

Tutorial

レーザダイオード技術

Laser Diode Technology

はじめに

過去15年間、バーコードのスキニングや光通信アプリケーションなどで、レーザダイオードの使用は、商業的にも産業的にも大幅に増大しました。レーザダイオードの光学特性、コンパクト性、そして頑丈さは、多くの新しい用途を開拓しました。

レーザダイオードの出力は、そのコンパクトさを考えると非常に強いものです。今日では、数立方インチほどのパッケージからCW発振で数100Wもの出力が得られるレーザダイオードが市販されています。こうした特徴によって、これらのデバイスは、ケーブルテレビの伝送や高品位テレビ (HDTV) の開発、医療用などアプリケーションに適しています。

さらに、他のタイプのレーザと比較して、レーザダイオードは非常に小さな電力しか消費しません。ほとんどのレーザダイオードは、電流設定によって消費電力が決定され、2V以下の電圧降下で動作します。レーザダイオードの場合、30%以上の電力効率がほとんどです。

レーザダイオードは半導体材料で作られているため、気体レーザの場合のような壊れ易いガラスケースやミラー調整などが必要ありません。レーザダイオードの頑丈さコンパクトさは他のタイプのレーザが動作できない環境や空間における使用も可能にしています。

レーザダイオードの干渉性の高さや単一波長特性によってデバイスの出力を回折限界のスポットサイズにまでフォーカスさせることができるようになりました。最終的なスポットサイズはレーザの波長に依存します。波長が短くなれば、スポットサイズも小さくなります。より短い青色およびUVの波長ならスポットサイズをより小さくでき、その結果、光ディスク上にさらに高密度な情報を記録することができます。

レーザダイオードの他の利点は、高周波で直接変調できることです。駆動電流を変調することによって、高速データ通信で要求される数GHzの周波数でもレーザダイオードの出力を変調できます。

様々なレーザダイオードのタイプ

低出力レーザダイオード (P60参照)

低出力レーザダイオードには、様々なパッケージがあります。ほとんどのパッケージにはモニターフォトダイオードが組み込まれています。一般に、レーザダイオードはその共振器の両端で出力を発散します。従って、レーザダイオードの背面の出力ビームをモニターすることにより、前面からの出力レベルを一定に維持できます。1W以下の出力レベルの場合、最も普通で使用されるパッケージはTO-CANタイプで、5.6 mm または 9 mm 径がベースです (図1)。他のパッケージとしては、より高出力 (>1W) のレーザダイオード用のTO-3パッケージ等があります。

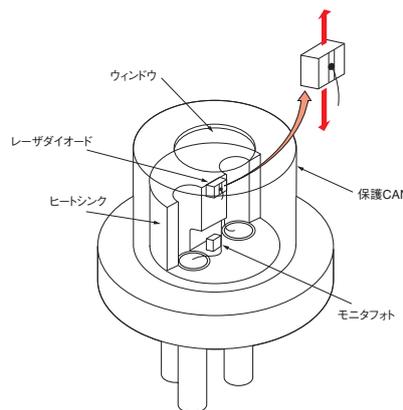
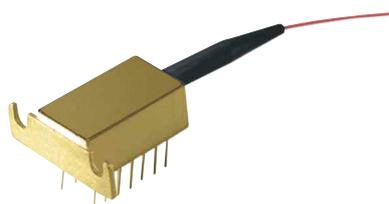
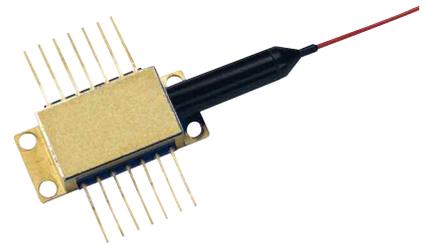


図1: CANタイプのパッケージ内のレーザダイオードとモニターフォトダイオードの構造例。

通信用レーザダイオードには、パタフライまたはDIL (デュアルインライン) 14ピンパッケージがよく使われています (図2)。これらのパッケージのほとんどには、熱電クーラ (TEC) モジュールとLDチップ放熱用取付プレートが含まれています。



(a)



(b)

図2: 通信用レーザダイオードパッケージの例:

(a) デュアルインライン14ピンパッケージ、(b) パタフライパッケージ。

他のタイプのパッケージも多く使用されており、パルスレーザダイオード用同軸パッケージや、ファークラス用光学系と光ファイバ出力を備えたカスタムデザインのシャーシにCD/DVDスタイルのレーザダイオードを内蔵した光ファイバビグテール付きパッケージなどがあります。

