MOCVD・MBE装置2003／2004

化合物半導体は回復も 装置ビジネスは低空飛行

二〇〇三年の化合物半導体市場は、依然厳しい環境下にある通信用レーザーを除き、回復基調にある。DVDレコーダー市場の立ち上がりなどにより高出力赤色半導体レーザーの増産が行われている。また、携帯電話バックライトを中心に、車載や照明機器用途において、白色（青色）LEDの生産が活発だ。四元系LEDも車載や信号機市場向けに拡大している。

だが、装置市場は伸び悩む。エピタキシャル層形成のメーン装置であるMOCVD／MBE装置は、今なお〇〇年の過剰投資による設備のだぶつきが足かせになっている。MOCVD装置は、〇二年よりも装置出荷が伸び、全世界で八〇～一〇〇台とみられるが、増産が急ピッチで進む高出力赤色レーザーでも新規装置の導入より、遊休状態にある通信用レーザー向け装置を改造して対応するなど投資抑制の傾向だ。

04年はGaN系デバイス向けに上昇気運

MBE装置はさらに深刻だ。携帯電話用パワーアンプ最大手RFマイクロデバイスや台湾の大手エピメーカーなどは装置導入を手控えている。日本は量産に関してはMOCVD文化であることもあり、III族系での装置出荷は皆無に近い。このため、世界では三〇台程度で推移したもようだ。

GaAs系を尻目に、GaN系の装置ニーズは力強い。青色／白色LEDの量産、青紫色半導体レーザーやGaN高周波・電子デバイスの研究開発が主な用途だ。台湾のエピメーカーや中国のベンチャー企業などが積極的にMOCVD装置を導入に動いている。ただ、中国へは台湾からの中古装置も流通しているようだ。

米国では、SiC－GaN電子デバイス向けの開発を強化している。

日本では、GaAs用装置のサセプターをSiCに変更して高温対応とするなど装置改造が多いが、新規出荷も増えており、来年は一層本格化しそうだ。事実、〇四年は豊田合成が計画する新工場など大型案件もある。

こうした潮流から〇四年のMOCVD装置市場は今期を上回りそうだ。また、一～二年後には再び携帯電話向け装置の本格的な増産期に入るとみる向きも少なくない。

MBE装置もGaN系のほかに、最近ではInSbのホール素子やMRAMなど磁性体材料の研究開発用途向けの装置出荷で目立ち、〇四年も続きそうだ。装置メーカー各社ではGaN向けの装置の最適化を鋭意進めている。

この市場は、欧米メーカーが確固たる牙城を築いている。しかし、エムコアのMOCVD装置部門をビーコインスツルメンツが、MBE装置を展開するVGセミコンをオックスフォードインストゥルメンツが買収を決めるなど再編も進む。日本勢は、日本酸素や日本イーエムシーに加え、アセックやアルバックなどがMOCVD装置市場に本格参入する構えで、欧米メーカーを追走する。

MOCVD装置 各社の動向

【MOCVD装置】

独アイクストロンの売上高は〇二年が一億五〇〇〇万ユーロとなったが、〇三年は米国景気の低迷などにより九〇〇～九五〇〇万ユーロ規模に落ち込む見通しだが、トップシェアは堅持しているようだ。〇三年で好調なのがGaN向けで、日本市場で一〇台以上の出荷を見込んでいる。

同社のMOCVD装置は、処理するサセプターとウエハーが同じ方向に回転するプラネタリー・リアクター・コンフィギュレーション方式を採用しているのが大きな特徴。同技術はフィリップス・セミコンダクターが開発した装置技術で、アイクストロンは同技術をフィリップスから独占的にライセンスを使用している。装置としては、青色LED向けの「AIX2400／2600G3」（三五枚×二インチ、一三枚×三インチ、八枚×四インチ、五枚×六インチ）、大口径ウエハーに対応した「AIX3000」（九五枚×二インチ、二五×四インチ、五×一〇インチ）などを揃える。

なお、同社は強誘電体メモリーにおける強誘電体膜形成のMOCVD技術の研究開発も行っている。

日本市場はサポートをアイクストロン㈱、販売を㈱守谷商会が担当。〇四年は日本市場向けで一〇台～一五台規模の出荷を見込む。

なお、同社は縦型シャワーヘッド技術のMOCVDを展開するトーマススワン社やSiC／SiGe向け装置を展開するエピグレス（日本国内の販売は㈱ユニバーサルシステムズが担当）を傘下に持つ。

