供給と需要のバランスをとる サファイアウエハ

ティム・ウィティカー

2010年のサファイアウエハの価格は、特に2インチウエハで著しく上昇したが、結晶成長メーカーは生産能力を追加し、LEDメーカーは大口径ウエハに注目している。

図1 ルビコン・テクノロジーズ社の社長兼CEOのラージャ・パーヴェツ氏とOFOウイリアム・ウィスマン氏が、イリノイ州バタビアにある同社の新工場で生産された最初のサファイア・ブールを祝福している（www.ledsmagazine.com/news/7/12/4）。

窒化ガリウム（GaN）系LEDチップの大部分はサファイアウエハ上に成長した半導体層から作られる。この1年の間に、2インチサファイアウエハの価格はさまざまな理由によって激しく上昇した。米ヨール・デベロップメント社（Yole Development）のアナリストを務めるエリック・ヴィレー氏（Eric Virey）は、「現在、2インチウエハの単位面積当たりの価格は、本質的には4インチに匹敵している。LEDメーカーが4インチへ移行すれば、MOCVD（有機金属化学気相成長）装置の所有コストも著しく改善されることになり、4インチへの切り替えを加速する強力な誘因になる」と語っている。

ヴィレー氏によると、2010年の第4四半期における2インチサファイアの価格は、前年同期の約11ドルに比べると、ユーザの購買力にもよるが、約24～30ドル強の範囲に上昇した（**図2**）。

米ルビコン・テクノロジー社（Rubicon Technology）などのサファイアメーカーは最近の価格上昇の恩恵を受けている（www.ledsmagazine.com/news/7/12/4を参照）。ルビコン社のCEOを務めるラージャ・パーヴェツ氏（Raja Parvez）は、2009年の不況の間は、サファイアメーカーの見地からは耐え難いほど大きく値下がりしたと語っている。つまり、最近の値上がりの一部は市場の反発によるものだが、とくに2インチウエハでは供給と需要のバランスが崩れたことも一因になっている。最近、MOCVD装置は、とくに中国と台湾で大量に生産能力が追加されてお

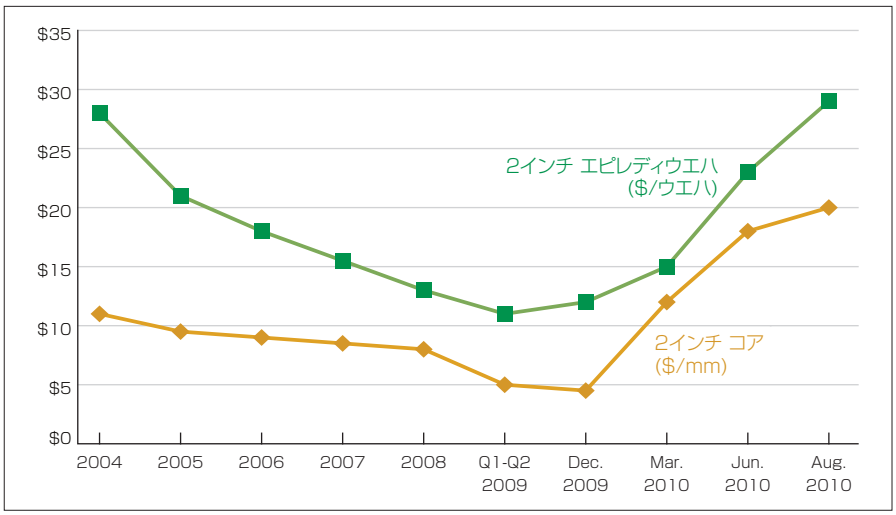

図2　最近の2インチサファイアコア材料とウエハの価格動向を示している（エピレディとはエピタキシャルMOCVD成長にそのまま使える材料）。　（出典：ヨール・デベロップメント社）

り、このことが2インチウエハへの強い需要を作り出している。また、いくつかのサファイアメーカーは4インチウエハを推進し、4インチの生産量を増やしている。これが結果的に入手可能な2インチウエハを減少させている。

ヴィレー氏は、現在の需要と供給はほぼ釣り合い、価格は頭打ちになったと考えている。彼は「3月以降は、再び[需要]が急速に増加し、サファイアの供給はきつくなっているはずだ。一方で、非常に多くの新設備も稼動しようとしている」と語っている。これにはルビコン社やロシアのモノクリスタル社（Monocrystal）などの大手メーカーに加えて、ルビコン社よりも高い生産能力を公言する韓国のサファイアテクノロジーズ社（Sapphire Technologies）など比較的新しい参入企業の生産設備も含まれている。また、ヴィレー氏によると、台湾も大規模な生産能力を稼動させようとしている。

彼は「2011年上半期の供給は若干きつくなるが、価格のさらなる上昇は起こらないだろう。下半期になると、生産能力が拡大し、価格は低下し、2インチのエピタキシャル成長前処理済み（エピレディ）ウエハの価格は14～15ドル近傍に落ち着くだろう」と語っている。

