

〔8〕イオン注入装置・イオンドーピング装置

2008年は、2007年々央から始まったDRAMの価格低下のため、DRAM製造各社の設備投資抑制という状況から始まり、年後半には未曾有の金融危機の影響を受け、国内外のすべての半導体製造装置に対する投資が非常に低調に推移した。

そのような中で、当社は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。EXCEED 9600Aは、1998年から続く当社の300mm対応イオン注入装置EXCEED3000AHの高い生産性と信頼性を引き継いだ上に、高エネルギー注入を可能とするモデルで、従来には不可能であった中電流イオン注入装置において960keVの注入を可能とし、EXCEED3000AHと並んで当社の主力製品に成長した。

また、EXCEEDシリーズとして、更なる生産性向上・精細化に向けて、IHC（間接加熱陰極型）イオン源、PI注入機能（ウェーハ面内注入量分布可変制御）、ビームX-Yモニターなどを開発し、市場投入を行った。

極浅接合形成用イオン注入装置として、国内大手の半導体メーカーの試作・開発ラインへ納入したクラスターイオン注入装置CLARISは、32nmさらには22nmデバイスにおける接合形成のみならず、至Si形成などを含めた幅広いアプリケーションに向けた開発を継続している。

低温ポリシリコンTFTディスプレイの生産設備投資は、2007年の不況を脱し活発な投資が行われ、当社最新機種iG4が市場を独占した。この成果は、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、比類無き生産性と信頼性を実現したiG4 v3をリリースしたことに因る。そしてその生産においては、滋賀事業所の能力が如何なく発揮された。更に、基板の大型化に備え、5世代基板（1200mm×1300mm）を越えるサイズに対応するドーピング装置の基本要素の開発を開始した。

（日新イオン機器株式会社）

8.1 イオン注入装置

イオン注入装置事業の2008年の成果としては、(1) 高エネルギー注入領域の注入が可能な中電流イオン注入装置EXCEED9600A（図1）の安定稼動と、(2) 極低エネ

ルギーのイオン注入が可能な新たなカテゴリのクラスターイオン注入装置CLARISの製品化の2つである。以下2つの技術と成果について紹介する。

8.1.1 EXCEED9600A

1998年に販売を開始した300mm対応の中電流イオン注入装置EXCEED2300Hは市場のニーズをタイムリーに捉え、ユーザー要求に適合した装置性能の向上を実現したEXCEED3000AHと進化し、メモリーだけでなくロジック向け半導体デバイスの量産に必要な高生産性を備えた装置へとアップグレードを継続し、国内外の大手半導体メーカーに数多く納入され、先端デバイスの量産に貢献している。

2007年、EXCEEDシリーズは、EXCEED3000AHに加え250keV以上の高エネルギー領域で生産性を改善したEXCEED9600A（図1）をラインナップに加え、今年2008年は国内、海外の主要顧客最先端工場への納入実績が20台以上となり、そのすべてが安定に稼動している。

中電流イオン注入装置の高エネルギー化という市場ニーズが高まったのは、次のような背景による。

- (1) 高エネルギー注入機能付加による装置ユーザーのCOO（Cost of Ownership）低減
 - ・半導体デバイスの微細化に伴い、従来の高エネルギー注入における注入エネルギーが低下し、このため中電流装置の高エネルギー化を実施すれば、処理可能な範囲となった。
- (2) 角度制御精密化
 - ・従来型高エネルギー注入装置の注入方式（バッチ処理）では、ウェーハ面内の注入角度バラツキが大きいため、バッチ処理に代り枚葉処理が必要と認識されるようになった。

このような新たな市場要求に対して、EXCEED3000AHをベースに開発したのがEXCEED9600Aであって、装置構成の基本コンセプトは、EXCEED3000AHと同様であるが、高エネルギー領域での生産性改善のため次のような機能要素開発を実施した。

(1) ビーム加速電圧の高電圧化

EXCEED3000AHの最大エネルギーは250keVであったが、EXCEED9600Aではビームを加速する加速管および高電圧部の耐電圧最適化を行うことにより、320keVまで加速可能な構成とした。この改善によって、例えば3価イオンを使用した場合、1MeVに迫るイオンが注入可能である。

(2) IHC（間接加熱陰極型）イオン源の搭載

新たに間接加熱陰極型を開発、最適化し、多価イオン発生時のイオン源寿命向上およびビーム発生効率改善（2価以上のビーム量を2~3倍）を達成した。

本開発により高エネルギー注入領域の生産性（実効スルーット）が4倍以上に改善された。

またこれまでのEXCEEDシリーズに搭載してきた、ビーム自動立ち上げ時間の最適化、低エネルギービーム改善技術、メタルコンタミ極小化、高周波型PFGによるチャージアップ抑制などの基盤技術は、継続的改良を行ってEXCEED9600Aに引き継がれており、上記高エネルギー領域での飛躍的な生産性改善に加え、250keV以下の領域ではEXCEED3000Aと同様以上の高生産性および高信頼性を実現している。

微細化が進むにつれて、イオン注入において更なる注入特性の向上が要求された。特にビーム角度精度に対する要求は年々強まっている。またAPC（Advanced Process Control）の観点からさらに精密な注入密度コントロールが要求されている。このような市場ニーズに対するSolutionとして開発に取り組んだ主な新技術について説明する。

(1) ビーム角度モニター

当社を含めこれまで一般的な中電流装置はビームを

走査する方向（横方向）のビーム平行度のみを測定、制御していた（±0.5度）。上記のような精密な角度コントロールの要求に対応するために、ウェ - 八前後に設けられた多点ファラデーシステムを改良し、横方向に加え縦方向のビーム入射角およびビーム発散角が測定できるシステムを開発した。現在次のステップとしてビーム発散角の自動制御に関して継続して開発中である。

