

トレンチ型SiC MOSFETの実現に向けたICPエッチング技術

サムコ株 開発部

はじめに

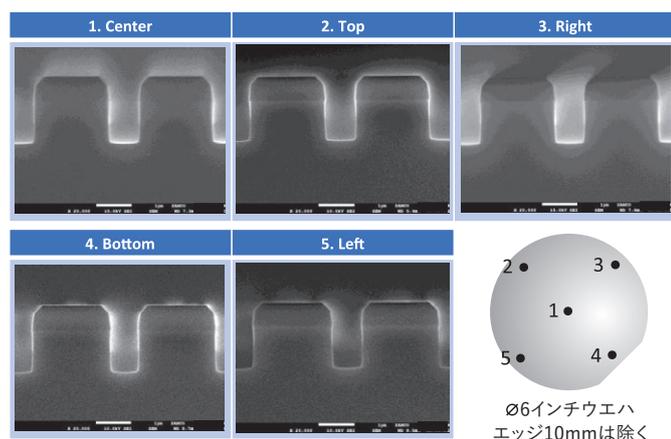
4H-SiCパワーデバイスの一例としてMOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) がある。従来はプレーナー型MOSFETが開発されてきたが、「低オン抵抗化」などの高効率化の要求に応えるためトレンチ型MOSFETが注目されている。当社はトレンチ型SiC MOSFETの製造に必要なICPエッチング装置によるトレンチ加工に取り組んできた¹⁾。今回は、主流である $\phi 6$ インチのSiCウエハを用いた最新のトレンチ加工技術について紹介する。

実験および結果

SiCトレンチエッチングにおける重要なポイントは「高エッチングレート」、「トレンチ形状制御性」、「トレンチ底部のラウンド形状」の3つである。今回は、これら3つのポイントを満たすためICPエッチング装置「RIE-800iP/800iPC」を使用して $\phi 6$ インチウエハを処理する実験を行った。

開口幅約 $1\ \mu\text{m}$ のトレンチパターンを垂直にエッチングした例を図1に示す。エッチングレートは $700\ \text{nm}/\text{min}$ 以上、マスクとの選択比(SiC/SiO₂)は5以上、トレンチ側壁角度 $88\sim 89^\circ$ 、エッチング深さの均一性は $\pm 3\%$ 以下と良好な結果が得られた。これまでのエッチングレートは $450\ \text{nm}/\text{min}$ であったが、今回プロセス条件を最適化することで1.5倍以上まで改善した。さらに、マスク選択比の減少などの制限はあるが、エッチングレートは最大 $850\ \text{nm}/\text{min}$ まで高めることができる。開口幅 $0.8\ \mu\text{m}\sim 2.0\ \mu\text{m}$ でのトレンチ形成の実績があり、より微細なパターンにも対応していく。

次にトレンチの形状制御、トレンチ底部のラウンド形状加工に



- ・SiCエッチングレート: $>700\ \text{nm}/\text{min}$
 - ・面内均一性: $\pm 2.1\%$
 - ・SiC/SiO₂選択比: >5
 - ・トレンチ側壁角度: $88\sim 89^\circ$
 - ・マイクロトレンチレス
- ウエハ間再現性: $<\pm 1.5\%$

図1. RIE-800iPCによるSiCトレンチ加工

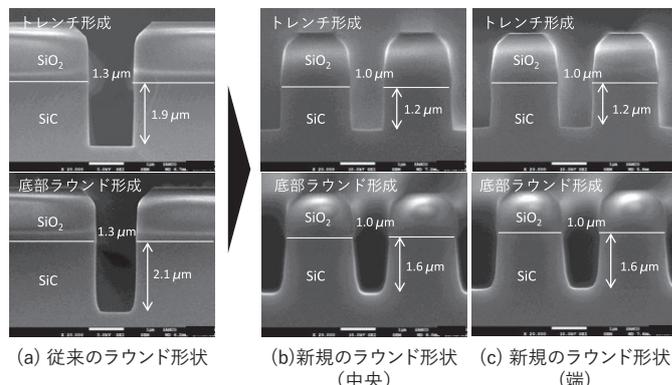


図2. RIE-800iPCによるSiCトレンチ底面のラウンド加工

ついて紹介する。トレンチ構造の場合、ゲート電圧印加時にトレンチ底部の角に電界が集中することで、ゲート絶縁膜が破壊される懸念がある。この問題を回避するためには、トレンチ底部をラウンド形状にする必要があり、従来は高温アニールによってラウンド形状が形成されている²⁾。近年は、アニールに代わりドライエッチングでラウンド形状を形成する要求が増加している。当社はこれまでもトレンチ底面の角をラウンド化するドライエッチングプロセスを開発してきた。今回、プロセス条件を最適化しトレンチ底面全体をスムーズなラウンド形状にする技術を開発した。図2に加工例を示す。図2 (a)は従来のプロセス条件でエッチングした結果である。トレンチ底部の角のみラウンドに加工できている。図2 (b)と図2 (c)は新たに開発したプロセス条件で $\phi 6$ インチウエハの中央と端をエッチングした結果である。ウエハ面内5点のエッチング深さの均一性は $\pm 3\%$ 以下であり、ラウンド加工無しの形状と同等の均一性が得られている。さらにラウンド形状のばらつきも抑えられており、良好な結果が得られている。

おわりに

今回はトレンチ型SiC MOSFETの製造に必要なSiCトレンチエッチングの最新結果について紹介した。エッチングレートは1.5倍の $700\ \text{nm}/\text{min}$ まで向上し、ラウンド形状の制御および均一性も改善している。今回紹介したのは $\phi 6$ インチでの結果だが、 $\phi 8$ インチでのプロセス開発も進めている。また、トレンチ型SiC MOSFETの製造で必要となるゲート絶縁膜成膜(CVDおよびALD)や電極加工など豊富なプロセスデータと実績を有している。当社は、SiCに加えて、GaNやGa₂O₃などのさまざまなワイドバンドギャップ半導体の加工や成膜に関する知見を有しており、持続可能な社会の実現に向けてパワーデバイス分野の発展に貢献していく。

参考文献

- 1) Samco NOW vol.104 Technical-Report, 2019年1月
- 2) Yasuyuki Kawada et al: Shape Control and Roughness Reduction of SiC Trenches by High-Temperature Annealing, Japan Journal of Applied Physics 48, 116508 (2009)

