

## 〔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8～8.6世代基板（サイズ：2200×2500mm～2290×2620mm）に対応する装置であるiG8の開発も完了している。スマートフォン需要が頭打ちとなっている市場環境下で、ディスプレイメーカーはタブレットPC等の大型高精細有機発光ダイオードパネル製品やフレキシブルディスプレイなどの高付加価値製品に新たな活路を切り拓こうとしており、iG8はこの動きに応えるものである。

半導体向けイオン注入装置事業では、近年成長が著しいパワーデバイスに特に注目している。パワーデバイスメーカーの投資は直近では減速しているが、長期的に見ると電気自動車販売台数が伸びてゆくのは間違いなく、その市場の回復を見据え、パワーデバイスの生産性をより高めるための開発、つまり、イオン源のさらなる大電流化と長寿命化、およびウェーハ搬送系のさらなる安定化を着々と進めている。

FS事業では、古いイオン注入装置のリニューアル改造を顧客へ提案することを開始した。構成する機器の多くが生産終了品となっているイオン注入装置は、これらの構成機器を入手可能な新しい機器に更新することで、安心して継続使用できるようになるだけでなく、生産性を高める機能を追加することもできる。このような新たな提案を武器に世界市場全体での事業拡大を目指している。

さらに、4つ目の柱をつくるための活動も活発に行っている。その一例が、材料改質量産装置の開発である。これは、当社がこれまで培ってきたイオン注入技術をベースに生み出したものであり、これまで専門としてきたイオン注入とは異なる「材料改質」という用途へ踏み出した新しい製品である。

本稿では、上記の中から、FPD向けイオン注入装置、イオン注入を使った酸化ガリウム（Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）パワーデバイス、および材料改質量産装置の開発状況を報告する。

（日新イオン機器株式会社）

### 8. 1 8.6世代基板対応イオン注入装置iG8の開発

当社は、FPDで使用されるガラス基板のサイズの需要の移り変わりに対応し、イオン注入装置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）を開発してきた。基板サイズの大型化はさらに進んでおり、それに伴う市場ニーズに対応するため、2021年よりiG8（8～8.6世代サイズ：2200×2500mm～2290×2620mm）の開発を行ってきた。

2024年、当社iG8専用工場にて初号機の全ユニットの組み立て・調整が完了した。図1に装置全体の俯瞰図を示す。基板サイズの大型化に伴い装置全体も大きくなり、幅・奥行・高さそれぞれにおいてiG6の1.5倍近くとなっており、当社史上最大級の装置となっている。

iG6の実機総合試験によく用いられているB<sup>+</sup>ビーム条件でiG8のビームの電流密度を確認したところ、iG6のそれと同等以上であった。ビームサイズが1.5倍に広がってはいるものの、イオン源におけるプラズマ制御

の最適化によりビーム電流密度の均一性についても開発目標スペックを達成することができている。

ガラス基板の搬送において、サイズアップに伴うたわみや歪の増大に起因する問題が懸念されていたが、保持位置の最適化や保持部の強度を高めるなどの対策を講じたことで安定した搬送を実現した。実際に使用される予定の8.6世代ガラス基板が問題なく搬送ができることも搬送テストで確認されている。また、手動搬送試験のみならず、量産を想定した自動搬送および注入動作の一連のシーケンスについても動作試験済みである。

今後は、量産体制の安定・効率化を見据えたユニット式生産の確立、顧客による実際の運用を想定した長期ランニング模擬試験等を実施するなどして顧客満足度を更に高め、iG8が対応する第8～8.6世代基板用のイオン注入装置市場においてもシェア100%を堅持していく所存である。



図1 イオン注入装置iG8の全体俯瞰図

## 8. 2 次世代Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>パワーデバイス向けイオン注入の検討

世界のエネルギー消費量は経済成長に伴い増加傾向にあり、多くの方が豊かに暮らすには電力市場の拡大が不可欠である。最近では、環境意識の高まりとエネルギー安全保障への危機意識が電力産業の構造変化を後押しし、スマートグリッドや分散型エネルギー資源の利用が拡大している。それに伴い、種々の電力変換を担うパワーデバイスの需要も大きく増加し、求められる性能も高くなっている。

従来、パワーデバイスの基板としてシリコン (Si) が一般的に用いられてきたが、それよりも飛躍的に高い性能を示す材料として炭化シリコン (SiC) が用いられるようになり、SiCパワーデバイスが新幹線や電気自動車といった高い電力効率求められる製品向けに量産化されている。さらに、SiCの性能を凌駕する次世代の材料の一つとして注目を集めているのが酸化ガリウム (Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) である。Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板は、高性能であるのみならず、Si基板と同様に融液法で作製できる。したがって、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板は、SiC基板や窒化ガリウム基板よりも低コストおよび低エネルギーで量産でき、高性能パワーデバイスを従来のSiデバイスと同様のコストで普及できる可能性を秘めている。

