

## [8] イオン注入装置・イオンドーピング装置

各国の景気刺激策が効果を示し、2010年の世界経済は総体としては一応の回復を見、懸念された二番底の可能性は薄れた。半導体デバイス業界、およびディスプレイ業界において特記すべきは、スマートフォンが従来の携帯電話に変わる通信手段として急激に広がっており、この新しい市場に適合したデバイスの供給が大きな課題、ビジネスチャンスとなっていることである。すなわち、半導体市場ではNANDフラッシュやASIC及びモバイルRAMが、そしてディスプレイ市場では中小型の超高精細パネルの需要が極めて旺盛となり、増産投資の活発化により当社の中電流イオン注入装置やイオンドーピング装置のビジネスがそれぞれ顕著に回復、激増した。当社の装置開発は、その内容は勿論、完成時期を投資増大時期に合致させることが極めて重要である。今回は中電流イオン注入装置については“EXCEED3000AH Evo2”、そして、イオンドーピング装置では、5.5世代ガラス基板対応の“iG5”の開発が主要な開発テーマとなったが、各々短期間の集中開発でタイミング良い市場投入を果たした。

今後の最先端の半導体製造における注入プロセスでは、ドーパントの密度や結晶欠陥を一段と精密・微細に行う必要度が増すと考えられ、このため電氣的活性なドーパントのみではなく非活性なイオン種や多原子の分子イオンの利用、氷点以下の低温度での注入など、多彩な機能が必要とされる。また、FPD製造における注入プロセスでは、格段に生産性を高めることが必要になると考えられる。これら課題への技術的解決策を確立して適時に顧客に提供することを今後も継続していく。

(日新イオン機器株式会社)

### 8. 1 半導体製造用イオン注入装置

#### 8. 1. 1 EXCEED3000AH Evo2

半導体デバイス向けイオン注入装置であるEXCEEDシリーズの更なる生産性向上の要求に応えるため、EXCEED3000AHをベースとしたEXCEED3000AH Evo2の開発を行った。本装置は既存のEXCEED3000AHに比べ25%の生産性向上を達成し、市場への投入を実現した。

生産性を向上させる要素技術としてはウェーハ搬送系の性能向上、イオンビーム電流性能の向上、エラー発生頻度の低減およびエラーリカバリー機能の強化を行うことであり、これらの機能によりスループット向上を実現させている。

ウェーハ搬送系の性能向上はウェーハ搬送ロボットの動作プログラムを最適化し、注入機構ユニットの動作スピードを20%向上させることで、メカニカルスループットを向上させている。ビーム電流の向上は、静電レンズ(V-lens)を搭載することで、エネルギー20keV以下のビーム電流を20%以上増加させている。

また、自動ビームセットアップの制御方式や注入処理にかかわる制御全体を最適化することでエラーによる装

置停止時間の低減を図り、更に注入処理チャンバーにクライオポンプを追加することで真空排気能力を向上させ、注入処理時に発生するアウトガス排気時間を短縮することでプロセス処理時間全体での短縮を図っている。

併せて傍熱型イオン源(IHC-R2)においては、フィラメント径を大きくすることで従来に比べ寿命を向上させた。

今回開発した要素技術の一部は、既存のEXCEEDシリーズにレトロフィットが可能であるため既存設備に対しての性能の向上が期待され、既納入先からも多くの照会を受けている。



図1 EXCEED3000AH Evo2

#### 8. 1. 2 CLARIS

近年の半導体デバイスの微細化に伴い、極浅接合形成に対して高い生産性と高品質なイオンビーム注入ができるイオン注入装置が求められている。クラスターイオン注入装置である“CLARIS”はこれらの要求をデカボラ

ン(B<sub>10</sub>H<sub>14</sub>)やオクタデカボラン(B<sub>18</sub>H<sub>22</sub>)といったクラスターイオンを用いることで応えている。またクラスターイオンとして、カーボンを多量に含むC<sub>16</sub>H<sub>x</sub>等の注入も可能となっている。

新たな注入プロセスの試みとしてシリコン基盤を冷却した状態でクラスターイオン注入をすることで厚みのあるきれいなアモルファス層を形成し、熱処理後の電気的特性を向上させる手法がある。このシリコン基盤ウェーハ冷却手法として $-30^{\circ}\text{C}$ までシリコンウェーハを冷却できる注入機構を開発した。注入特性の評価を行った結果、クラスターカーボンの低温注入により注入飛程付近に発生する欠陥(End Of Range Defect)が殆ど無い良好なシ

