



応用物理学会春季学術講演会 注目講演プレスリリース

2023年 3月 13日

スパッタアニール AIN を用いた波長 230 nm 帯 UV-LED の開発
Development of 230 nm Wavelength Range UV-LEDs on Sputtered and Annealed AIN

紫外光LEDで実現する、 未来の「殺菌・消毒デバイス」

三重大学研究基盤推進機構¹，三重大院地域イノベ²，阪大院工³，阪大電顕セ⁴，三重大院工⁵，東大生研⁶，スタンレー電気⁷

上杉 謙次郎^{1,2}，市川 修平^{3,4}，肖 世玉⁵，正直 花奈子^{3,5}，中村 孝夫^{5,6}，土谷 正彦⁷，小島 一信³，三宅 秀人⁵

E-mail: k.uesugi@opri.mie-u.ac.jp

【発表概要】

- ・ 「スパッタアニールAIN」によって、細菌等を不活化する、波長が260 nmから280 nmの高機能UV-LEDを、低コストで実現。
- ・ UV-LEDで、人体に損傷を与えることのない波長 220–230 nm を実現。
- ・ 将来的な社会の殺菌・消毒のインフラとなる可能性を持つ基礎技術である。

三重大学研究基盤推進機構の上杉謙次郎氏らによる研究グループは、細菌やウィルスの不活化が可能な遠紫外光を発生させるUV-LEDを開発した。独自の手法「スパッタアニールAIN」によって、細菌等を不活化する波長が260 nmから280 nmのUV-LEDを実現。さらに人体に損傷を与えることのない波長 220–230 nm を実現した。家庭用と同等の電源で動作し、低コストであり、非接触で殺菌・消毒が可能な同技術は、まさに「未来の殺菌・消毒デバイス」だ。

【詳細】

“光る殺菌・消毒”その現状と課題

公衆衛生における全世界的な危機であった新型コロナウイルスのパンデミック以降、世界中で殺菌・消毒は社会のインフラとなった。しかし既存の殺菌・消毒の方法は液体の消毒剤に大部分を依存している。液体の消毒剤は、それ自体が非常に大きな体積を持つことと、人体に使用する際、噴霧器周辺に消毒液が付着するため清掃コストが高いこと、さらに交換コストの面からも運用管理がしづらいという欠点があった。

三重大学 研究基盤推進機構の上杉謙次郎氏らによる研究グループは、細菌やウィルスの不活化が可能な遠紫外光を発生させるUV-LEDを開発した。紫外線が細菌のDNAに当たると、一部のDNAの結合が壊れ、増殖することができなくなる。これが紫外線による細菌の不活化である。

これまでに水銀ランプが細菌やウィルスの不活化が可能な紫外光源として使われてきた。しかし水銀ランプは254 nmという決まった波長しか出すことができず、デバイス自体が大きい（数cm～数十cm）。さらに高電圧でしか動作せず、高コストで、環境負荷も大きいというデメリットがある。

「波長が260 nmから280 nm程度の紫外光を発生させるLEDは既に製品化されています。しかし、市販されているこの波長帯のUV-LEDは出力が低く、デバイスの価格が高いという点が社会実装の障壁になっていました。そこで独自の薄膜結晶成長技術を使い、高機能で安価なUV-LEDの開発を行いました」（上杉）

1700°Cの高温アニールが、結晶欠陥を解消

開発にあたって、上杉氏らの研究グループが着目したのは半導体結晶の中に存在する欠陥、「貫通転位」だ。LEDを構成する窒化物半導体は、貫通転位が少なく、原子がきれいに並んでいるものが高出力・高効率だ。したがって貫通転位を減らすほど、電力を効率よく紫外線に変えることができる。

半導体製造では、結晶の基板（ウェハ）上に、「薄膜結晶成長技術」によってn型層、発光層、p型層の結晶の薄膜を成長させ、基板をカットして半導体チップを作製する。その際、半導体の欠陥である貫通転位を減らし、高性能化するためには、基板に、欠陥の少ない「窒化アルミニウム（AlN）自立基板」を用いることが知られている。「窒化アルミニウム（AlN）自立基板を用いれば、高機能化は可能です。しかし2インチの基板1枚だけで数十万円のコストがかかることから、低コスト化が実現できません」（上杉）

基板の金額を下げ、低コスト化するには、安価な工業用サファイア基板を使うことが挙げられる。基板自体の価格は窒化アルミニウム（AlN）自立基板の100分の1程度に下げられる。しかしサファイア基板を使う場合、サファイア基板の上に窒化アルミニウム（AlN）のテンプレートを積層し、結晶成長をすることになる。結晶構造が異なるものを積層する弊害として、非常に多くの結晶欠陥が発生し、LEDの性能が落ち、高機能化を実現できない。

