

大容量ブルーレイディスク規格BDXL™に対応した光ピックアップの光学系

Optical Pickup System Conforming with BDXL™ Standard for Large-Capacity Blu-ray Disc™

李 溶宰 金 義烈 金 榮澤

■ LEE Yongjae

■ KIM Uiyol

■ KIM Youngtak

光ディスクの更なる大容量化の要求に応えるため、3層又は4層の記録層から成り100 Gバイト以上の容量を持つブルーレイディスク^(注1)の規格であるBDXL™^(注2)が制定されている。

東芝サムスンストレージ・テクノロジー(株)は、BDXL™に対応した光ディスクドライブの製品化にあたり、安定したサーボ信号^(注3)と、高品質の再生信号を実現する光ピックアップの光学系を開発した。この光学系では偏光ホログラムを用いて、記録層以外からの反射光の影響を低減することによって、ディスクと対物レンズの角度であるチルトや、層間厚さのばらつきに対して、安定したサーボ信号が得られた。更に、再生信号品質の指標であるi-MLSE (Integrated-Maximum Likelihood Sequence Error Estimation)は、10%以下という設計目標を満足し、再生時にエラーが起きないことを確認した。開発した光学系は、ハーフハイト^(注4)、並びに厚さ12.7及び9.5 mmのブルーレイディスク用光ディスクドライブに適用する予定である。

BDXL™, a standard for Blu-ray Disc™ of 100 GB or more in capacity with three or four recording layers, was established to meet the requirements for high-capacity recording.

Toshiba Samsung Storage Technology Corporation has developed a new optical system that can generate a stable servo signal and high-quality reproducing signal for BDXL™ compatible optical disc drives. By applying a polarizing hologram optical element, reflected light from non-recording layers is reduced and stable error signals against tilt and space deviation between layers are achieved. The integrated maximum likelihood sequence error estimation (i-MLSE) of the reproducing signal indicator is less than 10% of the design target, assuring noise-free playing. This optical system will be applied to optical pickups for optical disc drives for Blu-ray Disc™ of half-height (H/H), 12.7 mm, and 9.5 mm in height.

1 まえがき

光ディスクは、光源の短波長化や開口数(NA)^(注5)の増加による高密度化のほかに、多層化による大容量化が実現されてきた。例えばDVDでは、容量4.7 Gバイトの単層ディスクと、8.5 Gバイトの2層ディスクが製品化され、また、ブルーレイディスクでは、当初、容量25 Gバイトの単層ディスクと、50 Gバイトの2層ディスクが製品化された。

近年には、3次元映像の記録など、更なる大容量化への要求に応えるため、ディスク1枚に100 Gバイトの記録容量を持つ3層のブルーレイディスクと、128 Gバイトの記録容量を持つ4層のブルーレイディスクの規格としてBDXL™が制定され、現在、3層のディスクが製品化されている。

BDXL™は、記録層の間隔が、2層ディスクと比べて1/2程度しかないため、再生の対象ではない非記録層から不要な光が入り、再生信号の品質が悪化したり、サーボ信号にノイズが発生したりしやすい。

東芝サムスンストレージ・テクノロジー(株)は、今回、BDXL™に対応した光ディスクドライブを製品化するにあたり、安定したサーボ信号と、高品質の再生信号を実現する光ピックアップの光学系を開発した。

