

トルネードICP[®] エッチング装置による GaNの高精度加工

1. はじめに

当社では、95年ごろから、高密度プラズマ源を用いたドライエッチング装置を本格的に開発し始めている。97年にはGaNの高速エッチングに成功し、LED業界への装置販売実績を堅実に積んできている。最近では、豊富な実績を元に、量産対応の装置を開発し、多数枚のバッチ処理装置やトレーカセット式の量産装置を提供している。

GaNは、同じⅢ-V族化合物半導体のGaAsやInPとは違い、従来からのウェットプロセスでの加工が困難であるため、プラズマプロセスを利用したドライエッチングが必須となってくる。

ここでは、当社独自の「トルネードICP[®]」エッチング装置とGaNの高精度加工について紹介する。

2. トルネードICP[®] エッチング装置

当社では、信頼性のあるシンプルなシステムを構築できる誘導結合型プラズマ（ICP）源を採用し、その高周波電力供給用アンテナコイルに特徴を持たせたトルネードICP[®]を販売している。トルネードICP[®]は、従来のRIEシステムに比べ、プラズマ密度を数百倍に上げることができ、プロセスマージンを大きく広げることができる。加えて、下部に印加された高周波電力は、RIEシステムと同様に、処理基板上にイオンを引き込むための加速電圧を生み出す（直流バイアス電圧： V_{dc} ）。プラズマ生成と加速電圧生成が独立しているため、高速エッチングでありながら、ダメージの少ないプロセスを追及することが可能になっている。

一般的に、化合物半導体のエッチングは、主に塩素系のガスを基本としており、また、エッチング中の温度管理が重要である。エッチング中の温度を精密に管理するために、ウェーハをセットする下部基板に工夫があり、当社のシステムでは、静電チャックを標準搭載し、冷却ばかりでなく、加熱も可能で幅広い温度範囲に対応できるようにしている。特にInP系のエッチングでは、ウェーハの基板温度を200℃程度まで昇温しないと、低蒸気圧の塩化インジウムが残留し残渣の原因になる。

また、結合エネルギーの大きなGaNは他の化合物半導体よりも V_{dc} を高くしてエッチングをする傾向があり、その入熱を吸収する必要があるが、本機構を用いることでこれらの問題を解決することができる。

これらのエッチングを可能にする装置



写真1
量産用
「RIE-200iPC」

として、研究開発/セミ量産用の「RIE-200iP」、トレーカセット機構を搭載した量産用「RIE-200iPC」（写真1）、これを2室の反応室とした「RIE-202iPC」がラインナップされている。反応室内部の構成は各装置共通のため、生産量の増加にともない装置をステップアップさせていく場合、プロセス条件を変更することなく装置を導入することが可能である。

3. GaNのエッチング技術

一般に、GaNは単結晶基板が作りやすく高価であるため、格子定数が比較的整合するサファイア基板の上に成長させる場合がほとんどである。しかし、サファイア基板は絶縁体であるため、LEDの電極を形成する場合、通常の化合物半導体のようにウェーハ裏面からの電極の形成が不可能で、ウェーハ表面から掘り下げて電極を形成する必要がある。この場合、エッチング面で金属とオーミックコンタクトを作ることになるので、少なくともエッチング後の面の平滑さが要求される。

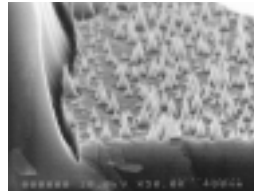
しかし、AlGaN、InGaNを含むGaNをエッチングする場合、塩素ガス単体でエッチングを行うと、通常、エッチング底面にピットやピラーが発生する（写真2(a)）。この発生の原因は、GaNの結晶内に存在する結晶欠陥や、結晶内の酸素の残留、ドーパされている微量の不揮発性物質などに起因し、この発生の程度は反応室内の雰囲気大きく影響される。また、塩素ガス単体でもプロセス条件を調整することで、平滑なエッチングが可能であるが、反応室内のコンディションに敏感に影響されるため、プロセスウインドウが狭くなることが多い。この解決方法として、ある種のガスを加えてプロセスを安定させることも必要になってくる。

GaNの結合を切るのに、高 V_{dc} の方が容易であるが、高 V_{dc} ではプラズマダメージが発生し、リーク電流の発生や電極のオーミックが低下し、発光強度の低下につながる。

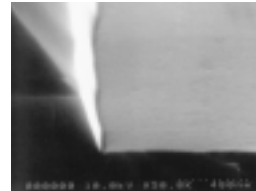
当社オリジナルのプロセスでは、低 V_{dc} （約-30V）でGaNのエッチングが可能であるため、広いプロセスウインドウと低ダメージのプロセス、量産安定性を提供することができる（写真2(b)）。

GaNのエッチングのトピックとして、逆テーパ形状が得られにくいGaNでも、ラジカルを中心としたプラズマドライエッチングで、逆テーパを形成することができる（写真3）。

写真2 従来法と「トルネードICP[®]」によるエッチング底面の比較



(a) 従来法によるエッチング底面の残渣



(b) 「トルネードICP[®]」により改善されたエッチング底面

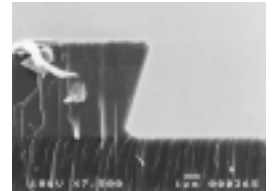


写真3 GaNの逆テーパエッチング