

記録型 DVD 用ホログラムレーザユニット

Hologram Laser Unit for Recordable DVD

酒井 啓 至*¹ 上山 徹 男*² 沼田 富 行*²
Keiji Sakai Tetsuo Ueyama Tomiyuki Numata

三木 錬三郎*³ 牧岡 廣 茂*⁴ 渡邊 由紀夫*² 宮崎 修*²
Renzaburou Miki Hiroshige Makioka Yukio Watanabe Osamu Miyazaki

要 旨

記録型 DVD に対応したホログラムレーザユニットの開発を行った。まず、高速記録に対応可能とするために、マイクロ偏光ビームスプリッタ(PBS)の一体化によりホログラムレーザユニットの光利用効率を改善した。次に、DVD-RとDVD-RAM等、トラックピッチの異なる光ディスクとの互換を図るために、複数の規格の光ディスクに対応可能な、Phase Shift Differential Push-Pull Method (位相シフトDPP法)を開発した。さらに光利用効率を改善し、より高速の記録を実現可能とする、Gradient Grating Method (GGM 法)を開発したので報告する。

A hologram laser unit for recordable DVD has been developed. For the high speed recording, the optical utilization efficiency was improved by mounted micro-PBS at the top of the package. We proposed a new tracking servo system named Phase-Shift Differential Push-Pull, which can be applied to various kinds of DVD disks with different track pitches.

Furthermore we proposed another tracking servo system named Gradient Grating Method, which enables to record at higher speed.

まえがき

ホログラムレーザユニットは、その信頼性の高さから光ディスクドライブのピックアップに広く採用されているが、レーザ出射光がホログラムを通過する事による低光利用効率が記録時の課題であった。また、記録型ピックアップのサーボ方式としては、3ビームによる Differential Push-Pull Method (DPP 法)が一般的であるが、3個のビームを光ディスク基板のトラックに対して、精密に位置調整をする必要があることから、DVD-RとRAM等、トラックピッチの異なる光ディスクとの互換性に問題があった。

我々は、マイクロPBSを搭載したホログラムレーザユニットを提案することにより、ディスクリートピックアップ並みの光利用効率を達成した。また、複数の規格の光ディスクへ対応可能とするために、DPP法の

トラックピッチ依存性を改善し、トラックピッチ及び3ビームの回転調整に依存しない新規3ビームサーボ方式を開発した。

さらに、ディスクリートピックアップ以上の光利用効率を有することが可能な1ビームトラッキングサーボ方式は、対物レンズシフト、及び、光ディスクの傾斜(ディスクチルト)によって、トラックオフセットが発生するという課題がある。また、3ビームDPP法では光ビームを3個に分割する必要があるため、メインビームの光利用効率が低くなり、高速記録の障害となっていた。そこで、高速記録を可能とするべく、上記トラックオフセットの発生しない新規1ビームトラッキングサーボ方式を確立した。

以上、記録型DVDに対応したホログラムレーザユニットに関する我々の開発内容について報告する。

*¹ 生産技術開発推進本部 精密技術開発センター ナノプロセス開発室

*² 生産技術開発推進本部 精密技術開発センター 光応用機器開発室

*³ 生産技術開発推進本部 精密技術開発センター 精密システム開発室

*⁴ 生産技術開発推進本部 生産技術開発センター 第2開発室

1. DVD/CD コンボピックアップ

DVD用ピックアップの場合は、DVDは勿論のこと、CDにも対応することが必須であるため、それぞれのディスクに対応した光学系が別個に必要なことになる。にもかかわらず、光ピックアップとしては、CD並みの小型・薄型化が要求される。よって、一般的な光学系を用いて、別個の光学系を構成する場合は、光ピックアップが大型化してしまうが、ホログラムレーザユニットを用いれば、光学系が簡素化できるため、CD並みの小型・薄型化が実現できる。DVD、CD用の各ホログラムレーザユニット、2波長を分離合成するダイクロイックビームスプリッタ、共通のコリメートレンズ、立上げミラー、NAを各波長に応じて変換するダイクロイック開口と対物レンズの7部品で構成することが可能である。

