

## 〔9〕 イオン注入装置

半導体用の製造装置市場は、2018年度までは3D-NAND及びDRAMへ投資が積極的に行われてきたが、ここに来てメモリ価格は下落傾向であり、2019年度の設備投資は減少すると予測されている。一方中小型ディスプレイ用の製造装置市場は、有機EL化の中で高価格もネックになり販売面では苦戦していることから、投資が延期傾向である。この傾向は2019年度まで続き、その後回復してくると予測されている。これらの製造装置市場において、現在当社が関わっているイオン注入装置市場については、主要な基板サイズがウェーハでは直径300mm、ガラスでは第6世代ガラスが長期間継続していることから、製造プロセスが変化しなければ設備投資が進みにくいという基本的な性格を持っている。こうした状況下、製品の微細化・高速化・大容量化・低消費電力化・高生産性化に寄与するものでなければ新しい設備投資の対象になりえないものであると同時に、上記プロセスの変化を敏感に察知し、装置に反映させることが非常に重要になってきている。当社では、従来からおこなってきた最新イオン注入プロセス調査に加え、顧客および大学等の研究機関とイオン注入を用いた新しいプロセスの開発も積極的におこなっている。本技報にも、成果の一部を紹介している。中小型ディスプレイ用のイオン注入装置に関しては、リーディングカンパニーであることから、顧客の製造プロセスの課題解決にも寄与することが期待されており、装置開発にも反映させている。

上記の状況から、当社は顧客のニーズに合わせた特長ある装置開発に重点を置いている。2020年から実用化が期待されている5G通信はスマートフォン以上に大きな市場である自動車等への応用が期待されていることから、今後パワーデバイス市場の拡大が確実視されている。この分野ではSiC基板が最も多く使用されており、当社では10年前から高温注入機を開発してきており、2010年から高温イオン注入装置IMPHEATを市場投入している。今後SiCデバイスの需要が高まることから、装置の生産性に対する顧客の要求が大きくなっており、スループットの大きな改善を目的とする開発を進めている。当社において実績の大きな中電流機では、イメージセンサ向けのメタルコンタミフリーの装置開発をおこなっており、今後もイメージセンサ市場でのイオン注入プロセスの信頼性アップに寄与していく。

一方、2017年に市場投入したシートビームを利用した大電流機LUXiONは、ブラッシュアップを重ねている。この装置は従来の大電流機と異なり、大型のイオン源を搭載していることから余裕あるビーム電流量に加え、イオン種等にも従来と異なる特徴を持っている。

中小型ディスプレイ用のイオン注入機に関しては、2019年度は顧客の設備投資が落ち込むことが確実視されている。しかしながら、2020年にはフォルダブルディスプレイ等が牽引して投資が回復してくることが見込まれている。当社では数年前から次期投資に向け、iG6 Ver.2を開発してきており、2018年度から販売を開始した。

当社はイオンビーム技術に関して長い経験を持っている。特に中小型ディスプレイ用のイオン注入機に活かされている大面積イオン源の技術を他のアプリケーションに応用する開発も進めている。その一つがイオンミリング装置である。エッチング技術は、プロセスにより必要とされる機能が大きく異なることから、当社独自の技術が活かせる可能性が大きい。

以下ではこれら開発内容の一部を紹介する。

(日新イオン機器株式会社)

## 9. 1 大電流イオン注入装置 “LUXION”

当社の半導体デバイス向け大電流イオン注入装置 LUXIONは2017年に市場投入され、その後も各地のデバイス工場に順次納入されている。顧客であるデバイスメーカーからも、非常に高い生産性を評価されている。大電流イオン注入装置はウェーハへ高濃度のイオン注入を必要とする工程に使用される為、生産性の向上にはウェーハに到達するビーム電流量を増やし、ウェーハ一枚当たりの処理時間を短くすることが必要になる。

LUXIONは半導体用イオン注入装置としては大型のイオン源で発生させたプラズマから縦長ビームとして大電流のイオンビームを引出し、これを低損失でウェーハ処理室まで輸送することでウェーハに到達するビーム電流を向上させ、従来機の1.5倍の生産性を実現した。

