

効率と柔軟性が ますます向上するLED製造装置

キャロライン・ヘイズ

LED業界は2ケタ成長が続き、その焦点にも変化がみられるが、有機金属気相成長(MOCVD: metal organic chemical vapor deposition)装置市場は、緩やかな成長を続けている。この市場では、さらに効率が高く、さまざまな基板に対応する装置が登場している。

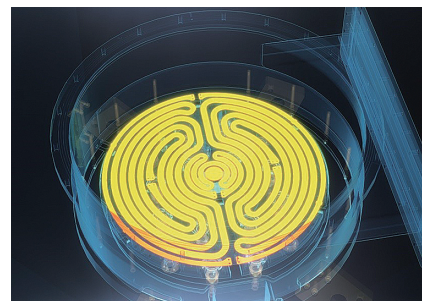
パワーLED部品市場は、携帯電話、コンピュータ、TVディスプレイから一般照明へと用途の範囲を拡大させている。それに伴って需要は高まっているが、LED製造のエピタキシャル成長に必要なMOCVD反応炉を製造する企業には、大きな影響は生じていない。販売の増加は緩やかだが、MOCVD装置メーカーはウエハレベルのエピタキシに必要な時間を短縮し、素子の均一性を高める方法を追究している。また、さまざまなウエハサイズに加え、LED分野で従来から一般的に使用されているサファイア以外の基板にも対応する反応炉が求められており、このニーズに対する取り組みも進められている。

米IHS社で首席アナリストを務めるジェイミー・フォックス氏(Jamie Fox)は、需要の高まりが注文の殺到につながる理由を次のように説明した。「LED需要が少しだけ増加したのならば、メーカーは既存の機械類によってそれに対応することができる。LED需要は大きく増加しているが、ほとんどの企業が機械類を追加せずに、生産効率を上げようとしている」。新しい装置のコストは高く、LEDの利幅は低いことが、LEDメーカーが慎重な姿勢を崩そうとしない要因になっている。フォックス氏は、MOCVD装置をほぼ100%で稼働している企業でさえも、およそ

200万ドルの設備投資を差し控え、市場において万一景気が低迷した場合に過剰設備のリスクを負うことを避けようとするケースが多いと述べた。

そのような中で大胆な一歩を踏み出した企業がある。中国のサナン・オプトエレクトロニクス社(Sanan Optoelectronics)だ。同社は最近、MOCVD装置への投資を決断し、最大規模の1つとなる発注を行った。GaN(窒化ガリウム)ベースのLEDを提供する中国大手の同社は、独アイクストロン社(Aixtron)製のMOCVDシャワーヘッドツールを50台発注した(納品は2014年第4四半期)。フォックス氏によると、アイクストロン社や米ビーコ社(Veeco)といったMOCVD市場の約90%を占める企業で、1四半期あたりの販売台数は通常2台であるという。アイクストロン社に対する大型発注により、中国最大のウエハおよびダイ製造企業であるサナン社の生産能力は高まることになる。また、このような大規模な設備投資は、受注が控えていることを確信していることの表れでもある。この動きを、西欧諸国の企業向けに最終製品を製造する中国企業への供給を確保し、「LED生産拠点」としての地位確立を目指す中国による取り組みの一環であるとする見方もある。

LEDs Magazineは4年前の1月に、中



ビーコ社の「EPIK700」は、センターインジェクションフロー「IsoFlange」と、均質なラミナーフローと均一な温度特性を実現するためのウエハコイル「TruHeat」を採用している。

国の複数の企業が複数台のMOCVD反応炉を数百万ドル規模で発注したことから、LED市場において供給過剰が生じる可能性を指摘する記事を掲載した(<http://bit.ly/1L4YXpS>)。その記事は、米ストラテジーズ・アンリミテッド社(Strategies Unlimited)のアナリストらによる調査結果に基づくものだった。その後、そのような動きは縮小傾向にあった。サナン社の発注は、時期的にアイクストロン社の最新業績結果には反映されていない。次回の四半期決算報告に含まれる予定である。

アイクストロン社は2014年第3四半期決算(2014年9月締め)で、1790万ユーロ(2030万ドル)の損失を計上した。損失額は、第2四半期の1060万ユーロ(1200万ドル)から増加している。電源管理製品など、同社のLED以外の技術に対する顧客の関心が高まっていると、同社は報告した。アイクストロン社は、同社のLED顧客は「業界における厳しい競争」に直面していると分析していた。