そこで上杉氏らの研究グループが提案した手法が、低価格と高性能を両立する「スパッタアニールAlN」だ。同研究グループは、成膜技術にスパッタ法を採用した。スパッタ法は大面積のディスプレイを作る工程などで使われている成膜技術だ。しかし半導体結晶を作る点では、一般的な有機金属気相成長法（※）よりもはるかに結晶欠陥が多い。「そこで私たちは、成膜した後に1700°Cで高温アニール（熱処理）しました。こうすることで、スパッタ法で成膜する際に発生した結晶欠陥が解消され、非常に高性能な薄膜ができあがりました」と上杉氏は話す。

通常、1700°Cもの温度にさらされれば、サファイア基板自体や窒化アルミニウム（AlN）の薄膜が熱分解を起こし、損傷してしまうが、2枚の基板を向かい合わせる独自の「Face-to-Face配置」により、熱分解をおこさずに結晶欠陥のみを解消できる手法を確立した。「スパッタアニールAlNでは、一般的な有機金属気相成長法よりも遥かに薄い薄膜でも結晶欠陥を減らせます。薄く、さらに結晶欠陥も少ない薄膜を実現できるというところに、スパッタアニールAlNのメリットがあります（図1）」（上杉）

未来の殺菌・消毒デバイスにむけて

同研究グループがスパッタアニールAlNによって実現したUV-LED（図2）は、家庭用と同等の電源があれば動作する。非接触で殺菌・消毒できることから衛生的で、従来の水銀ランプに比べ遥かに低コストであり、自然にも優しいという特徴を備えている。

こうした特徴からその応用領域は多岐にわたる。たとえば、食品に照射すれば腐敗を遅らせることが可能だ。先進国の多くで問題になっている、フードロスの問題へのソリューションになる可能性がある。また清潔な飲料水の調達に課題がある途上国で浄水システムを構築できる可能性もあるだろう。同研究グループは現在、UV-LEDで人体に損傷を与えない波長 220–230 nm を実現している。人間に直接照射しても無害であるという利点は、さらに応用の幅を拓けるだろう。まさに「未来の殺菌・消毒デバイス」だ。

「従来の窒化アルミニウム（AlN）自立基板に比べ、サファイア基板とスパッタアニールAlNによるものはコストを10分の1程度に抑えることができます。今後は水銀ランプをUV-LEDに置き換えるメーカーや、高付加価値の殺菌・消毒装置を開発するメーカーなどへの展開を見据えています」（上杉）

【注釈】

※有機金属気相成長法 MOVPE化合物半導体を作製する際に、一般的に用いられている結晶成長法。原料に有機金属を含む混合ガスを用いる成長法であり、光デバイスの量産における基幹技術でもある。

【図】

	市販のUV-LED (AlN自立基板を使用)	市販のUV-LED (サファイア基板を使用)	三重大学の独自技術
UV-LED 素子構造 模式図			
性能	○	× 結晶欠陥が多い	○
価格	× AlN自立基板は高価	△ 結晶成長工程が複雑	○

図1 既存のUV-LEDと本研究との比較

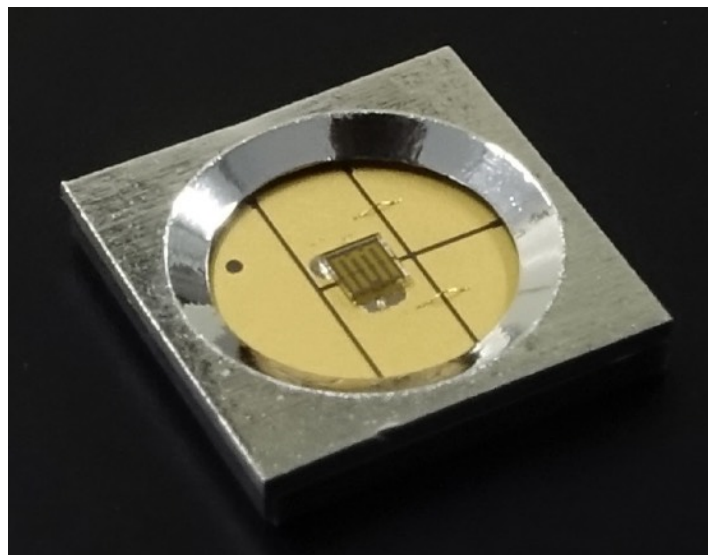


図1 試作されたUV-LED