100℃動作センサ用 赤外830nm半導体レーザ開発

井上 憲人

シャープは、業界最高動作温度100℃に対応するセンサ用赤外半導体レーザを開発した。狙いは、モバイル機器など、小型デバイスへの搭載。

情報記録からセンサ市場へ

シャープの半導体レーザの歴史を見ると、1982年の業界初CD用レーザから始まって今日までに、MD用、DVD-R用、2波長レーザ、BD用と情報記録分野向け半導体レーザで「業界初」を記録している。

翻って昨今の市場を展望すると、事情が大きく変わってきていることに気づく。2012年3月に光産業技術振興協会(光協会)が発表した「光産業の国内生産額」では、情報記録分野の減少傾向が鮮明になっている。同調査ではこのセグメントは、光ディスクと半導体レーザに分かれるが、2011年度見込額はそれぞれ前年度比22.1%減、45.8%減とされていた。情報記録とは、CD、DVD、BRなどを指す。この市場セグメントでは、消費市場へのブロードバンドの浸透とクラウドコンピューティング、データセンタの急速な展開にともない記録された情報の利用の仕方にパラダイムシフトが起きている。情報を記録した媒体を購入してそれを再生するという従来のスタイルが、クラウドデータセンターにある情報(音楽、映像など)にインターネットを介してアクセスし利用するスタイルが一般的になりつつある。スマートフォンやタブレットなどのモバイル端末さえ持っていれば、いつでもどこでも好きな素材を視聴することができる。このようなパラダイムシフトは、光産業のうちの情報記録分野の生産額の縮小となる。

一方、「センシング・計測分野」のうち「光センシング機器」セグメントは、2011年度見込額でも2012年度予測でも横這い状態を維持している。今後この分野がどのように展開していくかは、光協会の調査から知ることはできないが、新たにセンサ用半導体レーザを開発したシャープの狙いは時代の変化に即応した動きであると見ることができそうだ。

シャープ電子デバイス事業本部ライティングデバイス事業部第一開発部参事、松本晃広氏は、新開発のレーザのアプリケーション例として、ゲーム機などのジェスチャー入力デバイス、電化製品の距離センサを挙げている。これらの分野も、他の多くの分野と同様に「デバイスの小型・軽量化、低消費電力化」のトレンドに乗ると考えれられる。シャープが開発したセンサ用赤外半導体レーザは、デバイスに求められるこれらの要件に応えることを念頭に開発されている。

新開発のレーザの特長3つは、動作温度、電力-光変換効率、光出力。これらの技術の詳細は、同社の商品戦略上の理由から公開されていないが、松本氏

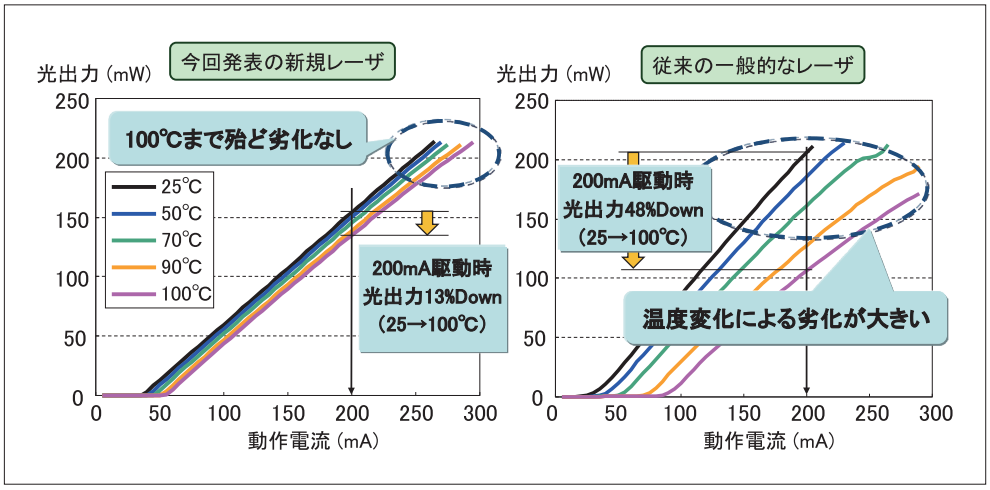

図1　電流-光出力温度特性。新製品は、温度上昇にともなってしきい値電流はあがっているものの、200mA駆動時の光出力低下率は13%(25 → 100℃)にとどまっている。それに対して、市販の従来製品では、同じ条件で光出力の低下率が48%となり、温度変化による劣化が大きい。