上記の通り、DVD用ピックアップの場合は、CD用ピックアップの場合以上に光学系を簡素化する効果が大きく、DVD用ホログラムレーザユニットは、光ピックアップの小型・薄型・高信頼性化を実現するには、必要不可欠なデバイスであるといえる。

2. 高光利用効率ユニット

ホログラムレーザユニットは、光学系の集積化による小型・薄型・高信頼性化がメリットであるが、レーザ出射光がホログラムを通過する構成のため、往路効率を確保できないことが記録型に適用する場合の課題であった。つまり、記録型の場合、限られたレーザパワーの中で、より高速に記録するために、対物レンズ出射パワーを高める必要がある。

そこで、ホログラムレーザユニット光学系に偏光光学系を採用することで、往路効率を改善し、記録型に適したユニットを実現することが可能となる。

図1に再生型と記録型のホログラムレーザユニットの構成比較を示す。

再生型の場合、往路・復路ともにホログラムを通過する構成であり、往路はホログラムの0次光が対物レンズに入射し、復路ではホログラムの1次回折光が光検出器に入射する。よって、復路の1次効率も考慮して、往路の0次効率を設定した場合、例えば、ユニット出射光は80%程度に低下してしまう。CD-RやDVD-Rに代表される有機色素系の記録媒体の場合、記録速度は出射光パワーの二乗に比例するため、記録速度は、ホログラムレーザユニットを用いないピックアップと比較して、約6割まで低下してしまう。また、その場合の1次回折率は約8%程度となり、往

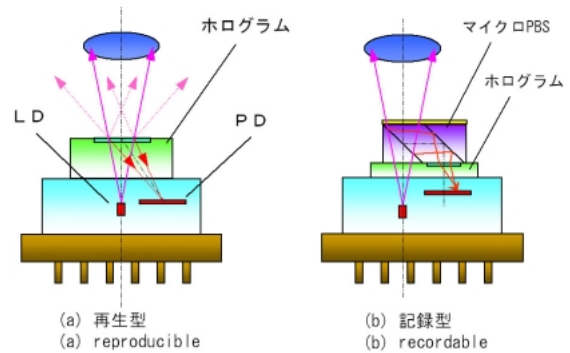


図1 ホログラムレーザユニットの比較
Fig. 1 Comparison of hologram laser units.

復の利用効率（レーザから出射した光量に対する、光検出器に入射する光量の割合）は約6%程度となる。

一方、今回開発した記録型の場合は、PBSをユニット上部に搭載しており、往路と復路を偏光方向により分離し、復路のみホログラムを通過する構成としている。よって、往路にはホログラムを通過せず、レーザ出射光の100%がユニットから出射されるため、ホログラムレーザユニットを用いないピックアップと同程度の記録速度、つまり、上記再生型の1.6倍の記録速度を確保できるわけである。また、ユニット内、もしくは、ピックアップ光学系中にλ/4板を設けてやることで、復路では偏光方向が90度回転して、ユニットのPBSで反射し、ホログラムに入射する。ホログラムは1次回折効率を最大にすると約40%程度となり、往復の利用効率は約40%と再生型の6倍の効率となるため、S/Nの改善も達成可能となる。

具体的なユニット構成を図2に示す。レーザ、フォトダイオード、ホログラム、マイクロPBSの主要4部品で構成されており、厚み4.8mmのパッケージに一体化されている。ホログラムは再生型と同様、3分割されているが、フォトダイオードは13分割されている。再生型では、ホログラムの+1次回折光のみを利用していたが、記録型では±1次回折光を利用しており、信号系を高速系と低速系に分離して検出するようにしている。-1次回折光側は、RF、DPDの高速の信号を、+1次回折光側はフォーカス誤差信号(FES)、トラッキング誤差信号(TES)を検出する。また、記録時のトラッキングサーボ信号は、再生時のDPDではなく、3ビームによる差動プッシュプル法(以下、DPPと呼ぶ)を採用しており、ホログラム回折率は9分割されるため、フォトダイオードの分割数が増えるわけである。なお、各信号の演算式は、以下の通りである。

