

## ② 一般的なレーザーダイオードの例

(82) 下記「小型レーザーダイオードの例」の写真には、典型的なCDプレーヤー、CDROMドライブ、レーザープリンタおよびバーコードスキャナーに見られるものを示しています。この写真は 150dpi で走査しました。左手のレーザーダイオードは CD プレーヤー、CDROMドライブおよびレーザープリンタ用です。中央のものは同じくレーザープリンタ用です。右手のダイオードレーザーモジュールのコンポーネントはバーコードスキャナー用です。実際のレーザーダイオードはアルミニウムブロックの後部端に取り付けられており、単体プラスチック製レンズは適切に焦点を合わせたビームを供給するために必要とされます。



小型レーザーダイオードの例

下のクローズアップは 600dpi で走査され、レーザーダイオード(少なくとも我々が取り扱っている小さいものは)はこれほど大きくはありません！ これら2種のレーザーダイオードは、上のグループ写真にも写っています。



SONY 製 KSS361A 光学ピックアップ用の半導体レーザーのクローズアップ

(90) SONY 製 KSS361A 光学ピックアップ用の半導体レーザーのクローズアップは、多くの SONY 製 CD プレーヤーと CDROMドライブで採用されているタイプを示します。実際のレーザーダイオードは、光学ピックアップの写真に写っている真鍮製筐体の中にあります。筐体の前部の窓に角度が付けられているのは、出口窓 (AR コーティング) にも角度が付けられていて、出射窓表面からのいかに小さな残余反射でも、レーザーダイオードのキャビティ内や検出されたシグナル光に干渉することから防ぐためです。これらの端面発光レーザーダイオードの出力は偏光されています。「ブリュースターウィンドウとは何ですか？」の節 ([Sam's Laser FAQ - Items of Interest \(donkclipstein.com\)](http://www.donkclipstein.com)) を参照ください。(劈開

面での横方向と縦方向の波を比べると、横方向の方が反射率が高く、偏光素子が無くても自然に横方向のみの直線偏光となってしまいます。)



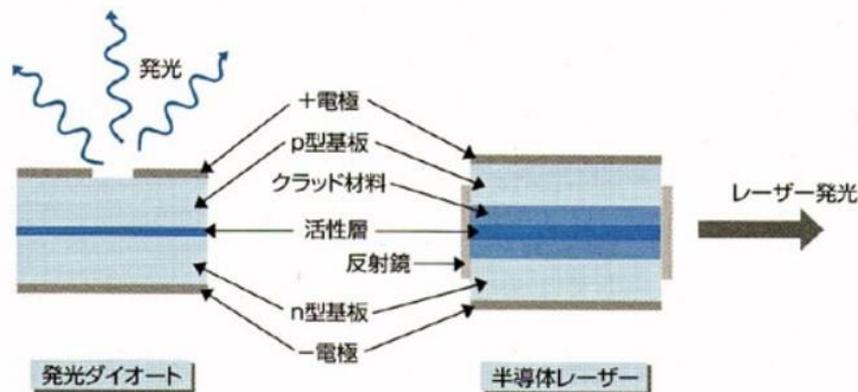
SONY 社製 KSS3610A 光学ピックアップのクローズアップ

(95) 「レーザーダイオードのクローズアップ」はレーザープリンタ用のものです。それは対物レンズと非常に重要なヒートシンクを備える(少なくともこのレーザーダイオードの大きさと比較して)大規模なモジュールに取り付けられていました。高性能レーザープリンタの一部では、固体ペルチェクーラーがレーザーダイオードの温度を安定させるために使用されています。CD と LD プレーヤーおよび CDRom やその他の光学式ドライブ(少なくとも読み出し専用タイプ)で使用される低出力レーザーダイオードは、鋳物製の光学ブロックにあるヒートシンクで熱をなんとか逃します(鋳物の比熱:0.5 前後)が、多くは、すべてプラスチック構造(プラスチック類の比熱:2 弱)であるためにこうした対策は不要です。

## LED とレーザーダイオードの相違

(引用元: Don Stauffer (stauffer@htc.honeywell.com).)

