

MD用光集積ユニットの開発

Integrated Optical Unit for MD (Mini Disc) Pickups

三宅知之* ¹ Tomoyuki Miyake	上山徹男* ¹ Tetsuo Ueyama	沼田富行* ¹ Tomiyuki Numata
平野兼史* ¹ Kenji Hirano	小川勝* ² Masaru Ogawa	中田泰男* ¹ Yasuo Nakata

要 旨

現在、最も普及した音楽用録音媒体は、ミニディスク (MD) であり、同時に、ポータブルオーディオとしても、国内では、第1位の地位を占めている。しかしながら、近年、ハードディスクドライブ、シリコンデバイスを搭載したポータブルオーディオが、MDのライバルとして登場し、急速に普及し始めている。この状況に対応するように、MDも、1GBの大容量化とネットワーク対応を実現する「Hi-MD」規格がソニーから提案され、商品化されている。

ここでは、ポータブルMDの小型・薄型化のキーパーツであるピックアップ、特に光集積ユニットについて、MDを含む2種類の光磁気媒体の再生対応と世界最小レベルの小型化を達成したので、これを紹介する。

MD (Mini Disc) is the most popular music recorder and portable music player in Japan. But other portable music players with HDDs (Hard Disk Drives) or silicon devices have become popular. In this situation, SONY announced the 1GB "Hi-MD" disc and portable recorder that incorporate DWDD (Domain Wall Displacement Detection) technology, leading to a maximum recording time of up to 45 hours for music data.

In this report, we propose the new integrated optical unit for MD pickups using polarized holograms, and PS-DPP (Phase-Shift Differential Push-Pull) method for RES (Radial Error Signal) detection. We develop a miniaturized integrated unit for MD pickups that can read two different types of discs, owing to two different retardation values of the phase compensation films, and to independence of the PS-DPP method on the track pitch of discs.

まえがき

当社は、ホログラムレーザを用いたMD用ピックアップ¹⁾を開発し、ポータブルMDに搭載、商品化している。ここでは、ポータブルMDとしての商品力を向上させる小型・薄型化と2種類の光磁気媒体対応を実現するピックアップを構成可能な光集積ユニットを開発したので、その構造、再生原理、及び再生特性について報告する。

1. 光集積ユニットの構造

図1に、本集積ユニットによるピックアップ構成を

示す。本集積ユニットは、MD再生に必要な光磁気信号の再生、各種サーボ誤差信号の生成、及びレーザパワー制御に必要な部品が、集積されている。

ピックアップの薄型化を実現するには、図1の高さ(H)を小さくする必要がある。当社従来ホログラムレーザで7mmだった高さを、半分以下の3.3mmとし、MDカートリッジ窓内へのピックアップ部品の配置を可能とした。これにより、ポータブルMDの薄型化を実現出来る。

図2は、開発した光集積ユニットの構造図²⁾である。

小型・薄型化を実現するため、偏光ホログラムを2段構成とした。媒体からの反射光を2分割し、回折光

*¹ 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

*² 生産技術開発推進本部 特許開発室

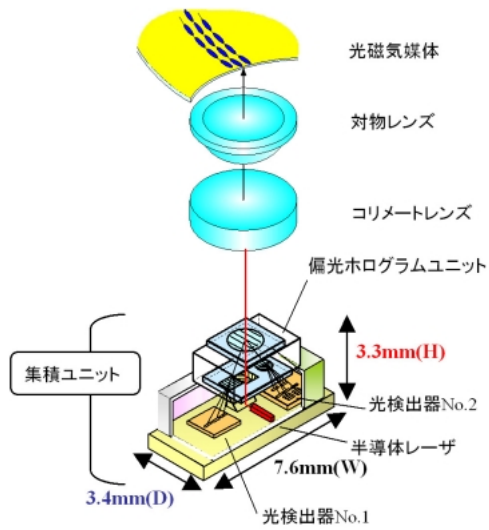


図1 ピックアップの構成図
Fig. 1 Optical Pickup Configuration of MO Disc.