トーマススワンは、アイクストロンと棲み分けを図っている。具体的には、アイクストロンがGaAsのLED、HBT、HEMT、GaNLEDの量産装置をメーンとしているのに対し、トーマススワンでは主に、GaNデバイスのパイロットラインやハイエンド用途向けを中心とした戦略となっている。

製品は「CCS MOCVD」。リアクターは、シャワーヘッド構造で六〇〇μmの無数の穴が空いており、縦型構造となっている。基板とガス供給部の距離が短く、ガス消費量が少ない点が特徴。また、温度コントロールや膜厚均一性に優れる。装置はニインチ×七枚（三インチ×三枚）、ニインチ×一九枚（三インチ×七枚）、ニインチ×三四枚（四インチ×四枚）、ニインチ×三枚がある。〇二年には五〇台弱を出荷し、〇三年はこれを上回る見通しで、日本、台湾、中国市場が好調だ。

日本市場においては、〇二年三月から丸文㈱が国内での販売を開始した。これまでに六台を納入した実績を持つ。主にGaN電子デバイス、GaInAsPの長波長レーザー、InPの高周波デバイスの開発用途となっており、引き続きデバイスメーカーやエピメーカーから引き合いが出ており、丸文ではこうした需要に対応していく。

米エムコアコーポレーションの製品展開は、量産機では「D1800」「E3001」がある。大量産機の「E450（通称「Ganzilla」）は、二インチ×四八枚、三インチ×二〇枚、四インチ×二枚、六インチ×五枚を処理する。特徴として、レーザーを用いた基板の温度測定ツール「リアルランプ」により、高い温度制御を実現し、面内均一性や再現性を高める。GaN向けの開発も完了し、GaN用リアクターへの搭載を開始した。

同社は、装置の他にエピウエハーやデバイスも製造していたが、自社の顧客と競合する弊害があることなどから、装置部門「ターボテック」をビーコインスツルメンツに売却した。なお、日本市場は伯東㈱が引き続き販売、サポートを行う。

エムコアは日本に八〇台以上の納入実績を誇り、NEDOのSiCプロジェクトにも参画している。日本市場は今期約一〇台の出荷とみられ、伯東では、GanzillaのMOCVDの販売を青色LED向けに販売を目指す。

日本酸素㈱は化合物半導体プロセス向けにMOCVD装置、材料ガス、ハンドリング技術を武器に事業を展開。材料ガスでは国内でMOCVDによる製造が始まった段階から供給しているなど古くから実績がある。

ラインアップとしては、GaAs向けに「HRシリーズ」、GaN向けに「SRシリーズ」を揃える。HRシリーズでは、「HR10000」（三インチ×八枚、四インチ×五枚）および「PR23000」（三インチ×二〇枚）が主力。〇三年は日本メーカーのDVD向けとして引き合いが活発化している。

一方、GaN向けは日本における青色LED、青紫色レーザーの開発需要が追い風となり〇三年は前年より大幅増加する見込み。装置としては常圧で材料ガスが横方向から流れるSRシリーズをラインナップ。SR4000（二インチ×三枚）は日本向けが好調だ。

㈱日本イー・エム・シーは、オプトデバイス向けに展開している。同社は一九八〇年の設立で、これまでに三〇〇台以上の納入実績を誇る。台湾向けには数十台を納入済みだ。

今期は、改造や手直しが中心だが、〇四年は、四元系LEDや赤色レーザー向けを中心に今期以上の手ごたえを感じているようだ。

同社の装置は、フェースダウン方式を採用した自公転型。高歩留まり、高面内均一性が特徴。装置ラインアップは、一枚処理の「Episcollab」が研究開発用。量産装置は、数枚処理が可能の「Episolunison」、そしてガス供給・排気系が一つで、リアクターを二つ持つダブルチャンバーの「Epicharariot」を上市した。一インチ五六枚、二インチ一四枚、三インチ一〇枚、四インチ八枚、六インチ五枚処理が可能。また、アンモニア除外装置に触媒を使用し、これをワンパッケージ化している。同社では今後、本格的な受注活動を開始する。

㈱アセックは、九六年の設立。〇〇年は売上高一八億円を達成。その後は落ち込んだが、〇三年は一三億五千万円にまで回復する見通し。同社は量産向用に特化した独自のMOCVD装置を展開しており、これまでに二五台を出荷。台湾だけでも一一台の納入実績がある。

同社は「エピ技術を持ったMOCVD装置メーカー」を標榜。装置・プロセスにエピ結果をフィードバックしている。特にInGaPを得意とし、電子デバイス向けにはインチ対応の量産機を出荷するなど、技術的に世界トップを自負している。しかしここ三年はオプトデバイスに特化している。