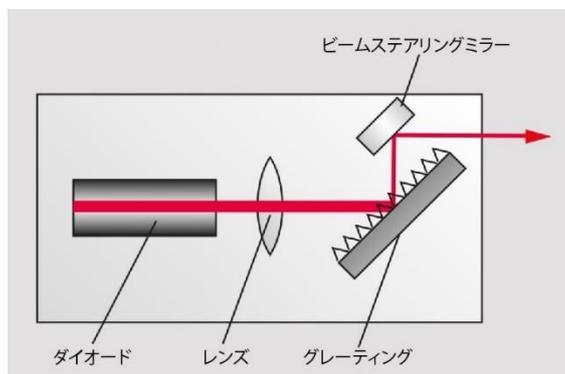
(101) LED は、フィードバックキャビティの無いレーザーであると考えられます。LED は、電子を再結合することで光子を放出します。それは非常に広いスペクトル幅を持ちます。



LEDとLDの基本構造

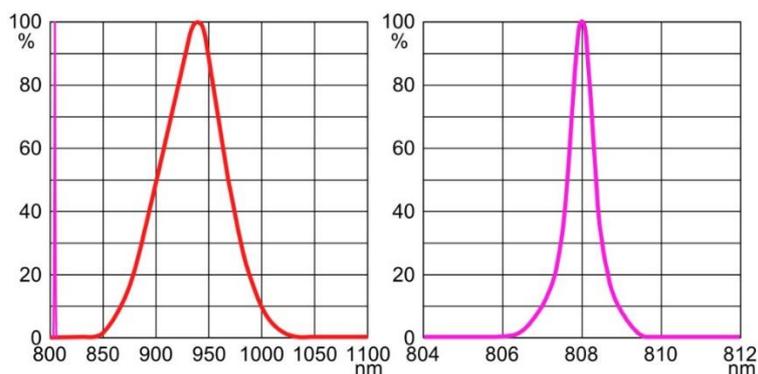
LEDとLDレーザーの構造の相違

それに高 Q 値(共振周波数をその共振器の半価幅で割ったもの)キャビティを加えると、真のレーザー発振を引き起こすのに十分なフィードバックの高さが得られます。殆どのレーザーダイオードがキャビティを装置の真ん中に設置しますが、外部キャビティダイオードレーザーのようなものもあります。

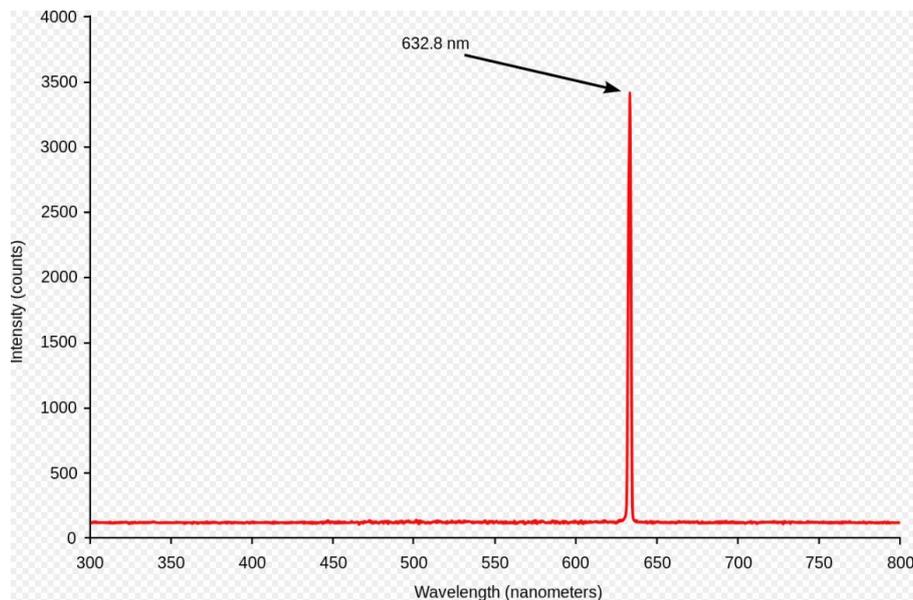


外部キャビティダイオードレーザーの例

(106) 高 Q 値キャビティを付加すると、稼働しているモードの数が劇的に減少します(実際、LED でモード構造について話すことは妥当とはいえません)。結果としては、発光発振線が劇的に狭くなり(より単色性が高まる)、ビームは空間的に幾分狭くなります。ただし、標準的な半導体レーザーでは容易には真のシングルモード発振を得ることはできず、発振線はガスレーザーほど鋭い縦モードとはならず、狭いビームともなりません。



