

マイクロプラズマ励起大面積高出力深紫外発光素子 (MIPE) について

1. 深紫外光とその活用

深紫外光とは、200～350nmの波長域の光を示し(図1) 半導体を用いて発生させることができる最短波長領域である。この波長域の光はDNAとの相互作用が強く、インフルエンザウイルスやノロウイルスあるいはカンジタ等の真菌類の殺菌や無害化に有効で、遺伝子の耐性化を伴わないクリーン殺菌として水や動植物の殺菌、病院や家庭での空気殺菌や器具殺菌に有効であるばかりでなく、難分解物質の分解や化学物質の合成等への応用、医療応用など広い分野での活用が期待されている。従来これらの応用は、主に水銀ランプを用いて行われてきたが、水銀ランプは波長が可変でなくまた寿命も短い等の問題があるばかりでなく、水銀自体が環境に悪いため国連の水銀条約(水俣条約)により2013年からその使用が規制され、2020年にはその完全使用禁止の方向で動いている。深紫外光源の市場は世界でおよそ1000億円と言われており、現在、水銀ランプのシェアはその9割以上を占める。そのための代替光源の開発が緊急不可欠であり、また新しい概念の代替光源を開発することにより、新しい産業の創出が可能となる。

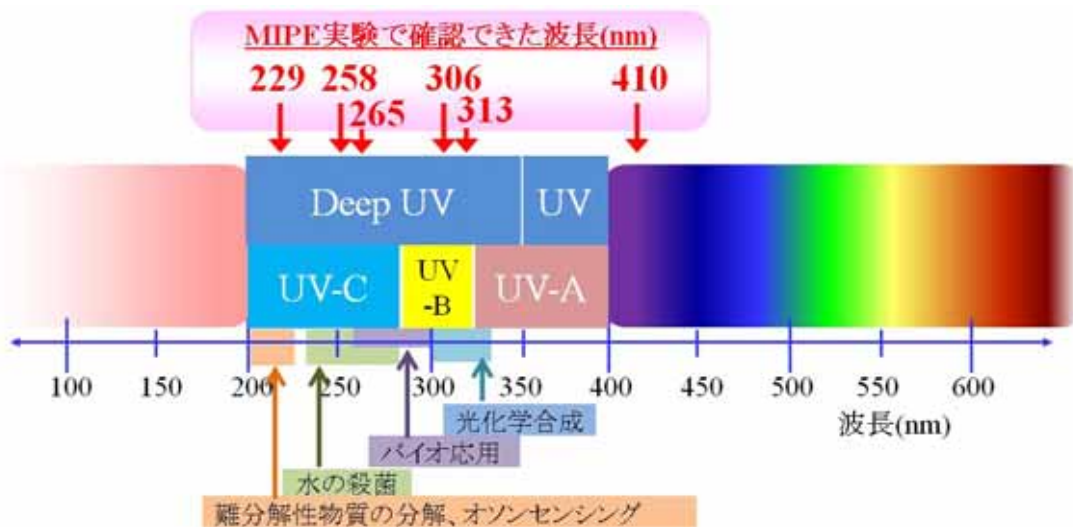


図1 深紫外の波長域とその応用並びに MIPE で実現できた波長

2. ダイナミックマイクロプラズマ励起深紫外発光素子 (MIPE)

従来の水銀ランプにとって変わる深紫外発光素子として AlGaIn を用いた電流注入型深紫外半導体発光素子 (深紫外 LED) が開発されている。ところが、この深紫外 LED の作製に必須である p 型 AlGaIn は、波長が短くなればなるほど作製の難度が増していき高効率の発光が得にくくなる。また、サファイア上に結晶成長させるために転位 (結晶の中でできる欠陥が連なった状態) が多く発生してしまい、大面積の素子を作ることも極めて難しい。