リコン層が形成され、電気的特性を向上させることが出来た。この低温注入は、今後のクラスター注入技術と合わせた新たな注入プロセスとして期待できる。

本装置はN型接合形成に必要な $\text{P}_i$ 、 $\text{As}_i$ などのクラスタービームをも発生・注入すること可能であるが、量産としての性能向上として、よりビーム量アップと安定性を向上させる新型イオン源の開発も進めている。

### 8. 1. 3 IMPHEAT

将来のパワーエレクトロニクスの中核を担う高出力デバイスとして、シリコンカーバイド(SiC)半導体が期待されている。SiC半導体とSi半導体のプロセスにおける相違点として、SiCウェーハを高温に加熱した状態でアルミニウムイオン注入を行うことが挙げられる。この注入プロセスを量産に適した形で提供できる装置として“IMPHEAT”を昨年開発した。本年は、研究用装置として1台を納入し、順調に稼働実績を上げている。また、SiC素子量産化に向けた各社の活発な研究が進んでおり、デモンストレーション用装置を製作し様々な評価依頼に対応できる体制を整えた。これまでもサンプル注入の引き合いが多数あり、研究成果が出つつある。

本装置のイオン源は傍熱型(IHC: Indirect Hot Cathode)イオン源を用いており、アークチャンバ内の

電子反射電極上に設置したアルミ化合物を活性化ガス(フッ化ガス)による化学スパッタリングによってプラズマ化することによりAlイオンを供給している。本年はアルミ化合物の材質と活性化ガスの最適な組み合わせを研究し、ビーム電流アップと安定性向上を実施した。

また注入プロセスにおいてアルミニウムイオン以外のイオン種の要求もあり、N、Liといったイオン注入プロセスを可能とした。またスパッタ源の材質を変えることで様々なイオン注入に対応できる可能性があり、併せてイオン源の開発を進めている。

今後は更なる量産体制へ向け、高温注入機構部の温度制御やビームセットアップの最適化、および搬送系の高速度による、スループット向上の開発を進めていく予定である。

## 8. 2 FPD製造用イオン注入装置

FPD製造では10年近く4.5世代ガラス基板(730×920mm)が最大基板サイズとして採用されてきたが、近年におけるスマートフォンの需要増を機に、より生産能力の高い生産ライン構築が要求され、各社で5.5世代ガラス基板(1300×1500mm)の採用が始まっている。2010年度は、世界初となる5.5世代ガラス基板対応のイオン注入装置iG5を韓国フラットパネルディスプレイ(FPD)製造メーカーから受注、あらかじめ進めていた基本設計、要素技術開発をもとに即時に装置詳細設計を開始し、短期の客先要求納期に対応した。iG5は、中国、日本のFPD製造メーカーからも2010年度に相次いで引合いを受け、次年度に納入する予定である。

5.5世代基板は、4.5世代と比較して基板面積比で約3倍となるが、新開発のiG5では、基板サイズアップだけでなく、イオンビーム量を4.5世代用の主力機(iG4v3HS)と比較して最大4倍まで高めており、その生産能力の比は、約4倍を見込むことが出来る。iG5の装置コンセプトは、従来装置iG4のスケラビリティを生かした比例拡大を基本とする機器構成であるが、この生産能力の飛

躍を成さしめたビーム量の劇的増大は、要素技術開発成果である新型のプラズマ生成室、ビーム引出電極系及び質量分析マグネットの採用に依るものである。質量分析マグネットに関しては、軽量化を意図してユニークなヨーク構造を採用し、その重量を単純スケールアップの半分に抑えた。この結果、iG5の総重量は約100トン、フットプリントは約7.5×12.4mである。

基板厚みは0.4mmも採用されつつあり、その取扱いはより困難になってきているが、基板のたわみや歪みを解析することで搬送機構や注入機構を最適化し、対処している。

一方、4.5世代基板用iG4シリーズは、韓国FPD製造メーカーから継続して受注しており、出荷台数を伸ばしている。2010年度は、iG5と同様、新型のプラズマ生成室の採用によって、ボロンビーム量をこれまでの2倍とし、生産能力を大幅に向上したiG4v4をリリースした。

2010年度年央には、更に大型の次世代ガラス基板に対応する装置開発を開始し、2011年度の市場投入に向けた具体的な設計を進めている。