赤外 LED(左)と近赤外 LD レーザー(右)のスペクトル



HeNe レーザーの狭いスペクトル

詳細については、「LED がどのようにレーザーダイオードに匹敵するかー波長、スペクトル、出力、フォーカス、安全性」の節を参照ください。 [Sam's Laser FAQ - Diode Lasers \(donklipstein.com\)](http://donklipstein.com/Sam's%20Laser%20FAQ%20-%20Diode%20Lasers)

## 半導体レーザーと他のタイプのレーザーとの比較

(111) レーザーダイオードがただ高級化された(そして高価な)LED ではなく、正真正銘のレーザーである一方、ガスレーザーや固体レーザーと比較すると主要な相違点があります — すべてが良くないという訳ではありませんが。

(引用元: Don Stauffer (stauffer@htc.honeywell.com).)

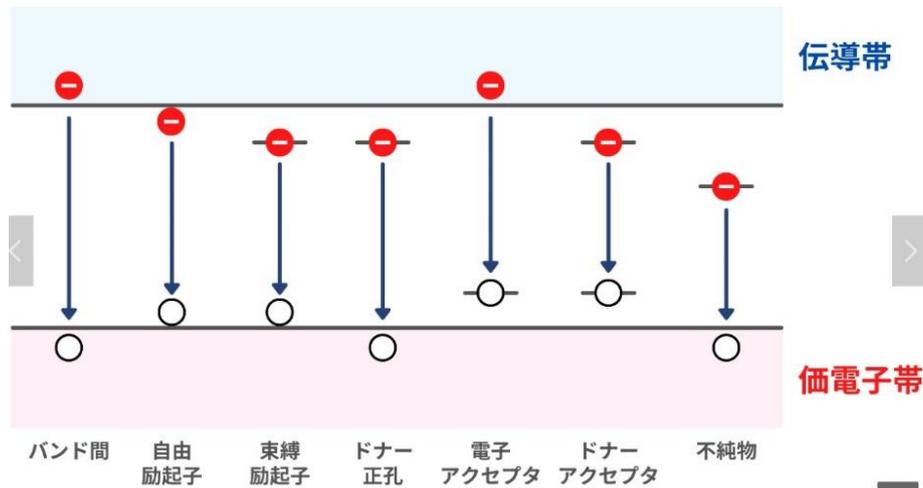
はい。確かに半導体レーザーは正真正銘のレーザーです。その前提で量的に問題を見ると、ガスレーザーあるいは大きな結晶レーザーよりも狭い発振線発光の半導体レーザーを作ることは困難です。レーザーのキャビティ長を増加させると、一般的に発振線を狭める作用につながります(スペクトル空間内にて、ただしより Q 値の高いキャビティも、空間内のビームを狭める傾向を示します)。より大きくて高Q値の外部キャビティをレーザーダイオードと組み合わせることでコヒーレンスを改善することができます。

(引用元: David Schaafsma (drdave@jnpcs.com) と Rajiv Agarwal (agarca@giascl01.vsnl.net.in).)