における各偏光成分の回折効率差によるカー回転角増倍機能を有する偏光ホログラム No.1, 光磁気信号再生のため、偏光分離を行う偏光ホログラム No.2, 及び光磁気信号再生のための偏光分離とサーボ信号生成を行う偏光ホログラム No.3 から構成されている。偏光ホログラム No.3 は、サーボ誤差検出のため、3 領域に分割されている。光検出器 No.1 は、偏光ホログラム No.2 の 0 次回折光, +1 次回折光, 及び -1 次回折光を検出する 3 つの受光部, 光検出器 No.2 は、サーボ誤差信号検出のため、12 個の受光部から構成されている。

2 種類の光磁気媒体の再生を実現するため、以下の 2 点の対応を行った。第 1 は、良好な再生信号を得る

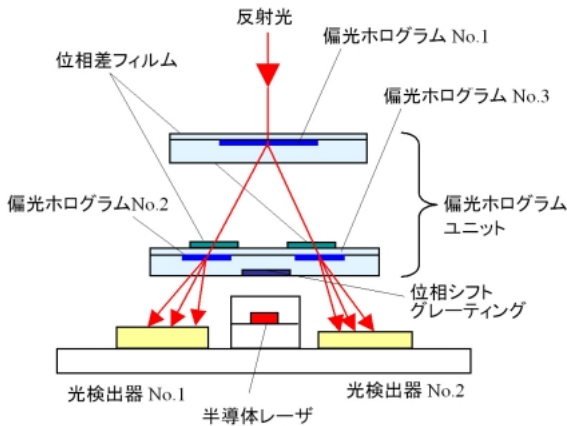


図2 光集積ユニットの構成図
Fig. 2 Configuration of the integrated unit.

ため、それぞれの媒体に最適な位相補償量を与えた事、第 2 は、異なるトラックピッチに対応するため、位相シフト DPP (Differential Push-Pull) 法³⁾を採用した事である。前者については、高密度光磁気記録を実現する磁氣的超解像媒体、磁壁移動検出媒体等では、媒体からの反射光に生じる偏光間の位相差を補償する事が信号再生において重要である事が知られている。これに対して、一般的な 4 層反射膜構造で、単層の磁性膜を持つ媒体、例えば MD では、位相補償は必要ない。本集積ユニットに採用した偏光ホログラム No.1 は、回折光に位相差を生じさせる。これ以外の構成要素、光学部品、媒体基板等も位相差の発生要因となる。これらを要因とする位相差を補償するため、位相差フィルムを偏光ホログラム No.1 と No.2, 3 との間に配置した。異なるトラックピッチへの対応のため採用した位相シフト DPP 法は、位相シフトグレーティングで生成される 3 ビームを用い、トラッキングサーボ誤差信号を得る。高反射 MD (ピット列)、記録型 MD、トラックピッチの異なる高密度媒体におけるトラッキングサーボを可能とするだけでなく、本集積ユニットをピックアップハウジングに固定する際の 3 ビーム回転調整精度緩和にも有効である²⁾。

2. サーボ誤差信号検出と光磁気信号再生の原理

2・1 光検出器 No.1 における光磁気信号再生

図 3 は、光検出器 No.1 における光磁気信号再生原理を示す図である。光磁気媒体からの反射光は、まず偏光ホログラム No.1 で分離されて、位相差フィルム、偏光ホログラム No.2 の順で透過する。位相差フィルムは、偏光ホログラム No.1 からの回折光に含まれる位相差を補償し、偏光ホログラム No.2 は、回折光の偏光分離を行う。光検出器 No.1 は、偏光ホログラム No.2 の 0 次光と ±1 次光を検出するよう 3 つの受光部から構成されている。光磁気信号 MO1 は、次式に

