

## 〔7〕 イオン注入装置・イオンドーピング装置

2012年度の半導体デバイス及びディスプレイ市場における動向は、スマートフォンに加えタブレット市場の拡大が設備投資を牽引している。低温ポリシリコン及び有機EL型ディスプレイの製造は特にアジア圏で急速に伸びており、当社のイオンドーピング装置はさらなる受注及びマーケットシェアの拡大を達成した。一方半導体向けについては、市場動向の変化によりこれまでPCで使われていたDRAMの需要の減少、及び微細化のための技術開発及び設備投資が巨額になるため投資を行うメーカーが淘汰される傾向にあり、半導体を取り巻く事業環境が変化し始めている。

このような環境の中、半導体及びディスプレイ向けのイオン注入装置いずれにおいても次世代デバイスの製造に寄与する装置開発を継続して行っている。半導体製造におけるイオン注入プロセスについては、半導体デバイスのさらなる微細化により、不純物元素のさらなる精密且つ高精細な注入が要求されているのは言うまでも無いが、これに加え金属及びパーティクル汚染に対する要求仕様が急激に厳格化されており、特にこのような汚染対策について精力的に開発を行った。また同時にイオン注入後の欠陥抑制及び熱処理後のドーパント拡散抑制もトランジスタ動作特性の改善には重要な技術で有り、多原子分子であるクラスターイオン注入によるプロセス開発を継続実施中である。SiCを使用したパワーデバイス向けの注入では4インチ小口径基板の自動搬送システムを新たに開発、顧客リリースを完遂し、新規顧客参入への足場を固めた。ディスプレイ向けのイオンドーピング装置は、顧客のガラス基板大型化が進行することによって、6世代ガラス基板向け装置“iG6”の納入がさらに加速した。顧客のさらなる生産性改善の要求に応えるべく、イオン源及びクリーニング技術の改良を実施した。

(日新イオン機器株式会社)

### 7. 1 半導体製造装置用イオン注入装置 7. 1. 1 EXCEEDシリーズ

半導体デバイス向けイオン注入装置であるEXCEEDシリーズの更なる注入品質向上の要求に応えるため、ウェーハへの汚染低減の技術開発を行った。

半導体イメージセンサ製造プロセスにおいてはウェーハへの金属汚染の低減要求が強く、ppm以下での管理が要求されるようになってきている。また、デバイスの微細化に伴い、パーティクル（ゴミ）汚染についてもその粒径・個数ともに管理基準が厳しくなっている。イオン注入装置においてはイオンビームがチャンバ内壁等の金属面に照射されると、スパッタされた金属原子がビームによって運ばれ、ウェーハを汚染する。このためイオンビームが照射される部分には非金属（主にカーボン）の物質で保護し、露出した金属面を減らすことで

ウェーハへの金属汚染を防いでいる。イメージセンサ向けの更なる金属汚染の低減のために、散乱・反跳ビームに対しても露出した金属面を保護することで、金属汚染（主にAl, Fe）を従来比の1/10以下に抑えることができた。

イオン注入装置はウェーハを真空内に搬送するため、真空と大気の入替時の気流に巻き込まれたパーティクルでウェーハが汚染されることがある。この解決のため、空気の流路を変えて気流内のパーティクルがウェーハに到達しないようにチャンバの構造を見直し、ウェーハへのパーティクル汚染を低減することができた。今後もウェーハ搬送時の振動や接触を更に減らすことでパーティクル汚染の低減を進めていく。

### 7. 1. 2 SiCパワーデバイス向けイオン注入装置 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パワーデバイスとして自動車、電力、家電市場等から本格的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。日新イオン機器では2009年より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、2011年時点で6インチSiCウェーハの連続処理が可能なIMPHEATの市場投入を実現している。

本年はさらに4インチSiCウェーハ対応エンドステーションの開発を行い、さらなる新規顧客の獲得に成功

した。また、現在SiCウェーハ径がシリコンウェーハの主流のサイズと比較して小さいことより、ファラデー（イオンビーム計測器）ユニットの小型化を行った。小型化することにより、イオンビームのスweep幅を短縮することができ、それにより単位時間当たりのビーム注入量を増加させることで、スループット（処理能力）向上というメリットがある。

一方、継続的開発項目として、搬送シーケンスの最適化を随時行い、信頼性および生産性向上を図った。

近い将来には、同一のエンドステーションにてウェハーダイレクト搬送およびウェハーホルダー搬送の共通運用の開始予定をしている。また高温時でのウェハー全域における温度分布均一性向上を図るため、改良型高温静電チャックの温度分布シミュレーションを実施中である。

