

基本的な特徴、構造、安全性および通常タイプ

① 半導体レーザーとレーザーダイオードへの導入

注意：この文書を通じて、私達は用語「レーザーダイオード」と「半導体レーザー」をいくぶん交換可能なものとして使用して行きますが、用語「半導体レーザー」は、完全なシステムあるいはモジュールについて言及する場合に使う傾向があります。装置を「レーザーダイオード」と呼ぶ場合、これは一般的に半導体チップの組み合わせを意味し、これはモニター用フォトダイオードチップ、(出力のフィードバックコントロール用)との組み合わせで実際にレーザーを発振し、筐体に収められ(通常 3 本の導線)、頂部に1つの窓の開いた金属筐体トランジスターのように見えます。これらを「ダイオードレーザーモジュール」や、よくある(赤色)レーザーポインター内に固定してから、ドライバ回路および光学部品と組み合わせます。下記「小型レーザーダイオードの例」でいくつかの例を示します。



小型レーザーダイオードの例

(8) 半導体レーザーは、非常に小さい筐体からコヒーレント光を発振するためにガリウムヒ素あるいは他の異質な半導体の極小チップを使用します。こうした半導体の伝導帯と価電子帯の電子のエネルギー準位の差がレーザー発振のメカニズムを与えます。この種のレーザーは必要となる製作技術は数百万ドル以上の費用が掛かり、自分の地下室でゼロから製作できる種類のレーザーではありません。手製のドライバ回路で商用のレーザーダイオードに電力を供給するか、レーザーポインターのような組み立て済のモジュールを使うことで満足する必要があります。幸い、レーザーダイオードは現在高価ではなくなっており(この文書を読んでいる間にも価格が下がっていて)、どこでも入手可能です。

(13) 稼働要素は 1 個の LED とそれほど変わらない固体の部品です。これらのレーザーダイオードの初期型は、レーザー史の本当に初期に開発されましたが、それらが広く利用可能になったのは 1980 年代初頭になってからで、価格はそれに依りて下がりました。現在、様々な種類が存在し、一部の製品は数ワットもの光出力を発振します。CD プレーヤーやレーザーポインターなどの人気が高い装置で最もよく見られるタイプは、3-5mW の範囲の最大出力を持っています。

よくある低出力端面発光レーザーダイオードの典型的な構造が下に表示されています：

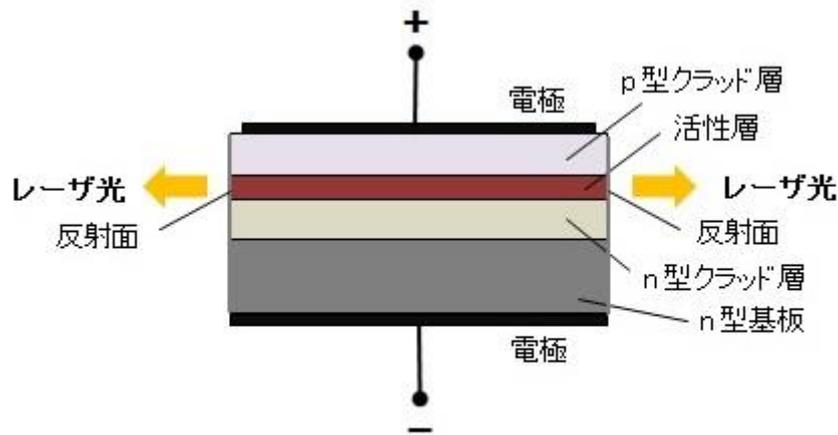
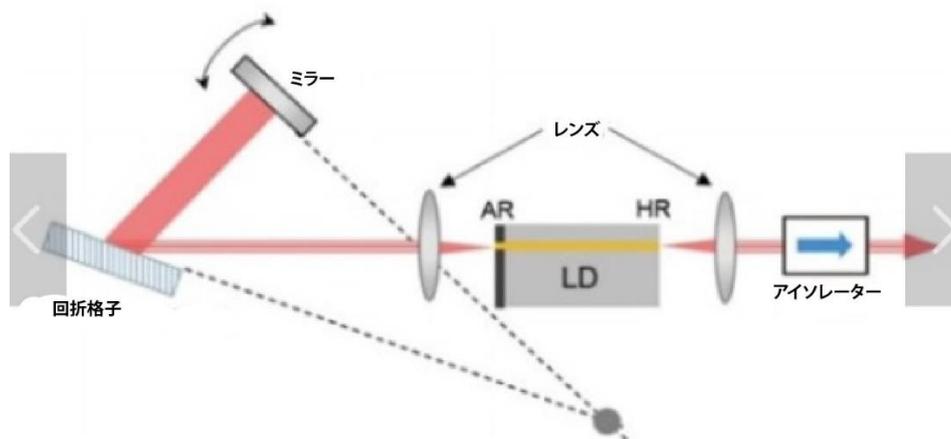