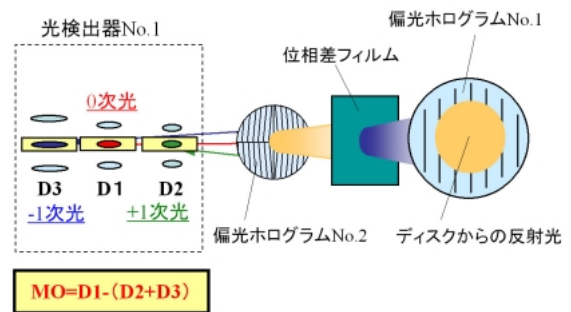


図3 光検出器 No.1 における光磁気信号再生
Fig. 3 Reproduced process in Photo detector No. 1.

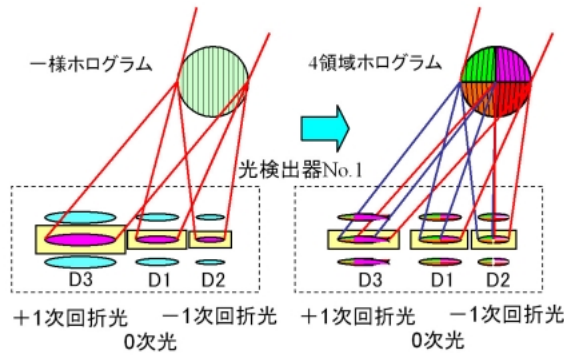


図4 偏光ホログラム No.2 の4領域分割と受光部形状の関係
Fig. 4 Arrangement of beam spots on the photo detector No. 2.

よって得られる。

$$MO1 = D0 - (D1+D2)$$

偏光ホログラム No.2 は、従来、一様ホログラム²⁾であったが、光磁気信号を高品質で再生可能なよう4領域に分割した。

図4を用いて、偏光ホログラム No.2 を4分割している理由を説明する。図4は、4分割した偏光ホログラム No.2 のそれぞれの領域の光が、光検出器 No.1 の受光部に落下する位置を示したものである。比較のため、一様分割されている場合も併せて示している。一様分割の場合、1次回折光のうち、より斜めに受光部に入射する+1次回折光の幅、長さが収差によって、大きくなる。それに対して、新規4分割ホログラムは、+1次回折光では、4領域の光がお互い重なり合うように設計している。これによって、-1次回折光は、逆に拡大する方向となるが、+1次回折光の縮小分とのバランスをとって、最良の形状に設計した。これにより、光検出器 No.1 上の受光部面積を小さくする事が出来、サブビームの漏れ込み、迷光等、信号再生上、ノイズ成分となる要素を極力排斥した。また、図示していないが、光検出器 No.1 の受光面は、光検出器 No.2 よりも、100 μm 高く、ホログラムに近くなるよう設定し、収差によってビーム形状を焦線化している。

2・2 光検出器 No.2 における光磁気信号再生とサーボ誤差信号検出

図5は、光検出器 No.2 における光磁気信号再生とサーボ誤差信号検出原理を示す図である。光磁気媒体からの反射光は、まず偏光ホログラム No.1 で分離されて、位相差フィルム、偏光ホログラム No.3 の順で透過する。位相差フィルムは、回折光に含まれる位相差を補償し、サーボ誤差信号検出のため、3領域に分割された偏光ホログラム No.3 は、偏光分離を行う。光

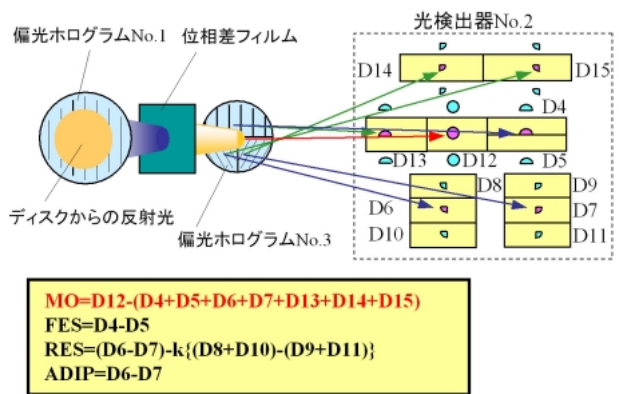


図5 光検出器 No.2 におけるサーボ誤差信号検出と光磁気信号再生

Fig. 5 Reproduced process of MO signal and detection of Servo error signal in Photo detector No. 2.

