

536nmで発振する緑色レーザダイオード

InGaN(窒化インジウムガリウム)レーザダイオードは新しい性能レベルに到達した。周波数を2倍にしたNd:YAGレーザ出力による532nm以上の緑色波長域において、連続波を発振できるようになった。これまで波長の最高記録を保持していたのは住友電気工業のダイオードで、527nmだった。今回、住友電工とソニーの先端マテリアル研究所のチームは、532nm以上の波長で100mWを超える連続波を発振するダイオードを発表した。彼らは536.6nm(出力値は非公表)での連続波発振を確認している。

研究者らによる今回の成果は、レーザディスプレイやプロジェクタの開発において画期的なものとなる可能性がある。周波数を2倍にしたネオジウムレーザが存在するが、それらは外部変調器を必要とする。緑色レーザダイオードは、特に携帯機器においてより魅力的な存在である。直接変調可能で、サイズが小さく、より効率が高いからだ。住友電工半導体技術研究所の高木慎平氏とそのチームによると、レーザ

プロジェクタの開発者らは、緑色で50mW、ウォールプラグ効率4.5%を求めているという⁽¹⁾。

また、ダイオードの発振波長が、今市販されている緑色レーザダイオードの515~520nmよりもむしろ、530~535nmの範囲となることを望んでいる。ほとんどの応用分野では波長が10nmシフトすることにあまり意味はないが、レーザプロジェクタは例外である。人間の視覚において緑色光が重要であるためだ。

その理由の1つは、目の中の色を認識する錐体細胞の感度が緑色の555nmに対して最も高いことである。これは、地球の表面における太陽光スペクトルのピークと一致している。2つめは、色の認識が目の色受容体の相対的な感度に依存し、緑色の受容体と赤色の受容体はピークがそれぞれ540nmと570nmで近接していることである。この感度から、レーザプロジェクタに使用される緑色波長が、表示可能な色域(色範囲)を決定する特に重要な要素となる。国際照明委員会(CIE:International

Commission on Illumination)のダイアグラム(図1)に示されているように、色域は波長が約523nmの場合に最大となるが、目はそれよりも長い波長に対して感度がより高いことから、ディスプレイに最適な波長は530~535nmということになる。

半極性面

520~530nmの帯域を達成するには、約30%のインジウムを含む高品質のダイオードを形成することが課題であった。市販のInGaNレーザダイオードは、基板の六方晶系のc面で形成される。c面は極性が強く、電界によって電子と正孔が隔離される。そのため、インジウムをさらに追加しなくても発振波長は長くなるが、その代わりに再結合率と発振効率が低下してしまう。

代替策の1つは、c面に直交する非極性のm面で成長させることだが、このダイオードの作製は困難であることが分かった。そこで住友電工や、米コーニング社(Corning)、ソーラ社(Soraa)、カリフォルニア大学サンタバーバラ校などの開発者らは、妥協策を採用した。c面と水晶軸の両方と45°の角度をなす半極性面上でダイオードを成長させたのである。この場合、成長はより容易で効率も高いが、より多くのインジウムが必要となる。

今回、高木氏とそのチームは、これまでの記録を上回る波長で100mWを出力する連続波InGaNダイオードを、半極性のGaN基板上で形成することに成功したと発表した。幅2μm、長さ500μmで、複数の異なる波長で発振する一連のリッジ導波路レーザを作製した。出力は、525.1nmで167mW、532.1nmで

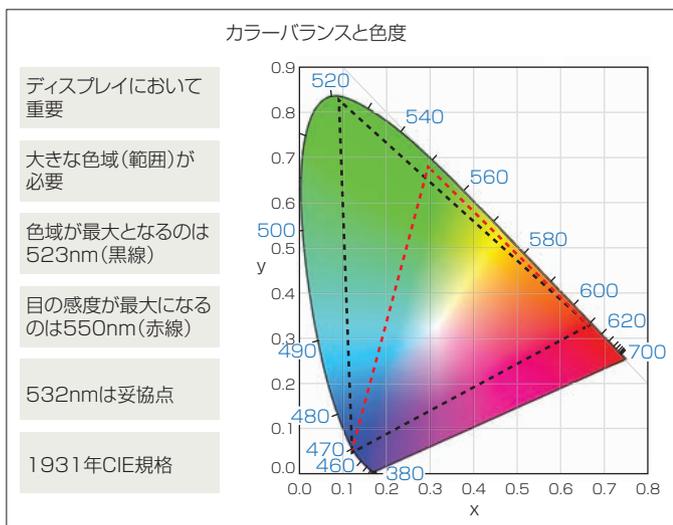


図1 CIE色度グラフからは、3色レーザディスプレイによって生成される色範囲が最大になるのは緑色レーザが523nmで発振する場合だが、効率が高いのは、目の感度が最も高い550nmで緑色レーザが発振する場合であることがわかる(WikipediaのUser:PARIに掲載された画像を改変)。