ここでは、開発した光学系の原理と、シミュレーション及び試作装置を用いたサーボ信号及び再生信号品質の検証結果について述べる。

2 BDXL™対応光学系

2.1 BDXL™対応ディスクの反射光

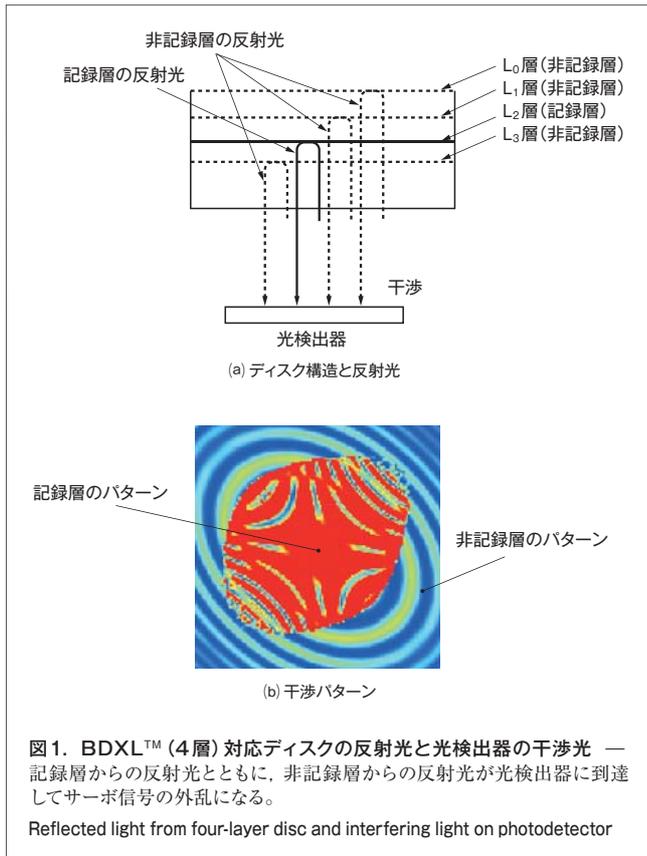
4層のBDXL™対応ディスクの構造と反射光のようすを図1に示す。図中のL₀~L₃層は、4層の記録層である。ここで、例えばL₂層を再生するとき、光検出器には記録層であるL₂層で反射した光とともに、非記録層であるL₀層、L₁層、及びL₃層で反射した光も入射する。このため光検出器では、記録層

(注1)、(注2) Blu-ray Disc™ (ブルーレイディスク)、Blu-ray™ (ブルーレイ)、BDXL™は、ブルーレイディスクアソシエーションの商標。

(注3) ディスクにあらかじめ記録された信号で、記録・再生ヘッドの位置決めに使われる。

(注4) 厚さ約1.6インチ(4.06 cm)のディスクドライブ。これに対し厚さ3.2インチ(8.13 cm)のものはフルハイト、厚さ1インチ(2.54 cm)のものはロープロファイルと呼ばれる。

(注5) レンズの分解能を表す指標で、この値が大きいかほど分解能が高い。



の反射光のパターンとともに、非記録層の反射光による干渉パターンが形成され、サーボ信号の外乱になる。

そこで、BDXL™規格に対応したディスクのための光学系を開発した。

2.2 サーボ信号の検出

安定したサーボ信号を得るためには、非記録層からの反射光が光検出器に入射しないことが重要である。これを実現するため、光の偏光方向によって回折特性が変化する偏光ホログラムを光路中に設置した(図2)。

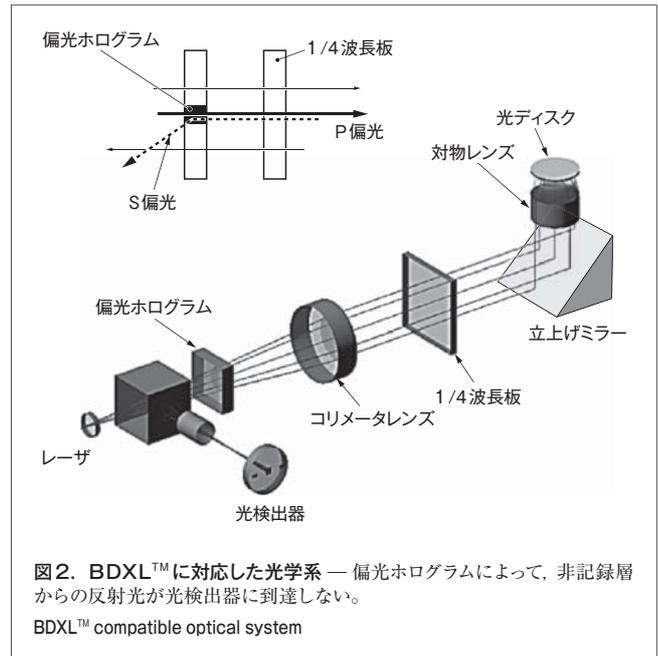
偏光ホログラムは、P偏光^(注6)の光は透過するが、S偏光^(注7)の光は回折する性質を持つ。レーザーの出射光はP偏光のため、偏光ホログラムを透過する。