検出器 No.2 は、12個の受光部から構成されており、ナイフエッジ法、及び位相シフト DPP 法にて、FES (Focus Error Signal)、及び RES (Radial Error Signal) 信号を生成する。それぞれのサーボ誤差信号は、次式によって得られる。

$$FES = D4 - D5$$

$$RES = (D6 - D7) - k \{ (D8 + D10) - (D9 + D11) \}$$

光検出器 No.2 における光磁気信号は、次式から求める事が出来る。これも、偏光ホログラム No.3 における偏光分離機能により、信号の再生が可能となっている。

$$MO2 = D12 - (D4 + D5 + D6 + D7 + D13 + D14 + D15)$$

光磁気信号再生においては、光検出器 No.1 は、3個の受光部から、信号を2つの I/V 変換回路 (0次受光部と内部で短絡された±1次光の受光部) で演算し、光検出器 No.2 は、12個の受光部から、6つの I/V 変換回路で演算している。光磁気媒体からの反射光は、偏光ホログラム No.1 で同光量となるよう±1次回折光として分割される。光検出器 No.2 の方が、I/V 変換回路を4つ多く持つため、これらの回路で発生するノイズ分だけ、再生信号に含まれるノイズが増大し、再生信号品質が悪化する。

3. 信号再生評価結果

本集積ユニットを用いて、MD を再生し、その信号評価を行った結果を示す。信号再生は、シリコンによる光検出器 No.1、及び No.2、これに外付け I/V 変換回路を付加する構成によって行った。

最初に、位相差フィルムと光磁気信号再生信号との関係を示す。

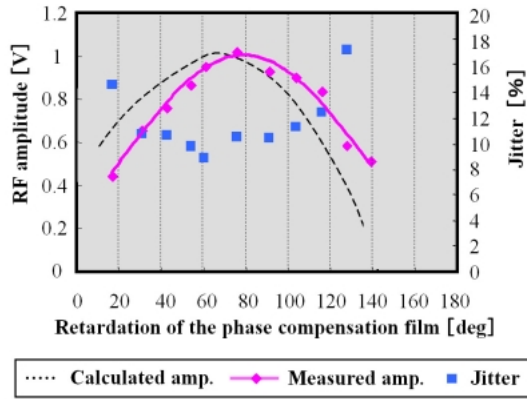


図6 位相補償量とRF振幅、ジッターの関係

Fig. 6 Relationship between retardation of the phase compensation film and RF amplitude, Jitter.

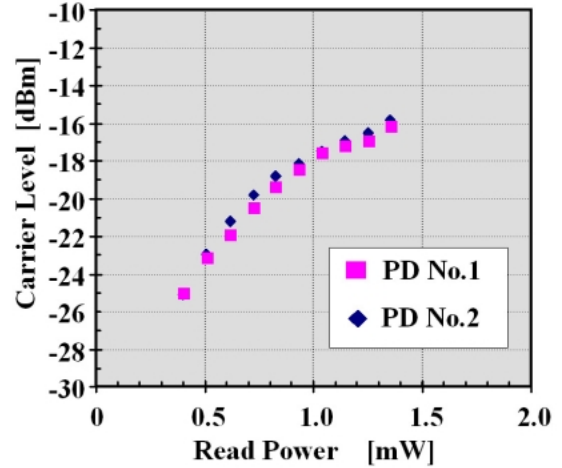


図8 リードパワーとキャリアレベルの関係

Fig. 8 Relationship between carrier level and read power.

