

マイナス150℃を実現、クライオICPエッチング装置「RIE-800iPLN」の紹介

【サムコ株ナノ薄膜開発センター】

はじめに

半導体の微細化、高積層化に伴って、エッチング技術におけるエッチングレート、アスペクト比、マスクとの選択比などの要求は高まり続けている。こういった要求に対しSiやSiNなどのエッチングレートを速め、マスクとの選択比を向上し、側壁に保護膜を形成し、高アスペクト比の異方性エッチングを実現する可能性があるとして、クライオエッチングが注目されている^{1,2)}。本稿では、新たに開発した、-150℃の極低温でのエッチングを可能とするクライオICPエッチング装置「RIE-800iPLN」について紹介する。



RIE-800iPLN

RIE-800iPLNの特徴

RIE-800iPLNは多くの販売実績があるICPエッチング装置「RIE-800iP」をベースとし、以下の3つの機構を搭載した装置である。

- ① 真空断熱構造を有する下部電極
 - ② 液体窒素供給系を用いた極低温冷却機構
 - ③ Hot-N₂供給系を用いた温調アシスト機能
- ① 下部電極は、極低温ラインの結露の影響を受けないよう、真空断熱構造を搭載した。通常の下部電極構造では、極低温下において大気中の水分が表面に結露し、大量の霜がついてしまう。そこで、RIE-800iPLNには真空断熱構造を有する下部電極を採用し、液体窒素を供給しても下部電極表面が結露しない構造とした。
 - ② 液体窒素供給系を用いた極低温冷却機構は、下部電極上のステージを-150℃の極低温とすることを可能としている。通常の下部電極の冷却には水冷チラーを用いているが、RIE-800iPLNでは-196℃の液体窒素を流して極低温を実現した。液体窒素の供給をPID制御方式で調整し、安定した極低温状態をコントロールしている。
 - ③ Hot-N₂供給系を用いた温調アシスト機能は、-150℃~-50℃の温度制御を実現する。-196℃の液体窒素の供給量の調整のみでは-150℃~-50℃近辺の温度域における制御が難しい。RIE-800iPLNでは下部電極に加熱したN₂を供給するラインを設け、液体窒素による冷却とHot-N₂による加熱の両方を制御することによって-150℃~-50℃の領域での温調を可能としている。

ウエハー冷却実験

RIE-800iPLNを用いた、下部電極および測温抵抗体付きウエハーの冷却実験の結果を紹介する。図1に極低温まで冷却した際のウエハー温度と下部電極温度の推移を示す。開始から30分以内に下部電極、ウエハー温度がいずれも-150℃以下となり、最終的にそれぞれ-179.5℃、-170.3℃まで冷却できることを確認した。面内の温度分布について、φ8インチウエハー面内5点にて測定したところ、比較的温度の高い領域では±15℃程度の分布が存在したが、-170℃付近では±3℃以下の良好な温度面内均一性が得られた。

次に、液体窒素とHot-N₂を併用して、極低温領域の温調機能の確認を行った。図2にHot-N₂の供給圧を0.02 MPa、温度を100℃として、-150℃~-25℃の領域で下部電極を温調したグラフを示す。液体窒素による冷却とHot-N₂による加熱のバランスを取ることで-150℃~-50℃の範囲で温調できることを確認した。-25℃での温調ではオーバーシュートから復帰するのに30分以上要することから、Hot-N₂の温度や供給圧を高める必要があると考えられる。

極低温エッチング結果

各ステージ温度における熱酸化膜のエッチングレートを測定するため、φ8インチ熱酸化膜付きSiウエハーにチップサンプルをグリッド貼り付けし、CHF₃によるエッチングを行った。サンプル裏面にはHe圧1,000 Paを供給し、下部電極の温度がサンプルに効率的に伝わるようにした。図3にエッチングレートを測定した結果を示す。-100℃で熱酸化膜のエッチングレートが30%以上高まっており、極低温によるエッチングレート向上を確認した。

まとめ

今回、-150℃まで冷却できるRIE-800iPLNを紹介した。ウエハー温度を-150℃まで冷却できること、-150℃~-50℃の範囲で温度制御できること、Siの熱酸化膜のエッチングにおいて、極低温ではエッチングレートの向上につながることを確認した。今後、化合物半導体分野に対する有効性について検討し、プロセスの開発を進める。

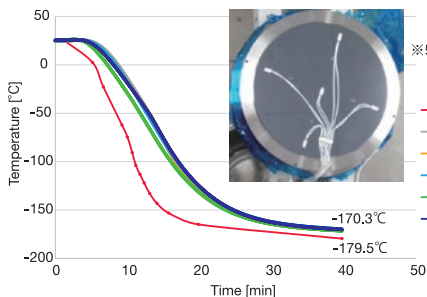


図1. 下部電極温度とウエハー温度

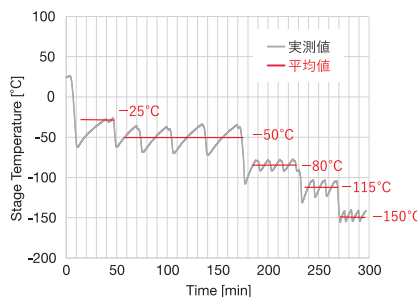


図2. 温度制御性

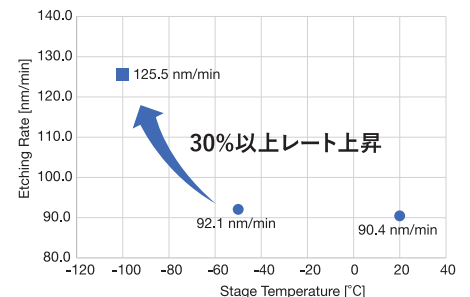


図3. 下部電極温度と熱酸化膜エッチングレート

参考文献

- 1) R.Dussart, T.Tillocher, P.Lefauchaux and M Boufnichel, J. Phys. D: Appl. Phys., 47, (2014) 123001.
- 2) B.Wu, A.Kumar, and S.Pamarthy, J. Appl. Phys., 108, (2010) 051101.

<謝辞>

本装置の製作にあたり多くのご助言をいただいた 関東電化工業株式会社様に感謝の意を申し上げます。

