超薄形光ピックアップ用LDH(レーザ・受光素子・ホログラム)ユニット

吉川 昭男*, 中西 秀行*, 上野 明*, 永井 秀男*, 岩元 伸行**, 伊藤 国雄*

LDH(Laser-Detector-Hologram)Unit for Extremely Thin Optical Pick-up

Akio YOSHIKAWA*, Hideyuki NAKANISHI*, Akira UENO*, Hideo NAGAI*, Nobuyuki IWAMOTO** and Kunio ITOH*

*松下電子工業株式会社電子総合研究所 (〒569 大阪府高槻市幸町1-1)

**松下電子工業株式会社ディスクリット事業部 (〒617 京都府長岡京市神足焼町1)

*Electronics Research Laboratory, Matsushita Electronics Corporation(1-1 Saiwaicho, Takatsuki-shi, Osaka 569)

**Discrete Division, Matsushita Electronics Corporation(1 Kotariyaki-machi, Nagaokakyo-shi, Kyoto 617)

1. はじめに

近年、ポータブルタイプのCDプレーヤ、MDプレーヤおよび記録再生可能な光ディスクドライブ等の薄形化を実現するために、光ピックアップを薄形化することに多くの努力が払われている。従来の光ピックアップでは、半導体レーザ、受光素子、ビームスプリッタ、回折格子、反射ミラー、対物レンズ等の6点以上の部品が光学系を構成するのに必要とされている。したがって、これらの多くの個別部品での光学系の構成では、光ピックアップは、厚く、大きくなってしまふ。

そこで、光ピックアップを小型化、薄形化するために光学系の光学部品を集積化したホログラムレーザ素子^{1)~3)}がこれまでに提案されている。このホログラムレーザ素子を用いると反射ミラーと対物レンズを追加した3点の光学部品で光ピックアップの光学系を構成できる。しかしながら、これらのホログラムレーザ素子では、半導体レーザと光信号処理用の受光素子が銅のヒートシンク上に3次元的に集積化され、その結果として、光ピックアップを小型化、薄形化する効果が十分でなかった。

本報告では、半導体レーザと受光素子を2次元的に集積化し、光ピックアップを小型化、薄形化する効果の高いLDHユニット(Laser Detector Hologram Unit)について述べる⁴⁾。このLDHユニットは、45°のマイクロミラーが作り付けられたシリコンの受光素子基板上にハイブリッドに半導体レーザが実装され、この集積化デバイスをプラスチックの中空パッケージとホログラム素子で取り囲んだものである。

このシリコンの受光素子基板は、光学基準を持った一種のOptical Benchと見なすことができ、マイクロミラーおよびフォトダイオードのパターンもしくはそれに代わるものにより、光学基準を設定している。この光学基準により、LDおよびホログラムを、複雑な3次元構造でなく、簡単な2次元構造で実装し、位置決めできるものである。

また、プラスチックの中空モールドフラットパッケージとプラスチックモールドのホログラム素子をキャップとし

て使用することにより、量産時の低価格性を狙うとともに、信頼性を確保している。この種のパッケージ構造は、従来の金属パッケージと比較して、新たに光学機能を取り込んだ新しいパッケージ構造であり、光ピックアップに最適な、今後の光素子用の薄形かつ小型パッケージの1つの方向性を示すものと考えている。

本報告の2章で、LDHユニットの基本構造について述べる。3章ではLDHユニットの具体的な設計・試作結果について、4章では、レーザ素子としての特性および光ピックアップに搭載した時のピックアップ特性を示し、5章では、今後の展望について述べる。