107mW、535.7nmで75mWであった。また、536.6nmでの連続波発振も観測したとしているが、出力については公表していない。おそらく、レーザプロジェクトに必要とされる50mWを下回ったためと思われる。

高いウォールプラグ効率

研究者らは、525～532nmにおけるウォールプラグ効率が7.0～8.9%と、プロジェクトの最小目標値を大きく上回るとともに、同チームのこれまでの半極性レーザよりも改善されたと発表した。高木氏は「スロープ効率を改善したことが、高い出力電力を達成した主要な要因だった」と述べている。しきい値電圧をこれまでのレーザダイオ

ードの6.4Vから4.7Vに低下させたことも、ウォールプラグ効率の改善につながった。80℃で動作する528.1nmのレーザから最大90mWの出力が得られることも確認した。つまり、このレーザが、ヒートシンクが限られ内部温度の高い携帯機器に使用できる可能性があることを示唆している。

ソニー先端マテリアル研究所の梁嶋克典氏とそのチームからは、さらに喜ばしい報告があった。527～530nmで発振する類似の半極性InGaNレーザダイオードは、寿命が長いという⁽²⁾。約1000時間におよぶ試験から推測して、50mW

を出力するレーザの寿命は5000時間を超え、70mWを出力するレーザの寿命は少なくとも2000時間以上であるはずだと見積もっている。

米フロリダ大学で長年にわたってレーザダイオードの開発に携わるピーター・ゾリー氏(Peter Zory)は、これらの成果について「非常に印象的だ。特に信頼性データが素晴らしい」と述べている。ソラー社とコーニング社も半極性InGaNの開発に積極的に取り組んでいるが、住友電工ほどの成果はまだ報告されていない。次の課題は商用生産である。(Jeff Hecht)

参考文献

- (1) S. Takagi et al., Appl. Phys. Expr., 5, 082102(2012).
 (2) K. Yanashima et al., Appl. Phys. Expr., 5, 082103(2012).

LFWJ

光産業技術マンスリーセミナー



Optoelectronics Industry and Technology Development Association

プログラム (11~1月)

No. / 開催日	講演テーマ / 講師
第 354 回 11月20日(火) 15:30-17:30	「マルチコアファイバ伝送技術の最新動向と今後の展開」 講師: 淡路 祥成 氏 (情報通信研究機構 光ネットワーク研究所 研究マネージャー)
第 355 回 12月18日(火) 15:30-17:30	「産業用レーザとその応用技術の現状と将来展望」 講師: 鷲尾 邦彦 氏 (有限会社パラダイムレーザーリサーチ 取締役社長)
第 356 回 1月22日(火) 15:30-17:30	「有機薄膜トランジスタの研究開発動向とフレキシブルディスプレイ駆動への応用」 講師: 藤崎 好英 氏 (NHK放送技術研究所 表示・機能素子部)

- 場所 一般財団法人光産業技術振興協会
- 定員 各60名
- 参加費 光協会賛助会員: 1,500円(税込み) / 一般参加: 3,000円(税込み)
※支払いは、当日受付にて現金でお願いします。

- 申込方法 オンライン申込フォーム >>> http://www.oitda.or.jp/main/monthly/monthly_postmail.html
- 申込締切 定員になり次第締め切ります。なお、締め切った場合には Web 上にその旨を掲載します。

問い合わせ先

一般財団法人光産業技術振興協会マンスリーセミナー担当 綿貫
 〒112-0014 東京都文京区関口 1-20-10 住友江戸川橋駅前ビル7F TEL:03-5225-6431 FAX: 03-5225-6435
 E-mail: mly@oitda.or.jp URL: <http://www.oitda.or.jp/>