

DVD-ROM/CD-ROM用2波長半導体レーザ

Monolithic Integrated Two-Wavelength Laser Diode for DVD-ROM/CD-ROM

塩澤 秀夫
SHIOZAWA Hideo

河本 聡
KOHMOTO Satoshi

島田 直弘
SHIMADA Naohiro

これまで、DVDピックアップには、波長650 nmのDVD用光源と780 nmのCD用光源の二つのレーザダイオード(LD)が搭載されていたが、今回、これらをワンチップに集積した2波長半導体LD(TWIN-LD: Two Wavelength Integrated Laser Diode)を開発した。DVDとCDの光学系の共通化が可能になり、コストダウン、小型・軽量化が可能となる。構造は、両エレメントともにInGaAIPをクラッド層とした独自の構造で、生産性に優れたものである。ビーム間隔は任意で、しかも精度が1 μm程度で製作可能なため、光学設計も容易である。RIN(Relative Intensity Noise)は、高周波重畳を施した状態で、両エレメントとも-136 dB/Hzと良好であった。

当社が開発した独自のホログラム集積型レーザユニット(IOU: Integrated Optical Unit)を介してピックアップに搭載し、DVD、CDともに良好な再生特性を確認した。

We have developed a two-wavelength (650 nm and 780 nm) integrated laser diode array (TWIN-LD) for DVD system use. This is effective in reducing the number of parts in pickups, making the pickup size small and saving costs. Both of the laser diode elements have a selective buried ridge (SBR) waveguide structure with an InGaAIP common cladding layer. This structure makes the wafer process of the two-wavelength laser diode array very simple and productive. The interval between the DVD laser element and the CD laser element can be flexibly decided to meet the customer's requirements. The relative intensity noise (RIN) with a high-frequency superposition circuit is -136 dB/Hz on each side of the laser element.

The newly developed TWIN-LD was applied to a new type of DVD optical pickup, and showed suitable characteristics for both DVDs and CDs.

1 まえがき

近年、DVDシステムは、ビデオディスクをはじめパソコン、ナビゲーションシステムなどに広く普及している。もちろん、CD、CD-R(Recordable)、CD-RW(Rewritable)の読出しが可能である。しかし、DVD用の650 nm帯LDではCD-Rの読出しが不可能なことから、これまでのシステムにはCD用の780 nm帯のLDが併用されてきた。二つのレーザパッケージが別々に組み込まれるため光学系が複雑となり、小型・軽量化、コストダウンの妨げになっていた。

そこで今回、DVD用の波長650 nm帯LDとCD用の780 nm帯LDをモノリシックに集積した2波長LDを開発した。ポイントは、CD用780 nm帯レーザに独自の構造を採用することによって、DVD、CD、二つのレーザを容易に集積化することができたことにある。業界標準の5.6キャンパッケージに搭載し、製品化した。これで、DVD/CD両光学系の一体化が可能になり、大幅にピックアップの簡素化が可能になる。

ここでは、2波長モノリシックLDの構造と特性を中心に述べる。また、この2波長レーザは、当社が開発した独自のIOUに搭載されている。DVD、CD一体光学系のピックアッ

プに適用し、良好な読出し動作が確認された。これについても簡単に述べる。

2 素子構造

これまでのDVD用の650 nm帯半導体レーザとCD用の780 nm帯半導体レーザは、材料及び素子構造が異なるため、そのまま集積することは困難であった。そこで、当社は、CD用780 nm帯レーザをDVD用の650 nm帯で用いられているInGaAIP混晶をベースとし、両者を同一の構造とすることでこれを解決した。開発したモノリシック2波長LDの素子断面構造を図1に示す⁽¹⁾。右側がDVDエレメント、左側がCDエレメントである。両エレメントは溝で分離されており、別々に駆動できるようになっている。素子の基本構造は、両エレメントともにInGaPエッチングストップ層上に形成された台形状のp型InGaAIPリッジを光ガイドとするSBR(Selective Buried Ridge wave-guide)構造である。発光点はリッジ直下の活性層部分である。活性層は、CDエレメントに780 nmを発光するAlGaAs、DVDエレメントに650 nmを発光するInGaPひずみ多重量子井戸(MQW)が用いられている。光ガイドとなるリッジはp型InGaAIP層をエッチング