他にも、縦型共振器表面発光レーザ (VCSEL) やマスターオシレートパワー増幅器 (MOPA) レーザなどの革新的な構造があります。VCSELレーザダイオードは、光コンピューター、印刷、通信などに利用するために二次元アレーに製作できることが大きな特徴です (図3)。このレーザは円形のアパーチャーで出力ビームが単純な球面レンズを使用して簡単にコリメートできる構造。MOPAレーザは、細い線幅を維持したままで単一モードのレーザダイオードの出力を増幅する目的で開発されたものです。このレーザダイオードは、非常に狭いスペクトル出力を持つ発振部分とスペクトル出力に影響を及ぼさずに出力を増加させる内蔵の増幅部分とで構成されています。

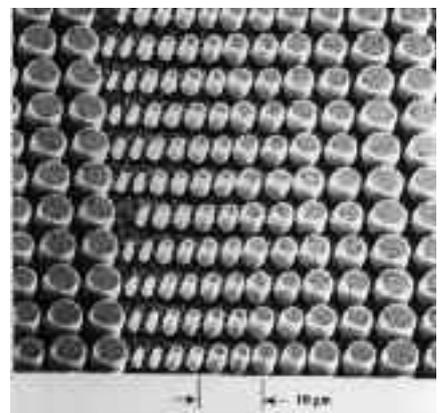
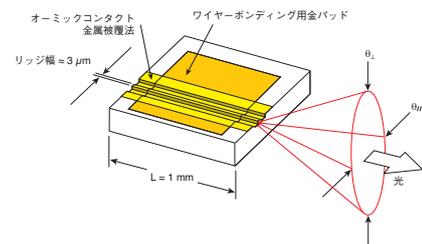


図3: 走査型電子顕微鏡による二次元VCSELアレー。写真提供: コロラド州ボールダーのPicolight, Inc. 社のAxel Scherer氏による。

さらに狭い線幅を必要とするアプリケーションによって、レーザー発振を単一モードに封じ込める構造が実現されました。屈折率導波型素子は、非点収差がないか、あってもほんのわずかの単一モード出力が得られます。しかし、レーザーダイオードから発光される光の拡がり角は、半値全幅 (FWHM) 内で垂直軸 (θ_{\perp}) 40°、平行軸 (θ_{\parallel}) 10°と、非常に顕著です。この拡がり角は、急激に膨張する円錐形になります。利得導波型レーザーダイオードは、屈折率導波型レーザーダイオードに比べて2つの角度差がより大きくなる傾向があります。図4に \perp 軸と \parallel 軸のビーム拡がり角を示します。



レーザーダイオード製品群のもう一つの興味深いものは、単一周波数レーザーダイオードです。この素子は、分光や高帯域通信用の条件を満たすものです。この構造を持つ他の長所には、低しきい電流値と低消費電力が挙げられます。このタイプの構造の一つに、分布帰還型 (DFB) レーザーダイオードがあります (図5)。これは、1300 nmまたは1550 nmの光通信波長域で発光するように開発されたものです。

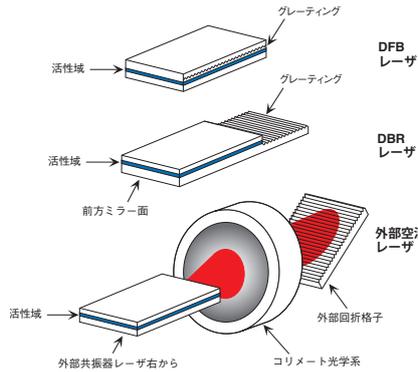


図5: 各種単一周波数半導体レーザー: DFB、DBR、外部回折格子デバイス

レーザーは狭い波長域で発光するため、センサや分光にも使用できます。例としては、微量のガスや厳密に定められた波長で光反応成分の検出があります。適切なレーザーダイオードを選択し波長チューニングを行えば、これらの成分を検出することができます。

高出力レーザーダイオード

最近では、約0.8~1.1 μmの波長域で動作する高出力レーザーダイオードが、その多様なアプリケーションと用途で大きな注目を集めています。これらのレーザーは、Nd:YAGなどの固体レーザーの励起において使用され、従来のフラッシュランプ型のものに取って代わりつつあります。高出力レーザーダイオードは誘電体結晶の吸収帯にチューニングされ、ハイパワーでフォーカスされたコヒーレント光が発光され、レーザーロッドの励起を非常に効率的に行なうことができます。従って、このビームは、様々な工業、医療、軍用のアプリケーションに使用することができます。レーザーダイオードは、広い波長レンジで様々な誘電体結晶の吸収帯に合わせて開発されています。図6は高出力レーザーダイオードパッケージの一般的な2種類を示します。



