

## [8] イオン注入装置

日新イオン機器株式会社（NIC）では、炭化ケイ素（SiC）パワーデバイス向けイオン注入装置事業、フラットパネルディスプレイ（FPD）向けイオン注入装置事業、既納装置のフィールドサポート（FS）事業を3本の収益の柱として維持・発展させようとしている。

SiCパワーデバイス向け注入装置事業においては、近年需要が拡大している電気自動車（EV）の電力制御を高効率に処理するデバイスとして、世界中のデバイスメーカーが一斉に大量生産の体制を整えつつあり、これに伴い製造装置の需要が急拡大している。以前課題となっていた高額で生産量が不足していたSiCウェーハも量産が軌道に乗りつつあり、大量生産の素地が整ってきた。一方、このフェーズに入るとEVメーカーからのコスト要求が極めて厳しくなり、デバイスメーカーもより高い生産性を装置に要求するようになる。当社は世界に先駆けて高温イオン注入装置IMPHEAT<sup>(\*)</sup>を2009年に、さらに大幅な改良および8インチウェーハに対応したIMPHEAT-IIを2019年に市場投入しているが、現在要求されている高い生産性を実現するために、ビーム電流を大幅に増やしつつ立ち上げ時間の短縮とメンテナンスサイクルの長寿命化を高次元で実現した新型のイオン源を開発した。

FS事業では、従来からの部品販売や保守サービスだけでなく、旧機種（EXCEED<sup>(\*)</sup> 2000Aシリーズ）に対し、入手が困難となった各種機器の現行品への更新および、より新しい装置の性能を付加したりリニューアル改造の開発を進め23年度に完了した。この装置はすでに廃品機種となっている一方、生産現場においては未だ現役で多数利用されており、リニューアル改造は改造そのものによる収益だけでなく、装置の利用継続によるFS収益の維持継続にとっても重要である。

FPD向けイオン注入装置事業においては、ディスプレイパネルメーカーは一巡したスマートフォン（スマホ）向け需要に対して、より大きなデバイス（例えばIT機器と呼ばれるタブレットPCやノートパソコン）にスマホレベルの高品質のディスプレイを適用して高付加価値化する動きを活発化させている。この実現にはより大型（8.6世代）のガラス基板向けイオン注入装置が必要であり、当社は6世代向け注入装置での100%シェアを有するメーカーとしての責任を果たすべく、顧客からの受注に基づき納入に向け急ピッチで開発作業を進めている。

本稿では、これらの開発状況や概要を報告する。

### 8. 1 SiCパワーデバイス向け高温イオン注入装置の新型イオン源開発「IMPHEAT-II」

SiCパワーデバイスは従来のSiパワーデバイスと比較して効率的な電力変換を行うことが可能で、モジュールの小型化が可能なことから、産業用途から自動車業界まで幅広い分野での採用が進んでいる<sup>(1)</sup>。

当社は、SiCデバイスメーカー各社にSiC用高温イオン注入装置IMPHEATシリーズを納入しており、生産ラインで使用されている。一方で、昨今はSiCパワーデバイスの需要が高まり、Al注入プロセスの頻度が増大している。この状況下で、生産性を向上させる大電流Alイオンビームを取得可能なイオン源を開発したので報告する。

今回開発したイオン源は従来のAlNスパッタソースからのAlイオンビーム生成方法とは異なり、固体Alを入れた試料室を高温に温め、ここにCl<sub>2</sub>ガスを流し込む。AlとClの反応により生成される塩化アルミニウムのガ

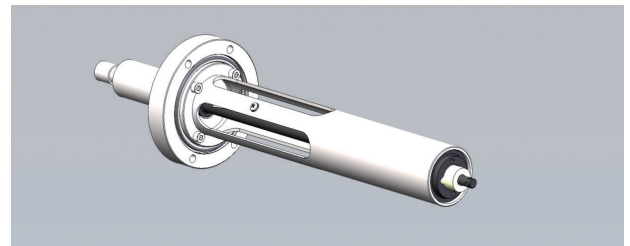


図1 新型イオン源に使用されるAl供給源  
スをイオン源チャンバーに供給しAlイオンビームを生成する。

図1に本イオン源で使用されるAl供給源を示す。このAlイオンビーム生成方法により、各注入エネルギーにおいて従来比40~60%もの最大ビーム電流の向上を確認しており、大電流機クラスのビーム電流を実現することが可能となった。

