

Blu-ray Disc 用光ピックアップ技術

Optical Pickup Technology for Blu-ray Disc

三宅 隆浩*1
Takahiro Miyake

堀山 真*1
Makoto Horiyama

寺島 健太郎*2
Kentaro Terashima

乾 敏治*1
Toshiharu Inui

永留 誠一*1
Seiichi Nagatome

友山 進一*3
Shinichi Tomoyama

中田 泰男*1
Yasuo Nakata

要 旨

BD (Blu-ray Disc) 規格 Ver1.0 に準拠した小型光ピックアップを開発した。本稿では、今回開発したピックアップの特徴である、高NA対物レンズと青紫色短波長レーザーを用いた高精度ピックアップ設計技術、独自の位相シフトDPPサーボによるピックアップ組み立て作業性の向上技術について解説する。

We have developed a downsized optical pickup suitable for BD (Blu-ray Disc) format version 1.0. This paper describes the design technology for constructing the high precision pickup using a high NA objective lens and a blue laser diode, and the improvement technology for assembling the pickup using original phase-shift DPP servo method.

まえがき

青紫色半導体レーザーと高開口数の対物レンズの採用により DVD の約 5 倍の記憶容量 (23.3GB, 25GB/120mm) を有し、ハイビジョン映像で 2 時間の録画再生が可能な次世代光ディスク規格 (BD: Blu-ray Disc, 当社を含めた 14 社にてライセンスグループを形成) が提案されている。

今回この規格に準拠したピックアップの開発において、独自の位相シフトDPPサーボ方式を採用することで、組み立て作業性を向上させた。また、基幹部品であるビームエキスパンダユニットと高精度アクチュエータを新規に開発し搭載することで小型ピックアップを実現し、良好な信号品質が得られたので報告する。

1. ピックアップ光学系

1.1 構成

ピックアップ光学系の構成を図 1 に示す。

半導体レーザーから出射した P 偏光光はコリメートレンズを介して $\lambda/2$ 板により S 偏光光に変換され、整

形プリズムに入射し、ビーム拡大整形される。その後、位相シフトグレーティングにて 3 ビームに分割され、PBS にて S 偏光光の一部が透過し、APC 用光検出器に入射する。半導体レーザー出力は APC 用光検出器に入射した光量にしたがって APC (Auto Power Control) 制御される。一方 PBS にて大半の S 偏光光は反射し $\lambda/4$ 板により円偏光に変換されビームエキスパ

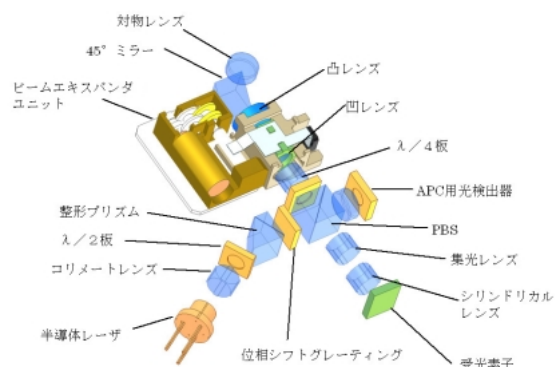


図 1 BD 用ピックアップ光学系の構成

Fig. 1 Optical construction of the BD pickup.

*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

*3 A1235 プロジェクトチーム

ンダユニットに入射する。

ビームエキスパンダユニットは凹レンズと凸レンズで構成されており、ディスク厚み誤差により球面収差が発生した場合、凹レンズを駆動することによりその収差を補正する機能を有している。次にビームエキスパンダを出射した光は45°ミラーで反射し対物レンズで光ディスク上に集光する。光ディスクからの反射光は対物レンズ、45°ミラー、ビームエキスパンダを介してλ/4板でP偏光光に変換されPBSを透過する。その後、集光レンズ、シリンドリカルレンズを介して受光素子上に集光される。