(a) バータイプ



(b) Sタイプ

図6: 一般的な2つの高出力レーザーダイオードパッケージ

高出力レーザーダイオードは、固体レーザーロッドの励起を含むアプリケーションに加えて、光通信用としても非常に有用なものです。これらのアプリケーションでは、980 nmの波長で動作する高出力レーザーダイオードがエルビウム添加されたファイバンプ用励起光源 (EDFA) として使用されています。このような光アンプは、長距離通信回線を普及させている波長1550 nmの通信信号のダイレクト光増幅に使われています。この方法によって、電気的な増幅回路は必要なくなり、光信号はより高い効率で直接増幅され、光信号を電気信号にまたその逆の変換の必要がなくなりました。

また、いくつかの高出力レーザーダイオードバーを積み上げることによって、キロワット級の潜在出力を持つ積層レーザーダイオードアレー (図7) を作る事が可能になりました。この素子が、産業溶接、金属やその他各種材料の高精度切断といった新しいアプリケーションを開拓しました。

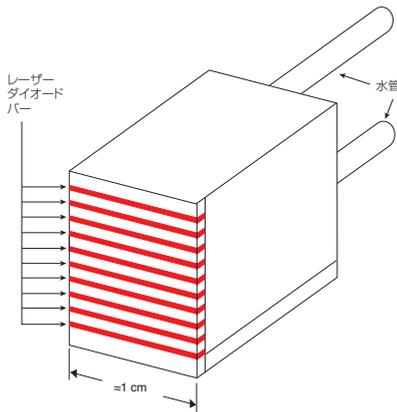


図7：代表的な高出力積層レーザーダイオードパッケージを示す概略図。

電気光学的特性

しきい電流値としきい電流値密度

レーザーダイオードの測定すべき最も重要なパラメータは、電流が素子に注入された際の光出力です。これは、光出力対入力電流曲線で表され、一般にはL-I曲線（図8）と呼ばれています。注入電流が大きくなるに従って、レーザーは最初にレーザー発振の兆候となる誘導放出を始めるまで、徐々に強くなる自発放出光を放射します。興味深い第1のパラメータは、この現象が起きる時の正確な電流値です。これは一般的にしきい電流値と呼ばれ、記号 I_{th} で表されます。一般に、しきい電流値は、可能な限り低いことが望まれ、それは効率的な素子であることを意味します。このように、しきい電流値はレーザーダイオードの性能を定量化するために使用される値の1つです。

しきい電流値は、素子を作る半導体材料の品質及び素子導波路構造の一般的なデザインによって決定されます。しかし、レーザー素子の大きさや発光面積にも依存します。1つのレーザーダイオードのしきい電流値が他の素子よりもはるかに高いしきい電流値である場合、それでもはるかに高品質のレーザーであると考えられることもできます。それは、素子の発光面積が大きい場合です。発光面積が広くて長いレーザーは、発光面積の小さなレーザーよりもレーザー発振に到達するまでに明らかに大きな電力を必要とします。その結果、各素子のしきい電流値を比較する時に、しきい電流値そのものよりも、しきい電流値密度について議論することの方が適切です。しきい電流値密度は記号 J_{th} で表され、実験的に得られたしきい電流値 I_{th} をレーザーの発光面積で割ったものです。レーザーは、常に低いしきい電流値密度を持つ

ことが望めます。しきい電流値密度は、素子を作る半導体材料の品質を直接表すパラメータの1つです。種々のレーザー素子の性能を比較する場合、しきい電流値よりもむしろ、しきい電流値密度を比較しなければなりません。レーザーの電流密度を計算する場合、電流が注入されているレーザーの発光面を正確に測定する必要があります。これは、100マイクロメートル以上のオーダーのストライプ幅を持つ広い発光面タイプのレーザーにだけ可能です。この場合の電流が流れている面は、レーザーの金属接触部面とほとんど同じです。リッジの幅がわずか数マイクロメートルに過ぎないリッジレーザーの場合、電流が拡散しているため、電流が流れているチャンネルの実際の幅はかなり広がっています。こうしたことから、狭いストライプのリッジレーザーの場合、実際の電流密度の値を正確に決定することは非現実的です。

L-I曲線のスロープ

可能な限り低いしきい電流値でレーザー発振に達することが望ましいように、可能な限り少ない電流の消費でより多くの光出力が得られることが望めます。また、入力電流をゆっくり増やすと、発光出力を急激に増大させることが適切です。入力電力を光出力に効率良く変換するレーザーダイオードは、明らかに性能の優れた素子です。このような素子の性能を直接測定する方法が、L-I曲線です。このスロープはP/Iで、単位はワット/アンペア(W/A)、低出力レーザーの場合にはmW/mAで表されます。しきい電流値 I_{th} より上のL-I曲線のスロープであるP/IIは、入力電流を1Aずつ増加することにどれだけレーザー出力のワット数が増えるかを直接示すものです。他の重要なパラメータは、一般にはP/IIパラメータの測定から導き出されます。例えば、外部微量子効率や内部量子効率、内部損失パラメータなどがあります。これらの項目、および、上述のパラメータを正確に決定するための実験構成と計算手順の詳細につきましては、Newportのアプリケーションノートをご参照下さい。