ここで、偏光ホログラムとディスクの間の光路中に1/4波長板^(注8)を設置する。すると、偏光ホログラムを透過した光は、ディスクに達する前と、ディスクで反射された後の合計2回1/4波長板を通ることになり、位相が1/2波長ずれてS偏光になる。この結果、ディスクで反射された光が偏光ホログラムに入射すると回折する。

偏光ホログラムの光の回折方向と、光検出器の形状を最適

(注6)、(注7) 光が持つ電磁波的性質によって作られる電界成分が、入射面と直行する場合をS偏光、入射面に平行な場合をP偏光と呼ぶ。

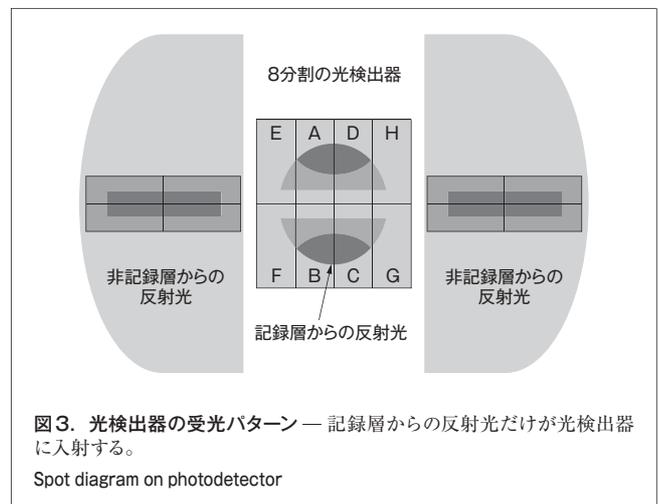
(注8) 透過した光の1方向成分だけに1/4波長分の位相ずれを発生させる光学素子。

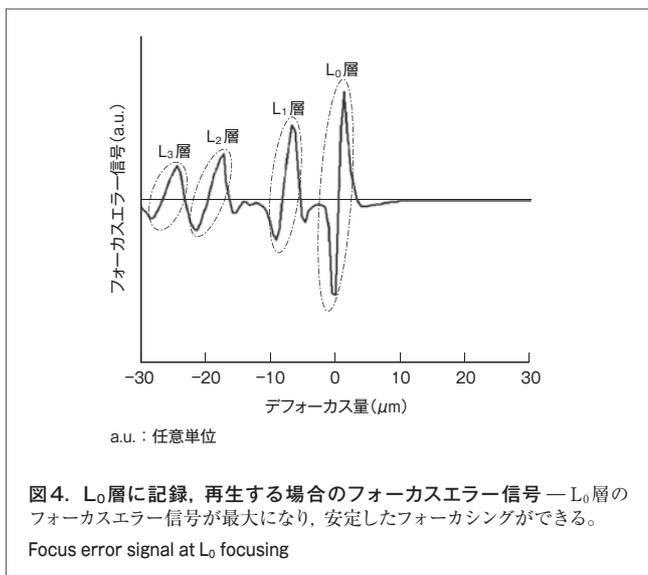


に設計すると、記録層による反射光だけを光検出器に導くことができる。

開発した光学系の光検出器の受光パターンを図3に示す。記録層の反射光は8分割の光検出器に入射し、非記録層の反射光は、両側に分かれて、8分割の光検出器には入射しない。したがって記録層からの光だけでサーボ信号を形成することができ、外乱のないサーボ信号が得られる。

サーボ信号には、フォーカスエラー信号とトラッキングエラー信号がある。サーボ信号を使ってヘッドの安定した位置決めを行うには、フォーカスエラー信号の振幅が大きく、トラッキングエラー信号の振幅のばらつきが小さい必要がある。そこで、外乱のないサーボ信号が得られていることを確認するために、フォーカスエラー信号とトラッキングエラー信号の検証を行った。その結果を、次に述べる。





2.2.1 フォーカスエラー信号 フォーカスエラー信号とは、集光スポットと記録面との距離を表す信号であり、信号の振幅が大きいほど安定したフォーカシングができる。反射光と干渉光の影響を解析して、L₀層に記録又はL₀層を再生する場合のフォーカスエラー信号をシミュレーションした(図4)。L₀層のフォーカスエラー信号の振幅がもっとも大きく、L₀層から離れるにつれて球面収差が増加するため、L₂層やL₃層のフォーカスエラー信号の振幅は極端に小さくなる。

