

2波長高出力半導体レーザー

菅 康夫

電子デバイス事業本部 システムデバイス第3事業部

CD/DVD光ディスクの読み取り／書き込み用として今後主流となる、2波長高出力半導体レーザーを開発しました。

この半導体レーザーを使用することにより、光ピックアップにCD/DVD用個々の半導体レーザーを搭載する必要がなくなり、光学部品点数の削減や光学系の調整を容易にするなど大きなメリットがあります。

本稿では、2波長高出力半導体レーザーを実現した要素技術について解説します。

1 はじめに

1982年に音楽をデジタル情報で記録するCDが発売されて以来、光ディスクは、ビデオ映像を記録するDVD、ハイビジョン映像を記録するBlue-ray (BD) へと大容量化が進み、さらにパソコンのデータ記録用としても使われています。この光ディスクから情報を読み出す、または、情報を記録するために必要なのが半導体レーザーです。今回は、CD/DVD用の2種類の波長帯の出力を1個の半導体レーザーで実現した2波長高出力半導体レーザーについて解説します。

2 半導体レーザーとは

光ディスクには、CDやDVD、BD

などがあり、それぞれに応じた波長の半導体レーザーが必要になります。CDに対しては785nm帯赤外半導体レーザー、DVDは、660nm帯赤色半導体レーザー、BDには、405nm帯青紫半導体レーザーが用いられます。また、光ディスク装置は、下位互換が規定されており、BD装置では、BDに加えて、CDとDVDも、DVD装置では、DVDに加えてCDも取り扱いが可能になっています。一方、光ディスクは、読み取り専用 (ROM) ディスクと記録 (録画) 可能ディスクの二種類に分けられますが、半導体レーザーも、読み取り専用の低出力レーザーと記録 (録画) 用の高出力レーザーに分けられます。ここで解説する2波長高出力半導体レーザーは、一つ

の半導体レーザーから、CD/DVD用の2種類の波長帯のレーザー光を出すことができます。図1は、光ディスク装置のピックアップ光学系の模式図です。CD/DVD用それぞれ個々の半導体レーザーを用いるピックアップと2波長半導体レーザーを用いるピックアップを比べると、後者の方が、半導体レーザーやレンズ、回折格子などの光学部品点数を少なくでき、さらにCD/DVD共通の光路により光路調整が容易という利点があります。これらにより、今後の光ディスク装置には、2波長半導体レーザーの搭載が主流となります。