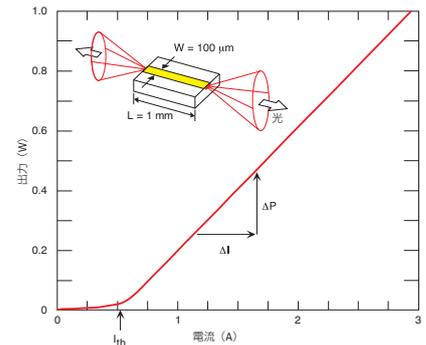


図8：高出力レーザーダイオードの一般的な光出力対電流（L-I）曲線。 I_{th} は、素子がレーザー発振を開始するしきい電流値を意味します。電力を光出力に変換するレーザーの効率は、電流変化に伴う光出力の変化（DP/DI）で示されるL-I曲線の勾配によって決定されます。挿入図は、出力面と後面の両方から発光しているワイドエリア（100 μm幅のストライプ）レーザーダイオードを模式的に示しています。

特性温度

ほとんどのアプリケーションでレーザーダイオードが高温で良好な性能を発揮できるかどうか非常に重要です。特に、出力が素子の温度を際立って上昇させる高出力レーザーダイオードの場合に重要になってきます。その結果、高温でも素子の動作に問題が発生しないだけの半導体結晶が十分であることが最も重要なことです。一般に、 T_0 （Tゼロと読む）と呼ばれるレーザーダイオードの特性温度は、素子の温度感度の尺度です。より高い値の T_0 は、温度上昇で素子のしきい電流値密度と外部微量子効率がゆっくりと増えることを意味します。これは温度的に安定していることを表しています。レーザーダイオードの特性温度を測定するために、いろいろな温度条件で実験的にレーザーのL-I曲線を測定する必要があります。それから結果を表にして T_0 が決定されます。一般に、これらは15から約80のレンジにわたって5または10間隔で測定されます。従来のAlGaAsレーザーは、通常120以上の T_0 を持っています。これらの項目の詳細、実験技法、計算手順につきましては、Newportのアプリケーションノートをご参照下さい。

ダイナミック直列抵抗

レーザーダイオードの直列抵抗は、一般的に素子への注入電流特性曲線に対する電圧を計算して決定されます。これを行う1つの方法が、実験的に得られる素子の電流対電圧特性曲線を1次微分して分析的に決定するコンピュータプログラムを使用することです。(詳細につきましては、Newportのアプリケーションノートをご参照下さい)。レーザーダイオードの直列抵抗値が高いのは、素子の両面上に作られたオーミック電極が低品質であったことの結果によるものです。その結果、直列抵抗値の測定は、レーザー上に作られた金属電極面の品質を評価することにもなります。

レーザーダイオードの空間特性

非点収差

レーザーダイオードが過去15年以上にわたって進化するにつれ、異なる特性を持った様々な構造が開発されてきました。最初のレーザーダイオードは、信頼性の高い素子を低い製造コストで作ることが容易な利得導波構造を使用していました。このタイプの構造は、多数のスペクトル線と非点収差のあるマルチモードになります。非点収差は、2つの軸の焦点が外見上一致しないことによるものです。それは、レーザービームを小さなスポットサイズにフォーカスする能力を制限します。これを模式的に図9に示します。利得導波型レーザーダイオードには、2つの焦点間で10 nmの差をもたらす非点収差もあります。これは出力ビームの焦点を鮮明で明瞭なポイントに合わせることを難しくさせます。

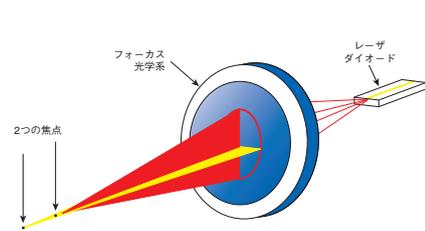


図9：非点収差の問題を示す模式図。

偏光

偏光の平行ベクトルと垂直ベクトルの比率は、偏光比と呼ばれます。レーザーダイオードでは、その最大定格出力の近くで動作させた時、偏光比は100対1もしくはこれ以上に達します。

レーザーダイオードビームのコリメート

レーザーダイオードの光出力は大きな広がり角があるため、特別なコリメート光学系が必要になります。非球面レンズや複数のレンズ群が、出力のコリメート用として従来から使用されてきました。これらのレンズは、レーザー出力ビームを集光するために、一般に0.5以上の公称値の開口数です。