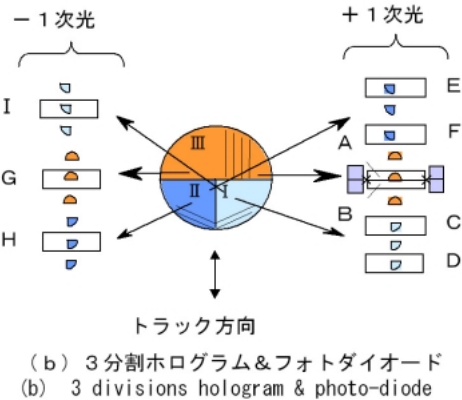
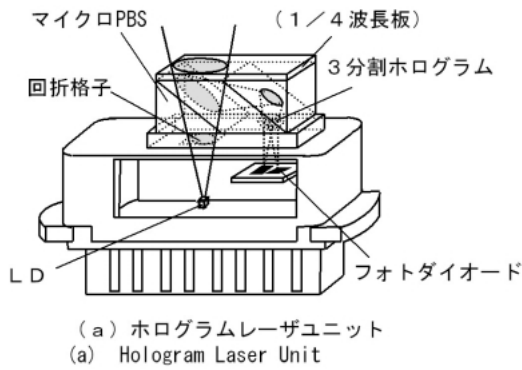


図2 ホログラムレーザユニットの構成図
Fig. 2 Construction of hologram laser unit.

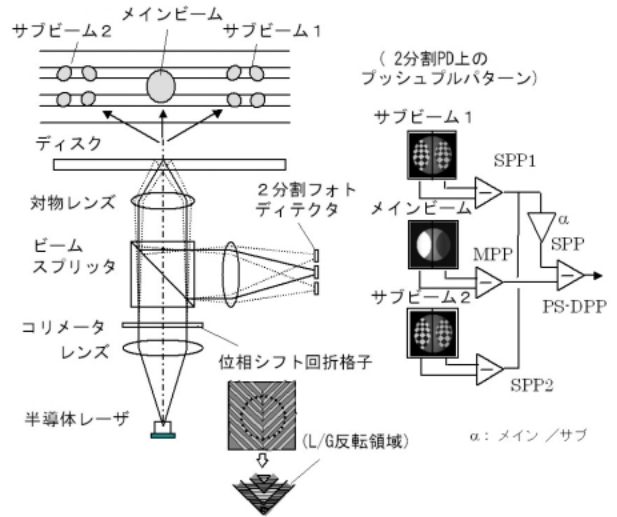
フォーカス誤差信号 : $FES = A - B$
 トラッキング誤差信号 : $DPD = \text{位相差} (I - H)$
 $DPP = (I - H) - k \times ((E + F) - (C + D))$
 kは補正係数
 ランドプリピット信号 : $LPP = I - H$
 再生信号 : $RF = (G + H + I)$

以上のように、本構成とすることで、往路効率、往復利用効率とも大きく改善された記録型ホログラムレーザユニットを実現することが可能である。

3. 位相シフトDPP法

3.1 基本原理

図3に位相シフトDPP法の原理を示す。半導体レーザからの光を、位相シフト回折格子で、メインビームと2つのサブビームに分割してディスクに照射し、ディスクからの反射光を各々2分割フォトディテクタ(PD)で検出し、3つのPP信号(MPP:メインビームのPP信号,SPP1,SPP2:サブビームのPP信号)を生成する。そしてMPPと $SPP (= \alpha (SPP1 + SPP2))$ の差動により、TESである位相シフトDPP信号(PS-