3 半導体レーザーの素子構造

図2は、2波長高出力半導体レー

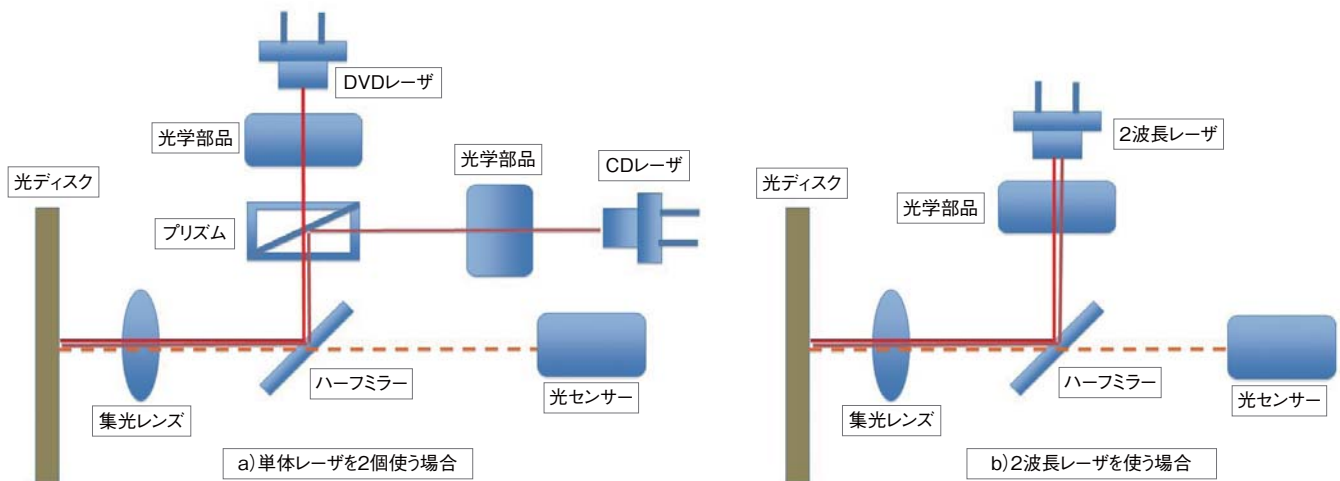


図1 光ディスクピックアップの模式図

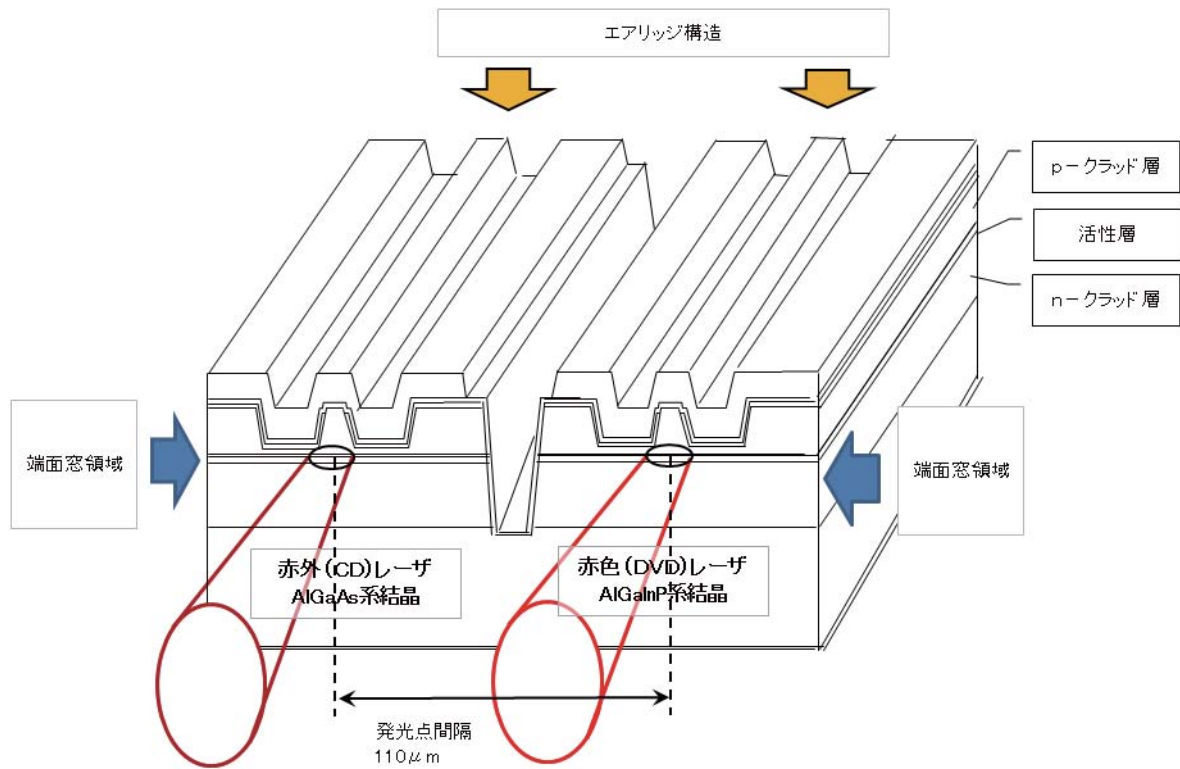


図2 2波長高出力半導体レーザーチップ

に搭載するレーザーチップの斜視図です。レーザーチップは、n型GaAs基板の上に赤外（CD用）レーザー部と赤色（DVD用）レーザー部を同一チップ上に形成しますが、基板まで彫り込んだ中央の溝によりそれぞれ分離しています。