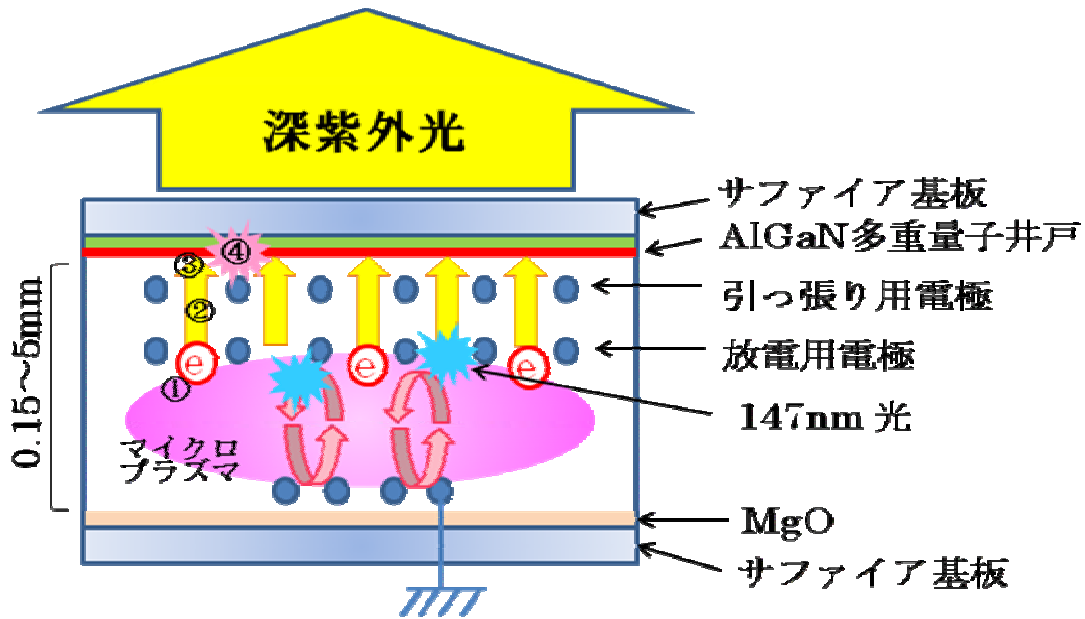
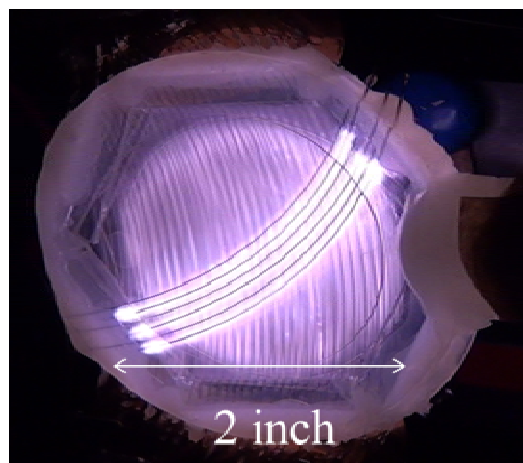


図2 今回開発した MIPE の構造

一方、今回開発した MIPE は図2に示すように、従来の深紫外 LED と全く異なった原理で動作するものである。製作の難しい p 型 AlGaN は必要なく、結晶成長時の転位があっても発光し、かつプロセスも簡単であるため制作コストは深紫外 LED の 1/5 ~ 1/10 (実験室レベル) となっている。発光のメカニズムは、微小な空間で発生させたプラズマ (マイクロプラズマ) をダイナミックに動かすことによりプラズマ中の電子を引き出し()、その電子を加速させた上で() AlGaN 多重量子井戸に当て() 強く励起する() ことにより、深紫外光を発光させる。これは全く新しい方法で、深紫外光の発光を効率よく行うことができ、また AlGaN の多重量子井戸の厚みを変化させることで任意の波長で深紫外光を得る事ができる。



306 nm, 50mW

図3 2インチウエファを用いた MIPE の発光の様子

2インチウエファを用いた MIPE の発光の様子を図 2 に示す。波長は 306nm で出力は 50mW である。また、実験室レベルでは 229nm の短波長でも動作するデバイスも確認している。MIPE は図 3 (a)に示すように、プラズマディスプレイパネル(PDP)と同様のフラットパネル型にできるため、大面積化、高出力化が可能であり水・空気の殺菌、アトピー治療等の医療応用や病院の院内感染防止、ホルムアルデヒド、PCB 等の難分解性物質の分解、光触媒を用いた新たな材料の光化学合成、DNA を含む物質モニタリングシステム等、幅広い範囲での応用が可能となる。

