

原子層堆積(ALD)装置の開発 ～パワーデバイスアプリケーション～

【サムコ(株) 基盤技術研究所】

■はじめに

原子層堆積(ALD: Atomic Layer Deposition)法の基本原理は、例えば酸化物や窒化物において、原料ガスが表面反応により1層形成され、成長が止まる自己停止機能と1層形成された原料を酸化や窒化させることを繰り返すlayer by layerの成膜である。従って、原理上ALDによる成膜が可能な温度領域が存在するが、CVD、スパッタ及びその他の成膜技術と比較して、「膜厚の均一性」、「原子層オーダーの膜厚制御性」、「カバレッジ性」などに優位性がある。当社は、GaNやSiCなどのパワー半導体のゲート酸化膜形成、パッシベーション膜の形成、さらにはMEMS分野までを視野に入れたALD装置「AL-1」を2015年12月に市場投入した。

ここでは主として「AL-1」の装置仕様と基礎データを紹介する。

■装置仕様

AL-1は、反応室内に気化した有機金属原料と反応剤(H₂O、O₃、ラジカル等)を交互に供給し、ALDによるlayer by layerの成膜を実現している。反応室内壁に密着するインナーウォールヒーターを用いることで、原料及び反応剤の内壁への吸着を抑制している。また、原料及び反応剤の供給に数十msecオーダーのパルス供給が可能なALDバルブを使用しており、そのバルブを極力反応室の近くに取り付けている。これらの工夫により「原料間のパーズ・排気時間の短時間化」、「パーティクルの抑制」などを実現している。なお、GaNやSiCのパワー半導体分野で現在主流となっているφ4"ウェハは3枚まで同時処理が可能で、最大φ8"ウェハまで処理が可能である。すなわち、研究開発からセミ量産まで対応している。表1に装置仕様の概略、図1に装置外観を示す。

表1 装置仕様の概略

反応室	SUS304製 φ4"×3枚、φ8"×1枚処理可能
ステージ加熱機構	ヒーター温度 常用500℃
プロセスガス供給系	標準4系列(最大6系列)
原料	<ul style="list-style-type: none"> • TMA: Al(CH₃)₃ タンク付 • H₂O タンク付 • O₃ (オゾナイザーを使用) 最大オゾン濃度250g/Nm ³ (O ₂ 流量: 200sccm時) ※その他原料の追加については応相談
排気系	ドライポンプ
外形寸法	本体: 900mm (W) × 1300mm (D) × 1355mm (H) 制御ボックス: 570mm (W) × 630mm (D) × 1576mm (H)



図1 装置外観

■基礎データ

基礎データとして、有機金属原料にTMAを、反応剤にH₂Oを使用した際のアルミナ(AI₂O₃)膜の成膜結果を紹介する。この原料と反応剤で成膜したAI₂O₃膜のALDによる成膜が可能な温度領域は、成膜温度が220℃～350℃であることを確認している。

最初に、成膜温度250℃におけるサイクル回数と膜厚の関係を図2に示す。膜厚とサイクル回数が比例している結果が得られた。成膜レートは1.2Å/cycleであることから、ALD成膜が実現できており、原子層オーダーでの膜厚制御が可能である。次に、成膜温度と絶縁破壊強度の関係を図3に示す。膜厚は全て100nmとした。成膜温度が350℃で7.5MV/cmと高い絶縁破壊強度が得られた。反応剤や反応方法を検討し、100℃程度の低温領域を含めて、10MV/cmの絶縁破壊強度を目指したい。最後に、ホール形状(開口径: 1.25μm、深さ: 40μm、アスペクト比: 32)へヒーター温度250℃で約100nm成膜した時の成膜結果を図4に示す。上部、底面、側面すべて103nmとカバレッジ性が良い均一な膜厚の成膜が実現できていることから、トレンチMOSFETやTゲートへの応用が可能であると考えられる。現在、GaN、SiCやGa₂O₃などのパワーデバイス応用を目的に大学や官庁と共同研究を行っている。主にAL-1により成膜したAI₂O₃膜及びSiO₂膜をゲート酸化膜として利用したMOSFETやMOS-HFETなどのデバイス特性の確認を行っている。その中で、界面準位の低減などのデバイス特性を向上させるゲート酸化膜形成の研究を進めている。

■おわりに

国内メーカーの参入が少ない状況下で当社が市場投入したALD装置である「AL-1」について紹介を行った。AI₂O₃膜での基礎データの取得を行い、ALDの特徴である「膜厚制御性」、「高耐圧膜」及び「カバレッジ性」が得られることを確認した。今後は、ユーザーのデバイス特性の向上に貢献するとともに装置販売を進めていく。

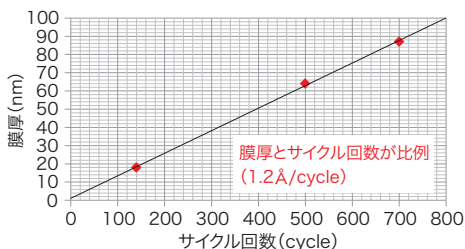


図2 Al₂O₃膜の膜厚制御性

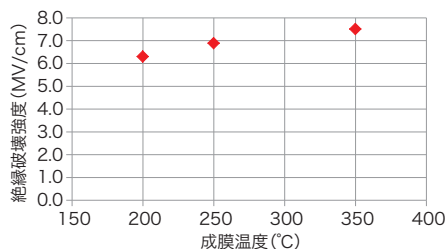


図3 Al₂O₃膜の絶縁破壊強度

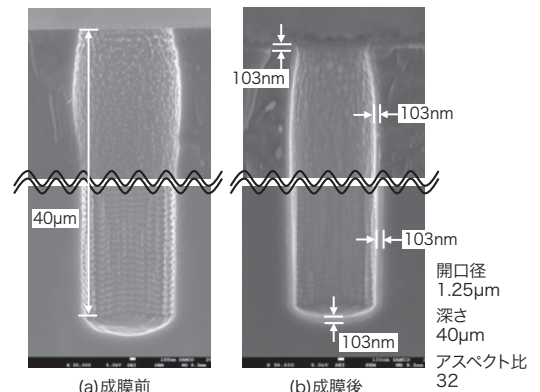


図4 Al₂O₃膜のホール形状へのカバレッジ性