

GaN系パワーデバイスの素子分離加工

サムコ㈱ プロセス開発1部

はじめに

窒化ガリウム (GaN) 系半導体は、Siに変わる次世代パワーデバイスの材料として期待され、その優れた物性からSiCと共に研究・開発が進められてきた¹⁾。高周波デバイスや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、市場がさらに広がっていく可能性が高い²⁾。特に、低ON抵抗、高チャネル移動度を要求されるGaN-HEMTなどの電子デバイスは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装置とそのプロセス技術を提供しており、研究開発から量産分野まで多くの実績がある。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得ている。本レポートでは、量産用ICP-RIE装置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を紹介する。



図1. ICPエッチング装置 RIE-800iPC

■ サンプル構造と加工要求

実際に加工したサンプル構造を図2に示す。φ6インチのSi基板に形成されたGaN層 (5.5μm) にフォトリソ (Photo Resist: PR) を塗布し、露光・現像されている。PRパターンの開口面積は10%程度である。素子分離加工は、Si基板に到達するまでエッチングするプロセスであるため、ある程度のオーバーエッチングが必要となる。一方で過度なオーバーエッチングは避けなければならないため、ウエハー面内のエッチング均一性が求められる。

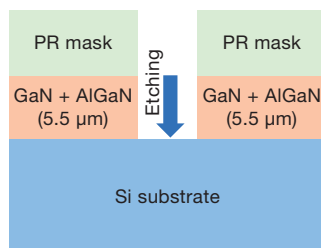


図2. サンプル構造とPRマスクによるGaN+AlGaIn層のエッチング

■ エッチングの終点検出と観察結果

今回は、厳密にオーバーエッチングの進行を把握するため、材料の組成の違いを利用して正確に終点検出できる発光分光型のエンドポイントモニターを使用した。

エンドポイントモニターによる測定結果を図3に示す。緑線の

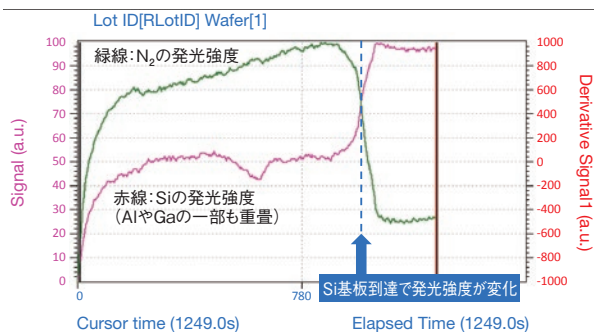


図3. 発光分光による終点検出

波形はN₂、赤線の波形はSiの発光強度を示しており、GaN + AlGaIn層をエッチング後、Si基板に到達し、Siがエッチングされ始めてからの、緑線と赤線の発光強度の変化が確認できる。今回は1分程度Siをオーバーエッチングした。オーバーエッチングしてからはSiの発光強度 (赤線の波形) が安定して検出されている。

エッチングしたφ6インチフルウエハーのSEM観察結果を図4に示す。GaN + AlGaIn (5.5μm) 貫通後、狙い通りSi基板を1.3μm程度オーバーエッチングできており、発光分光観察結果と一致している。約40°の順テーパとなる加工形状が得られた。これはPRマスクの初期形状が約60°である事から生じており、狙い通りの形状である。垂直形状にするためには、垂直なPRマスクもしくはSiO₂などのハードマスクを使用すれば加工できる。

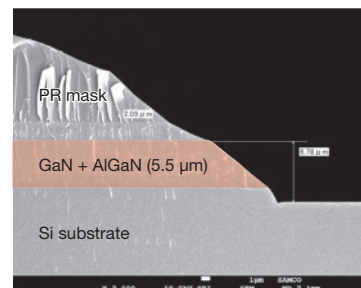


図4. SEMによる断面観察

φ6インチフルウエハーを16枚連続処理した結果を図5に示す。エッチングレートは600nm/min以上で安定しており、いずれも±3%以下の良好な面内均一性が得られている。さらに16枚のウエハー間の再現性は±2.46%であり、良好な結果が得られた。なお、エッチングレートは、発光分光型エンドポイントモニターにて測定したSi基板到達時の時間から算出している。また、面内均一性は、中心と外周4点 (エッジから5mm) の計5点のエッチング深さを段差測定器で測定している。

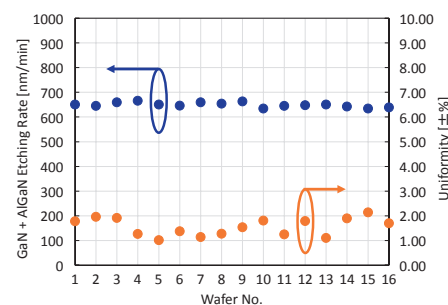


図5. 16枚連続処理結果

■ おわりに

量産用ICP-RIE装置RIE-800iPCによるGaN系パワーデバイスの素子分離加工とその安定性を紹介した。プロセス再現性に優れた生産用装置であるRIE-800iPCは、GaN系半導体のエッチングのみならず、GaAsやInPなどの化合物半導体やSiO₂、SiNなどのSi系半導体、PZT、Ptなどの強誘電体、金属材料、さらにポリイミドなどの樹脂材料まで幅広く加工できる。

GaN系パワーデバイスは低炭素社会実現のためのキーデバイスである。当社は、GaN系パワーデバイス向けのプロセス技術開発を通じて、低炭素社会の実現に貢献していく。

■ 参考文献

- 1) 須田淳, 堀田昌宏, 鐘ヶ江一孝. “GaN 縦型パワーデバイス実現に向けた点欠陥評価.” 応用物理 90.10 (2021): 628-631.
- 2) Kumazaki Yusuke, et al. “Over 80% power-added-efficiency GaN high-electron-mobility transistors on free-standing GaN substrates.” Applied Physics Express 14.1 (2020): 016502.
- 3) 江川孝志. “Si 基板上への GaN 単結晶の成長とデバイス応用.” 応用物理 81.6 (2012): 485-488.

