

〔8〕イオン注入装置・イオンドーピング装置

2011年は半導体デバイスおよびディスプレイ業界においては、スマートフォンの一般ユーザへの爆発的普及が牽引役となって大きなビジネスチャンスを作り出している。半導体市場ではNANDフラッシュやモバイル用MPU、イメージセンサが、ディスプレイ市場では中小型の超高精細パネル需要の増加による、活発な増産投資が当社の中電流イオン注入装置や特にイオンドーピング装置の受注を増大せしめている。

現在の半導体製造における不純物注入プロセスでは、不純物密度や注入深さ分布の更なる高精度化、結晶欠陥の制御の必要性が増大している。これに対応するため、イオンビーム入射角の測定精度向上および制御技術の開発をおこなった。また、結晶欠陥制御のため、多原子分子によるクラスターイオンビームと、シリコン基板温度を氷点以下に保つイオン注入技術の開発も継続しておこなっている。さらに、近年高い人気を持つハイブリッドカーや、原発事故後の電力不足によって注目された家庭用太陽電池を用いた分散型電力網には、消費電力を抑えるために高効率の電力デバイスが必要不可欠である。SiCを用いた高効率電力デバイスへのイオン注入では結晶欠陥を低減するためにはSiCウェーハを高温に保持しながらイオン注入をする必要がある。高温でのイオン注入可能な量産用のエンドステーションを開発した。

イオンドーピング装置においては、すでに市場に投入した5.5世代ガラス基板用装置“iG5”に対する多くの受注に対応するため、当社滋賀工場の製造ライン増設を行った。また、5.5世代よりも一回り大きな6世代ガラス基板対応装置“iG6”を開発し顧客への納入を果たした。

今後も、より高機能・多機能および高生産性の実現という課題に対する技術的解決策を確立し、適時顧客への提供が可能となる様、技術開発を継続していく。

(日新イオン機器株式会社)

8.1 半導体製造装置用イオン注入装置

8.1.1 EXCEED3000AH

半導体デバイス向けイオン注入装置であるEXCEEDシリーズの更なる高精度注入の要求に応えるため、イオンビームのウェーハに対する入射角精度の向上および制御技術の開発を行った。

近年デバイスの微細化に伴い、イオンビームの入射角の許容誤差は ± 0.1 度を求められ、生産においてはその再現性が要求されている。

EXCEED3000シリーズ以降においては、ビーム入射角の測定システムとしてのXYモニターと、測定されたビーム入射角から注入角度を制御する機能を備えている。

デバイスの進化によるビーム入射角の制御精度 ± 0.1 度を達成するために、ビーム入射角の計測精度向上を行った。特に低エネルギー領域ではビーム量アップのために開発した静電レンズ(V-Lens)の収束作用によってビーム形状が複雑となり、計測精度を上げることが困難であったが、計測アルゴリズムの改善によりビーム入射角の制御精度 ± 0.1 度を達成した。

今後はイオンビームの水平方向の入射角(平行度)の制御を開発し、更なる高精度注入が可能となるイオン注入装置の開発を進めていく。

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”はこれらの要素をデカボラン(B₁₀H₁₄)やオクタデカボラン(B₁₈H₂₂)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C₁₆H_x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、シリコン基板を氷点以下に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。シリコンウェーハを-30℃まで冷却可能な注入機構をこれまで開発してきたが、本年は-60℃まで冷却可能な注入機構を開発した。注入特性の評価をおこなった結果、注入飛程付近に発生する欠陥(End Of Range Defect)が-30℃での結果より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できた。

またアモルファス層の厚みを更に厚くするためにカーボンクラスタービームの高エネルギー化および大電流化の開発を行っており、これまでC₅H_xクラスタービームとしてピベンジル(C₁₄H₁₄)を使用し80keV 0.5mA(モノマー

換算：14.77keV 2.5mA相当)のビーム電流を得られていたが、新たなガス材料、シクロペンテン(C₅H₈)を使用することで、80keV 2.1mA(モノマー換算：14.33keV