2. 基本構造

我々のLDHユニットの基本構造を図1(a)に示す。この構造の最も重要な特徴は、シリコンの受光素子基板上に作り付けた45°のマイクロミラー〔Si(111)面を利用〕により、シリコン基板上の半導体レーザと受光素子(以下LD/PDデバイスとする)を図1(b)に示すように2次元的な構成で光学的に結びつけていることである。このシリコン基板上の凹部に半導体レーザをハイブリッド実装したLD/PDデバイスの構成により、LDHユニットが小型かつ薄形になる。このLD/PDデバイスの構成では、半導体レーザの左右両側に一対の受光素子を配置することが可能となる。図2にその例を示す。さらに、半導体レーザの光出力をモニターするためにレーザチップの後端両側のシリコン基板上に受光素子が作り付けられている。また、LD/PDデバイスの光学構成においては、図3に示すように、光ディスク上に集光する光と位相の異なる迷光が対物レンズに入らないように、かつレーザチップがマイクロミラーからの反射光を遮らないように考慮されている。信号検出法としては、図4と図5にそれぞれ示すようにフォーカスエラー信号検出には、スポットサイズディテクション法(SSD法)を、トラッキングエラー信号検出には、スリービーム法を採用し、光学設計を行っている。

LDHユニットの光学動作について次に示す。レーザチップの前端面から出射されたレーザビームはマイクロミラー

図1. LDHユニットの基本構造

図2. LD/PD デバイスの受光素子配置例

図3. LD/PDデバイスの光学構成

T : LDチップの厚さ
H : マウント面からの発光点高さ
L : LDチップのマイクロミラー下端からの距離
D : Si基板表面からLDチップマウント面までの深さ
θ : マイクロミラーにより反射された出射光の広がり角

で反射され、シリコン基板に垂直に立ち上がる。その後レーザービームはホログラム素子の下面のグレーティングパターンを通過し、スリービームに分かれる (0次±1次)。このスリービームは対物レンズにより、CDメディア上に3つのスポットとして集光される。この後CDメディア上の信号を読みとり、反射された3つのレーザービームは、対物レンズを通過した後、ホログラム素子上面のホログラムパターンにより、それぞれ左右に±1次光として、各々集光および発散作用を付加されて回折される。これらの光をレーザーチップの左右の、1対の5分割受光素子により受光し、

図4. スポットサイズディテクション法 (SSD法)

図5. スリービーム法

光信号を得る。すなわち、RF信号（RFS），フォーカスエラー信号（FES），およびトラッキングエラー信号（TES）は、図4および図5に示す受光素子の番号と下記の計算式により、演算できる。

$$RFS = (1+3+5) + (2+4+6)$$

$$FES = (1+3+5) - (2+4+6)$$

$$TES = (T1-T2) + (T3-T4)$$

(1)
(2)
(3)

3. 実験

LDHユニットの素子製作面での重要なポイントは、シリコン基板上に光学的に平坦な45°のマイクロミラーを形成することである。図6(a)に模式的に示すように、シリコン基板（100）表面を異方性のエッチング液でエッチングした場合、この（100）面と54°の角度の（111）面が平坦な面として出ることがよく知られている。したがって、〈110〉方向に9°オフした（100）面を表面に持つシリコン基板を異方性エッチングしてやれば、（100）表面と45°の角度を持つ（111）面が図6(b)に示すように得られると考えられる。さらにこの（111）面は、異方性エッチング時に（100）面と比べてエッチング速度が遅く、化学的に安定な面であ

図6. LDHユニット素子製作上のマイクロミラー形成例

図7. マイクロミラー構造断面図

図8. マイクロミラー構造SEM写真

るので、光学的に平坦な面が得られやすい。

また、マイクロミラーを光学的に設計する場合、下記の2点は重要である。

- 1) ミラーのNAを大きくとること。
- 2) 光軸に対してマイクロミラーの上側と下側のNAを同じにとること。

特に1)は、レーザチップからの光量を有効に利用するという観点から重要であり、NAを大きくとるためには、マイクロミラーの下側エッジやレーザチップの上側面での回折を避けるように光学配置を考えることが重要である。

これらの要求を満たすために、マイクロミラー構造を、その断面が図7に示す構造となるように2段階のエッチングにより実現した。図8に実験結果として、マイクロミラー構造のSEM写真を示す。NAは0.25で、マイクロミラーとシリコン基板がなす角度は、45°であった。