DPP)を生成する。演算は通常のDPPと同じであるが、3ビーム生成用回折格子として、部分的にランド/グループ(L/G)構造を反転させた位相シフト回折格子を用いるところに特長がある。構造反転させた部分を通じた光線は、サブビームのみ、光の位相差が $\pm \pi$ (rad)シフトするため、その部分のトラック溝の干渉パターンの明暗が反転する。回折格子のランド・グループの位相を反転させた領域を、V字型に交互に配置(傾斜多分割型位相シフト回折格子)すると、PD上のサブビームにおいて明暗のパターンが格子状となり、左右の光量に差異が発生しないため、SPP1, SPP2ともトラック横断時のPP信号振幅が0になる。一方、PD上でのビーム移動はそのまま光量変化として現れるので、レンズシフトは従来どおり検出できる。即ちトラック溝によるSPP振幅が十分小さくなるため、3ビームの回転調整が不要になる。

参考までに、本ユニットを用いた場合の、光ディスク上での3ビームプロファイルの解析結果を図4に示す。サブビームが4箇所のパークを持つビームとなっ

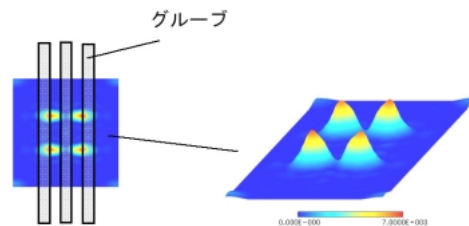


図4 サブビームプロファイル
Fig. 4 Sub-beam profile on the disk.

ており、トータルサブビーム径が、トラックピッチに対して大きくなっており、複数トラックのPP信号がSPP信号に含まれていると言える。その結果、個々のトラックからのPP信号が打ち消し合い、振幅が減少するとも考えられる。

3・2 実験結果

図5に3種類の異なる規格のディスク（DVD-RAM：4.7GB、DVD-RAM：2.6GB、DVD-R）において、対物レンズ（OL）を±300μm揺動させた場合の各信号（MPP、SPP、DPP：PS-DPP）を示す。各ディスクのトラックピッチは図中に記載している通り、0.74μmから1.48μmと異なっているが、どのディスクにおいても、SPP信号振幅は十分に抑圧されており、その結果、OLシフトによらず、PS-DPP信号はオフセットの発生しない安定なPP信号が得られることが分かる。

また、図6にサブビームの位置を回転させた場合の各信号を、従来型のDPPと比較して示した。下段の従来型DPPの場合は、サブビームの位置を回転させることにより、DPP信号の振幅が変化するため、精密なサ

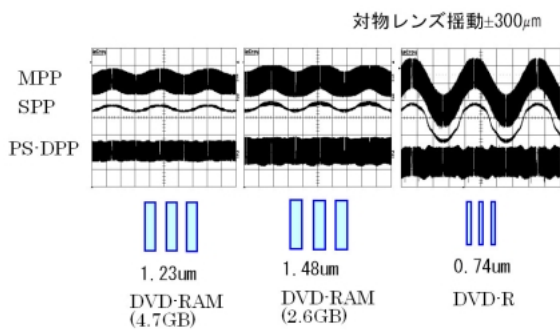


図5 OL揺動時のプッシュプル信号
Fig. 5 Measured push-pull signals with OL-swinging.

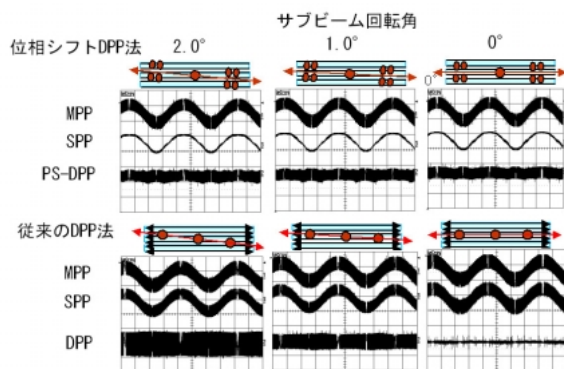


図6 各サブビーム位置でのプッシュプル信号
Fig. 6 Measured push-pull signals on each sub-beam position.