大電流ビームの輸送時にはビームの空間電荷効果による発散がビーム電流損失の大きな要因となる。低損失のビーム輸送実現の為には空間電荷効果を抑制する必要があり、LUXIONではビームライン中にガスを導入するガスブリードシステムを用いてビームの損失を抑えている。図1はブリードガスをビームライン中に導入した場合のブリードガス流量とリン(P)及びヒ素(As)イオンビームのビームライン質量分析部の輸送効率の関係を表している。適切な量のブリードガス

を導入した場合は、ブリードガスが無い場合と比較しビーム電流の損失を抑制して高いビーム輸送効率を実現している。

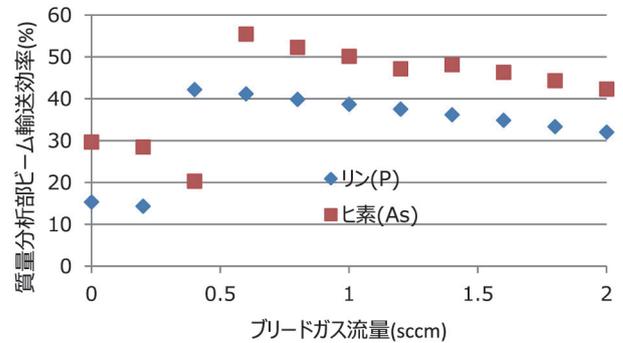


図1 ブリードガス流量と質量分析部のビーム輸送効率

大電流ビームによる高生産性の他に、静電式エネルギーフィルタを用いた不純物成分の除去、各種電極の電位制御を用いた均一性の良いビームによって半導体製造に求められる高品質の注入品質も実現しており、LUXIONは高生産性且つ注入品質を備えた装置として稼働中である。今後も、先進的な大電流イオン注入装置として市場要求に応じていく所存である。

## 9. 2 ディスプレイ製造用イオン注入装置 “iG6”

当社は中小型ディスプレイパネル製造用のイオン注入装置を20年間にわたり開発、製造しており、この市場におけるリーディングカンパニーである。ここ数年のスマートフォンのトレンドとしては、液晶ディスプレイから有機ELディスプレイ、さらにそのフレキシブル化であるが、最近では酸化半導体を用いたディスプレイも注目を集めている。但し、スマートフォンのディスプレイに要求される仕様として高精細および高移動度は重要であることから、バックプレーンの薄膜トランジスタとして低温ポリシリコン（LTPS）を用いることが、主流となっている。しかし近年、酸化半導体とLTPSを用いる融合型の構造も、提唱されている。当社は、話題のフォルダブルディスプレイ等が牽引することが予想される設備投資に向け、現在の主力装置であるiG6の改良を続け、Ver.2として開発を完了した。

有機ELディスプレイ製造においては、注入イオン種としてボロンを使用することが多いが、ボロンイオンを生成するためにBF<sub>3</sub>プラズマを用いることから、フィラメントの寿命や制御性が、大きな課題であった。イオン源におけるプラズマ生成のための10本のフィラメント制御方法を根本から見直し、制御性改善だけでなく、フィラメント寿命も大幅に延ばすことに成功した。従来の制御方法は、ターゲットビームのビームプロファイルをフィラメント制御にフィードバック

する際に、各フィラメントの制御領域のみに着目していた。今回の制御方法では、各フィラメントの全体のビームプロファイルに対する影響を考慮し強度を含めた分布として保持することにより、短時間で精度良くビームプロファイルを制御することが可能になった。さらにエミッションの強度も考慮することで、各フィラメントの抵抗値を均一にするような制御を取り込むことも可能になり、寿命延長に大きく寄与した。

この他にも、Ver.2には生産性を大幅にアップする機能が搭載されている。主なものとして、以下がある。

- ドーズ量の最小リミットを下げるとともに、信頼性も改善
- 静電気（ESD）対策の強化
- エアロックチャンバの改良（搬送パーティクル低減）
- イオン源放電時の制御方法改善
- メンテナンス性の改善

