

# 窒化アルミニウム 深紫外LEDの展望

井上 憲人

最近発表された調査会社のレポートによると、「深紫外LEDの世界市場は、CAGR 56%で成長し、2016年の2800万ドルから2021年には2億5700万ドルに達する」(LEDinside)と言う。このように深紫外LEDは、成長トレンドに乗っていることもあり、LED Japan 2016で行われたCrystal IS社のセミナーは超満員となっていた。

## 深紫外LEDブームと言われる現状

Crystal IS社は、LED Japan 2016会場のセミナーエリアで、「深紫外LED殺菌システム設計のヒント」と題するプレゼンテーションを行った。プレゼンターは、同社LED研究開発担当副社長、戸坂真人氏。このセミナーは、人気セミナーの1つで、聴講者が座席を埋め尽くし、立ち見聴講者が会場外にあふれるほどの盛況だった。

盛況の理由の1つは、業界アナリストが、「深紫外LED市場はブームに近づきつつある」と指摘するほど、市場がホットになってきていることである。フランスの市場調査会社ヨール・デベロップメント社(Yole Développement)のアナリストは、「深紫外LED産業は、まだ小さいとは言え、劇的な価格下落により力強い成長が次の18カ月に予測されている」と分析している。

市場予測については、調査会社による数字の開きがあるので、ここではこれ以上立ち入らないことにしておく。

Crystal IS社のセミナー盛況のもう1つの理由は、同社の技術が注目されていることがある。Crystal IS社は、1997年に設立、2011年に旭化成に買収された。注目されるCrystal IS社の技術とは、窒化アルミニウム(AIN)基板を使用していることである。同社の競合メーカーには、サファイア基板を使用

しているところもあるが、発光領域にAlGaN材料を用いると、基板材料の差が明確に現れると言う。これについては、マーケティング担当副社長、ベン・ジェイミソン氏のコメントを見ておこう。

## AIN基板の優位性

基板の違いがLEDチップにどのように現れるかについて、ジェイミソン氏は、波長と出力に関連付けて説明している。

「Crystal IS社は、創業以来基板にAINを使用している。他社は、サファイア基板を使用している。サファイアは、長波長には適している。非常に安価であり、UVA、UVBには適しているが、UVCのような短波長になると問題が生ずる。AINは、短波長でハイパワーであり、寿命は長い」(図1)。

UV LEDの波長による分類は、UVA(315~400nm)、UVB(280~315nm)、UVC(200~280nm)となる。同氏の説明は、Crystal IS社のAIN基板を使用するUV LEDは、短波長、つまりUVCで優位性があるという主張である。この主張は、同社が2016年に製

品化したKlaranで実証されている。Klaranの特徴の1つは、ハイパワーであることだが、この点について同氏は、「AIN基板とサファイア基板との差は、基板の上のレイヤとの関係に現れる。AIN基板では、サファイア基板と比較してディスロケーションの発生が5倍少ない。結果的に、LEDの効率が向上する。したがって、AIN基板の方が高出力であり、長寿命、短波長である。ただし、寿命はアプリケーションに依存する」と話している。

ディスロケーションとは、基板とその上のレイヤとのズレを指しており、格子不整合のことである。

さらに同氏は、「サファイア基板でも短波長化できるが、その場合はパワーで妥協しなければならない」と指摘する。「競合の場合の出力は、265nmで12.5mW、285nmでは30mW。Crystal IS社は、殺菌力のある25~30mWを出力する。われわれは波長を測るのではなく、殺菌力のあるパワーを計測している。殺菌の場合、パワーが高いほど殺菌に要する時間は短い」。

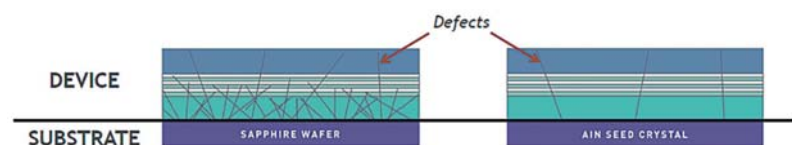


図1 基板をAINとすることで、深紫外LED(250nm~280nm)は欠陥の少ない格子整合デバイスになる。これにより、高出力、長寿命が可能になる。

「殺菌力のあるパワー」については、戸坂真人氏のセミナーの方が分かりやすいので、以下ではそちらに目を向けよう。

## 殺菌のメカニズムと殺菌力

殺菌とは、「微生物のDNAを破壊して繁殖できないようにする」と考えればわかりやすい。Crystal IS社の製品、Klaranに関連して「DNA非活性化に調整した発光」で、次のように説明されている。