### 2つの重要でないポイント:

(119) 共焦点 — 平面高Q値キャビティ(半導体レーザーや、とりわけ垂直キャビティ半導体レーザーに見られる)の場合にのみ高Q値キャビティは空間プロファイルを狭め、ウォークオフ(ビームの分離)にまつわる問題に陥りやすく、モードは物理的に限定されます。

ガスレーザーの場合、ずっと狭い蛍光発光発振線を伴って発振が始まり、それ故、ゲインスペクトルがスペクトル的に制限されます。半導体レーザー(バンド間遷移あるいは励起子遷移)は、ずっと広い蛍光発光スペクトルを持っています。



### 半導体内での遷移のいろいろ

通常の端面発光半導体レーザーは実際にはかなりの数の基本的なモードで(とりわけ自身の端面をキャビティとして稼働する際に)発振し、各発振モードは「単色である」けれども、全体的なスペクトルは全くそうではありません。外部キャビティは端面発光半導体レーザーからおよそ一本でのモード動作を実現する本当に唯一の方法です。

## 半導体レーザーの発振モード

### Fabry-Perot (FP)共振器レーザー

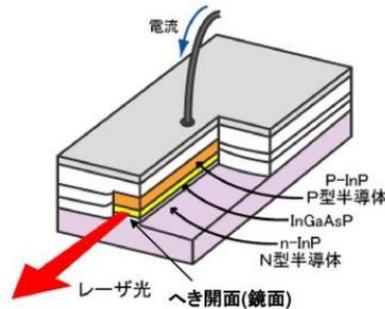
2枚の平行に向き合った鏡によるFP型光共振器によって正帰還が得られ発振するレーザー

発振波長

$$\lambda = \frac{2n_{eff}L}{q}$$

q: モード番号 1, 2, ...  
 $n_{eff}$ : 実効屈折率

縦多モード発振



FPLaserの構造

### 分布帰還(DFB)型レーザー

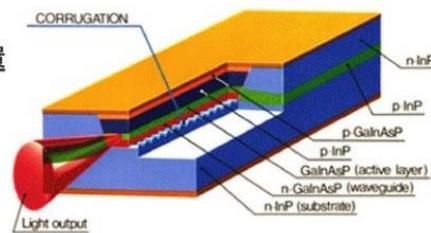
回折格子によるBragg反射により、光の分布帰還が得られ、Bragg波長近傍の単一波長で発振

発振波長

$$\lambda = 2n_{eff}\Lambda$$

$\Lambda$ : 回折格子の周期  
 $n_{eff}$ : 実効屈折率

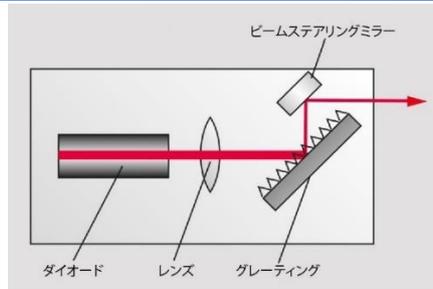
単一縦モード発振



DFBLaserの構造

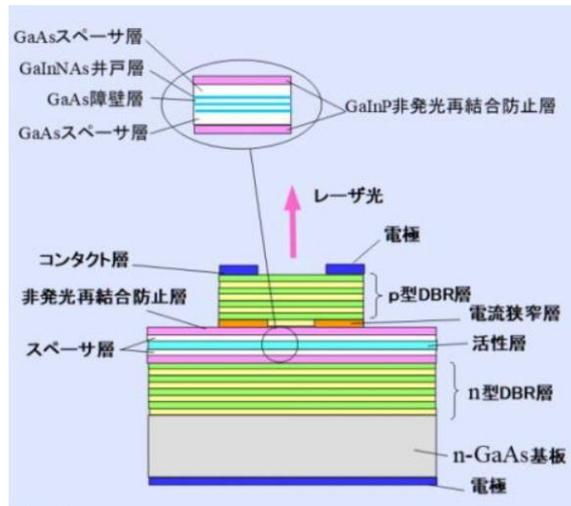
出展: [www.matsuoka-lab.imr.tohoku.ac.jp/purposes.html](http://www.matsuoka-lab.imr.tohoku.ac.jp/purposes.html)