レーザーダイオードの出力光は、レンズを使用して拡がりのほとんどない平行ビームを形成することができます。強い光で高い方向性を持った平行ビームには、土木工学におけるアライメントやCDプレーヤーの読み取りヘッドのような幅広いアプリケーションがあります。また、レーザー光のコヒーレンス性のためその特性は空間や時間でも同じ状態です。これは、干渉計測定や物質の欠陥測定に有用です。

もし、利得導波型レーザーダイオードを集光またはコリメートするとしたら、非点収差を補正するために円柱レンズを使用する必要があります。非点収差補正用には長焦点レンズが使われ、両軸方向でビーム拡がり角のほとんどないビームにするためにコリメートレンズが使用されています。

平行ビームがまだ楕円形であるなら、アナモフィックプリズム対を使って円形にします。長軸を圧縮するか短軸を拡大するかして円形ビームにします。

レーザーダイオードの出力ビームを単一モードファイバにフォーカスすることでも、同じような円形ビームが得られます。1つのモードだけがファイバの下方に伝播するので、ファイバは、フィルタの役割を果たします。ファイバからの出力は、非常にガウス形に近く、低開口数 (NA<0.1) で円形の円錐ビームになります。単純な球面レンズでコリメートを完成させます。

レーザーダイオードのコリメート用のさらに新しい技術として、マイクロレンズを使用する方法と回折光学系を使用する方法があり、これらは両方とも非常にコンパクトなパッケージになります。マイクロレンズは、ちょうど

レーザーダイオードの発光アパーチャの前に取り付けられます。レーザーダイオードパッケージの内部に取り付けるには、完全なアッセンブリが適しています。回折光学系は、フォトリソグラフィ技術で再現性に富み、非常に低コストで大量に製造されています。回折光学系は外部に取り付けても、レーザーダイオードのパッケージは非常に小さくなります。

レーザーダイオードのスペクトル特性

光スペクトル

レーザーダイオードのスペクトルは、レーザーの光共振部の特性によります。分布帰還型 (DFB) と分散ブラッグ反射型 (DBR) タイプの素子は、特定のスペクトルのピークを持っているのに対して、従来の利得導波型素子または屈折率導波型素子は、多数のピークを持つスペクトル構造です。これら2つのスペクトル分布の比較を図10に示します。

レーザーが対応できるスペクトル線の数は、動作電流と同様に、共振部構造によるものです。マルチモードレーザーダイオードは、中心波長付近に多数のスペクトルのピークを示しています。レーザー共振部を通して伝播する光波は、レーザーの2つのミラー面間で定在波を形成します。この曲線の発振間隔は、2つのミラー間の距離Lによって決定されます。共振部長Lが2つのミラー間に存在する半波長の整数m倍の時だけ、定在波が存在できます。言い換えれば、共振部の各終端には節 (ノード) が存在しなくてはなりません。これが起きる唯一の方法は、Lが正確に半波長 $\lambda/2$ の整数倍であることです。これは、 $L = m(\lambda/2)$ であることを意味し、ここでは、半導体の光の波長であり、 $\lambda = \lambda_0/n$ の関係がある屈折率nを通した自由空間での光の波長に関係しています。この場合の結果として、 $\lambda_m = 2L/m$ の間隔の波長でそれぞれ発振する多くの縦モードがレーザーダイオード共振部で存在することができます。これから、2つの隣接したレーザーの縦モードは、 $\Delta\lambda = (\lambda_0)^2/2nL$ の波長で分離していることが分かります。

図11に示すように、シングルモード素子でさえ、低出力ではマルチモードに対応することができます。動作電流を増やすにつれて、ある動作パワーレベルを超えて、1つの狭い線幅のスペクトルが現われるまで、1つのモードが支配し始めます。

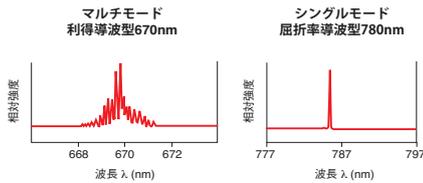


図10：マルチモード対シングルモードのスペクトル

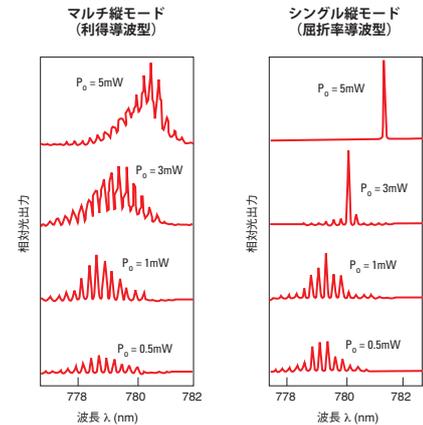


図11：出力スペクトルに対する動作電流レベルの効果

温度で変化する中心波長

レーザダイオードの中心波長は、その動作温度に直接比例します。図12に示すように、温度と中心波長の間には線形関係があります。温度を上昇させるにつれて、レーザダイオードの中心波長も長波長側にシフトします。レーザダイオードの発振波長を相互作用が起る材料のある特性に温度で正確にチューニングでき、分光、固体レーザやエルビウムを添加されたファイバンプなどのレーザダイオード励起アプリケーションで有用です。