レーザー光は、基板上に形成するn-クラッド層、活性層、p-クラッド層などで構成した結晶層の内、活性層から発生します。発生した光が横方向に広がるのを防ぎ前後方向に集光・制御するために、結晶層に縦状の溝を形成したエアリッジ構造をしています。半導体レーザーから出るレーザー光の波長は、pクラッド層とnクラッド層にはさまれた活性層内の量子井戸層に用いる結晶で決まります。CDレーザーに対しては、AlGaAs、またはGaAsを、DVDレーザーに対してはGaInPを用います。一方、クラッド層は、発生した光を活性層に閉じ込める役割を持つ結晶材料であれば比較的材料選択の自由度があり

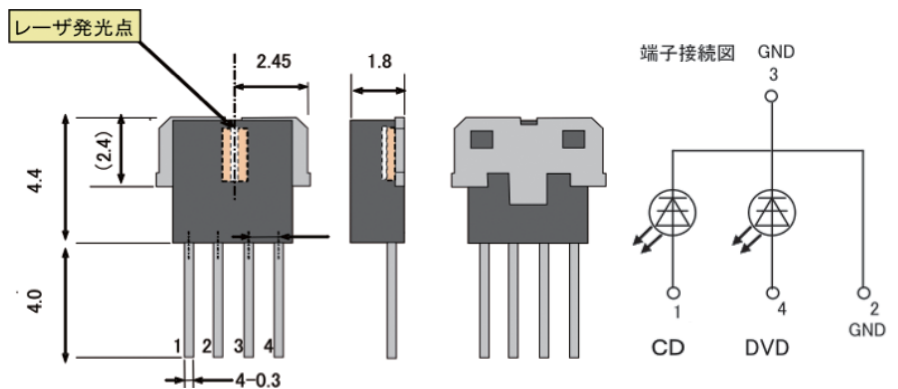


図3 2波長高出力フレームレーザー

ます。当社の2波長高出力半導体レーザーでは、赤外レーザー部、赤色レーザー部ともAlGaInPを用いています。記録用として用いる半導体レーザーでは、パルス発振で300mW、CW（連続波発振）でも100mW以上のレーザー光を出すことが要求されます。また、赤外、赤色高出力レーザーでは、レーザーチップの端面付近をレーザー光に対して光吸収がない領域にします。この領域を端面窓領域と呼びますが、高い出力のレーザー光を吸収し

た場合、その発熱で端面が溶解し、レーザーが劣化することを防ぐためのものです。当社の2波長半導体高出力レーザーでは、CDレーザー部とDVDレーザー部、両方に端面窓領域を作って、高出力のレーザー光出射での劣化がない構造になっています。図3は、図2の2波長高出力半導体レーザーチップをフレームパッケージに搭載した事例です。

4 要素技術

2波長高出力半導体レーザを実現するために開発した要素技術を以下に列記します。

(1) 結晶成長技術

赤外部、赤色部それぞれに膜厚、結晶組成を制御した結晶膜を形成する必要があります。当社では、MOCVD法での結晶成長と不要な結晶層をエッチングで除去する技術を確立しています。

(2) 窓領域形成技術

赤外部のクラッド層を、赤色部のクラッド層と同じAlGaInPとしました。窓領域は、結晶表面からZnを拡散させて作りますが、Znが拡散する経路を赤外部／赤色部とも同じ結晶材料にすることで、同じプロセスで両方の窓領域を形成することができます。

(3) リッジストライプ形成技術

フォトリソグラフィのプロセスでクラッド層をエッチングしてリッジストライプを形成します。(2)と同様、エッチングするクラッド層を同じAlGaInPにすることで、赤外部と赤色部のリッジ形状を、それぞれの高さ、幅を制御して、同時に形成することができました。これにより、CD部/DVD部の発光点間隔は、ピッ

クアップ光学系の規定110 μm に合わせて $\pm 0.5\mu\text{m}$ 以内の精度で作ることができます。

(4) 端面コート技術

半導体レーザでは、レーザ端面の保護と反射率の制御を目的として、端面に薄膜を後付けします。赤外部と赤色部それぞれで適正な反射率に制御できるコート膜の構成を採用しました。また、端面コートにECRプラズマCVD (PECVD) 法を用いることで、端面劣化を抑え、信頼性を高めています。