4. レーザ素子特性および光ピックアップ特性

本LDHユニットには、低動作電流かつ低雑音特性を有するRISA（Real refractive Index guided Self-Aligned structure）レーザ³⁾のチップが搭載されている。

RISAレーザの電流－光出力特性を図9に示す。光出力5mWでの動作電流値は33mAと十分低く、通常のレーザの約半分である。ホログラム素子を外した状態でのLDHユニットの電流－光出力特性を図10(a)に示す。光出力3mW（レーザチップで4.3mW）で動作電流値は29mAと低い。キンクフリーで10mWまで基本横モードを維持していた。

図10(b)に、ホログラム素子を外した状態でのLDHユニットの、ファーフィールドパターンを示す。接合面に平行な方向と垂直な方向で、それぞれ広がり角は、半値全角で

図9. RISAレーザの電流－光出力特性

図10. ホログラム素子を外した状態のLDHユニットの電流－光出力特性

10°と32°である。ファーフールドパターンは、通常のキャンパッケージに入ったレーザと同等である。

図11に、LDHユニットと通常のキャンパッケージの、半導体レーザでの波面収差像と集光スポット像を示す。

図11(a), (b)よりLDHユニットからのレーザビームの波面収差量は、RMS値で0.018λで、通常の半導体レーザでのRMS値の0.017λとほぼ同じ値を示した。図11(c), (d)より集光スポットは、ともに同じ形状を示している。これらの結果により、作り付けのマイクロミラーは光学的にも平坦であると考えられる。

LDHユニットをCDプレーヤの光ピックアップに実装し、光ピックアップ特性を測定した結果を表1に示す。各測定項目とも実用上十分な測定値が得られている。図12にフォーカスエラー信号のS字特性を示す。図12(a)の実験結果は、図12(b)のシミュレーション結果とよく一致している。図13にアイパターンを示す。ジッタ値は15nsecと小さい。LDHユニットを搭載した光ピックアップは、CDプレーヤに用いるのに十分な特性を示した。

最後に図14にLDHユニットの外観写真を示す。外形は、4.8×8.2×4.3mm（厚さ×幅×長さ）と超小型になっている。またスリービーム調整が容易なように、パッケージにφ8.0

の円形摺動部を設けてあり、リード部は放熱性を考慮して銅系の材料を使用している。半導体チップは、ホログラム素子も含めプラスチックでモールドされている。

5. 今後の展望

本報告では、実験例としてCD/CD-ROM用のLDHユニットについて述べたが、(a)マイクロミラーを用いたLD/PD集積化、(b)RISA構造の低動作電流レーザ、(c)プラスチックモールドパッケージの3つの構成要素で、すべての光ディスクの光ピックアップに対応したLDHユニットが実現可能である。50mWレーザチップを搭載したPDシステム用レーザユニットの光ピックアップの光学構成例を、図15に示す。

6. まとめ

CDプレーヤ用の超薄形光ピックアップ用LDHユニットを開発し、その特性について調べた。本LDHユニットは4.8×8.2×4.3と小型かつ薄形である。この形状を可能にしたのは、以下に述べる技術ポイントである。

- 1) シリコン受光素子基板上に作り付けられた45°のマイクロミラーによる半導体レーザ、受光素子、ホログラムの十分な光学的な結合

図11. LDHユニットの波面収差特性と集光スポット像

表1. 光ピックアップ特性測定結果

	測定値 (n=10)	設計目標
ジッター	16~18nsec	25nsec
FoE信号オフセット	-0.4~+0.2 μm	-0.6~+0.6 μm
FoE信号レベル (p-p)	9~10 μA	7.5~11.5 μA
引き込み範囲 (p-p)	8 μm	6~10 μm
TrE信号レベル (p-p)	1.3 μA	1.0~1.8 μA
TrE信号対称性	40~60%	30~70%
RF信号レベル (p-p)	9.5~10.5 μA	8~12 μA

