変調3ビーム法HOE-LD/PDハイブリッド集積ユニット

石原 久寛^{***}, 東浦 一雄^{***}, 武田 正^{**}, 武居 勇一^{**}, 川手 浩^{**}, 林 善雄^{**}, 斉藤 保典^{*}, 野村 彰夫^{*}

Hybrid Integrated HOE-LD/PD Unit with Modulated 3-Beams Error Signal Detection Method

Hisahiro ISHIHARA^{***}, Kazuo HIGASHIURA^{***}, Tadashi TAKEDA^{**}, Yuichi TAKEI^{**}, Hiroshi KAWATE^{**}, Yoshio HAYASHI^{**}, Yasunori SAITO^{*} and Akio NOMURA^{*}

*信州大学工学部（〒380-8553 長野県長野市若里4-17-1）

**株式会社三協精機製作所技術本部（〒393-8511 長野県諏訪郡下諏訪町5329）

***株式会社三協精機製作所技術本部／現・有限会社コードテック（〒394-0000 長野県岡谷市9959）

*Faculty of Engineering, Shinshu University (4-17-1 Wakasato, Nagano-shi, Nagano 380-8553)

**Technology & Engineering Headquarters, Sankyo Seiki Mfg. Co., Ltd. (5329 Shimosuwa-machi, Suwa-gun, Nagano 393-8511)

***Technology & Engineering Headquarters, Sankyo Seiki Mfg. Co., Ltd./Presently at CodeTech (9959 Okaya-shi, Nagano 394-0000)

Abstract

We have proposed a new focusing/tracking error signal detection method using a holographic optical element (HOE), and reported the evaluation results with this HOE-LD/PD integration unit carried in the optical pickup. In this error signal detection system, focusing and tracking error signals are detected with sub beam spots generated by the HOE, and the main beam spot is used only for RF signal detection. For this reason, it is not necessary to use multi-segment PD for RF signal detection. Therefore, improvement of the RF signal response is expected to become easy. Basic operation of the optical pickup using this new HOE was examined experimentally, and good results were obtained.

Key Words: Optical Pickup Head, Hybrid Integration, Laser Diode, Photo Diode, Holographic Optical Element

1. はじめに

光ディスクシステムのキーコンポーネントである光ピックアップは、データ転送レートの向上を実現するために小型・軽量化が必須課題であり、組み立て調整工程の簡素化によるコストダウンという目標と併せて、構成部品の集積ユニット化の検討が各所で活発に進められている^{1)~5)}。この集積ユニット化では、発光素子である半導体レーザー（LD；Laser Diode）と受光素子であるフォトダイオード（PD；Photo Diode）、そして光学素子という、異種材料／異形状の部品を単一パッケージ内に精度良くハイブリッド集積させる実装技術がキーテクノロジーとなる。またハイブリッド集積の利点を最大限に活かした小型ユニット化を実現させるためには、複数の光学機能を単一の光学部品に複合化させることが不可欠となり、ホログラム素子（HOE；Holographic Optical Element）技術^{1)~3)}や複合プリズム技術^{4),5)}が重要となっている。

今回われわれは、このHOE技術を用いた光ピックアップの新しいフォーカシング誤差（FE；Focusing Error）信号／トラッキング誤差（TE；Tracking Error）信号検出方式を提案する。一般にFE信号の検出においては、光ディスクから反射してPD上に結像される光スポット形状

の変化を検出するための多分割受光エレメントが用いられるが、従来の誤差信号光学系では情報再生信号（RF；Radio Frequency信号）の読み取りも、これらの多分割受光エレメント出力の和信号として検出していた。PD分割受光エレメントは受光面にエレメント分離のための不感帯を有し、また受光エレメントの全体面積が大きくなることと併せて、RF信号受光の際の周波数応答の劣化が懸念された。ここで提案する新しい誤差信号検出方式では、広帯域特性が要求されるRF信号読み取り用受光エレメントと、フォーカシング／トラッキング両サーボ誤差信号検出用受光エレメントを完全に分離しており、PD-IC（PDと信号増幅演算ICのモノリシック集積素子）の高速化設計において有利となることが期待される。本論文では、この新誤差信号検出を実現するためのHOE-LD／PD集積化ユニットを試作し、光ピックアップ搭載評価にてその基本動作を確認した結果について報告する。