また、今後予想される製造プロセスの低温化に対しても開発を進めている。

中小型ディスプレイ用イオン注入装置のリーディングカンパニーとして、今後も顧客のニーズに逸早く対応すべく常に開発を継続し、現地での装置運用サポートを含め、顧客に満足していただけることを心掛けた。

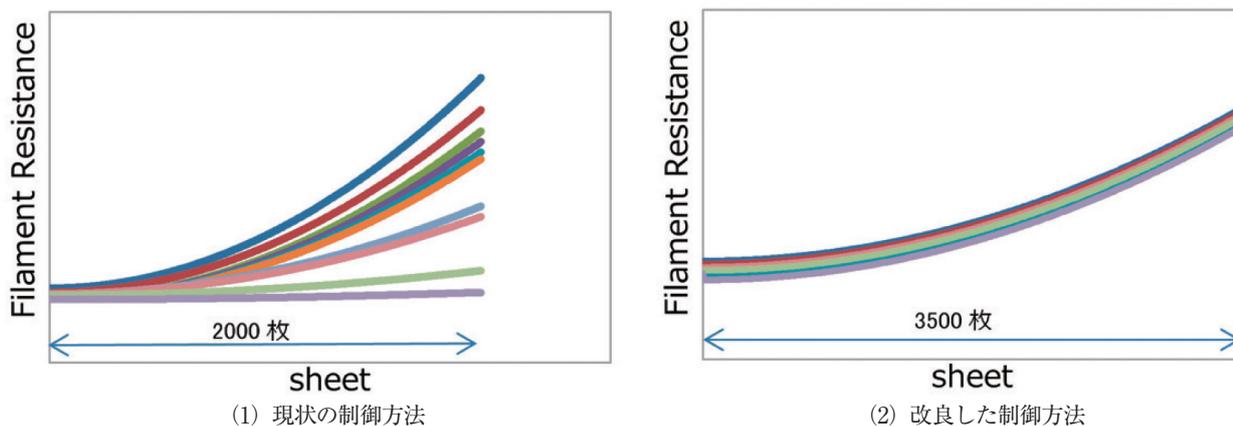


図2 各フィラメント抵抗値変化に対するフィラメント制御方法改良効果

### 9. 3 イオンミリング装置

近年スピントロニクス分野での開発が盛んに進んでおり、ハードディスクや磁気ヘッド、不揮発性メモリであるMRAM (Magnetoresistive Random Access Memory) など多くの製品が生み出されている。それらを製造するためには材料を微細加工する技術が必要となる。

半導体製造プロセスにおける主な微細加工手法として反応性イオンエッチング (RIE: Reactive Ion Etching) があげられる。RIEは反応性ガスをプラズマ化し、化学的及び物理的にターゲットの加工 (エッチング) を進めていく手法であり、ターゲット材料表面における化学反応を誘起することで高いエッチング速度、すなわち高生産性を期待できる。一方で、スピントロニクス分野で用いられている磁性材料をエッチングするには反応生成物の蒸気圧が低く、ターゲットに反応生成物が再付着し素子性能が劣化するという問題点もあり、スピントロニクス分野では適応が難しい場合がある。

これに対して高速の希ガスイオンをターゲット材料表面に照射することで、化学反応を伴わずにターゲット材料表面から原子を物理的に弾き飛ばすことでエッチングを進めるイオンミリングが磁性材料の微細加工手法として注目されている。

当社は長年にわたり半導体製造用イオン注入装置ならびにフラットパネルディスプレイ製造用イオン注入装置を開発・製造・販売しており、イオンビームに関

する数々の技術を蓄積している。

そこでイオン注入装置の開発で培った技術を応用し、新規製品として、イオンミリング装置の開発を開始した。現在、**図3**に示すような12インチウェーハを処理可能な準量産装置を開発し、プロセス開発や装置改良を実施している。今後早期に量産装置を開発し、市場に投入していく予定である。

※イオンミリング：イオンビームエッチング (IBE) とも呼ばれる。



図3 イオンミリング装置外観