が挙げている赤外半導体レーザの特長が、それぞれどのような効果を狙ったものであるかを見ていくことにする。

100℃動作の実現

シャープが開発した赤外半導体レーザの波長は830nm。教科書通りに言うと、III-V族半導体レーザでは材料の組合せによって出力波長が異なり、波長0.7～0.9μmのレーザはGaAs基板、活性層AlGaAs。これよりも長波長の通信用レーザはInP基板、活性層InGaAsPとなる。シャープが新たに開発した830nmレーザは、CD用の780nmレーザをベースにして、アルミの組成を変え出力波長を長波長に振っている。これに加えて、100℃動作を実現するために「層構造の最適化を行い、結晶材質を高温特性に適したものにした」というのが松本氏の説明。「最適化」の内容は、「材料の組成、井戸の構造、層の厚みの最適化」などと言うことだが、それぞれについての詳細は伏せられている(**図1**)。

チップは、アルミ系のレーザでよく見られるリッジ構造。松本氏の表現によると「レーザはシングルモードできれいな放射光」ということなので、単に組成の最適化だけではなく、リッジの加工精度がよいことも示唆している。30年以上の半導体レーザ開発の歴史を持つシャープとしては、これは当然のことと言っていいだろう。

電力-光変換効率42%実現

もう1つの特長は、電力-光(EO)変換効率42%を実現したこと。従来のシングルモードレーザのEO変換効率は35%程度。それを7%向上させ、42%まで伸ばした。これを実現するために行ったことは2つ。1つは発光効率の改善。もう1つは電力を下げたこと。

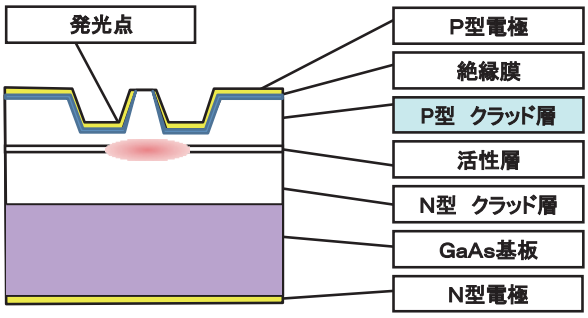

図2 チップ構造。電圧を加えると電流がリッジストライプのところにだけ流れる。光が閉じ込められ、共振して発振する。発光効率を上げるためにP型クラッド層内の光吸収を低減(組成の最適化)。P型クラッド層厚低減による低抵抗化、駆動電圧の低減。

具体的に何をしたかについて、オープンにできる範囲で松本氏は次のように説明している。

「発光効率を上げるためにP型クラッド層内の光吸収を低減した。これは、組成の最適化、パラメータを変えて可能な限り吸収が起こらない条件の成長層にした。これにより取り出し効率が改善されている。もう1つは、P型クラッド層厚低減による低抵抗化、駆動電圧の低減。これは、電流を流すのに抵抗を下げるということ。つまり、電流が流れる厚みをできるかぎり薄くして抵抗を下げた」(**図2**)。

これらを一言にまとめると「トータルで最適設計ポイントを見つけ、設計通りに精度よくチップを作製する」となる。

機器搭載時の高温特性改善

動作温度100℃、効率42%を実現したレーザをモジュールに搭載した場合、従来のレーザでは得られなかった世界が開ける。それが何であるかを見ておこう。

松本氏によると、従来のレーザは、最高動作温度が60℃、EO変換効率が35%程度である。これと、シャープが開発した最高動作温度100℃、EO変換効率42%の新開発のレーザとを比較する。松本氏が紹介しているシミュレーションでは、設計パラメータを「レーザからの放熱構造の熱抵抗80℃/W」としている。その根拠について松本氏は、「レーザをモジュールに組んで、熱が1W発生した時、熱はモジュールから散逸するが、小型で温調が悪いと1Wでもレーザの熱が80℃になる可能性がある。小型・軽量で放熱が十分でない場合、この程度の温度上昇の可能性がある」と説明している。松本氏の言う「設計パラメータ」とは、モジュールの「小型・軽量」を念頭に置いていると言うことだ。

この仮定によるシミュレーションで従来のレーザと新開発のレーザを比較すると、両者の違いが歴然としていることが分かる。従来のレーザは、雰囲気温度を30℃まで上げたところでレーザの最高動作温度である60℃に達してしまう。言い換えると、このレーザは雰囲気温度30℃までしか使えない。ペルチェで冷やして温度を30℃にコントロールすることも可能だが、これはモジュールサイズも消費電力も大きくなるという二重苦を背負わすことになる。シャープが狙う「小型・軽量」モジュールという目標から大きく外れることになる。

これに対して新開発のレーザは、レーザのEO変換効率が42%、最高動作温度が100℃であるので、雰囲気温度80℃まで使える。ペルチェによる温度コントロールは不要であるので、ペルチェ分だけ考えてもモジュールの消費電力は大幅に下がる(**図3**)。

「新開発のレーザは、ユーザー側か

ら見ると、放熱設計がしやすい、使い易い。これは大きなメリットだ。言い換えると、小型・軽量のモジュールの設計が容易になる。モバイル機器、車載用にも適用できる」。

200mWで推定寿命4万時間

新開発のレーザは、動作温度100℃の環境でも光出力200mWを達成している。

このレーザの寿命を推定するために5個のレーザをテストした。CW連続通電、光出力200mWで動作温度100℃。パッケージの温度100℃に保ち、ディテクタをレーザの前につけてAPC制御。その状態で動作電流の変化を見る。1500時間通電を続け、電流はほとんど変化なし。