図1.半導体レーザーの基本的な構造

(18) 上の構造は、P-N 接合が1つだけなので、「ホモ接合(同種構成物質半導体の接合、例えばP型SiとN型Si)」と呼ばれます。P型とN型物質の層を用いて形成されるいくつかの密接な接合を用いる利点があることが分かります。これらは「ヘテロ接合(異なる構成物質半導体間の接合、例えばP型GaAsとN型AlGaAs)」レーザーダイオードと呼ばれます。今日ではさらに多くのさらに進歩した構造が使用されており、あなたがこれを読んでいる間にも、新しいものが開発されています！例えば、「垂直共振器型面発光レーザー(VCSELs)」の節を参照いただくと、多くの技術分野に劇的な影響を与える可能性を持つ1つのタイプの説明があります。 [Sam's Laser FAQ - Diode Lasers \(donkclipstein.com\)](http://donkclipstein.com/Sam's%20Laser%20FAQ%20-%20Diode%20Lasers)

「端面(劈開面)」はダイオードレーザーの共振キャビティを形成するミラーとなります。これらは単に半導体結晶の劈開面である場合もあるし、光学的に磨かれ、研磨され、コーティングされている場合もあります。

(25) こうした集積レーザーダイオードの場合、すべてのことはチップ内で発生します。そのため、出力波長は半導体素材と装置の物理的構造の特性によって修正、決定されます。あるいは、ビームがチップに戻ってきて安定性の問題を引き起こすこともありますが、出力の周波数安定化の恩恵を受けるために使用することもできます。外部キャビティ光学部品を使用する波長可変半導体レーザーが、継続波やモードホップなしに非常に広範な波長範囲を提供できる場合があります。

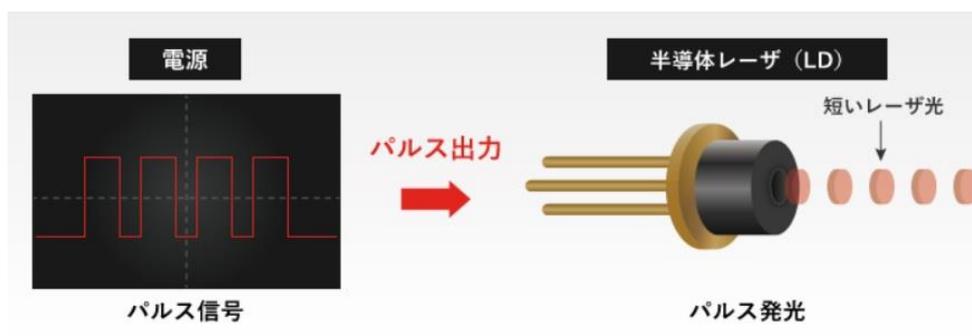


波長可変半導体レーザーの構造図

閾値に達するために多くの電流を必要とし、何ワットもの出力を供給できるパルス発振レーザーダイオードもありますが、ただほんの短時間(マイクロ秒かそれ未満)のパルスとなります。平均出力はおそらく数 mW です。これらはガリウムヒ素(GaAs)ヘテロ接合レーザーダイオードです。それらは現在では一般的ではありませんが、一部の市場では、チーフテン戦車(英軍)の距離計の部品などのダイオードとして販売されています。それらは高いピーク出力を誇りますが、平均出力は低いです。同様の仕様を持つ最新の装置は、OSRAM Opto Semiconductors 社)などのメーカーで入手可能です。 [LEDs, Lasers, Infrared Components, Detectors and VCSEL | OSRAM](#)