製品は「ASEC－EFT」。三インチ一〇枚、二インチ二〇枚に対応する。フェースダウン方式で、ウエハーを反転させてリアクターに装着後、下部から下から反応ガスが出るタイプ。特に搬送ロボット技術に強みを持つ。

今後の戦略は、〇四年からGaN向けの強化を掲げており、国内向けを中心に本格的に参入する。〇四年の売上高として十数億～一二〇億円を展望。GaN比率を〇六年頃には四割程度にまで引き上げる。中長期では強誘電体デバイスも睨む。

古河機械金属㈱は、〇一年に同市場に参入した。六インチ・マルチ対応で、カセット・トゥ・カセット方式の全自動機や、面内及び面間の均一性を上げるため、ウエハーテーブルの回転速度をコントロールする機構などを装備した量産対応機。市場低迷期のあおりを受けたが、装置改造などで引き合いが増えてきたという。従って新規装置の商談も一～二年後に獲得できる感触を得ているという。

一方で、同社はGaN自立基板事業を開始した。これに伴い、自立基板用の薄膜GaN形成用としてMOCVD装置を立ち上げる。一〇〇〇℃の高温対応として、サセプターをSiCなどに変更し対応する。

同社はGaN自立基板を月八〇枚体制にする計画で、装置の最適化を進める。また、デバイス用GaN MOCVD装置として来秋にも展開することも視野に入れており、AlGaNなど三元成膜を可能にさせる。

㈱アルバックのMOCVD装置は、パウデックからの技術移転が完了、これに伴い受注活動ならびにサンプリングへの対応を加速させている。

同社はGaNターゲットを定め、装置は高温仕様としている。GaNのプロセス温度は一〇〇〇℃以上だが、実際は八〇〇～一〇〇〇℃を越えるAlGaNとの積層構造になるため、昇温に時間を要すると、界面劣化の原因になる。同社ではランプ加熱を採用し、一〇〇℃／分の昇温を可能とした。加熱部分を隔離してあるためにランプの劣化も回避した。

さらに、サーモカップルと放射温度計を用いた基板温度モニタリングによる温度均一性、ガスの流れや混合ガスのタイミングを最適化させるなど、装置・プロセスの安定性を高め、装置を完成させた。

装置は二インチ×六枚が搭載可能であり、前述の特徴により、成長レートは四μm／時を達成。同時に、高歩留まりで、結晶成長性を六枚ウエハー同時に実現している。同社では、装置性能は、競合他社と同等もしくは一部性能においては上回っているという。

現在、青色レーザー向けに注力。さらに対応基板のサイズを変えて、GaN電子デバイス向けも視野に入れている。現在の数件に及ぶ評価案件が来期以降ビジネスに結実するものと期待している。

㈱エピクエストは、MBEとMOCVD両方を手がける装置メーカー。八四年に発足した日新電機の事業部門を前身として二〇〇〇年六月に設立され、このほど累計一〇〇台目の受注を獲得した。これまでの出荷実績はMBEとMOCVDが約半分ずつ。MOCVDでは、すべての機能を二・三m角に収めた研究開発用装置「オール・イン・ワンCVD装置」を発売した。価格は五〇〇〇万円。二階建て構造により、プロセスユニット部、ガス制御部などを各部を低フットプリントに設置した。横型円筒石英リアクターを搭載し、二インチウエハーの枚葉処理ができる。高周波誘導加熱方式で最高一五〇〇℃まで加熱可能だ。その他、主なラインアップとして研究開発用「RH1001」、準生産用「SH3001」などのほか、SiC用「HTC3100」などがある。二〇〇三年度は五台の受注、売上高五億円を見込む。

MBE装置 各社の動向

ビーコインスツルメンツは、〇一年にアプライドエピ社を買収し製品ラインナップを拡大している。旧アプライドエピ社は八六年から市場に参入し、九二年には最初のR&D向け製品を出荷した。さらに先ごろ、米エムコア社のMOCVD装置部門を買収することにより、化合物半導体プロセス向け装置群を充実させた。〇三年九月には米ネソタ州セントポールに化合物半導体向けプロセスのR&Dセンター「プロセス・インテグレーション・センター」を開設。自社のMBE装置を二台導入しており、顧客とMBE試験など事業強化を進めている。

MBE装置は、R&D向けとして三インチウエハー／一〇種類材料に対応する「GE930」「GENII」と、「GENIII」（四インチ・一四種類材料対応）を揃える。量産向けには、四インチ四枚同時処理で、一四種類の材料に対応する「GEN200」と、六インチ七枚同時処理、一二種類の材料に対応する「GEN2000」などがある。