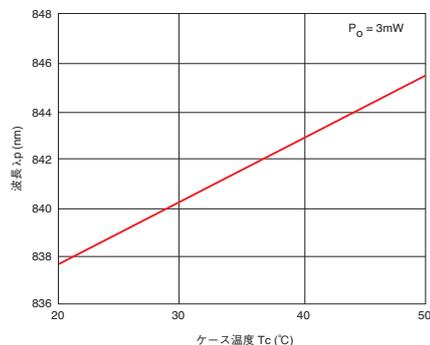


図12：温度変化に対する中心波長の変化

モードホップ

シングルモードレーザは、レーザダイオードの中心周波数がある特定の波長帯に飛び越え、広帯域で連続的な可変性のない現象をモードホップ（図13）と呼びます。駆動電流をわずかに調整することによって、不連続性が起こる波長を変えることができます。例えば、分光アプリケーションのような特定のレーザダイオードを選択する場合に、特定の波長を必要として素子の温度チューニングによるモードホップを考慮しなくてはなりません。

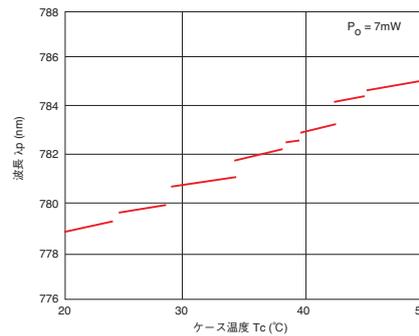


図13：シングルモードレーザダイオードにおける温度変化の際に観測されるモードホップ。

レーザダイオードの寿命に対する要件

レーザダイオードの動作寿命は、その動作温度によって決定されます。20で動作させた高品質レーザダイオードの場合、100,000時間を超える寿命があります。レーザダイオードの劣化は、通常、定格出力を維持するために必要とされる動作電流が、初期の電流のある割合（50%）で増やさなければならなくなった時点で定義されます。測定された温度は、レーザダイオードパッケージのケース温度です。特定出力での寿命曲線は、通常、製造業者によって提供されます。

レーザダイオードに対する静電放電の効果

レーザダイオードは静電放電（ESD）に非常に敏感であり、注意して取り扱わなければなりません。レーザダイオードを扱う時、出荷容器からレーザダイオードを取り出す場合は、常に、製造業者の指示に従って下さい。取り扱い中にレーザダイオードが適切に保護されるように注意を払わなければなりません。一般に、レーザダイオードを扱う時、適切に接地し、導電性のフィンガーガードを使用しなければなりません。全ての設備も適切に接地して下さい。適切なヒートシンクに関して、常に注意深く製造業者の仕様と指示に従って下さい。レーザダイオードのパッケージ自体やリード線に直接ハンダ付けしないことを強くお勧めします。レーザダイオードを挿し込むことができるトランジスタソケットのようなソケットに、全ての電気接続ができることが最も良い方法です。

レーザダイオード用の電流源の要件

レーザダイオードは、低ノイズの電流電源を必要とします。標準電源は、一般に定電圧電源として動作し、レーザダイオードが必要とする保護回路はありません。しかも、レーザダイオード用としては余りにもノイズが多すぎます。また、レーザダイオードは、電圧や電流の変動および過渡現象で簡単に損傷を受けます。こうした損傷からレーザダイオードを保護するために、専用回路が開発されました。保護回路の第一段は、入力AC電源フィルタと高速過渡検出回路です。低電圧とACラインの過渡検出回路およびシールド変圧器がさらに保護しています。

出力電流をオンまたはオフする時に、電源内の瞬間的な内部過渡現象が起こることがあります。レーザダイオードドライバは、その出力をオフにする時はいつでも、レーザダイオードへの出力をショートするようになっていたことが望まれます。これは、予備のFETと出力のリレーショートデバイスを使用することで可能となります。電源がオンの間は、これらのショートデバイスで、過渡電圧と過渡電流の両方からレーザダイオードを保護しています。数秒の遅延後に、出力電流は設定の値まで数ミリ秒から数百ミリ秒でゆっくりと増加します。