ブビームの位置調整（回転調整）が必要となる。一方、上段の位相シフトDPPの場合は、サブビームの位置が変化しても、PS-DPP信号は安定している。

以上のことより、本位相シフトDPP法を採用することにより、所期の目的通り、複数の規格のディスクに対応可能であり、かつ、サブビームの位置調整を不要にすることが可能となった。

4. 透過率傾斜型グレーティング法

4・1 基本原理

図7に本GGMの基本原理解説を示す。LDから放射された光は、ホログラム-コリメートレンズ-対物レンズを経由して光ディスク基板に入射する。ディスク反射光は、逆の光路を経て、ホログラムで回折され、光検出器に入射する。ホログラムでは±1次回折光が発生するが、片側の回折光のみ、透過率傾斜グレーティング（Gradient Grating：GG）を通過する構成とする。GGは図8に示す様に、トラッキング方向にデューティー（溝幅／溝ピッチ）が一様に変化している。つまり、ディスク反射光がGGを通過する位置により回折効率が異なるため、対物レンズのシフト量に応じた回折効率の変化が得られる。例えば、デューティーが10%～40%変化する場合、0次透過率は6%～58%と変化する。メインビームのプッシュプル信号（MPP）とGGを通過した光に対応する信号（GPP）から、下式によってトラックオフセットを抑圧したトラックエラー信号（TES）が得られる。

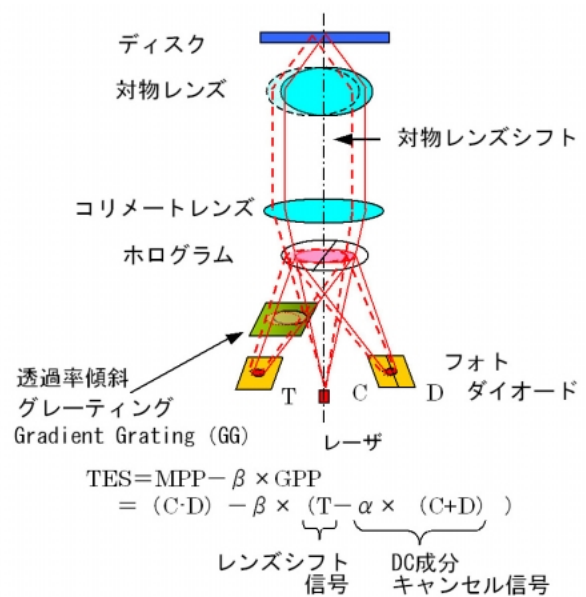


図7 ピックアップ光学系構成図
Fig. 7 Optical configuration of the pickup.

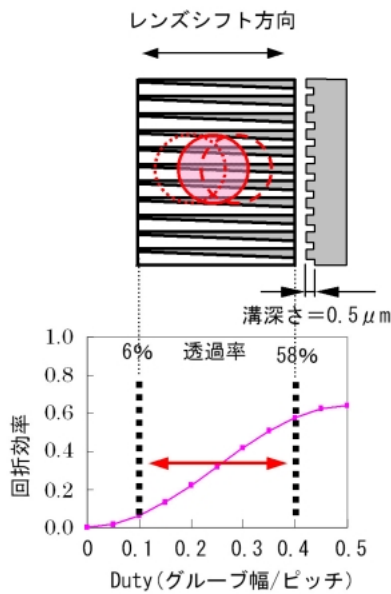


図8 透過率傾斜グレーティング
Fig. 8 Gradient grating.