(5) 組み立て技術

半導体レーザチップはサブマウントと呼ばれる誘電体上に、AuSnなどの接着材により張り付けます。2波長高出力半導体レーザでは、赤外部と赤色部を40 μm 程度の溝で分離してありますが、この間がショートしないように、サブマウントに張り付ける必要があります。当社は、画像認識技術を駆使した高精度な組立技術により赤外部と赤色部間のショートなど不具合のない組立技術を確立しました。

ライトスクライブに対応、また、DVDレーザとしては、DVD-R20倍速書き込みに対応可能な光出力仕様です。当社2波長高出力半導体レーザは、CD側が90 $^{\circ}\text{C}$ パルス430mW、CW230mWの仕様になっています。特にCD側は、温度90 $^{\circ}\text{C}$ 、光出力430mWと余裕があるため、DVD側光路にロスがないことを優先に光学設計ができ、DVD側に必要な光出力を低減できるメリットがあります。さらに、CD側の光路調整に裕度をもたせることができ、ピックアップ組み立て時の調整が容易になります。図4は、2波長高出力半導体レーザの特性を示します。DVD側、CD側それぞれのパルス動作（それぞれ光ディスク書き込み使用の条件）でのI-L特性と放射光特性（CW動作）です。I-L特性は温度に対する変化を、また、放射光特性は光出力に対する変化の測定結果です。

光ディスク用途には、I-L特性にキック（電流と光出力特性の折れ曲がり）と呼ばれる折れ曲がりがないこと、また、放射光特性が水平方向、垂直方向とも、単峰形状で、ピークの角度が光出力に対して変動しないことが求められます。図4に示すようにCDレーザ、DVDレーザは、それぞれI-L特性にキックはなく、放射光特性もピーク角度に出力変動のない単峰形状の特性が得られています。図5は、レーザの光出力を所定

5 レーザ特性

表1は、当社2波長高出力半導体レーザの特性仕様です。CDレーザとしては、CD-R48倍速書き込み、また、CDレーベルへ直接描画する

表1 2波長高出力半導体レーザの仕様

絶対最大定格 T = 25 $^{\circ}\text{C}$				仕様値							
項目	赤色 (DVD) レーザ	赤外 (CD) レーザ	単位	赤色 (DVD) レーザ			赤外 (CD) レーザ				
項目	記号	条件	標準値	条件	標準値	単位	項目	記号	条件	標準値	単位
光出力 (CW)	125	250	mW	しきい値電流	Ith	—	70	—	60	mA	
光出力 (パルス)	350	450	mW	動作電流	Iop	P0 = 120mW	190	P0 = 150mW	240	mA	
動作温度 (CW)	80	90	$^{\circ}\text{C}$	動作電圧	Vop	P0 = 120mW	2.4	P0 = 150mW	2.4	V	
動作温度 (パルス)	80	90	$^{\circ}\text{C}$	発振波長	λ	P0 = 120mW	661	P0 = 150mW	785	nm	
				水平放射角	θ	P0 = 120mW	9.5	P0 = 150mW	9	$^{\circ}$	
				垂直放射角	θ	P0 = 120mW	16	P0 = 150mW	15	$^{\circ}$	
				スロープ効率	η	—	1.00	—	0.90	W/A	