図12. フォーカスエラー信号のS字特性

図13. アイパターン

図14. LDHユニット外観写真

図15. 光ピックアップ光学構成例

- 2) 薄形のプラスチックのフラットパッケージの採用
- 3) キャップとしてのプラスチックモールドのホログラム素子

LDHユニットを搭載した光ピックアップはCDプレーヤとして用いるに十分良好な特性を示した。

(1995.5.12－受理 1995.6.15－再受理)

文 献

- 1) Y.Kimura et al. : "Compact Optical Head Using a Holographic Optical Element for CD Players", Appl. Opt., Vol. **27**, pp.668-671, 1988
- 2) M.Kato et al. : "Holographic Servo Signal Detection Stabilized to the Wavelength Fluctuation and the Mechanical Misalignment in the Optical Heads", Proc.SPIE, Vol.**1078**, pp.122-126, 1989
- 3) Y.Kurata et al. : "CD Optical Pickup Using a Computer Generated Holographic Optical Element" ECO2, 1989
- 4) A.Yoshikawa et al. : "LDH (Laser/Detector/Hologram) Unit for Thin Optical Pick-up Head of CD player", Technical Digest of 44th IEEE Electronic Components and Technology Conference 1994, pp.346-352
- 5) O.Imafuji et al. : "600mW CW Single-Mode GaAlAs Triple-Quantum-Well Laser with a New Index Guided Structure", IEEE J.Quantum Electron. Vol.**29**, pp.1889-1894, 1993

用語解説

ホログラム：回折を利用した、複合的な波面変換機能を持つ素子で、その機能として、回折作用、レンズ作用、ビームスプリッタ作用およびその複合作用を持つもの。

RF信号：レーザー光を光ディスク面に当て、この面上に記録されたピットの有無により変調され、戻って来た光信号を受光素子で光電変換し得られる電気信号。

フォーカスエラー信号：光ディスクの信号面が合焦位置からずれた場合、そのずれ量に応じて生成する電気信号のこと。この電気信号により対物レンズを動かし、常に光ディスク面が合焦位置となるようにする。

トラッキングエラー信号：光ディスクの信号面のトラック上

にレーザー光が常に追隨していくように、このトラックからずれた場合、そのずれ量に応じて生成する電気信号のこと。対物レンズを動かすことで追隨させる。

NA：Numerical Apertureの略。開口数のこと。NAの数値により、対物レンズで絞られるスポットサイズが決まり、読み取り、書き込みに必要な対物レンズを出射する光量も決まる。

吉川 昭男（よしかわ あきお）

昭和30年生まれ。昭和55年、大阪大学大学院基礎工学部電気工学科修士課程修了。現在、松下電子工業株式会社電子総合研究所において、半導体レーザー、ホログラムレーザーユニットの研究・開発に従事。

中西 秀行（なかにし ひでゆき）

昭和39年生まれ。昭和63年、京都大学大学院工学部電子工学科修士課程修了。現在、松下電子工業株式会社電子総合研究所においてホログラムレーザーユニットの研究・開発に従事。

上野 明（うえの あきら）

昭和37年生まれ。昭和61年、大阪大学工学部電子工学科卒業。現在、松下電子工業株式会社電子総合研究所において、ホログラムレーザーユニットの開発に従事。

永井 秀男（ながい ひでお）

昭和37年生まれ。昭和62年、広島大学大学院工学研究科材料工学専攻修士課程修了。現在、松下電子工業株式会社電子総合研究所において、SHGデバイスの研究・開発に従事。

岩元 伸行（いわもと のぶゆき）

昭和37年生まれ。昭和60年、大阪電気通信大学工学部経営工学科卒業。現在、松下電子工業株式会社ディスクリット事業部において、光半導体デバイスおよびそのプロセス開発に従事。

伊藤 国雄（いとう くにお）

昭和22年生まれ。昭和46年、京都大学大学院工学部電気工学科修士課程修了。現在、松下電子工業株式会社電子総合研究所において、化合物半導体（レーザー、高周波デバイス）の研究開発に従事。