特徴は、業界唯一のクラスタツールアーキテクチャーを採用。MOCVDシステムを組み込むことも構想している。このほかに装置に内蔵するセル（各種コンポーネント）も販売している。

国内の販売体制については、装置を日本ビー㈱が、セルを㈱日本ビーテックがそれぞれ担当している。

リベールはプロダクション用のMBE装置に傾注しており、先ごろ、大型の装置を出荷し、トップシェアを獲得したという。最近では中国からの引き合いが増えているという。

アプリケーションでは、GaAs向けが多く、〇二年～〇三年にかけて、数台を出荷した。このうちパイロット用にも一台の出荷を果たした。同社は、今後GaNに特化する構えで、GaNの大型専用機を開発している。

化合物半導体以外のアプリケーションも伸長

㈱エピクエストのMBE装置は、パーソナルユースの「RC1100」、準生産用「RC2100」、量産用「PC3400」をラインアップしている。同社のMBEは、真空搬送室を中心にしたマルチチャンバーであるのが特徴。超高真空下で三六〇度搬送ができる三段アームロボットを自社開発し、装置の拡張性を実現している。蒸発源であるKセルも商品化しており、世界で唯一Si用高温Kセルの商品化に成功。現在はヒーターに代えて光で試料を加熱する光セル、試料の切替ができるデュアルセル、窒化物系アルミセルを開発中だ。二〇〇三年度は五台の受注、売上高五億円の見込み。来期は、新発売のVCSEL量産用酸化炉「VOX3001」などが売上に貢献するため増収を予測している。またエピウエハー作成の事業化を検討している。

㈱アルバックのMBE装置は、全自動装置でロード・アンロード、プロセス三室のチャンバーを擁するカセット・トゥ・カセットのクラスターツール化している。ロボットも自社生産だ。ただ現状はGaN実験用途が中心で、主に大学や都道府県が所有する地方研究所などに年五～一〇台程度出荷している。海外からの引き合いも目立っているという。

MRAMなどの磁性体材料研究においても引き合いが増えている。これは、膜形成や高い界面制御、スパッタと異なり、プラズマダメージがないことが背景にある。また、同社が発見した、強磁性と増幅特性を併せ持つGaMnNも呼び水になっている。

このほかに、ホール素子向けにも増えている。ホール素子は、バッファ層を形成し、厚膜のInSb層を形成するために、三室構成となっている。

同社ではMBEは潜在需要がかなりあるとみており、GaNなど化合物半導体に対応するとともに、GaMnN、GaAs量子ドット、ホール素子、MRAMもターゲットとする。

また、フランスニースのラボには、今年秋にGaNラボを開設している。

装置ラインアップとして、横型の「MBE32」は二インチ×一枚タイプで、これまでに二八〇台以上の実績を持つ。「コンパクト21」は二～三インチ×一枚の縦型量産装置で二〇台弱の実績、「Epinet」は、二×三枚、四×一枚で七〇台の実績を持つ。

そして大量量産機としては、「MBE49」は四インチ×四枚、「MBE600」は六インチ×四枚、「7000」が六インチ×七枚の仕様となっており、出荷はそれぞれ三五台、二〇台弱、数台を二〇〇〇年の化合物半導体のピーク時を中心に果たしている。

日本市場では、伯東㈱が同社の装置を販売している。その歴史は古く、七八年からで、累積出荷は一二〇台におよぶ。ここ最近はGaAsなどのほかに、ZnO向けの引き合いや磁性体材料にも出ている。

サーモVGセミコンが展開するMBE装置は、「V100」が二インチ×一二枚または四インチ×四枚。「V100」のマイナーチェンジで信頼性を向上、クオリティーを高めた「V150」は、六インチ×四枚の搭載が可能だ。R&D用は「V80」「V90」を上市している。米国大手電子デバイスメーカーなどをユーザーに持つが、今年は、設備投資が停滞しているあおりを受けて、数台の出荷に留まっている。

一方で、日本市場が堅調となっている。国内は丸文㈱が七〇年代から総代理店を務めており、これまでに研究開発用途の「V80」の四十数台を含め、トータル約一二〇台の納入実績を誇る。とりわけ今年はInSb積層構造向けに「V100」を数台受注している。

サーモVGセミコンはサーモエレクトロン社の子会社であるが、このほど、サーモエレクトロンは、VGセミコンをオックスフォードインストゥルメンツ社に売却することを決定した。オックスフォード社は化合物用エッチング装置などで定評がある。なお、日本での販売代理店は丸文が担当しており、従来通りVGの装置を販売する。