

紫外線発光半導体素子の出力安定化に関する研究

萩原 茂・阿部 治・辻 政雄

A study on output stabilization of ultraviolet luminescence semiconductors

Shigeru HAGIHARA, Osamu ABE and Masao TSUJI

要 約

紫外線発光LED (GaN系NS370CX) と代表的な赤外線発光LED (InGaAlP系TLN101A) について光分布を測定し、比較を行った結果、赤外線発光LEDでは、均一な光分布が得られるのに対して、紫外線発光LEDでは、不均一な光分布となることが判明した。そこで不均一な光分布であってもシートの正確な透過率測定が可能な光学系を試作し、評価検討を行った。

窒化物系半導体レーザーの電流-光出力特性を測定し、電流の増加量と光出力が比例関係にあることを明らかにした。さらに、フォトダイオードを用いたフィードバック型電源回路を試作し、出力安定性を評価した。また、静電気ノイズ対策を施した電子回路を組み込むことにより、静電気に対する耐性が大幅に向上し、一般環境での使用が可能な電源システムとなった。

Abstract

An optical distribution and the luminescence characteristic of ultraviolet light emitting diode (NS370CX) were observed. The optical distribution of infrared light emitting diode (TLN101A) was Gaussian distribution, but it was obtained that ultraviolet light emitting diode made a disordered distribution. Even if it was uneven optical distributions, we developed the optical system which carries out automatic adjustment of the optical intensity. And we tested the performance of this system.

As a result of measuring current and light intensity of nitriding semiconductor laser (NDHV310APB), it clarified that the amount of increasing current and light intensity were proportional relation. We developed the feed back light control circuit using the photo diode. And we tested the output stability. And, we coped with the static-electricity noise for the use under general environment.

1. 緒 言

僅かな電気エネルギーの供給により光を発する半導体素子は、赤外域から可視域までの物が広く使われている¹⁾。しかし、半導体素子では難しかった波長370nm (紫外線)での安定発光が近年になって成功し、紫外線レーザーや高圧水銀ランプなどに代わる画期的な光源として注目されている。

従来の紫外線発光は、高電圧が必要とされるなど付帯設備が大がかりであり、エネルギー変換効率も低く特殊な用途にのみ使用されるにすぎなかった。紫外線発光半導体素子は、米粒程度の大きさであり、エネルギー変換効率が非常に高く、数ボルトの電圧で発光可能であることが主な特徴である。しかし、集光特性、出力特性、素子の寿命などは、未だ不明な点が多く、従来のシリコン系半導体と比べて静電気などのサージ電流に対して弱いために、光出力を安定化させる電源回路には特別な設計が必要とされるなどの欠点がある。

本研究では、紫外線発光半導体素子の光分布と光出力特性を評価し、安定した紫外線発光を可能とするための

電源システムを開発し、省エネ、省コスト化を実現するキーパーツとして応用範囲を広げることを目的としている。

本研究では、紫外線発光半導体素子として、GaN系LED(NS370CX)を用いて発光特性および光分布を測定し、評価を行った。また、この素子を用いてシートの光透過性を測定する光学系と光量調節回路を開発し、性能評価を行った。

さらに、2004年度中に実用化が見込まれる紫外線半導体レーザーと同じ構造を持つ窒化物系半導体レーザーを用いて、発光特性を測定し、露光を目的とした出力安定化回路を開発した。また、静電気ノイズ対策を施し、一般環境下で使用可能な電源システムを検討した。