受光素子は図2のように中心が4分割形状、その両側が各2分割形状をしている。図中央4分割素子から得られるメインビームのプッシュプル信号をMPP、左右の各2分割素子から得られるサブビームのプッシュプル信号をSPPとするとトラッキング信号TESは

$$TES = MPP - \alpha (SPP)$$

により生成される。ただし

$$MPP = (A + D) - (B + C)$$

$$SPP = (E - F) + (G - H)$$

フォーカス信号は非点収差法 (A + C) - (B + D)、情報信号はメインビームのトータル信号A+B+C+Dにより生成される。

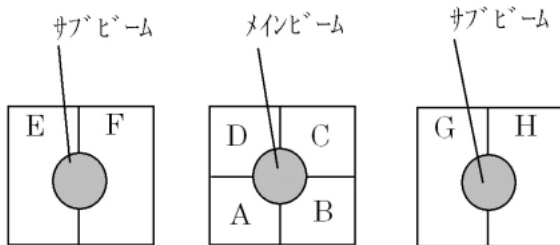


図2 受光素子形状
Fig. 2 Layout of the photo-detector.

以下にこのピックアップの特徴である位相シフトDPP法によるトラッキング誤差信号の生成について説明する。

1・2 位相シフトDPP法

1・2・1 グレーティングパターン

位相シフトグレーティングはトラッキング誤差信号に用いられるサブビームのプッシュプル信号の信号振幅が発生しないようにグレーティングパターンの最適化を行った。

目標仕様としては、0次回折光であるメインビームのプッシュプル信号振幅に対して、±1次光であるサブビームの信号振幅が、10%以下となり、かつ、対物レンズシフト±200umに対しても、信号振幅が発生しないこととした。この目標仕様により設計したグレー

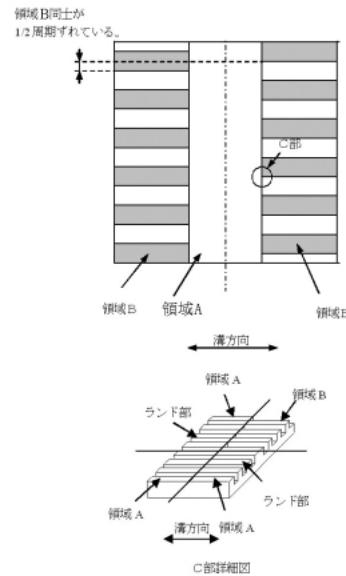


図3 位相シフトグレーティングパターン
Fig. 3 Pattern of the phase-shift grating.

ティングパターンを図3に示す。グレーティングの形状としては、図中のC部詳細図に記載してあるように、領域Aと領域Bとランド部が1/2ピッチずれる構成となっている。また、中央の領域に対して、左右の繰り返しパターンは、1/2周期ずれる構成となっている。

1・2・2 トラッキング誤差信号の生成

位相シフトDPP法によるトラッキング誤差信号(TES)の演算式は図2における

$$TES = MPP - \alpha (SPP)$$

であり、従来のDPPの演算式を踏襲する。

ただし、その特徴としてサブビームによるプッシュプル信号SPPにはトラックずれに比例した信号が発生せず、対物レンズシフトに比例した信号のみが発生

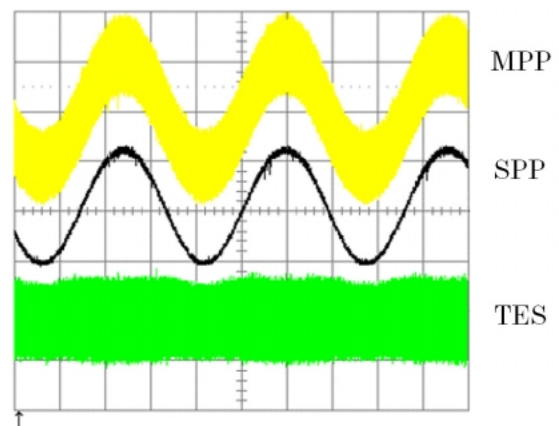


図4 位相シフトDPPによるトラッキング信号
Fig. 4 Tracking error signal of the phase-shift DPP method.