L₁からL₃の層を再生する場合は、コリメータレンズの位置を移動して、球面収差をキャンセルする。これよって、目的の層のフォーカスエラー信号の振幅が最大になり、安定したフォーカシングができる。

2.2.2 トラッキングエラー信号 L₀層とL₃層のトラッキングエラー信号のシミュレーション結果と、ディスクチルトや、ディスク面内の層間厚さのばらつきに対して、トラッキングエラー信号の振幅のばらつきをシミュレーションした結果を、図5に示す。

レンズのディスク半径方向への移動量を表すレンズシフトが±0.3mmの範囲で、トラッキングエラー信号の振幅のばらつきは十分に小さく、レンズシフトの影響はほとんど受けていない。また、チルトや層間厚さのばらつきに対するトラッキングエラー信号の振幅のばらつきは、最大で7.6%であり、安定したトラッキングエラー信号の指標である10%以内を実現している。

試作した光ピックアップを用いて、4層のBDXL™対応ディスクのトラッキングエラー信号を評価した結果を図6に示す。トラッキングエラー信号の振幅のばらつきは最大で8.5%以内であり、安定した位置決めができる。

2.3 再生信号

ディスクの反射率や光検出器のアンプノイズなどを考慮して、

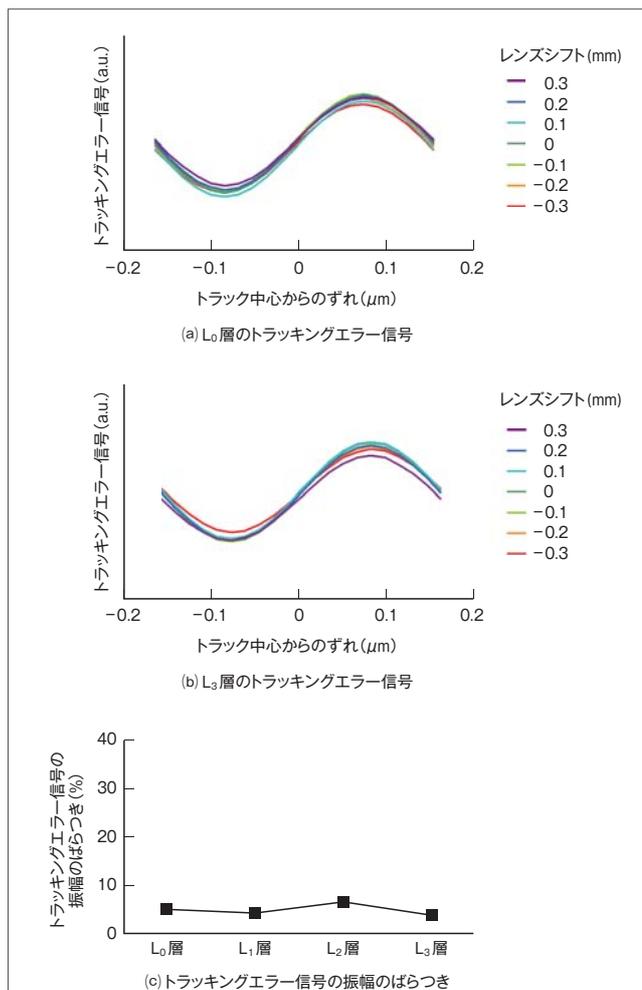
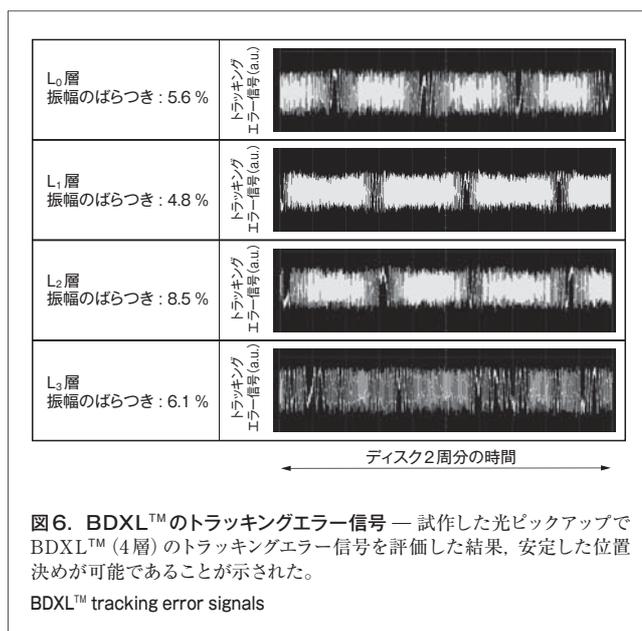
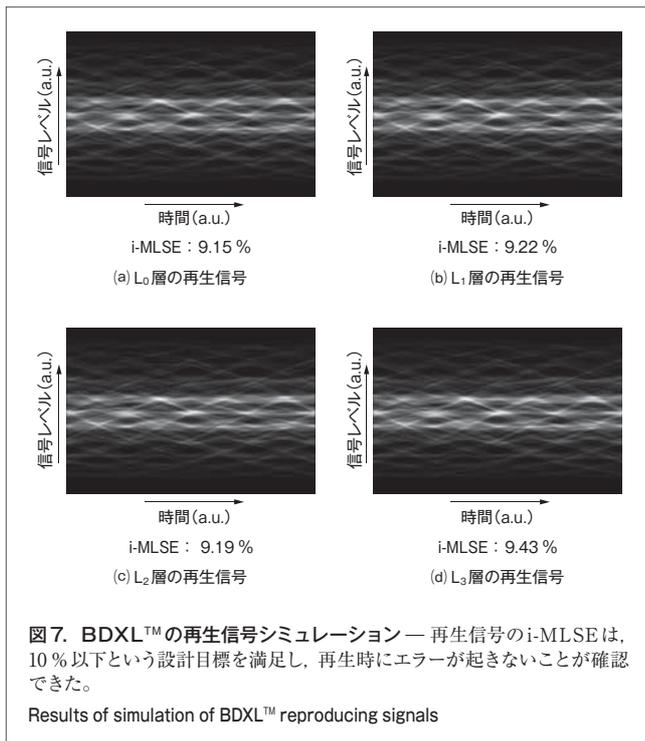