3 . ワイド MIPE とその応用

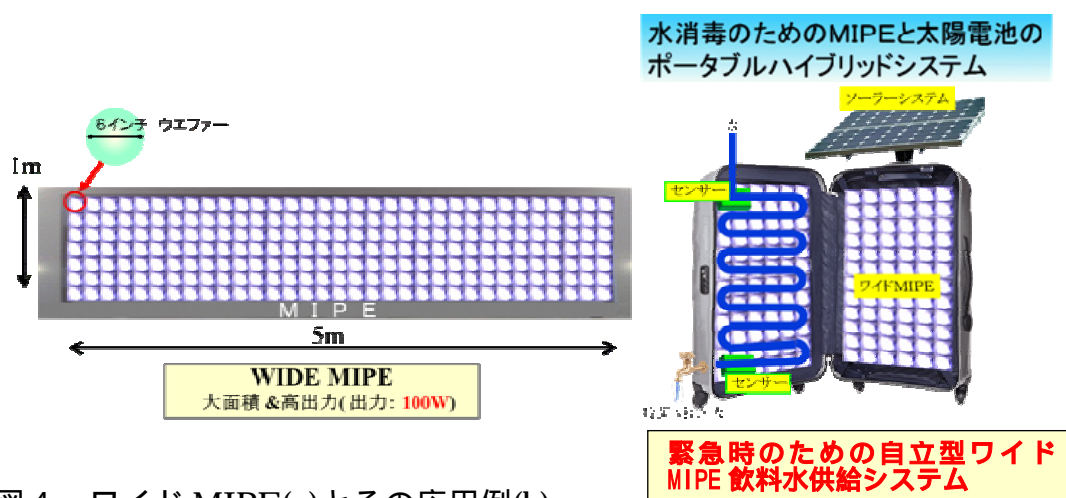


図 4 ワイド MIPE(a)とその応用例(b)

MIPE を PDP の封止技術を用いてパネル状に配列することにより図 4 (a)に示すようにワイド MIPE を作ると、その出力は計算上 1m × 5m で 100W を超え、水の殺菌処理等に应用することができる。たとえば、図 4 (b)に示すように、ポータブルハイブリッドシステムにおいては、スーツケースと MIPE ならびにソーラーシステムを融合させる事で持ち運びが可能となり、被災地での水の殺菌と飲料水の供給がいつでもどこでも行える。このシステムはまた、水に混入した汚染物質や化学物質をセンサーで瞬時に分析し、その場での深紫外光での分解も可能である。このように、水処理だけでも今までにないコンセプトで世界に輸出できる産業として成長する可能性を見いだせる。

用語説明

MIPE :

MicroPlasma Excited Deep Ultraviolet Light Emitting Device
マイクロプラズマ励起深紫外発光素子

深紫外光 :

波長が 200 ~ 350 nm の光を指し、水銀ランプの波長は 254 nm で現在殺菌などによく使われている。

AlGaN 量子井戸：

組成の違う AlGaN 結晶（アルミとガリウムと窒素からなる結晶）を数 nm ごとに数層積層させた構造の結晶（ $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ）で AlGaN 結晶の上に堆積させたものである。電子と正孔をこの量子井戸に閉じ込めることができ、効率よく発光させることができる。

励起：

電子や光によって物質の中の電子をエネルギーの高い状態に持ち上げることが指す。物質の中の高いエネルギー状態の電子は光を出して元の状態に戻る。

p 型 AlGaN：

半導体には電子がたくさんいる n 型半導体と正孔がたくさんいる p 型半導体がある。AlGaN は 深紫外を発光させることができる半導体の一種で、LED を作製するためには n 型半導体と p 型半導体が必要だが、AlGaN の場合は正孔濃度が高い p 型半導体が作りにくい。

プラズマ：

ガスが放電等で励起され電子とイオンが分離して共存している状態を示す。

国連水銀条約（水俣条約）

2013 年から国連が水銀生産や輸出を規制

- ・ 国境を越えて広がる水銀汚染と健康被害を防ぐため、国連環境計画（UNEP）が水銀の輸出や含有製品の販売を原則として禁じる条約の素案をまとめた。RoHS 規制に合流。
- ・ 今後数回の協議を踏まえて、2013 年秋に日本で開く国際会議で署名・採択を予定している。
- ・ 2020 年には完全使用禁止が検討されている

【水銀条約（水俣条約）素案の骨子】

- ・ 目的水銀と水銀化合物の人為的排出から健康と環境を守る。
- ・ 供給削減鉱山から採掘した水銀を禁輸する。
- ・ 保管新たに策定する方針に基づき、適正管理する。
- ・ 貿易輸出通知書の提出と、輸入同意書を取り、認められた場合のみ輸出できる。
- ・ 水銀添加製品の使用付属書で適用除外用途として登録しない限り、製造、流通を認めない。
- ・ 大気への排出最良技術の適用を義務づけ。年間排出量の多い国は削減目標と行動計画を策定。

蛍光灯などの照明（水銀灯、メタルハライド、セラミックハライド）、電池、計測器、スイッチ、虫歯治療材の主要製品 5 種の製造、販売、流通、輸出の原則禁止を検討。