

〔8〕 イオン注入装置

日新イオン機器株式会社（NIC）は、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、半導体向けイオン注入装置事業、およびこれら装置を納入した後に顧客にアフターサービスを提供するフィールドサポート（FS）事業、の3つを大きな柱としている。

FPD向けイオン注入装置事業は、10年以上にわたって市場を独占しており、第8.6世代ガラス基板（サイズ：2290×2620mm）に対応する装置であるiG8の開発を行ってきた。ガラス基板の大型化に追随して本装置のイオン源も大型化した。当社は新たにイオン源メンテナンスユニットを開発し、これまで複雑で技能と経験が必要とされていたメンテナンス作業をより安全に、かつ短時間で出来るようにした。

半導体向けイオン注入装置事業では、近年成長が著しい分野のひとつにパワーデバイスがある。電気自動車市場の急成長にともない、より高性能で安価なパワーデバイスを生産するため、生産性の高いイオン注入装置が求められるとともに、新しい注入プロセスの導入が模索されるようになってきている。当社はこの動きに対応すべく新しい技術の開発を進めている。本稿で紹介するパワーデバイス向けイオン注入装置IMPHEAT^(*)-IIのチャネリング注入技術はそのひとつである。このほか、大電流イオン注入装置LUXiON^(**)においてはイオン源長寿命化とダスト対策のための改良をすすめ、装置の生産性と注入品質の向上に大きな成果を得ることができた。本装置は大型のイオン源からビームを引き出して輸送するという当社にしかない技術を用いており、原理的に他社製品よりも大電流ビームを作り出すことに長けている。今後、本装置の適用範囲が拡大していくことが期待される。

FS事業では、消耗品の販売と装置のメンテナンス、故障時の修理サービスが主な事業であるが、経年したイオン注入装置のリニューアル改造も行っている。本リニューアルにより、経年したイオン注入装置の中に使われている販売終了品となった装置構成部品が新しいものに置き換えられて万一の故障の不安が取り除かれるだけでなく、より高い生産性と安定性を持つ装置に生まれ変わる。この改造は顧客にとって装置の買い替えよりも経済的で魅力のある選択肢となっている。

これら3つの事業を柱としながら第4の柱を打ち立てるべく、当社コア技術であるプラズマ・イオンを使い、変革の速い半導体・FPD市場で新たに市場を開拓するために複数の社外組織と共同研究・評価を進めている。当社は今後も引き続き顧客が求める製品とサービスをタイムリーに供給することを通じ、社会の発展と人々の幸せな暮らしに貢献していく所存である。

（日新イオン機器株式会社）

8. 1 8.6世代基板対応イオン源メンテナンスユニット (Ion Source Maintenance Unit, ISMU) の開発

当社では、FPD用途で使用されるガラス基板大型化のニーズに伴い、8.6世代向け（基板サイズ：2290×2620mm）イオン注入装置 iG8の開発を行ってきた。ユニット全体が大型化しており、プラズマを生成するイオン源も、他ユニット同様に大型化している。

イオン源は装置の中で最もメンテナンス頻度が高いユニットであり、イオン源内部の部材は約1か月ごとの交換が必要となる。

既存装置においては、装置に内蔵されたクレーンを操作しイオン源の交換作業を行っているが、イオン源を近くで目視しながら細かな位置調整を手動で行うため、作業には事前の訓練に基づく技能や経験が必要とされている。

そこでiG8ではイオン源のメンテナンス作業をセミオートで行うイオン源メンテナンスユニット (Ion Source Maintenance Unit : ISMU) の開発を行った(図1)。また、図2にISMUによるイオン源搬出時の様子を示す。

ISMUは、イオン源を装置に固定するための空気圧クランプ機構、遠隔で吊り上げる電動フック、フックの昇降・走行を行う動作ユニット、作業者が操作を行う操作盤で構成される。

イオン源は、電動フックで吊り上げた後、クランプ機構がアンクランプ状態になり、動作ユニットで設定された位置座標へ移動させることで、メンテナンス可能位置まで半自動的に移動することができる。