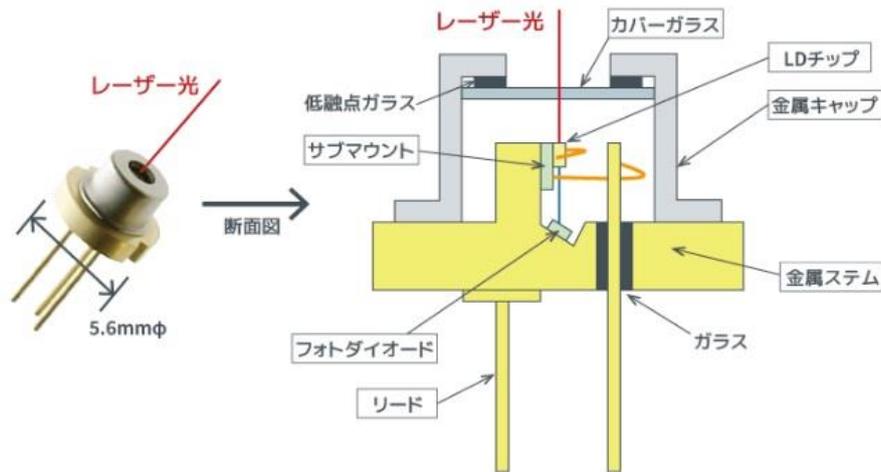
英国陸軍 チーフテン戦車



パルス発振レーザーダイオードの動作概念

(36) レーザーダイオードへの電気入力特殊電流制御 DC 電源や、あるいは光ファイバーや自由空間通信で使用される潜在的に非常に高いデータレートで入力を変調したりパルス化するドライバ経由で供給される場合があります。マルチ GHz 伝送帯域幅は、入手可能な統合ドライバーチップを使用すれば実現できます。

ただし、LED とは異なり、レーザーダイオードはその駆動電子回路への非常に丁寧な扱いを必要とし、そうしないとダイオードは即座に壊れるでしょう。1マイクロ秒でも超えてはならない最大電流があり、これは接合部温度と同様に特定の装置に依存します。言い換えると、仕様をデータブックで調べて、単に定電流電源を使うことでは、ほとんどの場合十分ではありません。過電流へのこの敏感性は、レーザーダイオードが発振しているときの肯定的なフィードバックの量の多さに起因します。劈開面(ミラー)への損傷は、レーザービーム内の集中電磁場によっていとも簡単に発生します。ビーム出力を安定させるための光フィードバックによる閉ループ制御回路が、装置と温度変化を補填するために通常組み込まれています。この文書の後半にある「CD と可視光レーザーダイオード」の節を参照してから、ダイオードに通電したり、取り扱うようにしてください。すべての装置が等しくマイナーな乱用に敏感であるように思われるわけではありませんが、(あなたの財布と自我の両方の見地から)注意を怠ると出費が発生することになります。

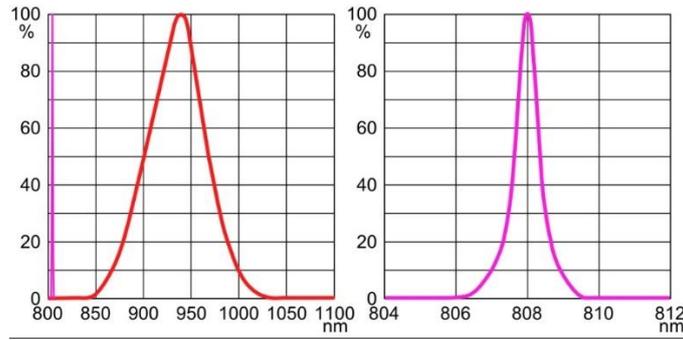


フォトダイオードを含む半導体レーザーの構造図

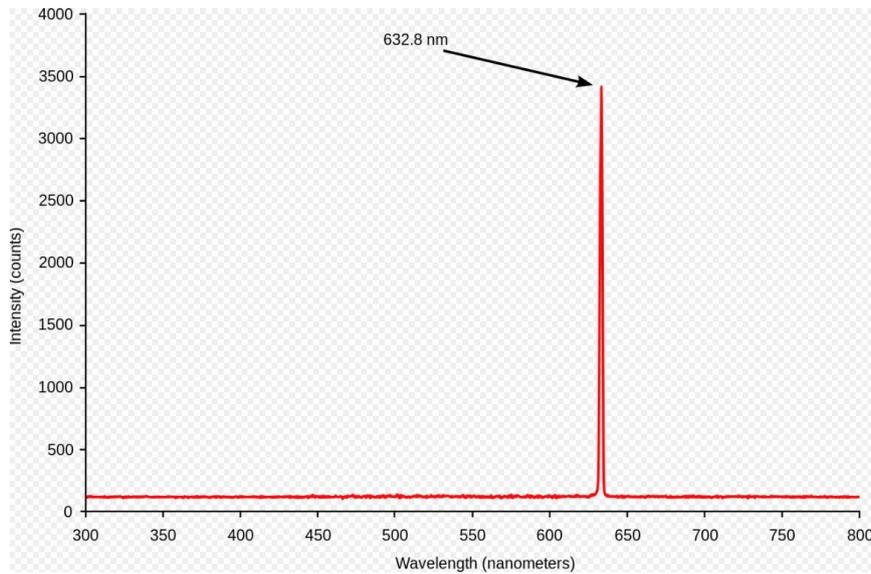
有利な点として、レーザーダイオードは非常にコンパクトで、活性部分は砂一粒ほどのサイズで、低出力(つまり低電圧)で、比較的効率的(特にそれらに置き換え可能なガスレーザーと比較して)で、頑丈で、長寿命です、適切にさえ扱えば。