する。そのためTES信号は対物レンズシフトによるオフセットの影響がないトラッキング信号が得られる。図4は試作した位相シフトグレーティングで周期的に対物レンズシフトを発生させた時に生成されるサーボ信号である。トラッキング信号であるTES信号は対物レンズシフトの影響を受けていないことがわかる。

1・2・3 組立て作業性の向上

通常のDPP法ではディスク上でビームとトラックの相対位置関係が変化した場合、メインビームによるプッシュプル信号(MPP)とサブビームによるプッシュプル信号(SPP)の差動でDPP信号振幅が変化してしまう。これは図5(a)のようにピックアップをメカ組込みする場合、ピックアップの対物レンズ中心とディスク回転中心の位置ズレが発生すると顕著となる。つまり位置ズレがあると、図5(b)に示すようにピックアップがディスク内周にある場合と外周にある場合でサブビームのトラックとの相対位置関係が大きくずれ、その結果DPP信号振幅が大きく変化する(図6(a))。

これに対し、位相シフトDPP法ではサブビームによるプッシュプル信号が発生しないことによりサブビームのトラックとの相対位置関係が変化してもDPP信号振幅に影響することがない。その結果DPP信号振幅は変化することがない(図6(b))。

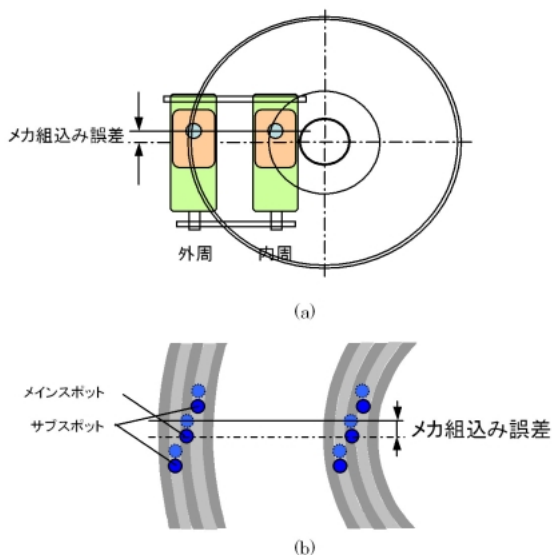


図5 ピックアップのメカ組込み誤差
Fig. 5 Built-in tolerance of the pickup.

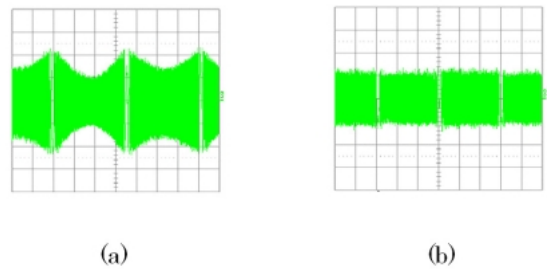


図6 DPP信号
Fig. 6 DPP signal.

2. ビームエキスパンダ

ビームエキスパンダは図7のように凸レンズと凹レンズの対構成にて同軸スリーブ構造のホルダ内で凹レンズがモータ駆動する。この構造をとることにより凸レンズと凹レンズの軸あわせの調整が不要となり、組立て性の簡素化を図っている。

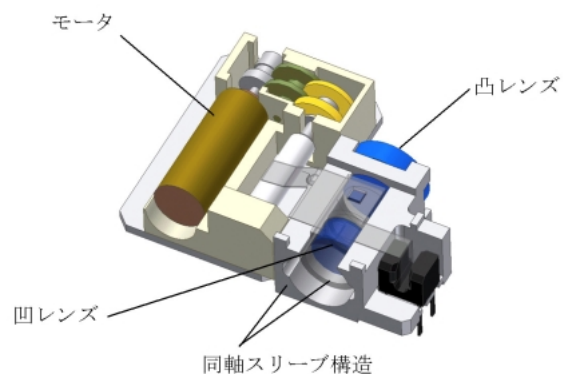


図7 ビームエキスパンダ
Fig. 7 Beam-expander unit.

3. アクチュエータ

BDは高密度記録再生を実現するため要求されるサーボ追従精度を高くする必要があり、高いサーボゲインが必要となる。

そのためアクチュエータとしては図8に示すようなオープン型磁気回路を採用し対物レンズホルダの極小化及び、高剛性化を図り、共振周波数の高域化を実現した。対物レンズホルダの高次共振周波数はフォーカス、ラジアルとも65kHzと十分高く、必要サーボゲインを確保している。