「UV消毒では、250~280nm(UVC)が細菌のDNAを破壊して繁殖できない状態にする。バクテリアへの作用スペクトルは一般にピーク波長265~267nmと報告されているが、波長の感度は多数のバクテリアやウイルス株で異なる可能性がある。従来のラボ水殺菌システムは、低圧水銀ランプでDUV波長を利用するものだった。このような単色光源は、253.7nmのディスプレイ波長で発光する。DNA破壊に十分な発光があり、過去数十年にわたり業界標準であったが、253.7nmは最適な殺菌波長ではない。

低圧水銀ランプと異なり、深紫外LEDは特定領域全体で連続発光する。Crystal IS社の深紫外LEDは殺菌効果曲線にオーバーラップしてより効率的な殺菌ができるように調整されているのが大きな特徴である」。

殺菌波長を発光する光源はいくつかある。低圧水銀ランプ、中圧水銀ランプ、LED、キセノンフラッシュランプ、重水素放電管。これらのUV光源について、セミナーと同社の「殺菌パワー」の説明では、違いが次のように説明されている。

「低圧水銀ランプは単色、この253.7nmは細菌の吸収スペクトルとピーク吸収以下で交差する。したがって低圧水銀ランプは、効率的なDNA非活性化に適さない。一方、中圧水銀ラ

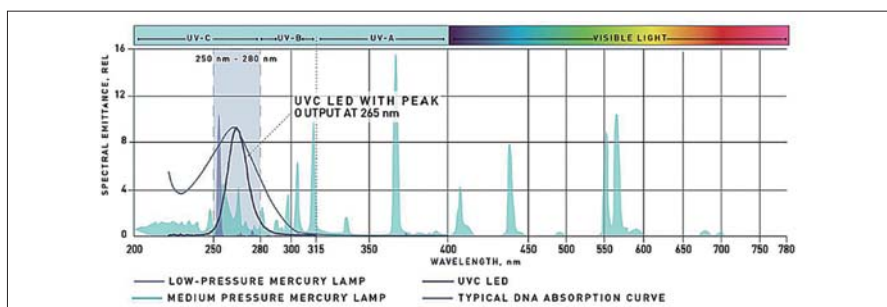


図2 殺菌システム向けの光源。狭い殺菌範囲にわたり固体LEDの連続スペクトルの反応は、従来の水銀ベースの単色出力、多波長出力とは大きく異なる。ジェイミソン氏が「われわれは波長を測るのではなく、殺菌力のあるパワーを計測している」と説明していることの意味が、この図でわかる。

ンプは多波長であり、多くの波長にわたり発光するが、すべての発光波長が殺菌目的で使用できるわけではない。水銀ランプシステムは殺菌に有用ではあるが、その出力は水銀の反応メカニズムによって規定され、最大効率を提供できない。

深紫外LEDが殺菌アプリケーションで人気が出てきている。小型、簡単なDC駆動、ローパワー動作、環境に優しいなどの理由である。深紫外LEDの発光は規定範囲で連続スペクトルである。発光ピークは、その範囲内にあり、一般に殺菌に最適化するために最も重要な波長の最大オーバーラップに調整できる(図2)。

セミナーでは、「UVC強度の重要性」についてログリダクションで説明している。システム設計は、標的とする細菌に固有のログリダクションを達成する目標用量となる。「UV量=強度×時間」だからである。ジェイミソン氏が、「殺菌の場合、パワーが高いほど殺菌に要する時間は短い」とコメントしていることの意味は、この式の中にある。ハイパワーであれば、短時間で殺菌できる。12.5mWよりも30mWの方が短い時間で殺菌できる。

ログリダクション(Logarithmic Reduction)とは、「対数減少・縮小」。したがって、ログリダクションは、「細

菌が物理的に除去される、あるいは所与のプロセスで非活性化されるパーセンテージに関係している。例えば、1ログリダクションは、関心の病原体がUV殺菌前の影響レベルから90%減少する場合。細菌の数は1/10に減少、つまり1ログ減少する。2ログでは、99%減少。つまり1/100。3ログでは99.9%、つまり1/1000に減少することを示している。

LED Japan 2016で行われたセミナーとマーケティング担当副社長、ベン・ジェイミソン氏のコメントにしたがい、Crystal IS社の製品、主にKlaranに関わる要諦を見てきた。Crystal IS社には、これ以外に測定器向けのOptanという製品もある。

Crystal IS社のUVCの特徴は、AIN基板であったが、調査会社の中には今後AIN基板を採用した製品が他のメーカーからも発表されると見ているところもある。水銀ランプに対して深紫外LEDの優位性、所有コスト、デザインの柔軟性、発光波長などにより、今後深紫外LED市場のプレイヤーが増加すると見られている。現在、UV LEDの中でUVCは、10%程度のシェアであるが、UVA、UVBに比べ、UVCの成長率が高い。競争激化と価格低下により、深紫外LEDの市場浸透度は、一段と増加するものと思われる。LEDJ