これにより、作業者はイオン源から十分な安全距離を保持しながら作業を行うことができ、細密な手動操作も不要となった。結果として、イオン源メンテナンスにおける安全性の向上および作業効率化が達成された。

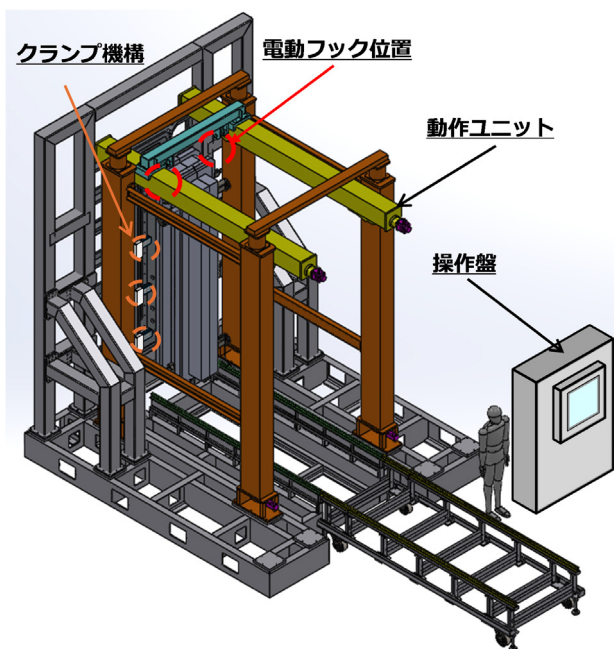


図1 ISMUの外形図

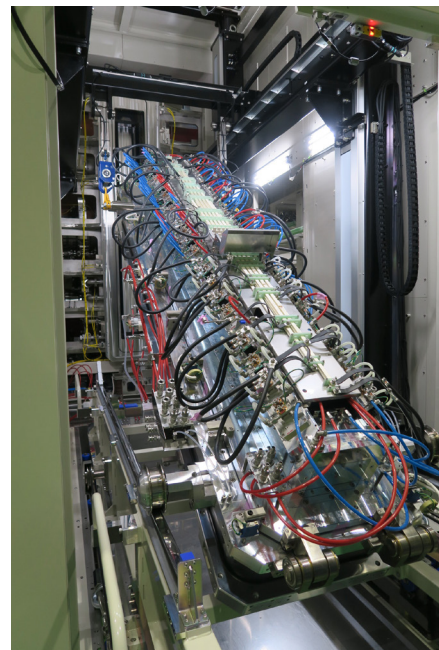


図2 ISMUによるイオン源搬出時の様子

8. 2 炭化シリコン (SiC) パワーデバイス向けチャネリング注入対応装置の開発

SiCパワーデバイスは、シリコンパワーデバイスと比較して、電力損失が大幅に少なく、より優れた耐熱性と耐電圧性を示し、カーボンニュートラルを達成するための重要なコンポーネントとして急速に成長している。近年、SiCパワーデバイスは、電気自動車向けバッテリーの充電時間短縮や、太陽光発電や風力発電による再生可能エネルギーシステムにおける高効率な電力変換、さらにはシステムの小型化等を背景に、より高耐圧・小型化を目指して従来の横型から縦型の構造へと移行している。特にスーパージャンクション構造^{*}などの高度に設計された縦型デバイスに注目が集まっており、その製造には深い領域へのイオン注入が必要とされている。

従来、深い領域へのイオン注入には高エネルギーイオン注入装置が用いられてきた。しかし、ウェーハの結晶格子軸に沿ってイオンを注入するチャネリング注入技術を使えば、ウェーハを構成する原子と注入イオンの衝突と横方向へのイオンの拡散を抑制しながら、低エネルギーで深い領域への注入が実現できる。これにより注入工程回数の削減やオン抵抗の改善、ゲートピッチ幅の削減やマスク厚みの低減などデバイス性能や製造プロセスにおいて、さまざまなメリットが得られる。チャネリング注入では、ウェーハの結晶格子軸の角度に対して正確にイオンを注入することが求められるが、結晶格子軸の角度はウェーハごとにばらつきを持っており、これが正確なチャネリング注入を阻害する要因となり、量産への実装における大きな懸念事項となっていた。