(2) 面内注入量分布可変制御

新たに開発した注入システムでは注入時にウェ - 八のスキャン速度およびウェ - 八の回転を制御することによって面内のドーズ密度を積極的に制御することが可能である。本システムの効果として

- ウェ - 八面内のドーズ密度を階段状に変化させることによって、プロセス条件確定のために使用するウェ - 八枚数を削減できる。
- ドーズ密度を同心円状に変化することによって、前工程で生じた面内の加工精度不均一さを注入装置で補償し、素子の歩留まり向上に貢献する。

などが可能となった。

これら装置技術は標準オプションとして製品化されており、徐々に今後のユーザーの更なる精密注入の実現、コストダウン、歩留まり向上に貢献できる主要技術となりつつある。



図1 EXCEED9600A

8.1.2 クラスタイオン注入装置「CLARIS」

日新イオン機器では2002年にJST（独立行政法人 科学技術振興機構）の委託を受け、B₁₀H₁₄（デカボラン）を利用した「デカボランイオンビーム発生装置」の基礎技術開発を行ってきた。この基礎技術をベースに米国SemEquip社の技術を導入し、B₁₈H₂₂（オクタデカボラン）も利用可能なクラスタイオン注入装置CLARIS（図2）を製品化し、国内大手の半導体メーカーの試作・開発ラインへ納入した。

超微細化が進む半導体デバイス製造に必要な極浅接合

形成（Ultra Shallow Junction）を目的とした極低エネルギーイオン注入においては、従来の単原子イオンを利用する方法では、空間電荷効果によりイオンビームが発散する為精密な注入が実現できず、又、ビーム量も大きく低下するので生産性も極めて低くなってしまふ。クラスタイオン注入技術は、イオンビームの空間電荷効果によるビーム発散効果を緩和できるため、単原子イオン注入と比較して、ビーム発散角が小さく実効的に大きいビーム電流量で注入が可能となる。CLARISはB₁₀H₁₄（デカボ

ラン) $B_{18}H_{22}$ (オクタデカボラン) のイオンを使用したP型半導体のソースドレインエクステンション (P-SDE) プロセス形成の信頼性および生産性改善に期待が寄せられている。

クラスターイオン注入では高ビーム電流かつ良好な角度制御性というメリットの他に、イオン注入時に良好なアモルファス層が形成されることから、接合形成時のリーク電流を低減できるという結果が先端デバイス開発ラインで得られている。またソースドレイン (SD) 注入およびゲート注入でも本装置を使った高電流注入が可能である。

また、新たなクラスターイオン注入の応用として、クラスターカーボン (C_7 、 C_{14}) を使用したボロンの拡散抑制のためのイオン注入や、SiC層形成による歪みSi領域作成のためのイオン注入が精力的に検討され、さらには、デカボランやオクタデカボラン等のP型ドーパントだけでなく、N型ドーパント (リンや砒素) のクラスターイオン注入も可能な注入装置が待望されている。

今回製品化したCLARIS 1号機は、デカボランとオク

タデカボランを使用したボロンクラスター専用機として納入したが、近々に上記カーボンクラスター注入が可能となるイオン源へのアップグレードを実施し、最先端デバイス開発に貢献する量産装置へのブラッシュアップを継続する。



図2 クラスターイオン注入装置「CLARIS」

8.2 FPD製造用イオン注入装置

イオン注入技術は、半導体製造だけでなく、フラットパネルディスプレイ (FPD) 製造でも利用されており、小型、高精細および高機能のディスプレイを製造することができる。小型高精細ディスプレイは、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、近年では、液晶に加え、有機ELを使った高コントラストのディスプレイも登場し、更なる需要の伸びが期待されている。ディスプレイ製造工程では、イオンの質量分析機能を搭載したイオン注入装置と、この機能を省略したイオンドーピング装置が使い分けられており、当社では両方の装置を供給している。

2008年は、イオン注入装置iG4 (図3) の納入実績が着実に増加した。iG4は、730mm x 920mmガラス基板対応、質量分析機能を搭載しており、2004年に1号機を納入して以来、その生産性や安定性が高い評価を得ている。iG4は、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るため、 V_{th} 制御やLDD形成といった低濃度の注入工程において高い精度の注入ができる。新しくリリースしたiG4v3では処理能力も大きく向上させており、当初と比較し、約1.7倍アップを実現した。この処理能力の増大は、イオン源におけるイオンビーム引出効率の向上、ビーム分析系でのビームロスの低減によって、ビーム量を2.5倍に向上できたことが主たる要因である。又更に、基板からのアウトガスに対しての真空排気能力の増強、静電気発生に対してのプラズマ・フラッド・ガンの改良、ダウンタイム縮小のための自動クリーニング

機能の改良など、各種機能を強化している。

従前、イオンドーピング装置が主流であったソース/ドレイン形成といった高濃度の注入工程においてもiG4が本格的に利用され始め、iG4はディスプレイ製造の全注入工程を処理する装置として、大きな納入実績を挙げることがようになった。当社では、今後もiG4の処理速度アップや機能充実に重点を置いた製品供給を継続して進めて行く。

2008年は、次世代装置の開発を開始した。大型ディスプレイ製造で採用されている5世代基板 (1200mm x 1300mm) を超えるサイズに対する要求が始まっている。当社では、iG4の特長であるシンプルなビームライン/高信頼の搬送系というコンセプトを拡大、進化させて、この大型装置開発要求に対応する。



図3 FPD製造用イオン注入装置 iG4