2. 変調3ビーム法誤差信号検出方式

本文で提案する変調3ビーム（M3B：Modulated 3-beam）法FE／TE信号検出方式の光ピックアップの光学系模式図をFig.1に示す。この光学系では、ハーフミラープリズムで反射されてから光ディスクに向かうレーザ射出

Fig.1 Schematic optical configuration of the experimental optical pickup

光を、変調ピッチ格子を有するM3B-HOEによって回折している。HOEを通過した0次光および±1次回折光を対物レンズにより光ディスクの記録面に結像するとき回折方向をメリジオナル光束とすると、変調ピッチ格子により±1次回折光には収束と発散の効果が加わり、Fig.2の原理図に示すように+1次光と-1次光には互いに光軸に沿って逆の方向に非点収差が発生する。すなわち、FE検出のためのスポット変形（非点収差）が光の往路上において±1次回折光に生成される。

ディスク面に結像された0次回折光メインビームスポットおよび±1次回折光サブビームスポットは、反射光とし

Fig.2 Principle of focusing and tracking error signals detection

て往路と同じ経路を戻った後、ハーフミラープリズムを透過してPD受光面に再び結像される。FE信号検出には、2つのサブビームスポットの形状（スポット径）変化を比較すればよいので、Fig.2中に示す多分割受光エレメント b_1 , b_2 , b_3 および c_1 , c_2 , c_3 で検出し、 $FE = (b_2 + c_1 + c_3) - (b_1 + b_3 + c_2)$ という演算をすることで求まる。またTE信号は、変調ピッチ回折格子による回折方向が光ディスクの記録面におけるトラック方向となるようにすることで、従来の3ビーム法とまったく同様に2つのサブビームの強度を比較するための、 $TE = (b_1 + b_2 + b_3) - (c_1 + c_2 + c_3)$ という演算で求まる。さらにRF信号は $RF = a$ と、専用受光エレメントの検出力そのものとなる。

3. HOE-LD/PD集積化ユニットの試作

3.1 M3B-HOE

試作したHOEの外観SEM(Scanning Electron Micrograph)写真をFig.3に示す。ガラス基板の上にリフトオフプロセスを用いて SiO_2 の格子パターンを形成し、素子表裏面に無反射コーティングを施した。格子のピッチは最短部 $8.5\mu m$ 、最長部 $150.5\mu m$ の変調ピッチで、格子と垂直な方向のみにレンズパワーを有している。素子特性として、0次光に対する±1次光の強度は各々37%、また入射光に対する0次光および±1次光合計の効率率は92%であった。Fig.4には、このM3B-HOEからの出射光を対物レンズで結像した光スポット像の観測結果を示す。合焦時には2つのサブビームスポットの形状が等しいのに対し、焦点位置からずれると、サブビームスポットの形状が焦点ずれの方向に対して対称的に変化して、設計通りの非点収差が生じ

Fig.3 Scanning electron microscope photograph of the M3B-HOE

Fig.4 Spot profile images of 0-order and ±1-order diffracted light from the HOE

ているのが確認できる。

3.2 LD/PD/Opticsハイブリッド集積ユニット

LDおよびハーフミラープリズムをPD-ICチップ上にハイブリッド集積したユニットの断面構造模式図をFig. 5に、外観SEM写真をFig. 6に各々示す。発振波長780nm帯のAlGaAs系LDチップをAuSn融着したSiサブマウントを、PD-IC基板にAgペースト固着で搭載した。LD前方出射端面に対向した位置にはハーフミラープリズム（幅1mm、厚さ1mm、長さ1.5mm）を、またLD後方のサブマウント端には45°全反射ミラープリズム（側面の直交する2辺各1mm、長さ1.5mm）を、各々紫外線硬化樹脂で接着固定した。ハーフミラープリズムは、光ディスクに向かうLD出射光を90°反射偏向させ、PD-IC受光領域に向かう光ディスクからの反射戻り光を直進透過させるもので、信号検出に用いる8分割PD受光パターンの上に位置している。また45°全反射ミラープリズムは、LD後方出射光をPD-IC基板内に形成されたLDパワーモニター用PDエレメントに効率よく結合させると共に、後方出射光がパッケージ内壁で反射して迷光の原因となるのを防いでいる。