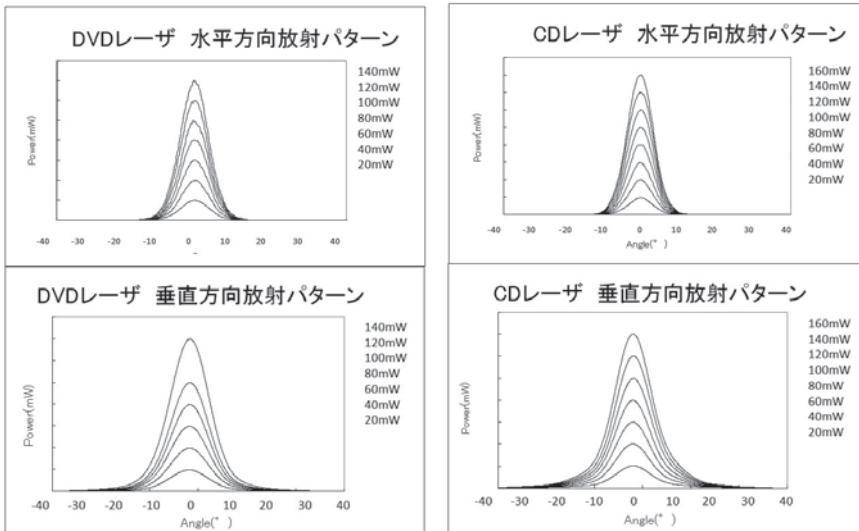
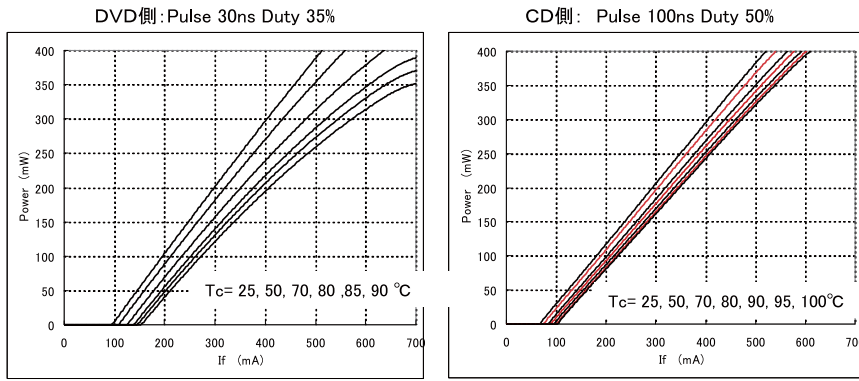


図4 2波長高出力半導体レーザーの特性

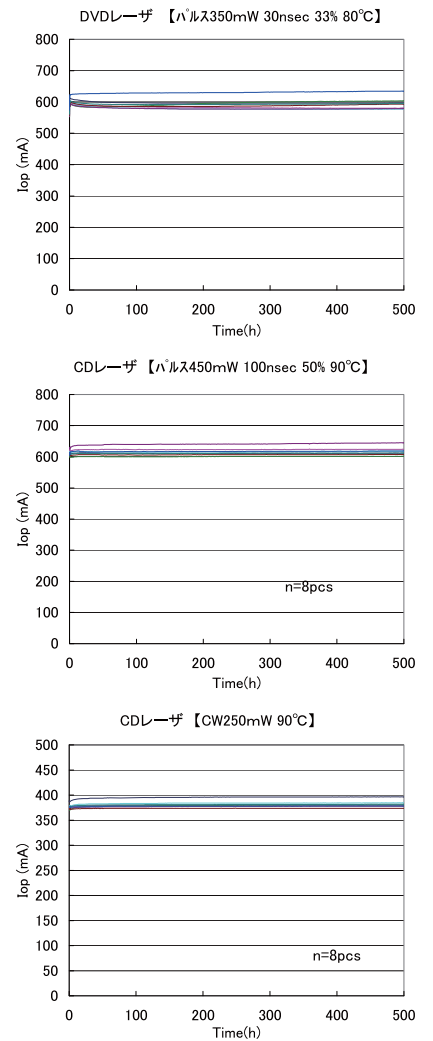


図5 信頼性試験結果

の値に維持するように連続駆動した時、レーザーに流す電流値 (I_{op}) の時間変化を調べた結果です。CDレーザーの書き込み (パルス駆動)、ライトスクライブ (連続駆動)、それぞれの用途に対して、最も条件が過酷となる高温での試験を実施した結果。いずれの条件でも、レーザー動作は停止することなく安定に連続動作しています。半導体レーザーの信頼性の指標としては、 I_{op} が連続駆動試

験の開始時の20%上昇するまでの時間を個々の寿命として定義し、 I_{op} の増加率より故障時間を推定しますが、いずれの条件化でも平均的な故障時間は、10,000時間を超えており、光ディスクとしての使用上問題のない信頼性が得られています。

6 おわりに

CD/DVD用光ディスクそれぞれの読み取り/書き込み用途として

は、従来それぞれ、単独のレーザー素子が使われておりましたが、今後は2波長高出力半導体レーザーが主流となり、単体レーザーに置き換わっていくと考えられます。当社は、CD/DVDレーザーともにさらなる高出力、高温動作が可能な高性能レーザーの創出に向けて研究開発に取り組んで参ります。