MOCVD・MBE装置動向2009

MOCVD装置市場は大幅プラス
MBEは研究開発用途が中心

化合物半導体製造プロセスでは、単結晶基板上に同じ原子配列で二～四種類の元素を成長させるエピタキシャルウエハープロセスが多用される。方法としては、MOCVD、MBE、LPE、HVPEなどがあるが、このうちMOCVDとMBEは研究開発、量産現場ともに需要の中心となっている。MOCVDは、常圧／減圧でハイドライドガスや有機金属ガスを加熱された結晶基板上に流し、熱化学反応により成膜する。堆積速度が速く、膜厚が要求される構造形成に適しているほか、多種多様な原料ガスが使用できる。装置形態としては、ウエハーを上に向けるフェースアップ方式と下に向けるフェースダウン方式がある。

一方、MBEは超高真空下において固体原料を加熱るつぼに入れ、分子上に昇華させることで、加熱された結晶基板上に堆積する。堆積速度は遅いが、化合物の組成制御が容易で、Åレベルで形成でき、かつ高純度の成長膜が得られる。

MOCVDの二〇〇七年出荷台数は、GaN系青色／白色LED、DVDの青紫色半導体レーザー(LD)需要を背景に一五〇台規模となった。〇八年も同様の用途向けで第1四半期(1Q)～3Qまで堅調に推移したものの、4Qに入って若干鈍化。通年では横ばいで推移したと見られる。

一方で、〇九年については、年初に大幅に受注が鈍化したものの、二月ごろから韓国企業による液晶ディスプレー向けバックライトや一般照明向けで一気に受注が拡大。これに呼応して台湾企業や日本企業でも投資を再開しており、〇九年度通期は受注ベースで前年度を上回っている。ただし、出荷ベースでは横ばいで推移したもようだ。

また、ここ最近のMOCVDのトレンドとして、ウエハー処理枚数の増加とウエハーの大口径化が挙げられる。LED向けでは〇七年は二および三インチ対応が中心だったが、〇八年以降は四インチ対応品が多く出たほか、六インチ対応品も出荷されている。韓国企業向けには四インチ対応品が多く供給されている。マーケットシェアは、アイクストロングループがトップ(六～七割)を占め、以下、ビーコ、大陽日酸と続く。

MBE市場は、〇〇年に米RFマイクロデバイセズが携帯電話向けの電子デバイスの量産用に採用するなど急拡大したが、最近は過剰投資のため目立った投資はない。出荷台数は、研究開発向けを中心に年間三〇～五〇台規模で推移している。シェアはビーコとリベール二社で分け合っている。

各社の動向

アイクストロンAG
傘下にMOCVDのアイクストロンLtd(旧エピグレス)、SiGeエピのジーナスを持つ。MOCVD市場ではトップを誇り、量産装置を台湾、韓国、日本、欧米向けに数多く導入する。

アイクストロンAGのMOCVDは、処理するサセプターとウエハーが独立して回転(自公転)するプラネタリ・リアクター・コンフィギュレーションを採用。ガスは、中央に位置するガスインレットから円周方向に流す。また、自転部はガスによりウエハーを浮上させ、回転するガスフォイルローテーション方式により、ギア方式に比べ格段にパーティクル発生を抑える。加えて、RF加熱方式を採用することで、使用ガスの高効率化、パーティクル発生を抑える。

装置構成はGaN系向けに二インチ×四二枚、四インチ×一一枚の製品を展開。GaAs向けでは二インチ×六〇枚、四インチ×一五枚に対応する。最近の傾向としてはLED向けにGaN系が圧倒的に多いが、GaAs系も通信向けの電子デバイス向けで需要がある。ウエハーサイズはGaN系で二、四インチ、GaAs系で四インチが主流だ。

MOCVDの生産は独アーヘンにてアイクストロン製のリアクターおよび最終組み上げ、英ケンブリッジにてアイクストロンLtd製のリアクターをそれぞれ生産している。〇六年からアイクストロンLtd(旧トーマスワン)、SiCCVDのアイクストロンAB(旧エピグレス)、SiGeエピのジーナスを持つ。MOCVD市場ではトップを誇り、量産装置を台湾、韓国、日本、欧米向けに数多く導入する。