これに伴い、正確なチャネリング注入の実現に向け、各ウェーハの結晶格子軸の角度をX線回折装置 (XRD: X-ray Diffractometer) で測定し、注入角度へのフィードフォワード制御を実現するシステムを開発した。ウェーハごとに連続した波長範囲を持つX線を照射し、

ウェーハの結晶構造に応じた回折パターンより結晶格子軸の角度を分析し、注入角度を制御する。

この度、これらの改良技術を当社製品であるSiCパワーデバイス向けのイオン注入装置「IMPHEAT-II」に搭載し (図3)、パワーデバイスメーカーに納入した。今後も、成長を続けるデバイス技術に対応すべく、継続して開発を進めていく所存である。



図3 XRD装置搭載「IMPHEAT-II」

8.3 大電流イオン注入装置 LUXiON 装置性能・生産性改善

半導体デバイス製造用大電流イオン注入装置として開発されたLUXiON（図4）は2017年に初号機が顧客工場へ納入された。その後も特にイメージセンサ製造用途として、国内各地のデバイス工場に通算15台以上納入され、昨今の旺盛な半導体需要に欠かせない装置として現在も稼働を続けている。大電流イオン注入装置は、ウェーハに高濃度に不純物を注入する工程で使用される。LUXiONは大型のイオン源から発生する非常に高いビーム電流によって、高濃度の不純物を短時間で注入することが可能である。顧客である半導体デバイスメーカーからも、この高い生産性を評価されている。

納入当初から高生産性を評価されていたLUXiONであるが一方で、高出力のイオンビームを発生させ続けるイオン源を頻繁にメンテナンスする必要が生じ、稼働時間の向上が当初よりの課題であった。LUXiONは大型のイオン源から縦長のイオンビームを引き出してウェーハに照射する。長時間イオンビームの発生を続けるとイオン源の消耗・汚染により、引き出されたイオンビーム電流の分布が不均一になる。ウェーハへ照射されるイオンビーム電流分布が不均一になると、ウェーハ面内で不純物濃度のバラつきが発生し生産される半導体デバイスの歩留りが低下する。このためビーム電流分布が不均一になると、生産を停止しイオン源を交換する必要がある。この課題に対してイオン源のイオンビーム引出部やイオン源内部の形状変更を実施することで、ビーム電流密度分布を均一に維持できる時間を延長した。現在は初号機納入時に比較して2倍以上のイオン源交換周期を達成している。

また、半導体製造においてイオン注入処理中のウェーハ表面にナノメートルオーダーの微小なダストが付着し

た場合も、付着した部分に不純物が注入されず、歩留まり低下の原因となる。このダストの多くはウェーハが処理される真空チャンバー内に堆積した膜等が剥がれ落ちてウェーハに付着する。このため半導体生産工場ではウェーハにイオンビームが照射される真空チャンバーを定期的に清掃しているが、この清掃時間中は生産を停止せざるを得ない。このような状況を改善するため、ウェーハ処理が行われる真空チャンバー壁面の防着板表面に特殊な処理を施すことで、真空チャンバー内に堆積した膜を剥離しにくくした。この改善により、現在は真空チャンバー清掃の周期を初号機納入時の2倍に延長することが可能になった。

これらの改善に加えて、各種駆動部分の信頼性・メンテナンス性の向上を行い、LUXiONは市場投入時からの高い生産性をさらに高めてきた。今後も情報化社会の発展を支える装置として、さらに多くの半導体工場への進出を目指す所存である。



図4 大電流イオン注入装置「LUXiON」

用語集

※ スーパージャンクション構造

耐圧を維持しながらオン抵抗を低減できるデバイス構造。従来の構造で課題となっている耐圧とオン抵抗のトレードオフを克服することができる。

(*1) 「IMPHEAT」は、日新イオン機器(株)の登録商標です。

(*2) 「LUXiON」は、日新イオン機器(株)の登録商標です。