レーザーダイオードドライバに必要とされるもう1つの機能は、独立電流リミット機能です。このリミット機能は、設定値とは別に設定され、出力電流がレーザーダイオードの最大定格電流を超える可能性があるどんな条件にでも優先するものです。ある電流電源では、電流リミットと似たような働きをするパワーリミットを、プログラム可能なソフトウェアを利用して設定します。電流リミットを結線し、パワーリミットをプログラムするため、パワーリミットが正しく動作するようにフォトダイオードの感度を知っていかなくてはなりません。両方とも、レーザーダイオードを保護するために独立して働きます。

レーザーダイオードの温度制御

多くのパラメータがレーザーダイオードの温度によって決定されるため、安定した温度を設定し、維持することが重要となります。ほとんどのレーザーダイオードのアプリケーションでは、一定温度を維持するためにペルチェ効果に基づいた熱電 (TE) クーラーを使用します。TEモジュールは、熱をデバイス的一方の面から他の面に移す半導体の“ヒートポンプ”です。TEクーラーを通して流れる電流の方向によって、レーザーダイオードを加熱したり冷却したりすることができます。その温度測定にはいくつかのタイプの温度センサが使われます。それらには、サーミスタ、ICセンサと白金抵抗温度デバイス (RTD) などが挙げられます。中でも、その小ささと速い応答時間のサーミスタが最も一般的に使用されています。サーミスタやRTDは、非線形の抵抗デバイスです。両方ともバイアスを持つ小さくて正確な電流電源を必要とします。温度に比例するデバイスの電圧降下により、温度の変化が電気抵抗の変化になります。それぞれのデバイスは、電気抵抗を温度に変換する特性方程式を持っています。スティーナーハート (Steinhart-Hart) 方程式がサーミスタの電気抵抗を温度に変換するのに使用され、必要とする精度によって2~3の定数が使用されます。

ICセンサは出力を簡単に度数 (°C) に変換して、表示できるリニアなデバイスです。これらはリニアであるにもかかわらず、サーミスタほど高精度ではありません。それぞれの温度センサとその利点を図14に要約しています。RTDは、長時間にわたって正確な温度制御が必要なアプリケーションなど、安定性が要求される場合に主に使用されます。RTDの主な短所は、電気抵抗の変化が小さいことで、小さな絶対温度変化の測定が困難なことです。

一方、サーミスタは、非常に大きな電気抵抗の変化が得られ、小さな温度変化の測定を簡単にできます。また、サーミスタは、これらの3つの中で最も小さく、レーザーダイオードのパッケージに挿入するのに理想的です。TEクーラーを内蔵したレーザーダイオードは、温度センサデバイスとして一般的に10kΩのサーミスタを使用しています。

レーザーダイオードのテストおよび特性評価

しばしば、レーザーダイオードの品質、性能、および、特性を定量的に評価することが必要となります。必要とされる一連の実験を行い、結果を評価することにより、そのレーザーダイオードが要求された仕様をみたすかどうかを確認することが必要となります。

図15に、高出力レーザーダイオードの全ての特性評価を正確に素早く行うことのできる実験構成の例を示します。この構成では、計測化制御装置とデータ収集の完全自動化の実現については、パソコンとLabVIEWのような制御ソフトウェアを使うことで可能です。

この実験構成の中心となるのは、レーザーダイオードマウントと積分球光パワー測定システムです (P93とP187をご参照下さい)。レーザーダイオードマウントは、高出力レーザーダイオード用の空冷または水冷の両方が行えるように設計されています。

レーザーダイオードの測定では、出力光パワーの厳密な測定を行う時に積分球の利用が不可欠です。レーザーダイオードは、非常に大きな拡がり角を持つビーム形状をしており、積分球の利用は、レーザーダイオードから発光する全ての光を集め、測定することを確実にします。さらに、ディテクタの正確な位置を厳密に調整しなくても測定できるようになります。ディテクタで発生した信号を、校正済みの光パワーメータで計測します。この構成で、正確に様々な波長のレーザーダイオードの出力光を測ることができます。光学式測定システムは、一般にGPIBを使ってコンピューターで制御されています。

さらに、積分球には、光ファイバポートを取り付けることができます。光をサンプリングして、それを光スペクトルアナライザの入力側に送るのに使用されます。このように、レーザーダイオードの光スペクトル、発光のピーク波長、さらにL-I-V特性曲線の同時測定が可能になります。

レーザーダイオードをパッケージに收容する工程は、これらのデバイス製造の中でも、非常にコストのかかる部分です。このため、一般に、レーザーダイオードがパッケージに收容される前に、加工された半導体ウエハの品質を完全に評価することが必要となります。一連の構造的、電気的、光学的特性評価テストに加え、しばしば、広面積レーザーがウエハーから加工され、そのウエハーが