アイクストロンAGのMOCVDは、処理するサセプターとウエハーが独立して回転(自公転)するプラネタリ・リアクター・コンフィギュレーションを採用。ガスは、中央に位置するガスインレットから円周方向に流す。また、自転部はガスによりウエハーを浮上させ、回転するガスフォイルローテーション方式により、ギア方式に比べ格段にパーティクル発生を抑えたほか、大気圧条件による成膜プロセスにより結晶の高品質化を実現する。LED向けに四インチ×一一枚、三インチ×一五枚の構成だが、電子デバイス向けに六インチ×六枚の構成にも対応する。すでに五台以上受注している。

一方、GaAs向けとしてはフェースアップのHR3000(三インチ×一枚)、同4000(二インチ×三枚／四インチ×一枚)、フェースダウンの同6000(二インチ×六枚、三インチ×三枚)、同8000(三インチ×六枚、四インチ×一枚)に対応する。自動、三インチ×一枚に対応する。

セルとしては、高温セル、低温セル、バルブドクラッカーセル、SUMOセル、RFセルなどあらゆるタイプをラインアップ。バルブドクラッカーは腐食性、低蒸気圧材料向けで、GaAs、InP、InSbなど量産。研究向けに採用される。容量五〇〇～一万五〇〇ccのタイプをラインアップする。第五世代のMarkVは、新型ノズルデザインなどにより、膜厚分布は良好なまま材料使用効率を大幅に向上。従来のMaリリースした。自動、三インチ×一枚に対応する。

セルとしては、高温セル、低温セル、バルブドクラッカーセル、SUMOセル、RFセルなどあらゆるタイプをラインアップ。バルブドクラッカーは腐食性、低蒸気圧材料向けで、GaAs、InP、InSbなど量産。研究向けに採用される。容量五〇〇～一万五〇〇ccのタイプをラインアップする。第五世代のMarkVは、新型ノズルデザインなどにより、膜厚分布は良好なまま材料使用効率を大幅に向上。従来のMaのラインアップを拡大し、より多くのカスタマーニーズに対応できるようになった。また、MOCVD装置の生産は大陽日酸の京浜事業所を中心に行っているが、大陽日酸イー・エム・シーの多摩工場が加わり、今後の需要拡大に対して生産体制の拡充を図る。

大陽日酸の〇八年度MOCVD装置売上高は二五億円(〇七年度は二四億円)。〇九年度は夏ごろから受注が回復し、通年度では前年同規模を見込んでいる。同社のMOCVD事業は国内向けが八割以上を占め、国内向けを中心に年間三〇～五〇台規模で推移している。シェアはビーコとリベール二社で分け合っている。

アイクストロンAB(旧エピグレス)
一九九三年に設立されたSiCエピCVD装置を手がける企業。九九年にアイクストロンの傘下に加わり、同時に量産機の開発も開始した。

装置は、同社特許の自公転リアクターで多数枚同時成長に対応するのが特徴。また、上下から加熱するホットウォールにより、品質ばらつきの小さい安定した品質の成膜が可能。温度は一五五〇～一六五〇℃。製品の種類としては、量産向けに二インチ×七枚、三インチ×七枚、四インチ×六枚、研究開発向けに二インチ×三枚をラインアップする。最新の装置として、ウォームウォールタイプの四インチ×一〇枚または六インチ×六枚の量産機を発表した。

これまで世界中の研究所、大学、企業向けに多数出荷した実績を持つ。日本ではエシキャット・ジャパン、昭和電工、産総研などへ出荷している。

ビーコ インスツルメンツ
MOCVDとMBEを製品展開する。MOCVDは〇三年末に米エムコア社の「TurboDisc」事業部門を買収し、市場参入した。LED、Ⅲ－Ⅴ族太陽電池向けを中心に装置を提供する。

