続処理を実施した。本実験で使用したウエハはGaN層が約7μmであり、その厚みはそれぞれ数%程度異なるものを用意した。終点検知

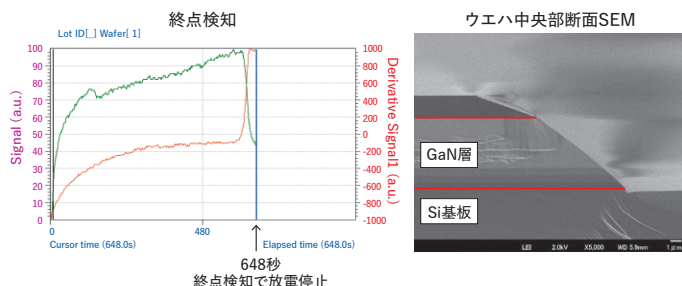


図3. 25枚連続処理の1枚目の終点検知による放電停止と断面SEMの結果

レシピによりSi基板に到達するまでエッチングが行われるため、エッチングレートが安定している場合、25枚の放電時間はGaNの膜厚に応じたものになる。終点検知による自動放電停止でオーバーエッチング量を制御した25枚連続処理の1枚目の測定結果とウエハ中央を走査型電子顕微鏡(SEM)で断面観察した結果を図3に示す。終点検知結果のグラフの緑線はN(窒素)、赤線はSiの発光強度を示しており、GaN層のエッチング終了後、Siの発光強度が増加し、信号が安定した648秒で放電が停止した。また、断面SEMの画像からもGaN層をエッチングしきってSi基板への到達が確認できた。

次に、エッチングの面内均一性とエッチングレートの安定性を評価するため、1枚目、13枚目、25枚目のウエハを抜き出して触針段差計によるエッチング深さ測定とエッチング時間からのエッチングレートを算出した。結果を図4に示す。



図4. ウエハ1枚目、13枚目、25枚目の面内均一性とエッチングレート確認結果

1枚目、13枚目、25枚目の3枚についてはウエハ外周5mmを除く9点で段差測定しており、エッチングレートは平均で675 nm/min、面内均一性は<±3%、ロット内のエッチングレート均一性は±0.35%であり、25枚連続処理での安定性が確認できた。

最後に、25枚すべての放電停止時間を図5に示す。放電時間は641~670秒の範囲であり、ばらつきは±2.2%であった。前述の通りエッチングレートは±0.35%と安定しているので、放電時間のばらつきはGaN膜厚のばらつきに起因すると推測される。このことから、GaN膜厚が数%異なるウエハに対しても、オーバーエッチング量を制御できるエンドポイントモニターの有効性が確認できた。

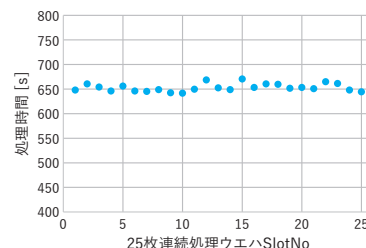


図5. 25枚連続処理の放電停止時間

■おわりに

本レポートでは、量産対応のICP-RIE装置であるRIE-800iPCを用いたGaN系パワーデバイスの素子分離加工技術と、その優れた安定性について紹介した。高いプロセス再現性とエッチング面内均一性を特長とするRIE-800iPCは、GaN系半導体のエッチングはもちろん、GaAsやInPなどの化合物半導体、SiO₂やSiNといったSi系材料、さらにPZTやPtなどの強誘電体や金属材料、ポリイミドなどの樹脂材料まで、多種多様な素材の加工に対応可能である。

当社は次世代デバイス向けプロセス技術の開発を積極的に推進し、お客様の量産工程における安定性課題の解決と品質向上に貢献していく。

- 1) 須田淳、堀田昌宏、鍾江一孝 "GaN 縦型パワーデバイス実現に向け得た点欠陥評価" 応用物理 Vol90, No10(2021):628-631
- 2) Yusuke Kumazaki, 1, 2* Over 80% power-added-efficiency GaN high-electron-mobility transistors on free-standing GaN substrates: Applied Physics Express 14, 016502 (2021)
- 3) Si基板上へのGaN単結晶の成長とデバイス応用 応用物理 第81巻 第6号(2012)