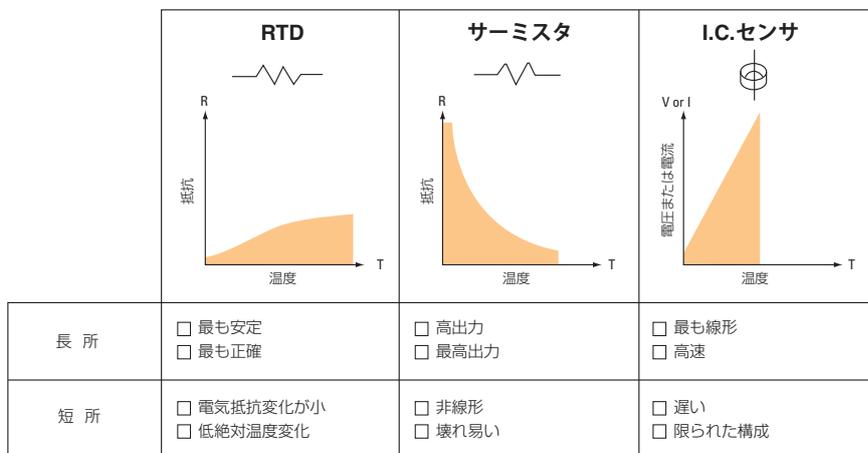


図14：一般的に使用される温度センサの比較

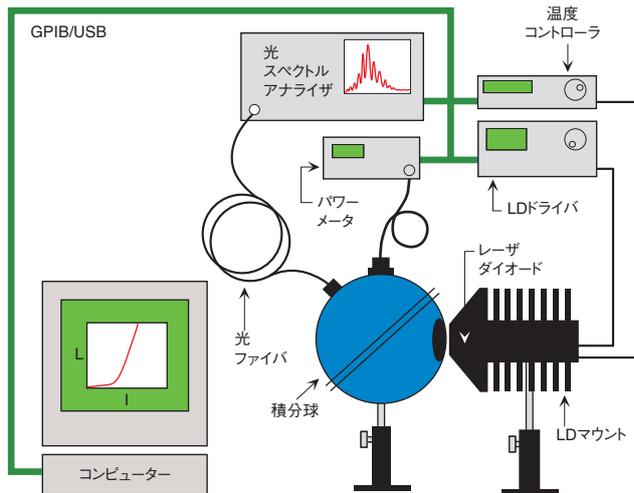


図15：一般的なコンピュータ制御レーザーダイオードテストおよび特性評価の構成。

「適性品質ウエハー」であるかどうかを決定するためにテストされます。これによって、低品質の材料がデバイス製造に使用されることを防止することができます。ヒートシンクに取り付けず、完全なパッケージにされない状態で、これらのデバイスがテストされるので、低いデューティサイクルのパルス電流状態で、全てのテストおよび特性評価を行う必要があります。このことにより、完全にパッケージ化する必要性もなく、デバイスのテストおよび性能測定を行うことが可能です。図16に、パルス条件下でのレーザーダイオードの特性評価の実験構成を示します。この場合、プローブ部は厳密に検査し、各デバイスへ電流を注入するために使用され、レーザーダイオードドライバは、電流パルス発生器であることに注意して下さい。

このような実験構成を用いて、レーザーダイオードの完全なテストと特性評価が可能となり、しきい電流値やしきい電流値密度、外部微分量子効率、内部量子効率、内部損失、スペクトルとピーク発振波長、直列抵抗、および、温度特性などの重要なパラメータを決定することができます。

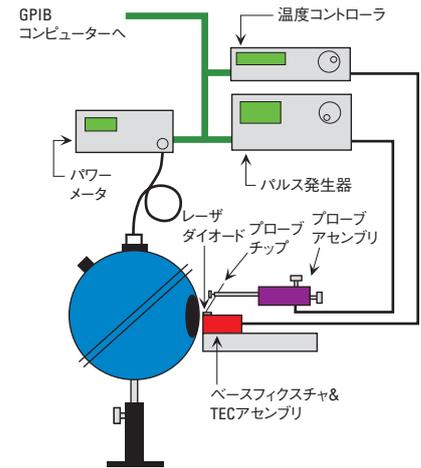


図16：ヒートシンクにマウントしないレーザーダイオードチップとレーザーダイオードバーのパルス特性評価のための検査ステーション装置を使用した一般的な実験構成。

レーザーダイオードのテストと特性評価に関するアプリケーションノートのシリーズをご希望の場合は、弊社にお問い合わせ下さい。