2. 紫外線発光LEDについて

2-1 発光特性および光分布の測定

LED(Light Emitting Diode)は、僅かな電力で発光可能で、価格が安く、小型であることから電子機器のインジケー

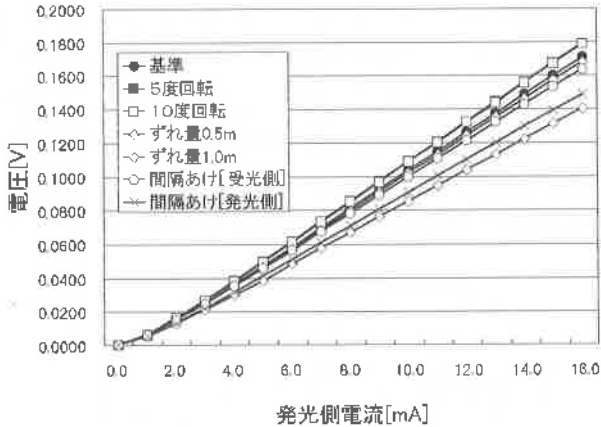


図.6 シートがある場合の電流電圧特性(レンズあり)

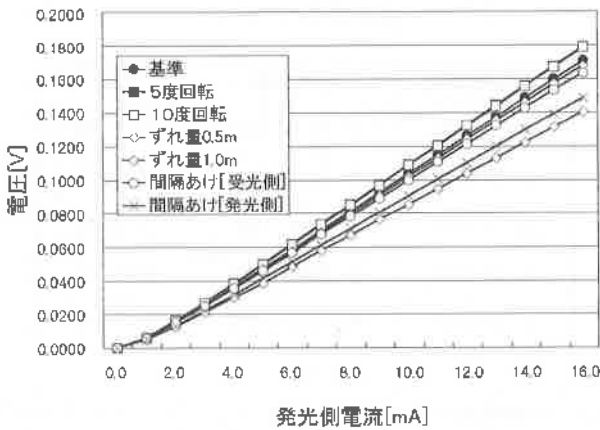


図.7 シートがない場合の電流電圧特性(レンズなし)

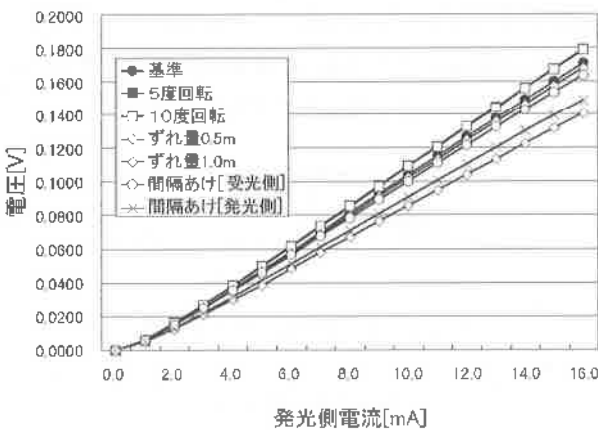


図.8 シートがある場合の電流電圧特性(レンズなし)

した光がレンズにより集光され、不均一な光分布の影響が現れる結果となった。

次に、受光部のレンズを無くすことで、不均一な光分布の影響をなくすことが出来ることから、図.7,8に受光部にレンズのない場合の特性を示した。その結果、シート表面に光散乱や発光部の位置ずれなどの影響は、みられなかった。

2-3 光量調節回路

受光部にレンズを用いない光学系を使用することにより、発光部の位置ずれや経時的な発光特性の変化に影響しない測定が可能となる。そこで、シートの光透過性を測定する回路を試作した。その回路図を図.9に示す。マイコンのD/A変換出力電圧をV/I変換させLEDの電流コントロールを行なう構成である。受光側回路は、フォトダイオードの短絡電流を増幅することにより光強度に比例した電圧出力が得られる。本実験回路により、測定した結果を図.10に示す。シートを挿入することにより、デジタル値で18レベルの光量低下となった。LEDの劣化による光量変化をセロファンを張ることで試したが、同様の値となり、正確な結果が得られた。