図5. トラッキングエラー信号のシミュレーション結果—レンズシフト、ディスクチルト、及び層間厚の変化による影響を受けにくい。 Results of simulation of tracking error signals





4層のBDXL™対応ディスクの再生信号のシミュレーションを行った。

L₀～L₃各層の再生信号波形と、i-MLSEの計算結果を図7に示す。i-MLSEは、10%以下という設計目標を満足し、再生時にエラーが起きないことが確認できた。

3 あとがき

BDXL™に対応したブルーレイディスクを安定して記録し再生するために、偏光ホログラムを用いて、非記録層からの反射光の影響を低減できる光ピックアップ光学系を開発した。

反射光及び干渉光の影響を解析して、4層のBDXL™対応メディアで、ディスクチルトや、ディスク面内の層間ばらつき、レンズシフトなどがある場合のトラッキングエラー信号のシミュレーションを行った。この結果、トラッキングエラー信号の振幅のばらつきは、安定したトラッキング信号の指標である10%以内であることを確認した。更に、再生信号のシミュレーションを行った結果、信号品質の指標であるi-MLSEは10%以下で、再生時にエラーが起きないレベルであった。

BDXL™への対応は、ハーフハイト、並びに厚さ12.7 mm及び9.5 mmの光ディスクドライブで、順次製品化していく。今回開発した光学系は、これらの光ディスクドライブに搭載する光ピックアップに適用する計画である。



李 溶宰 LEE Yongjae

東芝サムスン ストレージ・テクノロジー(株) 開発チーム 開発第1グループプロジェクトマネージャー。光ディスクドライブのピックアップユニットの設計・開発に従事。
Toshiba Samsung Storage Technology Corp.



金 義烈 KIM Uiyoul

東芝サムスン ストレージ・テクノロジー(株) 開発チーム 開発第1グループシニアエンジニア。光ディスクドライブのピックアップユニット光学系の設計・開発に従事。
Toshiba Samsung Storage Technology Corp.



金 榮澤 KIM Youngtak

東芝サムスン ストレージ・テクノロジー(株) 開発チーム 開発第1グループエンジニア。光ディスクドライブのピックアップユニット回路系の設計・開発に従事。
Toshiba Samsung Storage Technology Corp.