

パワー半導体向けレーザアニール装置の紹介

1. はじめに

エネルギー資源の節約と環境保全への努力が各業界で要求されている昨今、半導体の低損失電力デバイスへの需要は高まっている。既存のシリコン半導体の物理的な限界を超える化合物として SiC（炭化ケイ素）や GaN（窒化ガリウム）などを利用したワイドバンドギャップ半導体の実用・量産化が進められており、わが国でも経済安全保障推進法に基づく半導体等の安定供給確保により、国内半導体関連メーカおよびサプライチェーンの設備投資が活性化している。

当社は、SiC パワー半導体の裏面電極をオーミックコンタクトさせる高生産性のレーザアニール(A-LA)装置(図1、表1)を製品化したので、その特徴を本稿にて紹介する。

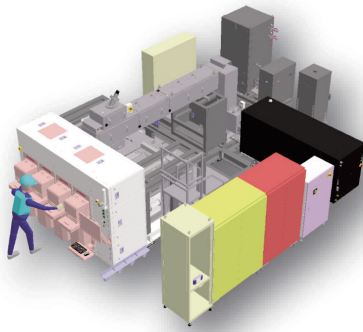


図1 A-LA 装置外観

	項目	仕様値
レーザ	波長	248 nm、308 nm
	周波数	100Hz ~ 300 Hz
光学系	ビーム長	20 mm~300 mm
	最大エネルギー密度	300 mJ/cm ² ~4000 mJ/cm ²
ステージ	等速度（照射軸）	30 mm/s ~ 200 mm/s
生産性	処理能力	>20,000 枚/月

表1 A-LA 装置仕様

2. 装置構成

2.1 プロセス概要

半導体と金属の接触界面には通常ショットキー障壁が生じる。障壁を解消しオーミックコンタクトを形成するには、一般的に、アニール処理によって界面を合金化させる。SiC 基板では、例えば Ni を堆積させて 1000℃ 以上の高温でアニールする方法が取られる。アニールによって、界面で Si が C と分離して Ni と反応し、Ni シリサイド層が形成される。このような高温アニールでは周辺材料やデバイスへの熱の影響があるため、炉でウエハ全体をアニールするのではなく、レーザによる局所的なアニールプロセスが広く採用されている。A-LA 装置は、SiC ウエハ上に成膜された金属膜に対してラインビーム状のエキシマレーザでスキャン照射する。図2に示すように、金属膜へパルス幅の短い UV 光を金属表面から照射することで、金属/SiC 界面のみを高温化し、デバイス面への熱影響なく、シリサイド化することができる。

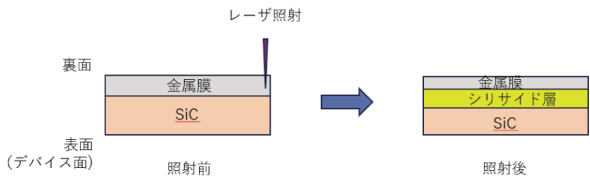


図2 シリサイド化プロセス概念図

2.2 A-LA 装置の特徴

当社 A-LA 装置の主要な特徴は、①エキシマレーザと光学系と搬送システムによる高生産性、②ウエハ表面デバイス面を損傷させないレーザプロセス、③レーザ照射により発生するヒューム処理とウィンドウの状態観察機能である。以下にその詳細を述べる。

2.2.1 高生産性

当社の A-LA 装置は、高出力エキシマレーザとトップフラットビームを採用することで、固体レーザビームをスキャンする装置と比べて大幅な処理速度の向上を可能とした。加えて、ウエハの搬送時間を最小化する搬送システムによりムダ時間を大幅に削減し、20,000 枚/月以上の処理能力を有しており、他社装置の 4 ~ 10 倍の生産性を達成、旺盛なパワー半導体業界の需要に応えられる生産性の高い装置である。

製品・技術紹介

2.2.2 表面デバイス面への損傷回避

パワー半導体向けのレーザアニール装置では、一般的にUVまたはグリーンの波長が使用されている。UVは、グリーンよりも金属膜への吸収率が高いため効率的にアニールすることができる。また、ナノ秒オーダーのパルスレーザにより、非照射面への金属パターン等への熱の影響を小さくできるため、熱伝導の高いSiC基板においても非照射面のデバイス面への熱影響を低減できる。図3に、エキシマレーザ照射時の深さ方向の温度分布をシミュレーションした結果を示す。図3上図は最高温度時の断面の温度分布の様子を示しており、下図は深さ方向の温度分布を時間毎にプロットしたグラフとなる。金属膜とSiCの界面で1000℃に到達する熱量を与えた際も、表面から150μmの箇所で低温を保っていることが分かる。