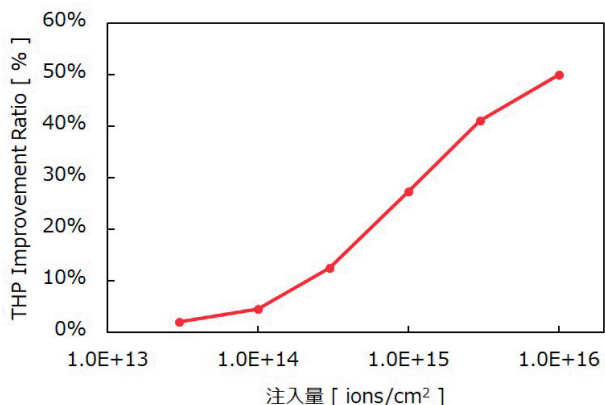


図2 新型イオン源によるTHP向上効果（従来イオン源比）

図2に注入エネルギー150keV時の各注入量（ions/cm<sup>2</sup>）におけるTHP<sup>（注1）</sup>向上率を示す。SiCパワーデバイス製造に使用されるAlの注入量は10<sup>15</sup>オーダーであり、従来イオン源のビーム電流と比較してこの領域で約30%以上のTHP向上が可能となる。

さらに今回開発した新型イオン源を、SiCデバイスメーカーにデモ導入しており、生産ラインの運用データを取得している。この生産運用結果からTHP向上と合わ

せてビームセットアップ時間の短縮を確認している。

図3に示すとおり、Alの1価ビーム（Al<sup>+</sup>）条件では63%、2価ビーム（Al<sup>++</sup>）条件では35%ものセットアップ時間の短縮結果が得られた。これに加えてイオン源寿命は従来から約2倍に伸びることが確認されており、月当たりの稼働率向上やCOO<sup>（注2）</sup>の低減が可能となる。

今後、この新型イオン源を当社製品であるイオン注入装置IMPHEATシリーズに搭載し、SiCパワーデバイス市場が拡大していく中で顧客ニーズに応じていく所存である。

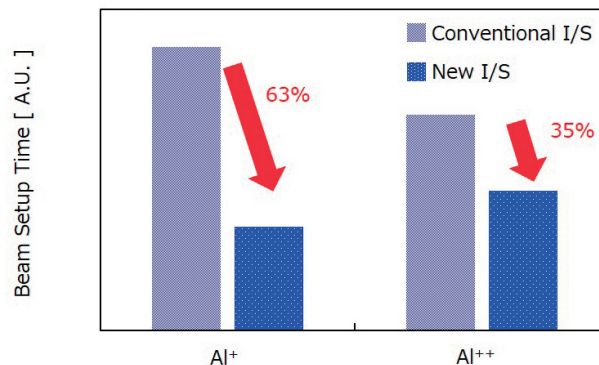


図3 新型イオン源によるビームセットアップ時間改善効果

## 8. 2 8インチウェーハ用中電流イオン注入装置「EXCEED2000A」のリニューアル開発

EXCEED2000Aは、EXCEED2000の後継機種として1998年に受注を開始し、優れた性能が評価された結果、2000年代にかけて多数のデバイス生産ラインに導入され、その後のEXCEEDシリーズ拡大の礎となった装置である<sup>（2-4）</sup>。

受注開始から26年経った2024年時点でも、今尚100台以上が現役で稼働中であり、顧客からは今後も長期にわたる保守対応の要請もある中、構成機器の多くが製造中止となり、修理対応等のメーカー

サポートも終了となってきた。このように、EXCEED2000Aの稼働継続が困難になってきている状況を打開するため、EXCEED2000Aリニューアル開発プロジェクトを2021年度に立ち上げ、開発を進めてきた。図4に、完成したリニューアル機の外観を示す。

一般的に構成機器の廃品対応は機器ごとに代替品を選定し、代替品がない場合は開発を行うが、対象機器が多い場合は、制御・ハード・ソフトを新・旧あらゆる組み合わせで運用できるよう開発するのは非常に困難であるため、エンドステーションを中心に一括で交換する仕様とした。開発方針は下記のとおりとし、稼働継続だけでなく、生産性、保守性の大幅な向上も同時に目指すことにより、大規模改造にかかるコストに見合う内容とした。



図4 リニューアル版EXCEED2000A

1. 生産性倍増
2. ウェーハ搬送システム刷新
3. 制御プラットフォームを現行機種と統一
4. 主要ユニットを現行機種と共通化
5. 装置幅、全長、最大高さは現状を維持
6. ビーム品質、寿命向上等の最新機能に対応

