実用可能な深紫外LED開発

殺菌に優れた波長で高輝度
理研と埼玉大が共同で実現

―1年以内に出力1桁アップの見通し―

理化学研究所フロンティア研究システムの平山秀樹チームリーダーらは、埼玉大学理工学研究科の鎌田憲彦教授らと共同で、実用可能なUV―C（深紫外）領域の発光ダイオードを開発し、殺菌に最も有効な波長260ナノメートルで市販発光ダイオードと同等の輝度を実現することに成功した。1年以内には、出力を1桁上げられる見通しだという。科学研究費補助金特定領域研究で行われたもの。

紫外光（波長200～400ナノメートル）いわゆる紫外線は、健康的な小麦色の肌を作るUV―A、オゾン層の濃度によって変化し皮膚ガンの原因にもなるUV―B、地上にはほとんど届かないがDNAを破壊するUV―Cに分けられる。UV―Cは生命体には有害だが、殺菌や殺虫だけでなく、ダイオキシンやPCB等の公害物質の分解などにも活用できる有用な光だ。

現在、低圧水銀灯がUV―Cを活用した殺菌灯として用いられているが、寿命が短く、水銀を出すなど環境負荷がかかることなどから、窒化物半導体を使った深紫外発光素子の開発が求められている。AlGaN系材料を使えば、波長200～360ナノメートルという広い波長範囲の深紫外光を低消費電力で実現し、寿命も数年間と長い上、環境にも無害な素子が実現できる。

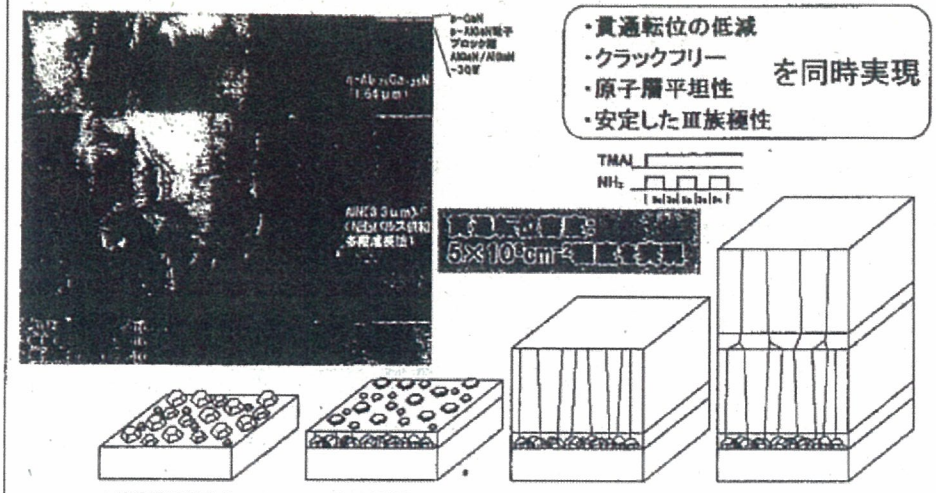
この深紫外LEDの開発については、理研、NTT、サウスカロライナ大学がしのぎを削っているが、最大でも2～3％程度の発光効率しか実現できていなかった。AlGaNの紫外発光効率が悪いのは、下地になっているAlN結晶に欠陥が多く、結晶性が悪いためだ。

高品質のAlN結晶を実現するため、研究グループは、アンモニアパルス供給多層成長法を開発した。平山チームリーダーが学生とともに様々な結晶成長法を試しているとき、偶然思いだしたものだ。有機金属気相成長法（MOCVD法）を活用したもので、Al材料ガスを連続供給し、アンモニアガスをパルス供給することで、AlNを結晶成長させていく（欠陥が少ない）。さらに、Al材料ガスとアンモニアを両方連続供給する連続供給成長AlN層と、アンモニアのみパルス供給するパルス供給成長AlN層を交互に成長させ、多層のAlN層を作製する（原子レベルで平坦になる）。

研究グループは、このアンモニアパルス供給多層成長法を用いて、Alの貫通転位密度（欠陥）を、従来の数十分の一に低減させることに成功した。この手法で作製した高品質AlNバッファー層の上に、深紫外発光するAlGaN発光層を形成したところ、発光効率が従来の50倍程度に増加した。さらに、LEDを作製して発光の最短波長を測定した結果、これまでAlGaN系LEDで報告されている最短波長である227・5ナノメートルのシングルピークを確認。出力は0・15ミリワット程度。

これまで、AlNを発光層とした波長210ナノメートルのLEDをNTTが開発しているが、出力は0・02ミリワットと小さく、今後の高効率化も難しい。そのため、今回開発したLEDは、今後実用可能な最短波長LEDといえる。

さらに研究チームは、殺菌に最も抗力の高い250～270ナノメートル波長帯において、253ナノメートルで1ミリワット、261ナノメートルで1・65ミリワット、273ナノメートルで3・3ミリワットと、室温連続動作で市販のイルミネーション用LEDと同等レベルの発光出力を実現した。このままでも殺菌灯として利用できるという。

平山チームリーダーは「今回の結果はまだ実験の初期で改善の余地がある。AlNバッファー層の高品質化、光取り出し効率の向上など、様々な改善を加えることで、1桁、2桁の出力向上が見込まれます。少なくともAlNバッファー層の改善だけでも1年以内に1桁性能向上が期待できる」と話している。

高品質・窒化アルミニウム（AlN）結晶の作製
アンモニアパルス供給多層成長法により実現