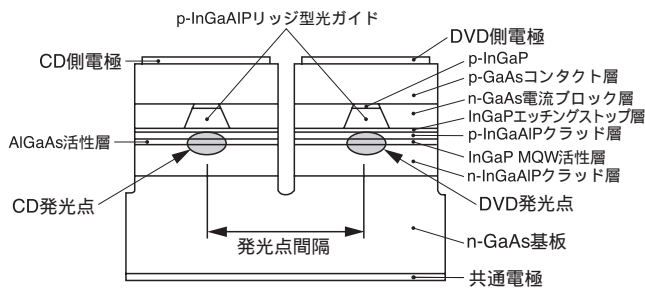


図1 . モノリシック2波長レーザの断面構造 DVD, CDエレメントともにSBR構造とした当社独自の構造である。発光点間隔が±1 μmで製作可能で、ピックアップの光学系設計が容易である。
Structure of two-wavelength integrated laser diode array (TWIN-LD)

して形成するが、両エレメントとも同じ材料を用いているため同時に形成できるのがこの構造の特長である。このため、リッジ間隔すなわち発光点間隔がマスクの精度と正確さで製作可能である。これは、後述のとおり、光学系の設計上大きなメリットである。また、製造プロセスも従来と大きく変える必要がなく、生産性にも優れている。電流ブロック層はリッジ直下の発光部に電流を狭窄(きょうさく)するとともに、リッジ部とその両側に実効的に屈折率の差を形成し、光をリッジ部分に閉じ込める働きをしている。

上述の2波長レーザチップを5.6パッケージに組み込んだ製品の構成を図2に示す。2波長レーザチップとモニター用フォトダイオード(PD)が組み込まれている。ピン数は4で、DVD電極、CD電極、PDがカソードコモンで結線されている。レーザ光はウインドーガラスから取り出される。

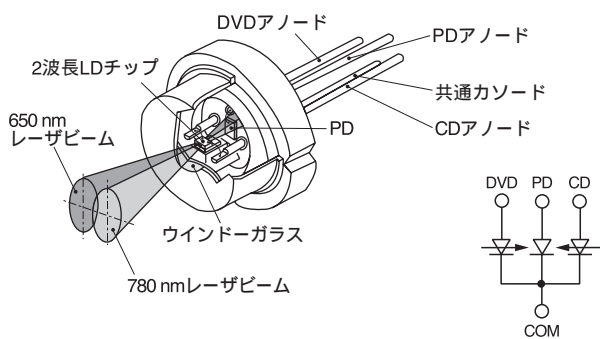


図2 . DVD/CD 2波長半導体レーザ 5.6パッケージ モノリシック2波長レーザチップとパワーモニター用PDが搭載されている。カソードコモン(COM)で、4ピンパッケージである。
TWIN-LD 5.6, 4-pin package

チップマウント部分の詳細を図3に示す。発光部の発熱を外部に放出させるため、2波長レーザチップは素子側を下にして絶縁性アルミナトライド(AIN)サブマウントにマ

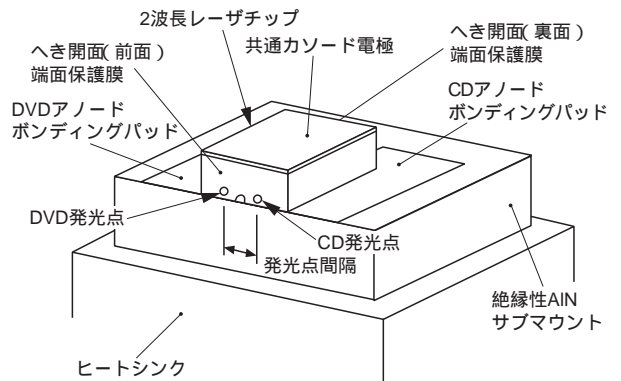


図3 . 2波長レーザマウント部の詳細 モノリシック2波長レーザチップは素子側を下にして、絶縁性AINサブマウントにマウントされている。素子の平坦性が良いためマウント性に優れている。
Schematic structure of TWIN-LD mount