基板の選択肢

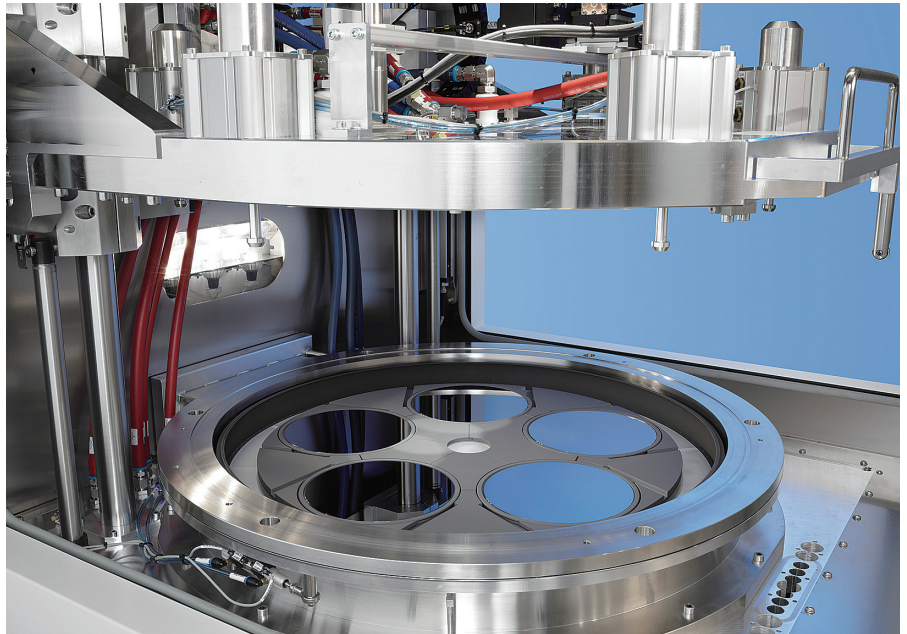
ストラテジーズ・アンリミテッド社によると、GaN LED市場は規模が大きく、2013年の市場規模は推定144億ドルで、2018年には259億8000万ドル相当に達する見込みだという (<http://bit.ly/10zl855>)。HISのフォックス氏は、GaN MOCVD反応炉の2014年の出荷台数を254台と見積もっている。そのほとんどがアジアに出荷されるという。

ほとんどの白色パワーLEDがGaNをベースとしており、その大多数がサファイア基板上で製造されている。その他に、GaN-on-SiC(炭化ケイ素)やGaN-on-Si(シリコン)もある。第4の選択肢は、中村修二教授が共同創設したLED企業である米ソーラー社(Soraa)が使用するGaN-on-GaNである。中村氏は、世界で初めて青色LEDを開発したことで、赤崎勇教授と天野浩教授とともにノーベル物理学賞を受賞した。青色LEDに蛍光体を加えることで、白色光が生成される (<http://bit.ly/1DCMmDS>)。

ウエハや基板のサイズには、かなりのばらつきがある。GaN-on-Siに取り組む新興企業は、8インチ以上の大型ウエハをターゲットとし、MOCVD反応炉におけるエピタキシャル成長の後の、製造のバックエンド工程において、主流の半導体ファブを利用したいと考えている。サファイアLEDメーカーは、2インチから4インチへと移行中で、将来的にはさらにサイズが拡大される見込みである。どの技術においてもエピタキシャル製造プロセスは似通っており、同じ蒸着方法が利用されている。

装置メーカーへの影響

ビーコ社でMOCVD技術および事業担当上級副社長を務めるジム・ジェンセン氏(Jim Jensen)は、多様な基板を使用する企業の数に変化が見られると述



アイクストロン社の「AIX G5+」は、200mm(8インチ)のGaN-on-Siウエハ上の均一性を実現する。

べた。同社の顧客には、独オスラム社(Osram)、台湾エピスター社(Epistar)、韓国サムスン社(Samsung)、韓国LG社、韓国ソウル半導体社(Seoul Semiconductor)などが名を連ねている。ジェンセン氏によると、LED分野の顧客の大多数(90%以上)がGaN-on-sap-phire(サファイア)を採用しているが、この5~10年の間にわずかながら移行が見られたという。GaNはコストが高いため、GaN-on-GaNを採用するのは「有効数として」まだわずか1、2社だが、GaN-on-Siについては、数年前には、研究開発は盛んだが製造はゼロであったのに対して、それよりも研究開発が減少し製造が増加していると氏は述べた。ただしそれでも、GaN-on-Siを採用するのはまだ2、3社に限定されるという。

シリコンは、多くのメーカーにとって費用対効果の高い選択肢である。前述のとおり、既存のIC製造設備と手法が利用できるためである。しかし、GaNとシリコンの格子の不整合によって、

不整合を補償するためのバッファ層が必要となる。これによって複雑さとコストが増す可能性があるが、シリコンウエハの初期コストが低いことと設備が再利用できることから、スケールメリットによって相殺が可能と考えられている。

現時点で、米クリー社(Cree)が単独で自社のGaN-on-SiC技術を推進する一方で、ソーラー社はGaN-on-GaNのLEDアーキテクチャを、「ほぼ完璧」な結晶構造を持つとして推進している。ウエハと成長層が同質であることから、LEDチップの出力密度を高め、より小さな面積でより多くの光を生成させることができる。