サファイアのサプライチェーン

サファイアのサプライチェーンには結晶成長から始まるいくつかの段階がある。結晶、すなわちブールはくり抜かれ、円形断面をもつ材料コアになる。このコアはマッピングされ、結晶欠陥のある領域は除去される。コアはスライスされて薄い円形ウエハになり、研磨されてエピタキシャル成長用の基板になる。

供給の制約は結晶成長の段階に起こるため、メーカーは設備を追加して生産能力を増強しなければならない。例えば、ルビコン社は最近、新しい生産工場をイリノイ州バタビアに開設したが、現在は、この工場に多くの新たな結晶成長炉を導入している。これらの導入が完了すると、この新工場はルビコン社の生産能力を2倍に、つまり2インチ換算500万枚の年産能力に拡大すると期待されている。

他の多くの結晶成長メーカーと同様に、ルビコン社は特許を取得した独自の装置を自製し、工程を十分に理解しているため、新しい成長炉も比較的迅速に稼動させるはずだ。しかし現在、成長炉は、米GTソーラー社（GT Solar）、米サーマルテクノロジー社（Thermal Technology）、米ARCエナジー社（ARC Energy）などの会社からターンキー装置として購入することもできる。例えば、2010年12月に、GTソーラー社は中国の二つの会社から成長炉を大量に受注したと発表し（www.ledsmagazine.com/press/28616を参照）、サーマルテクノロジー社はキロプロス法による結晶成長炉を製品化している（www.ledsmagazine.com/press/28768を参照）。

しかし、これらの装置が立ち上がり稼動するには、どれほどの期間が必要になるのだろうか？ ヴィレー氏は「それは会社の経験とインフラに依存する。数年前よりも市場への参入に時間を要しないことは確かだが、確実に参入できるとは限らない。多くの会社が参入に必要となる時間を過小評価している」と語っている。

さらに考慮すべきことは、結晶成長用の原材料の入手可能性だ。サファイアの場合、ペレットやマイクロビーズなどの適切な形状の高品質（高純度）アルミナが必要になる。ヴィレー氏は「原材料には8～10社ほどのメーカーがあり、最近は多少値上がりしたが、供給不足になるとは考えられない。大手メーカーは生産能力を増強しているため、解決を要する問題があるとは思えない」と語っている。

6インチウエハへの移行

すべての大手LEDメーカーが150

mm径（約6インチ）サファイアウエハへの移行の利点を検討し、挑戦を開始したわけではないが、多くの場合この動向は確実なものではない。ヴィレー氏は「LEDメーカーは、所有コストの利点が明瞭に実証されてはじめて6インチへの移行を始めるだろう」と語っている。

ルビコン社は、韓国のLGイノテック社（LG Innotek）をはじめ、6インチウエハ生産の最前線にある複数の企業から、12ヶ月で7100万ドルにのぼる6インチサファイアウエハを受注した。しかし、LGイノテック社は大型ウエハの使用による問題を抱えているとの噂もあり、その生産量も明らかではない。最近、米フィリップス・ルミレッズ社（Philips Lumileds）は、カリフォルニア州サンノゼ市とシンガポールにある同社のウエハ加工工場において、毎週「数百万個のGaN系LED」を150mm基板上で生産していると発表した（www.ledsmagazine.com/news/ 7/12/13を参照）。その他にも、レクスター・エレクトロニクス社（Lextar Electronics）は、加工済みの6インチ径のLEDウエハから青色発光を実証した台湾で最初のメーカーになったと主張している（www.ledsmagazine.com/news/8/1/7を参照）。また、米クリー社（Cree）はノースカロライナ州に150mmウエハの加工工場を建設し、認定された最初の製品の生産を2011年6月末までには軌道に乗せると述べている。当然のことだが、クリー社はサファイアではなく、炭化ケイ素（SiC）の150mm基板を使用している。

図3　最近、モノクリスタル社は10インチサファイア基板を実証した（www.ledsmagazine.com/press/28724）。

最近までは顧客が存在せず、仕様（特に厚さ）もなかったため、6インチサファイアの価格は480～600ドルの広い範囲にばらついていた。ヴィレー氏は、サファイアメーカーには6インチウエハの価格をLED市場にとって最適な価格帯に引き下げる余裕は十分にあると考えている。6インチウエハは2インチウエハの9倍の面積をもつが、はるかに厚く、2インチウエハの0.43mmに対して、1.0～1.5mmになる。このことは6インチウエハの体積が2インチウエハの約30倍となり、結晶当たりのウエハ数が減少することを意味している。ヴィレー氏は「大きなウエハを作ると、コアを穴あけして欠陥を除去するときの柔軟性が減少し、歩留りが低くなる」と語っている。

大手結晶メーカーにとっては、ウエハの大型化は非常に大きな結晶を成長させ、妥当な歩留りでウエハを切り出すことができるため、メリットがある。例えばルビコン社はすでに85kgの非常に大きな結晶の成長を実証している（**図1**）。その一方で、モノクリスタル社は最近、超大型の10インチ、C面、エピレディのサファイア基板が提供可能になったと発表した。しかし、今のところは、このような大型ウエハによる生産をLEDメーカーがすぐに始める気配はない。 LEDJ