ウントされている。サブマウントには、DVDとCDのボンディングパッドがパターンニングされている。この2波長レーザは、構造上素子面の平坦性に優れており、素子側を下にしてマウントしても良好なマウント性を得ることができる。素子の熱抵抗は、DVD、CD両エレメントとも30 /Wと良好な値を得た。

レーザ反射鏡は、チップの平行なへき開面で構成されている。前面へき開面からのレーザ光がキャップのウインドーガラスから取り出される。裏面へき開面からのレーザ光は、パッケージ内のPDに入射され、出力モニターとして用いられる。へき開面には、放出光による端面劣化の防止と、端面の反射率を調整するため保護膜が形成されている。2波長レーザの場合、異なる二つの波長の光に対して適度な反射率が得られるように設計することが重要である。詳細な内容は省略するが、出射面でCDエレメント、DVDエレメントとも約30%、裏面でCDエレメント、DVDエレメントとも約75%の反射率が実現されている。

3 素子特性

素子の電流 - 光出力特性の温度依存性を図4に示す。70で動作を保証するためには、少なくとも90まで発振することが必要であるが、両エレメントともにこれを満たしている。特に、CDエレメントは市販の単体レーザよりも温度特性に優れており、しきい値の温度変化が小さく150でも発振停止することがなかった。これは、従来のAlGaAsをクラッド層とする素子と比較して、この素子は活性層とクラッド層のバンドギャップ差が大きく、活性層からクラッド層への電子の漏れが抑制されたためである。

遠視野像(発光強度分布)を図5に示す。半導体レーザは発光部の寸法が小さいため出力光が広がるが、レンズで集

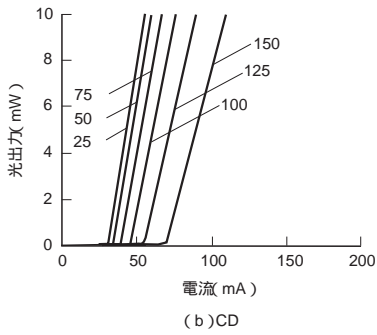
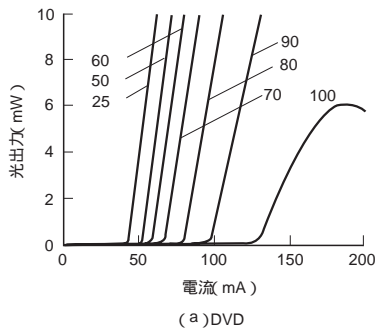


図4.電流-光出力特性 DVD側は市販の単体レーザと同等レベルを維持している。CD側は温度特性が著しく向上した。
I - L characteristics of TWIN-LD

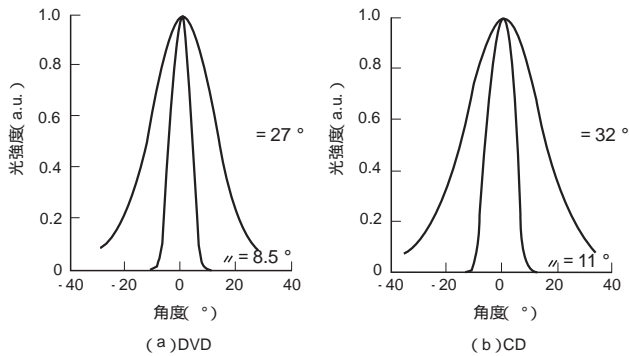


図5.発光強度分布 ビーム広がり角は市販のレーザと同等で使いやすい。
Far field pattern of TWIN-LD

光する必要があるので、あまり大きな値であることは望ましくない。この2波長レーザでは、垂直方向の広がり角(半値全角)はCDエレメントで32°,DVDエレメントで27°,水平方向の広がり角はCDエレメントで11°,DVDエレメントで8.5°と市販されている単体レーザと同等に抑えることができた。また、非点隔差は両エレメントともに5 μ mと小さく、ビームの絞り込みが容易である。

