

高出力紫外パルスレーザーダイオード開発とその応用

前田 純也, 武富 浩幸, 青木 優太, 高木 康文, 杉山 厚志,
桑原 正和, 山下 陽滋, 大河原 悟, 吉田 治正

浜松ホトニクス株式会社 (〒434-8601 浜松市浜北区平口 5000)

Development of high power ultraviolet pulse laser diodes and its application

Junya MAEDA, Hiroyuki TAKETOMI, Yuta AOKI, Yasufumi TAKAGI, Atsushi SUGIYAMA,
Masakazu KUWABARA, Yoji YAMASHITA, Satoru OKAWARA and Harumasa YOSHIDA

HAMAMATSU PHOTONICS K.K., 5000 Hirakuchi, Hamakita-ku, Hamamatsu 434-8601

We report the development of high pulsed radiant power ultraviolet (UV) semiconductor laser diodes for LiDAR (light detection and ranging) application.

Key Words: Laser diodes, ultraviolet

1. はじめに

当社製品である 800~900nm 帯のパルスレーザーダイオード (PLD) ¹⁾は、レーザーレーダやセキュリティなどの監視用光源として、多くの市場で採用された実績を持つ。

一方、最近では、300nm 帯の UV 領域においても、粉塵などの工業計測用や水素計測用としてライダ技術が報告されている ²⁻⁵⁾。ラマン散乱やレイリー散乱強度は励起波長の 4 乗に反比例する。これらの散乱を利用したライダに対しては、UV 波長は魅力的である。また単パルスでは UV 域の最大許容露光量は非常に高く ⁶⁾、パルス駆動条件をシステムでうまく設定出来れば、安全性の高いレーザーシステムに出来る可能性も有している。

更に紫外波長領域は光電子増倍管や MPPC (Multi-Pixel Photon Counter)の感度ピークに近い ⁷⁾ というメリットもあり、送信側としてだけでなく、受光側でも優位性のあるシステムが構築できる。

従来、UV 領域の光源としては、固体レーザーを波長変換したものや、窒素レーザーなどのガスレーザー、LED などが使われてきた。固体レーザー、ガスレーザーに対しては消費電力や小型化、メンテナンス性、ジッタ性能の面で課題が、LED に対しては高出力化、高空間分解能化の課題が考えられ、これらの課題に対してレーザーダイオード (LD) 化により解決できると考えられる。

2. UV-PLD 開発

我々は長年、半導体レーザーによる世界最短波長発振化を模索し続けてきた ⁸⁻¹³⁾。発光ダイオード (LED) では、UV 領域だけに留まらず、すでに深紫外 (DUV) 領域のものが製品として出回り始めているが、LD は LED に比べ結晶膜厚が厚く、

構造が複雑であるため、レーザー発振させるための結晶品質とするのが難しい。特に窒化ガリウムのバンドギャップエネルギーに相当する波長は 365 nm 付近にあるが、その領域を境として難易度は大きく変わる。360nm 以下のものでは通常 AlGaIn 系材料を使用することが多いが、その場合 GaN 基板との整合性の問題、結晶内部の応力歪、高バンドギャップによる高電気抵抗化などさまざまな技術的課題が山積み状態であった。

我々はこれらの課題を一つずつ丁寧に克服し、昨年是一般的なリッジ構造における電流注入型 LD で世界最短波長となる 326 nm のレーザー発振記録を更新した ¹⁴⁾。

最近では短波長化のみならず、高出力化技術にも取り組みを行っている。そのアプローチとしては、窒化ガリウム基板を用いたワイドストライプ構造化を主とした改良であり、昨年にはワットクラスのピーク出力も得られるようになったことを報告した ^{15,16)}。特性の一例を紹介すると、構造はシングルエミッタ、発振波長は 337 nm、パルス幅 4 ns、繰り返し周波数 5 KHz で、ピーク光出力 1 W である。パッケージは直径 9 の CAN パッケージ (Fig.1.) である。なお発光幅としては 50×1μm となっている。



Fig.2. UV PLD package

Fig.2.は 337 nm PLD のパルス駆動時の電流-ピーク光出力特性である。発振閾値は約 7 A であり 10 A で 1 W が得られている。図で示した横軸のパルス電流値は、使用しているパルス LD ドライバのモニタ値を参考としたものである。

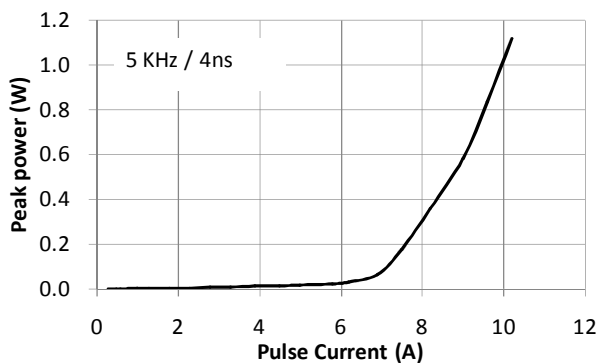


Fig.2. Typical I-L characteristics of 337 nm PLD.