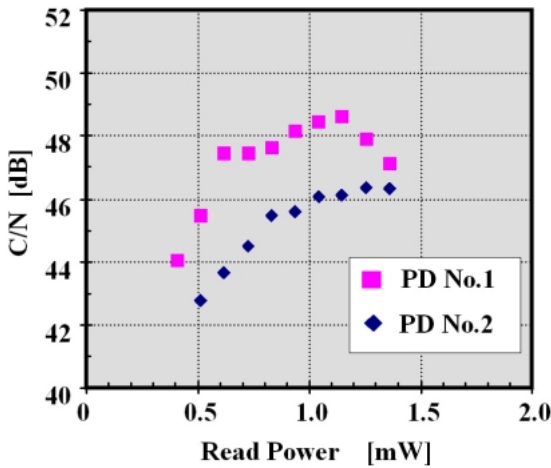


図7 リードパワーとC/Nの関係

Fig. 7 Relationship between carrier to noise ratio and read power.

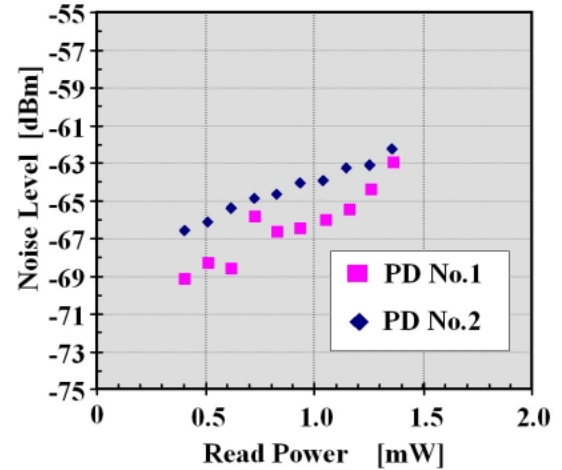


図9 光検出器 No.1 と No.2 におけるMD再生時のノイズレベル比較

Fig. 9 Relationship between noise level and read power.

偏光ホログラム No.1 の 1 次回折光に含まれる偏光成分の位相差をエリプソメータによって、実測した。その結果、波長 780nm において、位相差は 60° である事が分かった。図 6 は、再生媒体に MD を用い、位相差フィルムによる位相補償量に対する再生信号の RF 振幅とジッターの関係を示したものである。測定結果を見ると MD 側の最適位相補償量は 70° 付近にあり、偏光ホログラム No.1 の実測結果とややずれの有る事が分かった。上記実測値とのずれは、ディスク基板、光学部品の持つ位相差と考えられる。位相補償量が最適値からずれた場合、RF 振幅、ジッターとも悪化していく。又、RF 振幅からは、明確に最適位相補償量が分かるが、ジッターの場合、ボトム値はブロードであった。実測の RF 振幅変化は、RF 振幅と位相ずれ量の関係を計算によって求めた場合とほぼ一致していた。

図 7 は、光検出器 No.1、及び光検出器 No.2 で、MD 最短マーク 3T 信号における C/N の再生パワー依存性を示したものである。サーボ誤差信号検出を兼ね、多数の光受光部を持つ光検出器 No.2 の方が、光検出器 No.1 より、約 2 dB 程度信号品質が低い事が分かる。しかし、光検出器 No.2 においても、リードパワー 0.6mW 以上で、43dB 以上が得られている。又、ランダム信号再生によるジッター評価では、0.7mW 以上で、10% 以下となる事から、MD 再生には十分な再生性能を有していると考えられる。

図 8、及び 9 は、光検出器 No.1、及び光検出器 No.2 に於ける最短マーク 3T 再生時の C (キャリア) と N (ノイズ) を比較したものである。キャリアレベルを見ると、どちらの光検出器でもほぼ同じレベルで、それぞれの光検出器に入射する光量は、同じである事が