「GaNは興味深い」とジェンセン氏は述べた。「効率がよく、歩留まりが高く、最終的に輝度の高い素子が生成される。しかし、コストがあまりにも高すぎる」。価格に劇的な変化が生じて、サファイアの100倍というコストの問題が克服されるか、再利用の可能性が開けられない限り、利用が増加すること

はないと同氏は考えている。

GaN-on-Siの見通し

アイクストロン社は2年前、GaN-on-Si技術を採用する「AIX G5+」を発表した。AIX G5+は、200mm口径のウエハ5枚の処理に対応する、Planetary Reactor「AIX G5」向けのハードウェアおよびプロセス機能である。この機能は現在、AIX G5ファミリーの一環として提供されている。

アイクストロン社は、GaN-on-Siに力を入れている。アイクストロン社でマーケティング担当副社長を務めるライナー・ベッカード氏(Rainer Beccard)はAIX G5+を発表した際、GaN-on-Siは「将来の高性能で低コストな高輝度LED(HB LED)の製造に対する、非常に有望な候補」であると述べた。同氏はさらに、G5+によって200mm(8インチ)の標準シリコンウエハへと移行することが、次の論理的なステップであるとも述べた。「それによって、他にはないスケールメリットが得られるため」だと同氏は述べ、費用対効果の高い製造プロセスを実現する要素として、ウエハサイズと材料を挙げた。ウエハサイズが大きいほど、ウエハあたりのダイ数が増加し、所有コストは低下する。

歩留まりは、MOCVD装置市場において最も重要な問題ではない。最も優先されるのは、均一性である。それによって、光束と色情報が一致するLEDが得られるためである。つまり、均一性が高まれば生産性が高まり、製造コストは低下する。

AIX G5+を早期に導入した顧客からは、5枚すべての200mmウエハ上のパターンが完全に回転対称で均一であること、標準的な厚さのシリコン基板を使用すること、ウエハボックスの動作が



GaN MOCVDシステム「TurboDisc EPIK700」のレシピ設定を行うビーコ社のMOCVDエンジニア。

制御されていることが、「シリコン形式の製造に対してまさに求めているもの」という評価が得られている。200mmのGaN-on-Siウエハ上で均一なパターンが得られることは、技術開発における成功の証とみなされている。

ビーコ社も、均一性と生産能力が最優先事項であると述べている。同社のGaN MOCVDシステム「TurboDisc EPIK700」は、前世代の装置の2倍以上の生産能力を誇る。反応炉1台または2台の構成で提供されており、各反応炉に4インチウエハを31枚収容することができ、反応炉2台構成のモデルで合計61枚のウエハが処理可能である。8インチウエハの場合は、反応炉1台あたり6枚、2台モデルで12枚に対応し、6インチウエハの場合は、1台あたり12枚、2台モデルで24枚に対応する。ウエハ均一性の改善、運用コストの削減、生産性の向上によって、前世代装置と比べてウエハ1枚あたり最大20%のコストが削減可能であると同社は見積もっている。

一般照明市場

一般照明分野においてLEDへの移行が進んでいることも、MOCVD装置メーカーに影響を与えている。一般照明用LEDでは、進歩に伴って、効率的な設備投資、所有コスト、性能(スループッ

トと均一性)が求められているとジェンセン氏は述べた。同氏はこの状況を総括して、「資本の効率性、1ドルあたり1日あたりのウエハ(で算出される)」と述べた。

「顧客は常に、供給メーカーに対して均一性の改善を求め、スペックの向上を求める」とジェンセン氏は付け加えた。これは1つの公式で表されるものではないと同氏は述べた。使用するプロセスに応じて、均一性を割合で測定する顧客もいれば、標準偏差や波長の均一性で測定する顧客もいる。EPIK700は、基板とディスクに対するガスのフローを制御するためのセンターインジェクションフロー技術「IsoFlange」と、温度を制御して、ウエハキャリア全体にわたって均質なラミネーターフローと均一な温度を実現するためのウエハコイル「TruHeat」の両方を採用している。

比較的最近のもう1つの変化は、ウエハサイズに関する動向である。「5年前は、主流は2インチで、4インチが登場しつつあり、一部で6インチ(ウエハ)が採用されている状態だった。現在では、6インチウエハがもう少し増加し、主流は4インチでおそらく40%を占め、5%弱を8インチのGaN-Siが占めて、残りが2インチという状態になっている」とジェンセン氏は説明した。

ウエハサイズが変わり、MOCVD装置に調整が必要になるかもしれないが、装置メーカーは、ある程度成熟したこの市場で予測されるペースに合わせて変化を導入することもしている。消費者主導のエンド市場における価格競争に参戦しつつ、資本効率を最大化しようとする顧客の最終的な目標が、この市場を左右する。

著者紹介

キャロライン・ヘイズ(CAROLINE HAYES)は、LEDs Magazineの寄稿記者。