3. さいごに

300nm 帯 UV-PLD として、ピーク出力がワットクラスのものを実現し、この波長帯では世界で唯一、顧客評価可能なエンジニアリングサンプルとして供給している状態にある。

今後、固体レーザー、ガスレーザーで課題となっている低消費電力化、小型化、ジッタを解決し、紫外レーザーライダの普及の起爆剤となるよう、実用化に重要な高信頼性化・高効率化に取り組んでいる。また半導体レーザーの特長として、原理的には材料設計の制約がない範囲で任意波長が作り出せるということもあるため、その特徴を生かした応用も模索中である。

最近ではレーザーセンシングが広がりを見せており、UV-PLD が普及を更に促進させるキーデバイスとなるよう、開発に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 浜松ホトニクス製品情報 (パルスレーザーダイオード) <http://www.hamamatsu.com/jp/ja/1004.html>
- 2) 横澤 剛, 類家 誠, 我妻 隆夫, 大村 康裕, 小林 喬郎, 「工業応用のための紫外域アイセーフライダの開発」, 第 21 回レーザーセンシングシンポジウム予稿集, pp. 46-49(2001)
- 3) 山田 園子, 椎名 達雄, 「LED ライダーによる産業粉塵の定量計測」, 第 32 回レーザーセンシングシンポジウム予稿集, pp. 38-41(2014)
- 4) 小川 芳弘, 今井 正, 岩田 紀幸, 工藤 岳史, 椎名 達雄 「LED ライダーの製品化へ向けたア

- プローチ」, 第 32 回レーザーセンシングシンポジウム予稿集, pp.58-59 (2014)
- 5) 宮 広明, 椎名 達雄, 野口 由太郎, 野口和夫, 福地 哲生, 朝日 一平, 杉本 幸代, 二宮 英樹, 島本 有造, 「水素漏洩検知用小型ラマンライダの送受信効率の改善」, 第 27 回レーザーセンシングシンポジウム予稿集, pp.12-13 (2009)
- 6) レーザ製品の安全基準, JIS C6802:2014
- 7) 浜松ホトニクス製品情報 (光センサ), <http://www.hamamatsu.com/jp/ja/product/category/3100/index.html>
- 8) H. Yoshida, Y. Yamashita, M. Kuwabara, and H. Kan, *342-nm ultraviolet AlGaIn multiple quantum-well laser diode*, *Nature Photonics*, vol.2, no.9, pp.551-554, Jul. 2008.
- 9) H. Yoshida, Y. Yamashita, M. Kuwabara, and H. Kan, *Demonstration of an ultraviolet 336 nm AlGaIn multiple-quantum-well laser diode*, *Appl. Phys. Lett.*, vol.93, pp.241106-1-241106-3, 2008.
- 10) H. Yoshida, M. Kuwabara, Y. Yamashita, Y. Takagi, K. Uchiyama, and H. Kan, *AlGaIn-based laser diodes for the short-wavelength ultraviolet region*, *New J. Phys.*, vol.11, pp.125013-1-125013-14, 2009.
- 11) H. Yoshida, M. Kuwabara, Y. Yamashita, K. Uchiyama, and H. Kan, *Radiative and nonradiative recombination in an ultraviolet GaN/AlGaIn multiple-quantum-well laser diode*, *Appl. Phys. Lett.*, vol.96, pp.211122-1-211122-3, 2010.
- 12) Y. Yamashita, M. Kuwabara, K. Torii, and H. Yoshida, *340-nm-band ultraviolet laser diode composed of GaN well layers*, *Opt. Express*, vol.21, pp.3133-3137, 2013.
- 13) M. Kuwabara, Y. Yamashita, K. Torii, and H. Yoshida, *Laser Operation of Nitride Laser Diodes with GaN Well Layer in 340nm Band*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol.52, pp.08JG10-1-08JG10-4, 2013.
- 14) S. Okawara, Y. Aoki, Y. Yamashita, and H. Yoshida, *Ultraviolet AlGaIn multiple-quantum -well laser diodes with emission wavelengths below 330 nm*, presented at 6th Int. Symp. Growth III-V Nitrides (ISGN-6), 2015.
- 15) Y. Aoki, M. Kuwabara, Y. Yamashita, Y. Takagi, A. Sugiyama, and H. Yoshida, *350-nm-band GaN/AlGaIn multiple-quantum-well laser diode on bulk GaN*, *Appl. Phys. Lett.* 107, 151103, 2015.
- 16) Hiroyuki Taketomi, Yuta Aoki, Yasufumi Takagi, Atsushi Sugiyama, Masakazu Kuwabara, and Harumasa Yoshida, *Over 1 W record-peak-power operation of a 338 nm AlGaIn multiple-quantum-well laser diode on a GaN substrate*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, vol.55, 05FJ05, 2016
- 17) 染川 智弘, 「レーザー 3D 計測 特集号に寄せて」, レーザー研究 44, pp.300(2016)