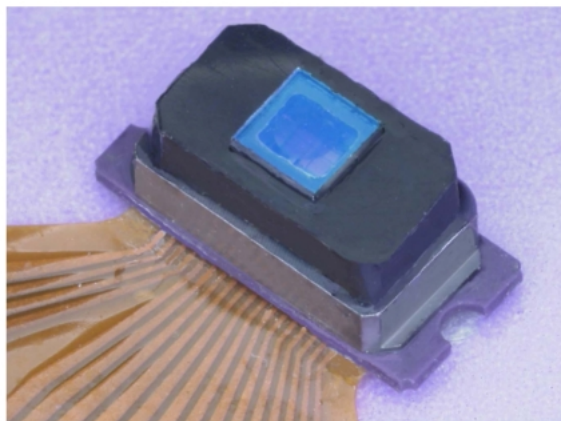


図10 本開発における光集積ユニット
Fig. 10 Photograph of the integrated optical unit.

分かる。その一方で、ノイズレベルに差がある。この結果は、光検出器No.1とNo.2の信号再生品質の差が、ノイズレベルにあり、4個分のI/V変換回路に起因する回路ノイズの影響が、大きい事を示している。

最後に、偏光ホログラム No.2 を4分割した効果についても、評価を行った。その結果、リードパワー1mWで再生した場合、一様ホログラムに比較して、ノイズレベルが0.9dB低下していた。偏光ホログラム No.2 の4分割化とこれに伴う光検出器No.1の受光部面積低減の効果を確認出来た。

むすび

世界最小レベルの小型化と2種類の光磁気媒体再生を実現した光磁気信号再生用集積ユニットの開発を行った。

本集積ユニットは、偏光ホログラム2段構成による光磁気信号再生系で、世界最小・最薄集積ユニットを実現し、更に位相補償に電氣的制御を必要としない2系統再生光学系の集積化と位相シフトDPP法採用によるトラックピッチの異なる2種類の光磁気記録媒体

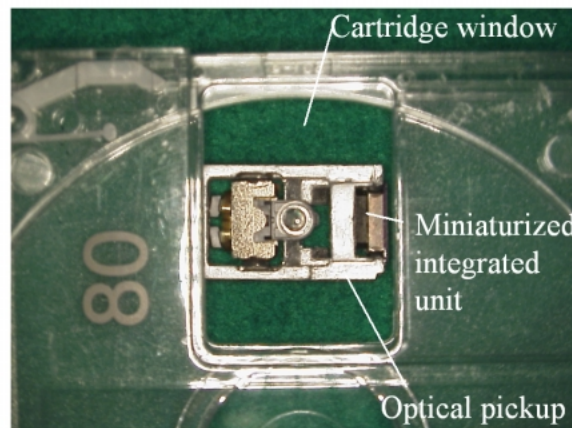


図11 本集積ユニットを用いたピックアップ
Fig. 11 Photograph of the optical pickup with the integrated optical unit.

への対応を実現した。これにより、媒体からの反射光に位相差を生じる磁氣的超解像媒体、磁壁移動検出媒体等の高密度光磁気媒体への再生対応が可能となる。

図10に本集積ユニット、図11に本集積ユニットを用いたMD用ピックアップの外観写真を示す。本開発の集積素子を用いる事により、MDカートリッジ窓内に収まる大きさのピックアップを構成する事が可能である。

謝辞

本研究にあたり、多大なご協力、ご指導を頂いたAVシステム事業本部、電子部品事業本部、生産技術開発推進本部の関係各位に深く感謝致します。

参考文献

- 1) 田中他“MD用ピックアップ”, シャープ技報,第72号, pp38-41(1998).
- 2) M. Ogawa et al.: Technical Digest for MORIS 2004. Mo-PP-1.
- 3) T. Ueyama et al.: Technical Digest for ISOM 2003. Tu-D-03.