

## 〔8〕イオン注入装置・イオンドーピング装置

2008年下期に始まった未曾有の金融危機に続く不況により、2009年上期は国内外のすべての半導体製造装置に対する投資がきわめて低調に推移した。下期に入り、デバイスメーカーやファウンダリの世界トップクラスが投資再開するところと成ったが、国内の主要デバイスメーカーの投資は、増産のための投資は少なく微細化のための投資がほとんどであると言われている。

そのような中でも、当社は投資立上がりに向けた製品の生産性向上と微細化対応に向けた開発を継続した。

EXCEED9600Aは、960keVの注入を可能とし、EXCEED3000AHと並んで当社の主力製品となったが、本年は、顕著な生産性向上機能として、静電レンズ搭載による低エネルギー域での顕著なビーム電流増大、精細化プロセスのための高精度注入機能として、PI注入機能（ウェーハ面内注入密度可変制御）、ビームX-Yモニター、VICF（注入角度補正機能）などの機能レベルを向上させ、市場投入した。これらの機能要素はEXCEED3000AHにも搭載可能として、それぞれの顧客ニーズに合わせて取捨選択して対応させて頂いている。

極浅接合形成用イオン注入装置としてのクラスターイオン注入装置CLARISは、n型ドーパントのクラスターイオンビーム発生を可能とすることで、32nmさらには22nmのnMOSデバイスにおける接合形成にもメリットの出せる機能を付加し、またカーボンクラスターイオンビームを注入できる機能を付加したことで、歪Si形成などを含めた幅広いアプリケーションに適用出来るようにした。

パワーデバイスとして有望視されるSiCへのイオン注入を生産性良く行うことが出来るイオン注入装置IMPHEATを、当社の得意とするイオン源技術を基に短期開発し、拡大が予測されるパワーデバイス製造装置市場へ投入した。

一方、低温ポリシリコンDisplay、或いはOLED Displayの生産設備については、韓国において積極的な投資が行われ、当社最新機種iG4が市場を独占した。iG4の市場競争力をさらに強化するための各種性能向上の為の開発に努め、並ぶものの無い生産性と信頼性を実現したiG4v3HSをリリースした。基板の大型化、即ち5世代基板（1200mm×1300mm）サイズに対応出来るドーピング装置の製作を開始した。

（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 EXCEEDシリーズ

半導体デバイス向けイオン注入装置 EXCEED 3000AH / EXCEED9600Aについては、新しい機能を付加させるための要素技術の開発、及び既存性能の向上を進めた。これによって、更なる高精度注入と生産性向上を具備した装置とし、2009年度後半のユーザの投資再開タイミングに合わせて提供できることとした。

注入の高精度化のための新しい要素技術として、静電レンズを処理室直前に搭載した。これにより、縦方向のビームの方向・発散を制御・低減させるようにした。この静電レンズと、既にオプションとなっているX-Yモニター（ビーム形状モニター）とをintegrationすることにより、注入時のIncident Angleを2次元的に計測、補正することが出来る機能を、VICF（Vertical Incident angle

Correction Function）と名付け、搭載した。この静電レンズは、これまでビームの発散により、ビーム輸送中に発生していたビームのロスを低減する事にも顕著な効果があり、低エネルギー領域のビーム電流量を、20%以上向上させることが出来ている。この機能付加に加えて、PI機構（Patterning Implant）と称する意図的にウェーハの周辺と中央部の注入量を変化させることに依って、他のウェーハプロセス（例えばエッチング処理）で生じた面内不均一性を補償する注入処理機構も提供できるようにしている。更なる機能向上として注入中のレジストからのアウトガスによる真空度悪化に対応する新しいシステムも提供して行く予定である。

## 8.1.2 クラスタイオン注入機CLARIS

近年の半導体デバイス微細化に伴い極浅接合形成に対して高い生産性があり、高品質なビームを注入できるイオン注入機が求められている。この極浅接合形成におけるイオン注入の問題点は、空間電荷効果によりビーム発散角が大きくなるために、イオンビームの輸送効率が低下しビーム電流が激減すること、及びビームの広がり角が大きくなり注入角度に悪影響を及ぼすことである。CLARISはデカボラン ( $B_{10}H_{14}$ )・オクタデカボラン ( $B_{18}H_{22}$ )などのクラスタイオンを用いることで、これら問題を解決するものである。即ち、クラスタイオン使用のメリットは、1つのイオン中に含まれる原子数が多いことから等価電流を高くできること、また加速エネルギーを高く設定できるためビームの広がりを抑えることができ注入角度の面内ばらつきを極めて小さくできることである。またクラスタイオン注入は良好な自己ア