### LDレーザーの発振モード

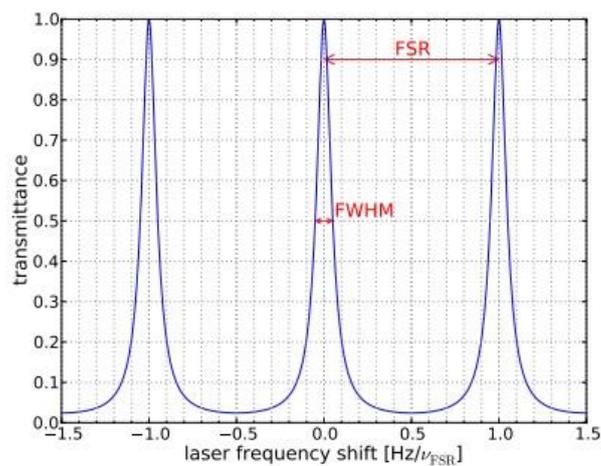


### 外部キャビティダイオードレーザーの例

(124) VCSEL（垂直共振器型面発光レーザー）は一般的に真にシングルモード装置です。ガスレーザーでキャビティを長くしなくても良い理由は、（ガスレーザーの）ゲイン幅が小さい故（各縦モードの山が低い）に、自由スペクトル範囲（FSR:モード同士の間隔）を低下させてしまう心配をしなくて良いからです。

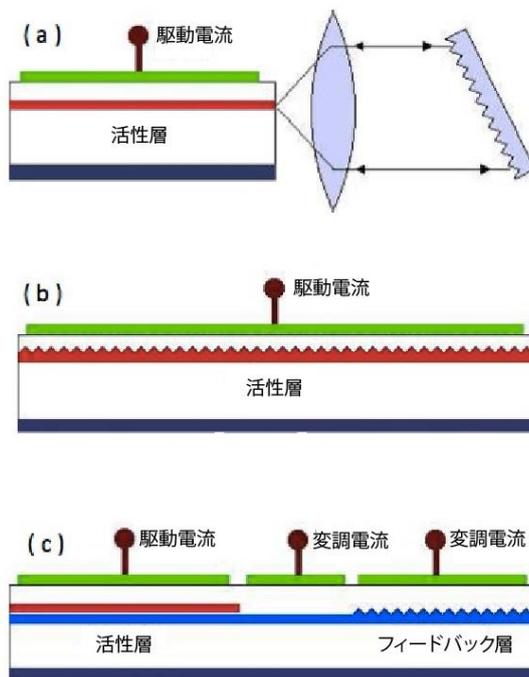


### 面発光レーザーの構造図



### 自由スペクトル範囲 (FSR)

(126) 分布帰還形(Distributed Feed Back)あるいは分布反射型(Distributed Bragg Reflector)レーザーが極めて類似した結果を達成し、30db 超のサイドモード抑圧比(SMSR)を示します。これらのレーザーはしばらくの間光ファイバーベース遠距離通信の主要製品でした。

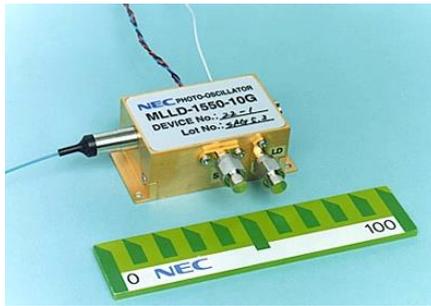


図：(a)外部共振型レーザー（リトロ型）、(b)DFBレーザー、  
(c)DBRレーザー

分布帰還形(Distributed Feed Back)レーザーは長距離の遠距離通信ネットワークに使用されます。スプリント(最高25マイルまで>1Gb)で使用される種類は都市間での電話回線網用です。これらは合衆国とヨーロッパ間の太西洋横断ケーブル(TAT)用です。LEDはコンピューター間(~100Mb および1マイル未満)用のFDDIタイプアプリケーションでより多く使用されています。

(引用元: Vishwa Narayan (vishwa.narayan@ericsson.com).)

(132) LEDがデータ通信アプリケーション(短距離での読み出し)で非常に人気が高い一方で、遠距離通信アプリケーションは通常分布帰還形(Distributed Feed Back)レーザーを使用し、低速度通信(例えば、OC-3 155Mb/秒)では直接変調を掛け、高速度通信(例えば、OC-48 2.5Gb/秒)では外部変調を掛けます。距離は通常、中継器無しで光増幅を行い、数十キロメートルから数百キロメートルにも亘ります。



NEC 社製 DBR レーザー