(47) 実際、高出力のレーザーダイオード(数ワットの光出力を発生)は、単なるレーザーではなく、疑いなく現存の最も効率的な光源装置と言えます。一部のダイオードは、50%超の電気-光効率(DC ワット入力、光ワット出力)を持っています！言い換えると、DC 出力 2W を投入すると光 1W を放出します。そして、この比率を 80%超まで改善しようとする研究が進行中です。よくある白熱電球は効率がたった 5%で、蛍光灯ランプは 15~20%で、高輝度放電ランプはそれよりも多少良いですが、最良のものでさえ現存のレーザーダイオードには敵いません。ちょっと考えてみてください。もしこうした素晴らしく高効率で高出力のレーザーダイオードが可視波長で大量生産できてすべての電球に取って代われれば、高出力レーザーへの道楽者のアクセスの問題に触れる必要もなく、世界の電力使用が非常に下方に削減されるでしょう！(これはずっと大きな重要性を孕んでいます！)

(55) レーザーダイオードは決定的な駆動要件以外にも若干の不利な点を抱えています。光学性能は一般的に他のレーザータイプと同じではありません。特に、一部のタイプのコヒーレンス長と単色性は劣っている可能性が高いです。レーザーキャビティが劈開面に挟まれた III-V 半導体の接合点で形成される 1mm のほんの一部であることを考えると、これは驚くべきではありません。これを約 10cm のキャビティを持つ最小の HeNe レーザーチューブと比較してみてください。そのため、これらのレーザーダイオードは高品質ホログラフィーやロングベースライン干渉法用の光源には不向きでしょう。けれども、明らかにレーザーダイオード性能の一般的な見解にかかわらず、\$8.95 のレーザーポインターでさえこうした領域での実験で十分に機能する可能性もあり、一部の結果は驚くほど良いことがあります。



赤外 LED(左)と近赤外 LD レーザー(右)のスペクトル



HeNe レーザーのスペクトル

(62) コヒーレンスと安定性という領域でたとえヘリウムネオンレーザーほど良くないとしても、多くのアプリケーションでは、レーザーダイオードが完全に適切であり、それらの利点である小型、低出力および低コストは、他のいかなる欠陥をも凌駕します。実際、これらの「欠点」は不必要なスペckルや干渉効果が大きく低減するため、レーザーダイオードを単に照明光源としてとして使用する場合には有利であることを証明できます。

ご存知のように、すべてのレーザーダイオードが同じ性能を示すわけではありません。一部のよくあるタイプのレーザーダイオードが典型的な HeNe レーザーに相当するビーム特性を実際に示すことを示唆するコメントについては、「高価ではないレーザーダイオードを用いる干渉計」の節 ([Sam's Laser FAQ - Laser Instruments and Applications \(donkclipstein.com\)](http://www.donkclipstein.com)) を参照ください。そして、短距離のアプリケーションの場合は、「干渉法用に CD プレーヤーや CDROM ドライブ由来のピックアップを使用できますか?」([Sam's Laser FAQ - Laser Instruments and Applications \(donkclipstein.com\)](http://www.donkclipstein.com)) を参照ください。「安価なレーザーダイオードを使用するホログラフィー」の節 ([Sam's Laser FAQ - Laser Instruments and Applications \(donkclipstein.com\)](http://www.donkclipstein.com)) も参照ください。

(68) 以下のサイトは、レーザーダイオード技術の作動原理、構造、特徴および他の側面の議論を追従するのが比較的容易となる内容の一部を含んでいます：

- [Power Technology 社](#) “Resources -> Technical Articles -> Laser Diodes”を辿ってください。半導体レーザーの特徴、製品、調整法。 [Laser diodes require the right power source | Laser Focus World](#)
- [Edmund Industrial Optics 社](#) “Technical Articles”, “Lasers”に行ってください。レーザーダイオードモジュール、ビームエキスパンダー、空間フィルターなどを含みます。 [Laser Optics | Edmund Optics](#)
- [Eurotechnology 社の青色レーザーのホームページ](#)。 GaN(窒化ガリウム)青色 / 紫色/ UV LED とレーザーダイオードに関する情報を含みます。
- [Lumex 社](#). “Tech Notes”に行ってください。半導体レーザー構造を含む様々なトピックに関する論文。

以降にレーザーダイオードの初期の歴史へのリンクがあります：