モルファス層を形成するため、単原子Bに比べてドーパントの活性化率が高いという注入特性メリットが実証されている。

CLARISの新しい機能として $C_{16}H_x$ 、 $C_7H_x$ 等のカーボンイオンを多量に含むクラスタイオンの注入も可能となった。CとBのクラスタイオン注入をSDEプロセスに用いることで、アモルファス化と拡散抑制を同時に行えるので、半導体工程の削減が期待できる。また、キャリア移動度向上のための歪SiC形成過程においても、現在のエピタキシャル成膜の代替として、クラスタイオン注入でも歪SiC形成が可能なが確認されており、新たな注入プロセスとして期待されている。

更に、上記のイオン種に加えて、N型接合形成に必要な $P_4 \cdot As_4$ などのクラスタイオンも発生・注入可能な新型イオン注入装置を、2010年度内に開発完了予定である。

## 8.1.3 SiCパワーデバイス向けイオン注入装置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半導体とシリコン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。しかし従来のイオン注入装置では得られるAlビームの量が極めて少なく、また量産に適した高温注入機構も無かった。そこで当社ではSiCデバイス量産対応として、十分なビーム電流値を安定に発生できる新方式のAlイオン源と、ウェーハを600℃まで加熱した状態で注入する高温注入機構を持つ新型イオン注入装置IMPHEATの開発をし、その1号機を納入した。

本装置はイオンビームの最大加速電圧320kV、最大エネルギーは960keV (3価イオン) である。本装置では、イオン源アークチャンバ内の熱陰極の対向に置かれた反射電極上にスパッタ源としてアルミニウム化合物 ( $Al_2O_3$ , AlN等) を取り付け、これを活性化ガスでスパッタリングすることによってアルミニウムイオンを供給している。このイオン源におけるAlビーム電流は $Al^+$ で1mA、 $Al^{++}$ で400 $\mu$ Aが得られており、これは従来装置の2~3倍に相当する。

注入機構は高温ウェーハ吸着部と、横方向に掃引されたビームに対して垂直に駆動するロボットから構成される。ウェーハ保持方式は静電吸着であり、吸着部のサイ

ズは6inchとなっている。またカーボン製のウェーハホルダーにウェーハを載せて注入することができるため、本注入機構では2~6inchのSi, SiCウェーハ及びウェーハ小片への注入が可能であり、最高資料温600℃としている。今後、スループット向上のために高温吸着部の温度制御の最適化、ビームセットアップの高速化、メンテナンス間隔の長期間化等、量産機としての性能を更に向上させて行く予定である。



図1 半導体製造用イオン注入装置 IMPHEAT

8.2 FPD製造用イオン注入装置/イオンドーピング装置

イオン注入技術は、半導体製造だけではなく、携帯電話、デジタルスチルカメラや携帯型ゲーム機などに搭載される小型、高精細および高機能のフラットパネルディスプレイ（FPD）製造でも利用されている。当社のイオン注入装置iG4は、730mm×920mmガラス基板対応、質量分析機能により不純物イオンを除去することができ、Vth制御やLDD形成といったイオンの純度が必要な低濃度の注入工程において高い精度の注入ができ、高濃度の注入工程では高い処理能力を有することから、その生産性や安定性については高い評価を得ている。

2009年は、新たに大手パネル製造メーカーにiG4v3HS（図2）を納入、iG4の納入実績を伸ばすことができ、昨年に続いてFPD用イオン注入装置分野におけるマーケットシェアのトップを維持した。

iG4v3HSは、真空部における基板の搬送速度を改善することによって、従来機（iG4v3）と比較し、生産能力で最大10%アップさせたものである。この搬送速度改善は、従来機にも容易にretrofitできるため、既納入先から

の多く照会を受けている。

昨年から取り組んでいる次世代ガラス基板サイズ（1200mm×1300mmを超える）に対応する装置開発は、実績あるiG4の要素をそのままスケールアップする構成をベースとして、各種の要素機能の向上を付加した各部の検討を終了し、製作を開始している。



図2 FPD製造用イオン注入装置 iG4v3HS