4・2 解析結果

対物レンズを±200 μm 揺動させた場合の、各演算信号の解析結果を図9に示す。各信号 (MPP, GPP, TES) は、図7に記載の演算式により求めたところ、十分なオフセット抑圧効果を確認できた。

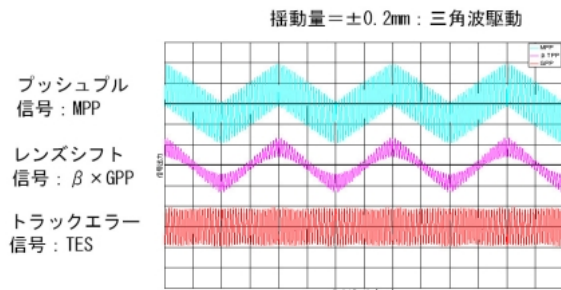


図9 OL 揺動時のプッシュプル信号
Fig. 9 Simulated push-pull signals with OL-swinging.

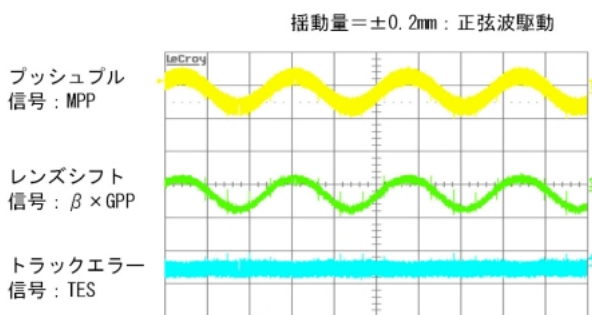


図10 OL 揺動時のプッシュプル信号
Fig. 10 Measured push-pull signals with OL-swinging.

4・3 実験結果

本ユニットをピックアップに搭載し、先の解析と同様、対物レンズを±200 μm 揺動させた場合の各信号を図10に示す。解析と同様、対物レンズシフトにより発生するオフセットを十分に抑圧可能であることが確認できた。

本構造により、従来型のDPP方式を採用したホログラムレーザユニットに比べ、光利用効率は約1.5倍に改善された。

むすび

以上、記録型 DVD 用のホログラムレーザユニットについて報告した。ホログラムレーザユニットの欠点である光利用効率の低下を克服したことで、今後、ノートPC用の記録型DVDドライブにも、本ホログラムレーザユニットを搭載したピックアップが広く採用されることが予想される。

今後の展開としては、より一層の小型、薄型化・低コスト化、及び、高信頼性が求められ、2波長ホログラムレーザユニットへと発展していくと思われる。これらの技術は、青紫色半導体レーザを用いた次世代光ピックアップにも応用可能であり、2波長ホログラムレーザユニットを用いることで、3波長に対応可能な小型・薄型の光ピックアップの実現も可能となる。

謝辞

本開発にあたり、日頃よりご協力頂いている部品事業部、化合物半導体事業部、オプトデバイス事業部、及び、精密技術開発センターの関係各位に深く感謝致します。

参考文献

- 1) K. Ohsato: Proc. Optical Memory Symp.'86 (Optoelectronic Industry and Technology Development Association, Tokyo, 1986) p.127.
- 2) T. Ueyama, N. Fujita, H. Hirajima, R. Miki and K. Sakai: Ext. Abstr. (48th Oyo Buturi Spring Meet.2001) ;Japan Society of Applied Physics and Related Societies, 28a-ZQ-16.
- 3) T. Ueyama, K. Sakai and Y. Kurata, "A Novel Tracking Servo System for Multitypes of Digital Versatile Disks Using Phase-Shift Differential Push-Pull Method", Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 42, pp. 952-953 (2003).
- 4) 酒井, 上山, 倉田, "DVD用ホログラムレーザユニット I (記録型)", 精密工学会2002年度関西地方定期学術講演会講演論文集, B05 77 (2002).

(2004年9月24日受理)