2波長レーザのRIN特性を図6に示す。横軸はディスクから反射して戻ってくる、いわゆる戻り光量を示している。戻り光はレーザのモードホッピングを誘発し、ノイズレベルを

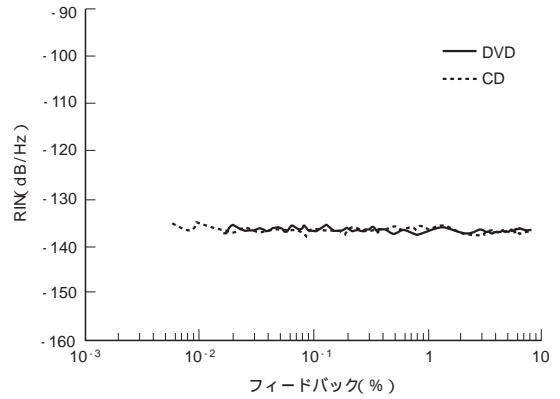


図6.相対雑音強度特性 横軸は戻り光量である。高周波重畳を行い、-136dB/Hzを実現した。
Relative intensity noise (RIN)

悪化させる。この2波長レーザでは、高周波重畳を掛けることによってRINはDVD,CD両エレメントともに戻り光量によらず-136dB/Hzが得られた。ディスク用途に必要なとされる-125dB/Hz以下を十分にクリアしている。

寿命試験は、周囲温度70°,出力はDVDが5mW,CDが10mWで実施した。予測寿命はいずれの素子も1万時間を超えており、商品化水準をクリアしていることを確認した。

4 ピックアップへの応用

2波長レーザをピックアップに応用する場合に問題となるのは、DVDエレメントとCDエレメントの発光点が異なることから発生する収差をいかに補正するかである。両者の発光点間隔の変動が大きいと、収差補正の設計においてトレランスが著しく小さくなってしまふことが知られている。しかし、この2波長レーザの場合、発光点間隔は製作時のホトマスクの正確さ、すなわち $\pm 1\mu$ mで製作可能であるため設計が非常に容易である。これは、この2波長レーザの大きな特長である。650nmレーザチップと780nmレーザチップを別々に準備し、ハイブリッドに集積した2波長レーザでは、通常発光点間隔には数十 μ mの変動があり、大きな問題となる。

ユーザーは、先に述べた5.6キャンパッケージ製品を用いてピックアップ光学系の設計が可能であるが、ここでは当社が開発した独自のIOUにこの2波長レーザチップを搭載し、これを用いてピックアップを構成した例を示す。IOUとは、レーザ駆動系、信号検出系、信号処理系の部品が集積された部品であり、これに外部レンズ系を加えてピックアップを構成する。

IOUの構成を図7に示す⁽²⁾⁽³⁾。LDから発生したレーザ光はHOE(Hologram Optical Element)を通して外部レンズ系に入り、ディスクに集光される。ディスクからの反射光