### 7. 1. 3 クラスタイオン注入装置 CLARIS

半導体デバイスの更なる微細化を実現するために、イオン注入技術を用いた新しい半導体製造プロセス技術は日々研究されている。当社では、クラスターカーボン注入を用いた低抵抗で浅い接合の形成、結晶欠陥の抑制等をテーマにプロセス開発を行った。クラスターイオン注入は、その大きな質量数ゆえにシリコン結晶を簡単にアモルファス化することができる。カーボンの16原子分子から3原子分子まで使い分けることで、形成するアモルファス厚を数nmから100nm程度までコントロールすることができる。クラスターカーボン注入により形成されたアモルファス層の領域にドーパントとなるリンやボロンを注入し、熱処理を加えると、結晶状態のシリコン層に注入した場合に比べてドーパントの熱拡散が起りにくく、かつ活性化が高いことが実験により確認された。これにより低抵抗で浅い接合のデバイスが実現できる。また、クラスターカーボンによる厚い良質なアモルファス層の形成により、結晶欠陥を劇的に改善できることが確認された。クラスターイオン注入技術に低温注入技術を組み合わせることにより、更にその効果を増すことができる。これにより、微細なデバイスで問題となっているリーク電流を大きく改善することが可能である。

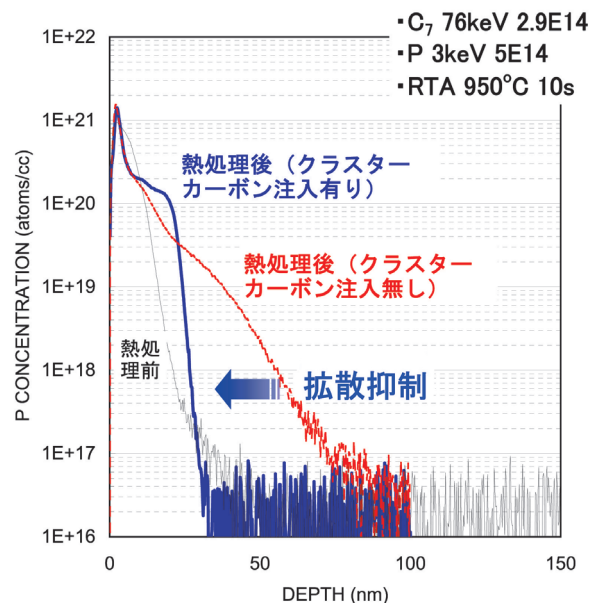


図1 カーボンクラスター注入によるリンの拡散抑制

## 7. 2 FPD製造用イオン注入装置

近年のスマートフォンやタブレット等の中型・小型液晶パネルを用いた携帯情報端末の普及により、液晶パネルの需要が大幅に増加した。これらの高性能液晶パネルのTFT形成にはドーピングプロセスが用いられることが多く、当社の5.5世代ガラス基板対応イオンドーピング装置iG5と6世代ガラス基板対応イオンドーピング装置iG6は国内外多数の液晶パネルサプライヤーに納められている。2013年現在においても携帯情報端末は次々に新製品が発売され高性能液晶パネルの需要は増え続けている。当社はFPD製造用イオン注入装置のトップサプライヤーとしてユーザの信頼も厚く、納入実績のあるユーザの追加投資や新たなユーザからの問い合わせが続いている。

iG5及びiG6は、以前から当社で生産している4.5世代ガラス基板対応イオンドーピング装置iG4の大電流ボロン

ビーム等の特徴を引き継いでいるが、トップサプライヤーとしての利点を生かし、装置運用のノウハウや様々な顧客からの要望をベースにスペック向上だけではなくメンテナンス性等を含めた装置全体のブラッシュアップを継続している。イオンビームの発生源であるイオン源の安定稼動には定期的なクリーニングが必要であるが、新たなクリーニング方法を開発することによりイオン源内部の汚れ防止を基板処理と同時に行いクリーニング時間の短縮に成功した。さらにイオンビーム引出部の改良によりビーム安定性の向上とイオン源電極間放電頻度を低減した。以上の現状装置のブラッシュアップのみならず、今後生産性の向上のためにユーザより求められるであろう、更なるガラス基板の大型化に対応するための開発も進めている。



図2 5.5世代基板用イオンドーピング装置 “iG5”