10.5mA相当)を達成し、従来比で約4倍のビーム量アップに成功した。

8.1.3 IMPHEAT

SiCパワーデバイスは高耐圧、低損失であり熱伝導性も高いため、Siデバイスの限界を超える次世代のデバイスとして自動車、電力、家電市場等から本格的な量産が期待されている。

SiCウェーハにイオン注入を行う場合、注入により発生する結晶欠陥がアニール時に解消されにくいという問題があるが、ウェーハを500 前後までの高温に加熱しながらイオン注入を行う事で欠陥の発生を抑える事が可能である。当社では2009年にSiCウェーハを高温に保ち注入を実施できる研究用イオン注入装置IMPHEATをリリースしたが、本年更に6インチSiCウェーハの連続処理が可能なIMPHEATの量産用エンドステーションを製作した。

イオン源には傍熱型(IHC: Indirectly Heated Cathode)を採用し、反射電極上にAl化合物製ターゲットを装着することによりAlイオンビームの発生を可能としている。

エンドステーションには6インチSiCウェーハを25枚格納したカセットキャリアを2つ置くことができるステージを設けている。搬送口ポットによりキャリアから取り出されたウェーハはエアロックを経由し、真空チャンバ

内の高温プラテンまで搬送されイオン注入が行われる。最大加速エネルギーは960 keV (3価イオン使用時)である。

今回の量産用エンドステーションではプラテン温度計測部の構造改良やプラテンの熱変形を低減させる構造改良と合わせて、ウェーハ吸着及び離脱時の搬送を安定化させるためのソフトウェアシーケンスの追加により、高温プラテンを経由したウェーハの連続搬送を実現した。

今後は高温搬送システムの更なる信頼性及び耐久性向上、高温時のウェーハ端部までの温度分布の平坦化、処理能力の向上等を目指して更なる改良を続けていく。



図1 IMPHEAT

8.2 FPD製造用イオン注入装置

近年のスマートフォンなど新たな市場の急速な拡大により、中小型の超高精細パネルの需要が増大している。フラットパネルディスプレイ(以下FPD)製造メーカーは、より生産性の高い設備を必要とし、最近まで主流であった4.5世代ガラス基板(730×920 mm)から、5.5世代ガラス基板(1300×1500 mm)への設備転換を進めている。韓国企業に牽引されるように、日本や中国のFPD製造メーカーも5.5世代ガラス基板の採用を決め、積極的な設備投資が行われた。2010年に世界初となる5.5世代ガラス基板対応イオンドーピング装置iG5(以下iG5)を韓国企業へ納入したことを皮切りに、2011年は日本企業や中国企業へもiG5の納入を果たした。韓国では、世界初の5.5世代ガラス基板を採用したFPD製造ラインの本格的な量産が開始され、その中でiG5は着々と稼働実績を積み上げている。世界で唯一の5.5世代基板による製造ラインでの稼働実績により、新たなユーザからの照会や、既存ユーザからの追加投資の引合いが続いている。

大半のユーザが5.5世代ガラス基板を採用する中、ひとまわり大きな6世代ガラス基板を採用するユーザも現れた。iG5は設計段階から、そのようなサイズ変更要求に即時対応できるよう柔軟な設計思想の基に構成されており、それら事前の基礎技術設計をもとにした迅速な詳細設計、

製作によって、極短納期で装置対応サイズの変更を可能にし、顧客設備計画に沿う装置、6世代ガラス基板対応イオンドーピング装置iG6(以下iG6)として納入を果たした。また、iG5からiG6への基板サイズ変更技術の延長線上として、ユーザの次なる要求、更なる生産性を求めたガラス基板の超大型化へ対応するための設計も進んでいる。

5.5世代ガラス基板の厚みは0.5 mmが主流であるが、あるユーザは生産性をより高めるため、0.4 mmや0.3 mmとさらなる薄型化を検討しており、その必要性は日々高まっていると感じられる。イオンビーム量の増大とともに、基板薄型化への対応や搬送機構の高速化などによって装置トータルとしての生産性向上を引き続き進めている。



図2 iG5