TurboDiscは縦型・フェースアップ方式で、減圧雰囲気中でウエハーを高速回転(二〇〇～一六〇〇RPM)し、上からガスを高速の整流でダウンフローする。ガスはウエハーに到達するまで他のガスと混ざることはなく、かつすぐに排気される。また、ガスの対流がなく、均一のガスフローが可能なため均一な成膜に適し、パーティクルの低減が可能だ。さらに、側壁や天井に成膜されないため、成膜後のリアクタークリーニングを不要にし、短TATを実現する。デイリーのチャンバーメンテナンスは不要。

装置は主にGaN系LED向けにKシリーズ、同InP、GaAs系LED向けにEシリーズを展開している。主流はKシリーズの「K465」で、最近は同装置の出荷が九割程度を占める。同装置はロードロック、成長室、ガス分配器などをモジュラー化したもので、省フットプリント化と拡張性を追求。また、四六五㎜サセプターを搭載し、二インチ×四五枚、三インチ×二一枚、四インチ×一二枚さらには六インチ×五枚に対応する。

さらに自動化、高効率化などによる高い生産性も特徴のひとつだ。具体的には、通常はウエハー交換時に一〇〇℃にまで温度を下げるのに対して、同社のMOCVDはロードロックの搭載により三〇〇℃以上の環境下で自動搬送し、成膜炉は真空状態に保持される。また、ウエハーは成膜中に次のウエハーがロードされるなど、アイドルタイムを減少する。これら特徴によりサイクルタイムを大幅に縮小し、スループットを向上。このほかウエハー、サセプターの放射温度を計測する「RealTemp200」やウエハーの表面温度、歪みを計測するDRT-210を標準搭載する。いずれも最高一八〇〇RPMまで計測できる。

同社のMOCVD事業は、ここ数年間GaN系LED向けが中心だ。〇八年までは台湾向けが多かったが、〇九年初頭からは韓国向けが一気に拡大している。これは液晶ディスプレーのバックライトやLED照明向け投資が中心で、同年は受注ベースで前年比三倍になるという。

一方、国内は〇九年下期からバックライト、LED照明、GaNパワーデバイス向け量産機の需要が拡大しており、〇九年度は倍増を見込んでいる。装置は世界市場と同様にK465が中心だ。日本市場は伯東㈱が営業、技術サポート、サービスなどを担当している。

MBE事業としては装置とセルなどのコンポーネントを展開する。MBE装置市場では研究開発、量産向けを問わず世界的にプレゼンスを確保しており、窒化膜系、酸化膜系、太陽電池向けが牽引する。日本市場は磁気センサー、イメージセンサー、量子ドットレーザー、ホール素子向けなど研究開発向けが中心だ。

MBE装置は横型、縦型に対応し、またクラスターアーキテクチャーを採用する。ラインアップとしては、R&D／少量生産向けに「GEN20」(四インチ×一枚、セルポート数一二本)、大量生産向けに「同2000」(三インチ×七枚、四インチ×四枚、同一二本)および「同2000」(六インチ×七枚／四インチ×一四枚、同一二本)などがある。また、〇八年にはR&D向けの「同10」を、さらに、〇九年にはSiプロセス向けに最大で三〇〇㎜ウエハーに対応する「MPVD300」を製品化した。メタルやHighkなどの成膜プロセスに対応する。すでに国内企業に一号機を出荷している。

リベールの〇八年MBE出荷台数は二〇台規模。〇九年は若干落ち込む見込みだ。用途は、化合物半導体、Si半導体、太陽電池、有機ELなど多岐にわたり、地域は欧州をはじめ、中国、インド、ロシアなど新興国からの引き合いも多い。日本市場は国内販売代理店と事業を展開する。

装置は横型炉のフェースダウン方式を採用。特徴はフェースダウンのためパーティクルがつきにくく、また、ガスの対流の影響も受けにくいという。二インチ×六枚の処理が可能で、成長レートは四μm／時を実現。また、ランプ加熱を採用することにより一〇～二〇℃／分の昇温を可能としこれにより、GaN、InGaNの温度に早く対応する