当社は、SiCパワーデバイス向け量産用高温イオン注入装置IMPHEAT<sup>(\*)</sup>-IIを開発・販売している (図2)。従来、SiCは、イオン注入時の結晶性ダメージが活性化アニールによって十分に回復しないことに起因する活性化率の低下が問題となっていたが、IMPHEAT-IIを用いた加熱注入を行うことで活性化アニール後の結晶性が大幅に向上し、活性化率を改善できることが確認されている。

一方、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は、高濃度注入条件での活性化率の低下が問題とされていることから、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板において

もSiC基板と同様の効果を期待し、IMPHEAT-IIを用いたGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>への加熱注入技術の検証を実施した。

Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板に、n型化のドーパントとして用いられるSiを表面~150nm程度の深さまでボックス注入し、室温注入時と加熱注入時の結晶性をRBS (ラザフォード後方散乱分光法) チャネリング分析を用いて評価した。図3に活性化アニール後の結晶欠陥の深さ方向の分布を示す。室温注入では結晶欠陥が大きく残っているが、加熱注入ではそれが大幅に改善できることが確認できた。Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の結晶性の改善は、活性化率の向上と、電気特性の大幅な向上に繋がる。こうした加熱注入技術による不純物の高濃度化とそれに伴う低抵抗化が実現することで、さまざまな素子基板の性能の向上が期待できる。

今後も次世代パワーデバイス向けの検証を続け、いち早く量産化に対応した装置を開発することで、イオン注入の次世代パワーデバイスにおける用途拡大を目指す。また、高性能パワーデバイスを実現することで、さらに多くの方が電力による豊かな暮らしを営めるように社会に寄与していく所存である。



図2 SiCパワーデバイス向け高温イオン注入装置IMPHEAT-II

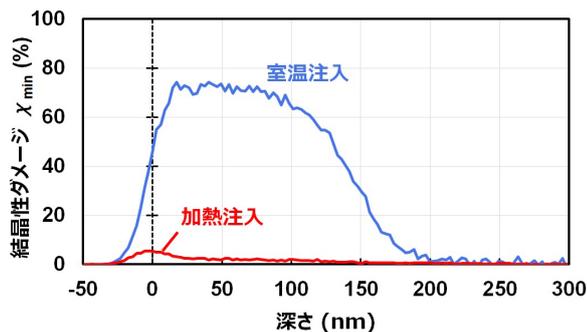


図3 RBSチャネリング分析によるGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の結晶性評価

(注) 本研究は、総務省ICT重点技術の研究開発プロジェクト(JPMI00316)次世代省エネ型デバイス関連技術の開発・実証事業(環境省連携事業)の委託研究、ならびに大阪公立大学東協研究室との共同研究により実施したものである。

### 8. 3 最先端半導体向け材料改質量産装置 KYOKA (鏡花)

近年、半導体の極限までの微細化に伴い、既存の加工プロセスだけでは加工精度の要求を満たすことができなくなってきている。加工技術面でのブレイクスルーが待ち望まれているが、その候補の一つがイオンビームによる材料改質である。これは、半導体デバイスを構成する材料にイオンを大量に照射することで、元の材料の特性を好ましいものに改質し、これまで不可能であった加工を可能にする技術である。半導体工場で従来から一般的に使われているイオン注入装置を材料改質に用いることもできるが、低エネルギーで大電流を出力することができないため、量産の観点からは実用的ではなかった。

当社は、低エネルギーイオンは大電流ビーム化しにくいという技術的な壁を乗り越え、世界初の材料改質量産装置であるKYOKA<sup>(\*)</sup>(鏡花)を開発した(図4)。この実現には、超大電流イオンビームを生成可能な大型イオン源の開発に成功したこと、また、装置の各構成要素の最適化により材料改質に使用される低エネルギー領域でのイオンビーム輸送効率を最大化できたこと、が貢献している。超大電流イオンビーム技術およびビーム輸送技術のどちらも、当社が10年以上にわたって市場を独占しているスマートフォンディスプレイ

イ製造用イオン注入装置で培った独自の技術であることから、KYOKAは競合他社が簡単には模倣できない装置となっている。

当社は、KYOKAを皮切りとして、イオン注入以外の新たな市場への事業展開を加速し、世界が求めるイノベーションな製造装置をいち早く市場に届け、顧客の発展と持続可能な社会の実現に今後も貢献していく所存である。



図4 材料改質量産装置KYOKA (鏡花)

(注) この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務(JPNP21009)の結果得られたものである。

(\*)「IMPHEAT」は、日新イオン機器㈱の登録商標です。

(\*)「KYOKA」は、日新イオン機器㈱の登録商標です。