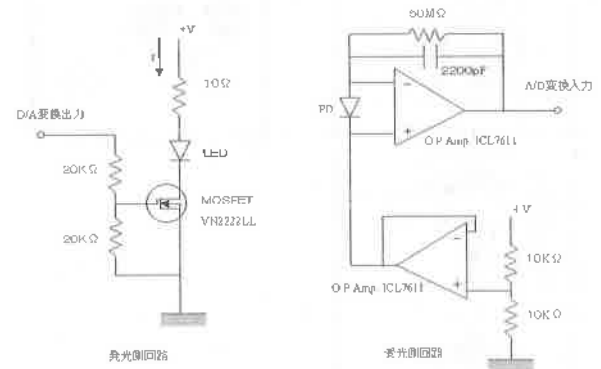


図.9 シートの光透過性測定用の試作回路

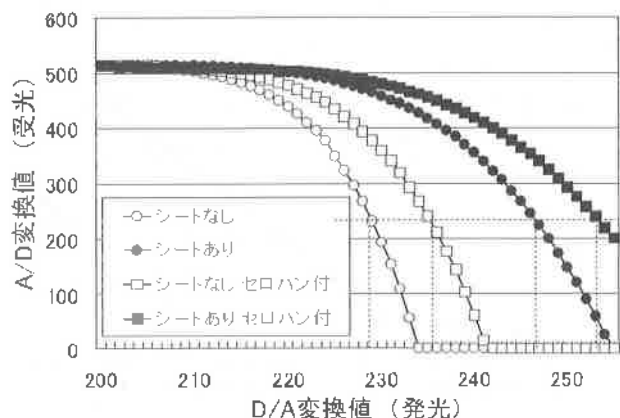


図.10 シートの光透過性の測定結果

3. 窒化物系半導体レーザーについて

3-1 発光特性とPD出力

LD(Laser Diode)は、干渉性のある(コヒーレント)光が得られる半導体レーザーであり、コンパクトディスクの読み込みやDVDの書き込みなどに不可欠な素子である。現在までに、紫外線発光が可能なLDは、実用化されていないが、2004年夏ごろにサンプル出荷できる見込みであることがメーカーから発表されている。本研究では、現在実用化され、紫外線LDと同じ組成の窒化物半導体に注目し、発光特性を調べ、出力安定化回路を試作した。

実験に使用したLDは、日亜化学製のNDHV310APBである。発光波長は、408nm、出力は、30mWである。外形を、図.11に示す。NDHV310APBは、出力をモニターするためにフォトダイオード(PD)が組み込まれている。

図.12にLDの出力特性とPDモニター出力の測定結果を示す。電流値が、51mA付近を超えたところから、電流増加量と光出力およびモニター電圧がほぼ比例関係となり、光強度制御が可能であることが判った。

3-2 出力安定化回路

光の強弱が制御可能であり、安定した光出力を得るための回路を試作した。回路図を図.13に示す。PDにより得

られるモニター電圧をフィードバックし、発光指示電圧と比較調整することにより、高い精度の光出力が得られる構成である。この回路では、フィードバック回路にサージノイズが発生した場合でも、LDに流れる最大電流は、保護抵抗によって制限される構成としている。

光出力特性を測定した結果を表.1に示す。光出力の直線性が高く、測定値との誤差も0.5%以下であった。

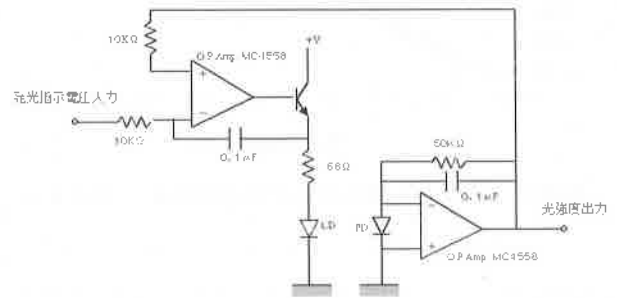


図.13 出力安定化回路
表.1 光出力の誤差

入力指示値	光出力値	誤差
1.0 mW	0.996 mW	0.4 %
2.0 mW	1.992 mW	0.4 %
3.0 mW	2.994 mW	0.2 %
4.0 mW	3.996 mW	0.1 %
5.0 mW	5.000 mW	0.0 %