一方、MBEは国内の大学、研究機関向けを中心に多数の販売実績を持つ。年

このほか太陽電池向けでは、Cu、In、Gaに対応するリニアソースとSeリニアソースを搭載した量産向けCIGS成膜装置を開発し、「FastFlex」、「FastLine」シリーズとしてビジネスを展開している。

大陽日酸
GaN、GaAs向けMOCVD装置、材料ガス、除雪装置、ガス精製装置など化合物半導体事業をトータルで展開する。

主力のGaN系MOCVDとしてはR&D向けの

GaN系が圧倒的に多いが、GaAs系も通信向けの電子デバイス向けで需要

はアイクストロンAGとアイクストロンLtdの筐体や部品を共通化するIC(Integrated Concept)を開始し、品質安定と納期短縮を図っている。

アイクストロングループの〇八年売上高は前年比二八%増の二億七四四〇万ユーロ。LED向けが全体の八四%で、このほかシリコン六%、テレコム／データコム四%、コンシューマー／オプトエレクトロニクス四%、ディスプレー／その他二%となる。地域別ではアジア太平洋地域八七%、欧州七%、北米六%。一方、〇九年は一～九月までで前年同期比四%減の一億八四九〇万ユーロ。

アイクストロンの日本市場における体制は、サポートをディクストロン㈱、販売をアイクストロンAG、アイクストロンLtd、アイクストロンABとともに丸文㈱が担当している。

アイクストロンLtd(旧トーマスワン)
〇八年一月をもってトーマスワンからアイクストロンLtdに社名変更した。MOCVDでは老舗の一角で、台湾、日本などアジア太平洋地域向けに多数の量産機を出荷している。装置は、六〇〇μmの無数の孔が空いた縦型のシャワーヘッド構造を採用している点が大きな特徴。基板とガス供給部の距離が短いため材料の使用効率が高く、ガスの消費量を低減できるほか、温度制御や膜厚均一性にも優れるという。そのシャワーヘッドとウエハーの間隔を調整できる機構もオプションとして用意している。

装置構成としては、二インチ×三一枚、三インチ×一二枚、四インチ×七枚、六インチ×三枚、一二インチ×一枚構成の製品をラインアップする。

エピクエスト
CIGS(Cu、In、Ga、Se)やInN(窒

装置、蒸着装置、スパッタ装置、SiC向けにCVD装置、イオン注入装置、エッチング装置およびアニール装置、酸化装置をラインアップしており、化合物半導体製造装置を幅広くラインアップしている。特に、LED向けエッチング装置では、多くの納入実績がある。SiC向けのアニール装置は四／六インチ品を製品化しており、年間複数台の受注を見込んでいる。

一方、GaAs向けとしてはフェースアップのHR3000(三インチ×一枚)、同4000(二インチ×三枚／四インチ×一枚)、フェースダウンの同6000(二インチ×六枚、三インチ×三枚)、同8000(三インチ×六枚、四イン

ング技術と、二気圧まで加圧が可能な加圧技術を新たに開発。一方、AlNに対応するMOCVD装置は、一四〇〇～一五〇〇℃の高温プロセスが可能で、結晶性が良いという特徴がある。また、InNに対応するMBE装置では、立命館大学が同装置を用いて、窒素ラジカルビームを照射してInのドロップレットを膜中に取り込み、高品質のInN膜を成長させる、DERI法という画期的なプロセスを開発した。

創業一〇周年となる一〇年五月期は、民間企業の導

手がける。〇八年にはオックスフォードインスツルメンツのMBE事業部門(VGセミコン)を買収。ユーザー数を大幅に拡大したことでMBE市場におけるプレゼンスを拡大した。現状ではVGユーザー向けに保守部品やサポートを提供し、新規の装置の受注に対しては基本的にリベールの装置を推奨するスタンスをとっている。

また、セルなどコンポーネントを手がける傘下企業のアドオンを吸収することで、コンポーネントを含めた製品展開を加速してい