本LD/PDユニットからのLD出射光パワーの駆動電流依存性を、Fig. 7に示す。ハーフミラーの反射率66%、透過率34%で、ハーフミラープリズムなしで評価したLD出

Fig. 5 Cross-sectional structure of the LD/PD/Optics hybrid-integration

Fig. 6 Scanning electron microscope photograph of the LD/PD/Optics hybrid-integration

Fig. 7 Reflected and transparent laser output characteristics from the half mirror prism

力パワー P_0 に対する反射光パワー P_R と透過光パワー P_T との和の効率 $(P_R + P_T)/P_0$ は、94%であった。

4. 光ピックアップ搭載評価結果

試作したHOE-LD/PD集積化ユニットを搭載したCD光ピックアップの、フォーカス誤差特性をFig. 8に示す。ピーク間隔が $5\mu\text{m}$ の、対称性および中央部直線性の良好なSカーブが得られた。またこの光ピックアップの動特性総合評価として、RF信号のアイパターンを観測したオシロスコープ写真をFig. 9に示す。良好なパターンが得られてお

Fig. 8 Focusing error signal

Fig. 9 Oscilloscope trace of RF signal

り、このときのジッター値として19nsが得られた。

5. まとめ

HOEを用いた新しいFE/TE信号検出方式を提案すると共に、このHOE-LD/PD集積化ユニットの光ピックアップ搭載評価結果を述べた。本サーボ誤差信号検出方式では、HOEによる±1次回折サブビームスポットでFE/TE信号を検出し、0次回折（透過）メインビームスポットはRF信号検出のみに用いている。したがってRF信号検出に従来のような分割エレメントPDを用いる必要がなく、小面積の単一エレメントPDで受光すればよい。このため、広帯域特性が要求されるRF信号検出の高速化が容易になることが期待される。今回は、この新方式HOE誤差信号検出方法による光ピックアップの基本動作を実験的に確認し、ジッター値19nsの良好な結果を得た。

謝 辞

本研究を進めるにあたって有益なご助言をいただいた三協精機製作所 宮崎清史技術本部長、竹村政夫部長、藤田雄二プロジェクトマネジャー、筒井徳久担当部長に深謝申し上げます。

(2001.11.14受理)

文 献

- 1) Y.Kurata, H.Yamaoka, T.Ishikawa, P.Coops, A.Duijvestijn and P.Zoeten: "CD Optical Pickup Using a Computer Generated Holographic Optical Element", Proc. of Optical Storage and Scanning Technology, SPIE1139, pp.161-168, 1989
- 2) T.Nagano, E.Ueda, S.Onayama, R.Katayama, H.Hamada and Y.Ono: "Thin Optical Head with Flip-Chip Bonded Module for Compact Disc Read Only Memory Drives", Jpn. J.Appl. Phys., Vol.32, No.11B, pp.5263-5268, 1993
- 3) 吉川明男, 中西秀行, 上野 明, 永井秀男, 岩元伸行, 伊藤国雄: "超薄型光ピックアップ用LDH (レーザ・受光素子・ホログラム) ユニット", 回路実装学会誌, Vol.10, No.5, pp.336-340, 1995
- 4) 松本芳幸, 山本悦史, 谷口 正, 前田浩一, 久米英廣, 松田 修, 秦 郁朗: "CD用集積型レーザーカプラーピックアップの光学的特徴", Proc. 6th Sony Research Forum, 6th, pp.541-546, 1996
- 5) T.Koga, S.Horinouchi, S.Takeuchi, H.Yoshinaka, K.Nakamura, F.Kobayashi: "Integrated Magneto-Optical Disk Head with Laminated Prism", MOC'95, pp.6-9, 1995