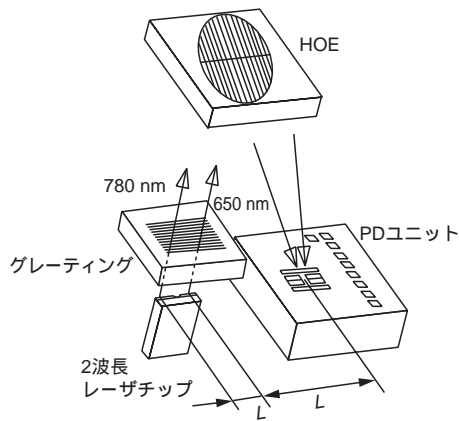


図7 .2波長レーザーを用いたIOUの構成 従来二つ必要であったPDユニットが一つで済む。
Optical configuration of IOU

は外部レンズ系の同経路を通してIOUに戻り,HOEで回折されてPDで信号として検出される。このIOUでは,発光点間隔 L ,LDとPD間の距離 L を適当に選ぶことによって,HOEからの一次回折光をDVDとCDで同一点に結像させるように設計した。このようにすることで,信号検出のPDがDVDとCDで共用できるというメリットがある。このとき,発光点間隔 L に変動が大きいと,IOUを構成する部品の位置関係の調整が複雑となるが,この2波長LDチップは,前述のとおり発光点間隔 L の変動が小さいので問題とならない。

上記IOUと,DVD/CD共通光学系を用いたピックアップのDVD,CDそれぞれの再生RF(Radio Frequency)信号を図8に示す。ジッタは,DVDで8.5%,CDで6.1%とDVDシステムとして十分な値が得られた。

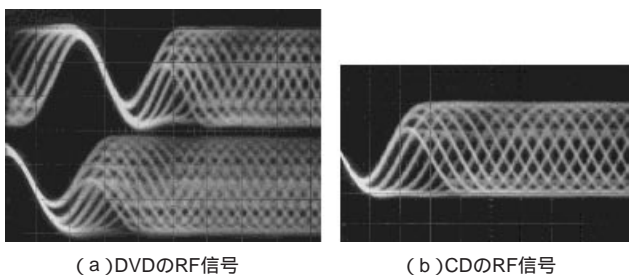


図8 .2波長レーザーチップを用いたピックアップのRF信号 DVD,CDともに良好な識別パターンが得られている。
RF signals of newly developed pickup head

ピックアップの外形写真を図9に示す。厚みは7.3 mmである。ハーフインチ厚世界最薄DVDドライブに適用されている。



図9 .2波長レーザーを用いたピックアップ 厚み7.3 mmで,ハーフインチ厚の光ディスク装置が実現できる。
Newly developed 7.3 mm height optical pickup

5 あとがき

DVD-ROM/CD-ROM用二波長モノリシック半導体LDを開発した。従来二つのレーザーを用いていたピックアップの構成が簡略化でき,小型・軽量化及びコストダウンが期待できる。DVD,CD両レーザーエレメントともにInGaAlPクラッド層を持つSBR構造を用いており,生産性にも優れている。しきい値は,DVDエレメントで40 mA,CDエレメントで30 mAであった。高周波重畳を用いてRIN -136dB/Hzが得られた。信頼性も商品化水準を達成している。当社が開発したIOUを介してピックアップに搭載し,良好に動作することを確認した。

文 献

- (1) Shiozawa, H., et al. Technical Report of IECE. ED99-197, CPM99-108. 1999-10.
- (2) Ebihara, T., et al. Technical Digest of the 7th Microoptics Conference. Makuhari, Japan, 1999-7. MPD2.
- (3) Uchiyama, M., et al. Technical Digest of the 7th Microoptics Conference. Makuhari, Japan, 1999-7. MPD5.



塩澤 秀夫 SHIOZAWA Hideo

セミコンダクター社 ディスクリット半導体事業部 光半導体技術部主務。
半導体レーザーの開発に従事。応用物理学会会員。
Discrete Semiconductor Div.



河本 聡 KOHMOTO Satoshi

セミコンダクター社 ディスクリット半導体事業部 光半導体技術部主務。発光ダイオード及び半導体レーザーの開発に従事。応用物理学会会員。
Discrete Semiconductor Div.



島田 直弘 SHIMADA Naohiro

セミコンダクター社 ディスクリット半導体事業部 光半導体技術部主務。半導体レーザーの開発に従事。応用物理学会,日本物理学会会員。
Discrete Semiconductor Div.