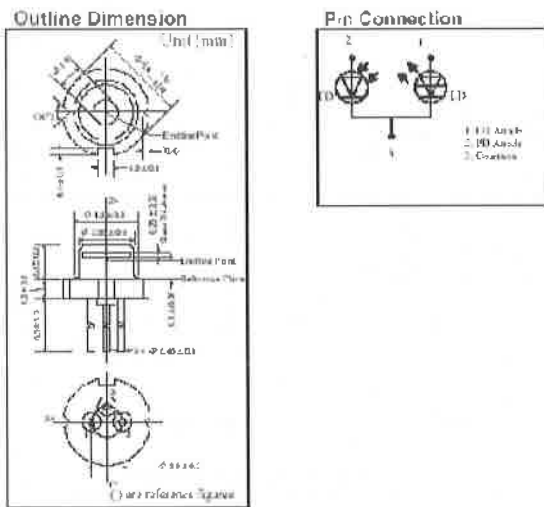


図.11 Ndhv310apbの外形図

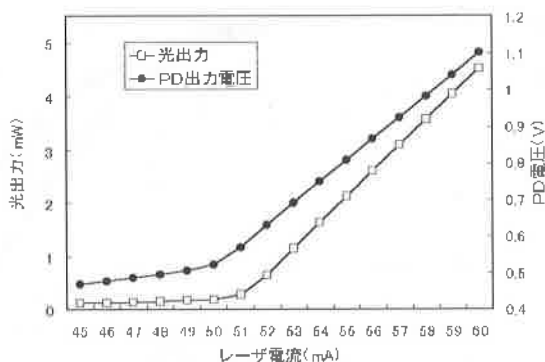


図.12 シートの光透過性の測定結果

3-3 静電気ノイズ対策と評価

半導体は、サージノイズなどの高電圧により破壊される。特に紫外線発光に使用される窒化物系半導体は、サージノイズに対する耐性に弱いことが知られている。そこで、静電気などにより発生するサージノイズを吸収し、半導体素子にダメージを与えない回路を試作した。図.14に試作回路を示す。試作回路により対策を施したものと未対策品の静電気ノイズ耐性を静電気障害試験機(三基電子製ESD-300)により測定した結果を表.2に示す。

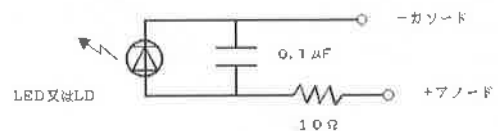


図.14 ノイズ対策用の試作回路

表.1 光出力の誤差

項目	耐電圧
LED (対策なし)	±3 KV
LED (対策あり)	±1.5 KV
LD (対策なし)	±0.5 KV
LD (対策あり)	±4 KV

静電気対策を施すことにより、一般環境での静電気ノイズ±4KVの耐性を得た³⁾。

4. 結 言

紫外線発光LEDの光分布は、均一ではなかった。しかし、レンズのない受光素子を用いることでシートの光透過性を測定できる光学系を開発した。また、光強度を自己補正する安定化回路も開発した。

PD内蔵の窒化物系LDの発光特性を調べた結果、電流の増加にほぼ比例した光出力となることが判った。出力安定化回路により、誤差0.4%以下の精度で光出力が得られた。

静電気対策を施すことにより、一般環境で使用可能なシステムとなった。

紫外線発光半導体素子は、今まで装置が大掛かりになり使用できなかった紫外線利用分野に広く活用されることが考えられる。例を上げると、紫外線による蛍光を利用した紙幣鑑定装置や血液検査装置の携帯化、小型の空気清浄システムや殺菌装置への利用、省電力型道路標識などへの利用が考えられる。

参考文献

- 1) 奥野保男：発光ダイオード、産業図書 p159 (2003)
- 2) 奥野保男：発光ダイオード、産業図書 p56 (2003)
- 3) M I L規格集、MIL-STD-883E METHOD3015.7 (1989)