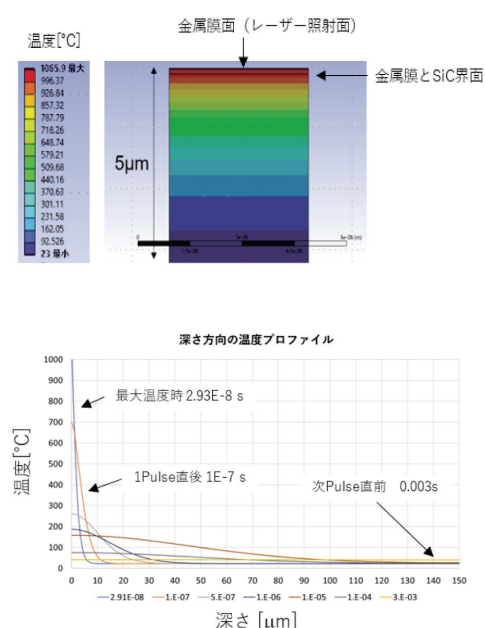


図3 レーザ照射時の深さ方向の温度プロファイル

2.2.3 ヒューム処理と状態観察

A-LA 装置ではウエハのレーザ照射時に Si、C、金属膜成分がヒュームとして発生し照射エリア周辺に飛散するため、ヒュームによるチャンバー内汚染による機器および計器類の不具合発生や、通常よりも短いサイクルでの機器メンテナンスを要する場合がある。当社ではヒュームが発生するプロセスである Film Laser Cutting (FLC) 装置および Laser Lift Off (LLO) 装置で培った技術を A-LA 装置に適用したヒューム回収機構を有しており、図4のごとくレーザ照射により発生したヒュームを散乱させずに排気する構造により、チャンバー内のヒューム

汚染を低減している。また、ヒュームにより汚染されやすいレーザ照射付近のレーザ照射窓においても、レーザ照射窓直下にヒュームが接近しにくい流れ場を形成することで、クリーニングや部品交換などのメンテナンス周期を長期化させた。A-LA 装置は、レーザおよび照射窓の状態をビームプロファイラなどの光検出器で自動的に逐次観察する機能(図5)を備えている。プロセスに影響するビーム状態を自動計測することにより、ビーム形状の変化からメンテナンスの実施要否が自動的に報告されるシステムが構築されており、オペレータの知見やレベルによらないシステムとなっている。長期的にヒュームの影響や素子の劣化具合の状態変化を監視することで、適切なタイミングで保守点検が可能である。

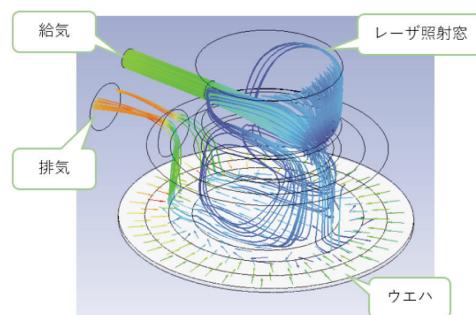


図4 ヒューム回収機構の気流解析

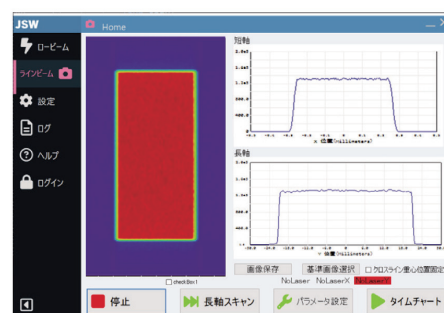


図5 ビームプロファイル計測画面

3. おわりに

当社は、パワー半導体におけるオーミックコンタクト化工程に適した高生産性かつ高機能化した A-LA 装置を製品化した。そして、プロセス条件の工夫により更なる高生産性が見込まれるため、継続的な技術開発を進めている。

今後も継続して、様々なアプリケーションに対応したレーザ熱処理装置の開発・製品化を行っていく所存である。