（注1） Throughputの略。単位時間当たりのウェーハ処理枚数を表す。

（注2） Cost Of Ownershipの略。半導体製造にかかる設備投資や運用に必要な総コストの指標。

当社のEXCEED2000Aデモ機を活用し、改造作業や性能の検証を行い、従来のEXCEED2000Aと比べて大幅な性能向上を実証し、装置稼働継続との両立を果たした。ウェーハ搬送システム更新によりメカニカルスループットは200枚/時から350枚/時に向上し、制御プラットフォームの更新によるビーム調整時間短縮等の効果も加味すると、実質的な処理能力である実効スループットは約2倍となる。また、最新型イオン源IHC-R3.2を搭載することが可能となり、イオン源寿命が250時間（BEAR型イオン源）から700時間に向上し、装置のダウンタイム短縮が見込まれる。さらに、低金属汚染かつ長寿命のチャージアップ対策となるRF-PFG（Radio Frequency - Plasma Flood Gun）や注入角度測定および補正が可能となるX-Yモニタの搭載が可能となる。

### 8. 3 8.6世代基板対応イオン注入装置iG8の開発

当社は、iG4（4世代サイズ：730×920mm）・iG5（5.5世代サイズ：1300×1500mm）・iG6（6世代サイズ：1500×1850mm）とFPDに使用されるガラス基板の大型化に対応した装置を提供してきた。

当社では、2021年よりさらなる大画面化、高精細化、低コスト化、などの市場のニーズに応えるため、iG8イオン注入装置（8～8.6世代サイズ：2200×2500mm～2290×2620mm）の開発を行なっている。

本開発にあたっては、生産性や搬送信頼性において、高い評価を得ているiG6の搬送系コンセプトおよびビーム生成、輸送方式を踏襲することで、新規開発のリスク低減と開発期間の短縮を図っている。

8世代のガラス基板は、6世代のガラス基板に比べ、面積で2倍ほど大きくなっており、ガラス基板を搭載する真空チャンパーも2倍以上の大きさになっている。真空チャンパーのサイズは、搬出入時の国内輸送において、荷物の大きさを規定する道路交通法の積載制限を守る必要がある。iG8の真空チャンパーは、分割方式を採用することで、最大サイズを積載制限値内に収め、国内輸送を可能にした。図5に、分割方式で組立てられた処理室チャンパーの外観を示す。

サイズアップされたガラス基板搬送については、たわみや歪の増大により、搬送が困難になることが予想された。

EXCEED2000Aリニューアル改造は、2024年度より本格的に受注活動を行っており、今後は顧客工場でのリニューアル改造の実績を積み上げるとともに、本開発で得たノウハウを他機種での更新開発にも活かしていきたい。

現在抱えている課題は、エンドステーション一式のユニット交換による改造となるため、顧客工場への搬入・搬出が困難であることである。搬入経路（スペース）に問題がある場合は、ユニットを分割することで解決を図った。一方、既存のエンドステーションを一式で搬出できないケースに対しては半導体工場のクリーンルーム内でエンドステーションの架台を切断、解体する手法を開発している。これらにより、多くの顧客に対してEXCEED2000Aリニューアル改造を実施できるよう対応していく。

この課題を克服するため、基板の保持位置を最適化するとともに、保持部の強度アップを実施した。このことで、従来機と同様の搬送のクリアランスが確保できた。さらに、真空ロボットも8世代ガラス基板搬送で実績のある真空ロボットを採用したことで、安定した稼働を堅持した。その結果、iG8イオン注入装置は、信頼性の高いガラス基板搬送が可能となった。

今後は、ビーム評価などの総合試験を完成させ、早期にiG8イオン注入装置を市場に投入できるよう邁進する所存である。



図5 分割式の処理室チャンパー

## 参考文献〔8〕 イオン注入装置

- (1) 「2021年の技術と成果〔8〕 イオン注入装置」日新電機技報, Vol. 67 No. 1, pp. 24-27 (2022.05)
- (2) 「1996年の当社の技術と成果〔2〕 イオン注入装置・電子線照射装置」日新電機技報, Vol. 42 No. 1, pp. 6-10 (1997.01)
- (3) 「1997年の当社の技術と成果〔2〕 イオン注入装置・電子線照射装置」日新電機技報, Vol.43 No.1, pp. 8-10 (1998.01)
- (4) 「イオン注入装置事業と技術の歩み」日新電機技報, Vol. 62 No. 1, pp. 141-154 (2017.03)

---

(\*1) 「IMPHEAT」は、日新イオン機器株の登録商標です。

(\*2) 「EXCEED」は、日新イオン機器株の登録商標です。