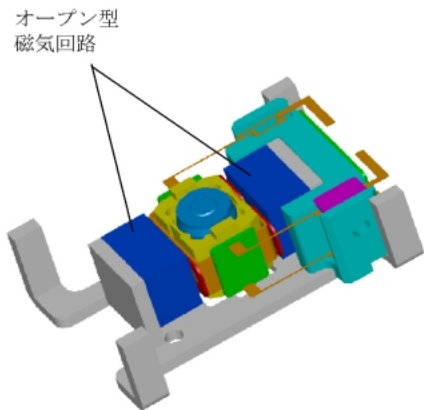


図8 アクチュエータ
Fig. 8 Actuator

4. ピックアップ評価

以上述べてきたピックアップの試作品の外観を図9に示す。またシェアリング干渉計で測定した本ピックアップの対物レンズ出射光波面収差は図10に示すように許容収差量 (0.075 λ rms) より十分小さい値で

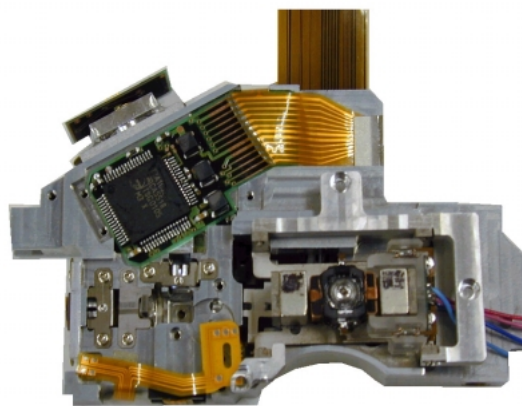


図9 ピックアップ
Fig. 9 Pickup

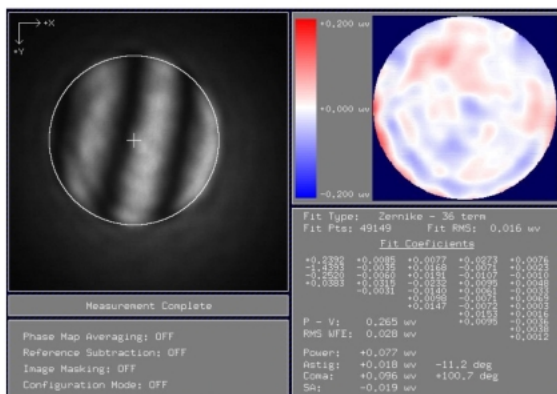


図10 対物レンズ出射光波面収差 (0.028 λ rms)
Fig. 10 Wave front aberration.

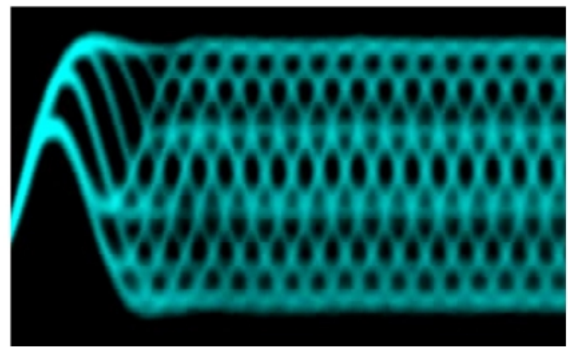


図11 再生されたRF信号のアイパターン
Fig. 11 Oscilloscope trace of the RF signal.

あった。図11は本ピックアップによる再生信号のアイパターンを示す。コンベンショナルイコライザーにて7.7%，リミットイコライザーにて4.5%のジッター値が得られ，十分な信号品質が確保できた。

むすび

以上，BD (Blu-ray Disc) 規格 Ver1.0 に準拠した小型光ピックアップを開発した。

本ピックアップでは，高NA対物レンズと青紫色短波長レーザを用いた高精度ピックアップ設計技術と独自の位相差DPPサーボによりピックアップ組み立て作業性の向上技術により対物レンズ出射光波面収差0.028 λ rms，再生信号ジッター7.7%の十分な信号品質を確保したピックアップが試作できた。

謝辞

本ピックアップを開発するにあたり，ご協力頂きました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) 堀山他，第50回応用物理学関係連合講演会，27p-ZW-9(2003).
- 2) 堀山他，第64回応用物理学学会学術講演会，31a-YD-13(2003).
- 3) T. Ueyama et al., ISOM/ODS 2002 Postdeadline Paper, p. 1 (2002).

(2004年9月24日受理)