寿命推定は、初期の電流に対して×1.2、20%電流が上がった時点で寿命と定義している。テストの結果、寿命は推定約4万時間。これは5年くらいに相当するが、実際の使用法では、レーザを連続発振しているわけではないので、寿命4万時間は十分な信頼性を確保できていることを示している。

信頼性を高める技術としては、窓構造を用いている。

考えられるアプリケーション

シャープは、センサ用半導体レーザ市場を年率10%程度で成長すると捉えている。同社調査によると2011年の市場規模を45億円として、市場は2015年には70億円に達する。

「赤外半導体レーザの市場は、ゲーム機やスマートTVからロボット掃除機などに拡大が見込める。ジェスチャー入力デバイスの小型化かが進めば、スマートフォンへの搭載も視野に入り、潜在市場は一気に拡大する」(シャープ調査)。

ここに言うスマートTVはまだプロトタイプレベルで世界各地の展示会で紹介されている段階。製品化は今後であるが、ジェスチャー入力が採用される。ゲーム機は、現状ではXboxのKinectに採用されているジェスチャー入力にセンサ用レーザが使用されている。ただし、現状のKinect入力デバイスはシャープのレーザを必要とするほど小型化されていない。しかし、アプリケーションによっては、Kinect技術をスマートフォンレベルで展開する方が市場拡大が期待できる場合もある。

北里大学大学院医療系研究科、安達栄治郎教授と青山学院大学工学部の研究チームは、Kinectを高齢者の医療・介護に利用する研究を進めている。Kinectで高齢者の日常動作を読み取り、そのデータをネットワーク経由で介護施設の専門家が分析して介護支援を行う。研究チームは、この技術をリハビリテーションにも活用できると考えている。共同研究で使用しているのはXbox360だが、シャープのレーザと関連アプリを、例えばスマートフォンなどに実装すれば、一段と利用しやすくなることは想像するに難くない。

シャープの松本氏は新開発のレーザのターゲット市場に関連して、「小型・軽量のモジュールを想定すると、高温特性、効率をよくする必要があった。今回、これらの特性を向上させて小型・軽量のモジュールに搭載可能なレーザを開発した。これができるとモジュールメーカーは新しいアプリケーションを提案することができる。モバイル機器、車載用ナビ、モーションセンサなどに使える」とコメントしている。

シャープは、センサ用途以外では、ハードディスク(HDD)用熱アシスト市場にも期待を寄せているが、数年先この市場が立ち上がる頃には、データセンタなどのストレージ市場は、現在四半期で25%の勢いで成長を続けていると言われるSSD(NANDフラッシュ)が席巻していることも考えられる。SSDはHDDよりも1000倍高速であり、現在第3世代のフラッシュストレージが市場に登場している。

このように考えると、シャープのレーザのターゲット市場は、やはりセンサ市場が本命ということになりそうだ。

新製品は、2012年11月30日にサンプル出荷、量産開始は2013年1月30日。月産能力100万個。パッケージは標準5.6mm φと小型3.3mm φの2種類で提供される。 LFWJ

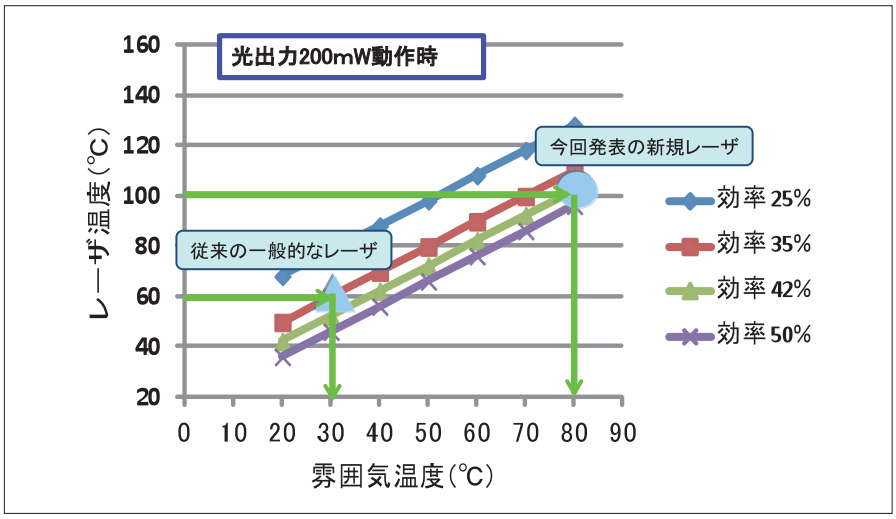

図3 新開発の赤外半導体レーザによる機器搭載時の高温特性改善。新開発のレーザは、レーザのEO変換効率が42%、最高動作温度が100℃であるので、雰囲気温度80℃まで使える。