

多層Blu-ray Disc対応の光ピックアップ技術

中原宏勲* 的崎俊哉*
大牧正幸* 竹下伸夫*
篠田昌久**

Optical PickUp for Multilayer Blu-ray Disc

Hironori Nakahara, Masayuki Ohmaki, Masahisa Shinoda, Toshiya Matozaki, Nobuo Takeshita

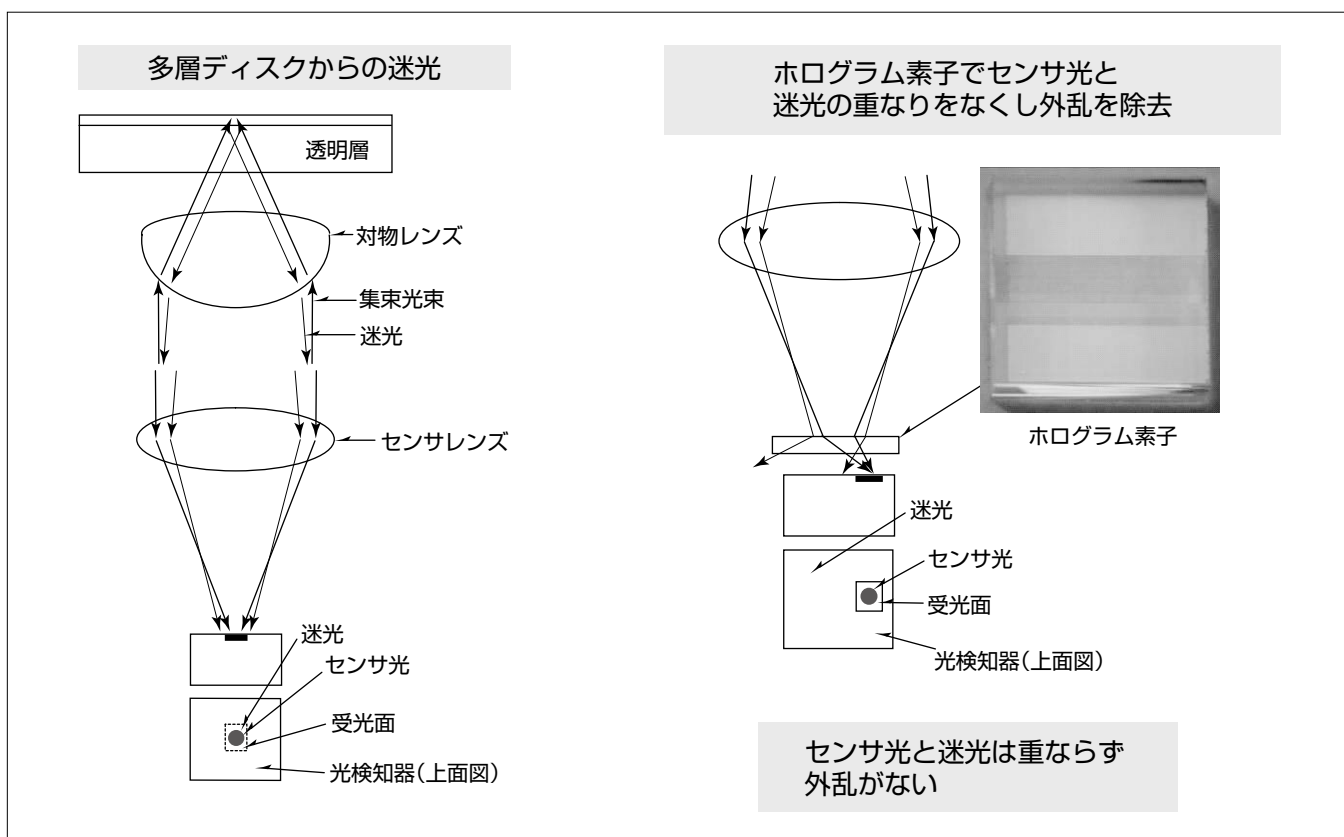
要旨

アナログテレビ放送から地上デジタルテレビ放送への移行が完了し、家庭に薄型テレビが広く普及している。薄型テレビの普及とともにHD(High Definition)のテレビ放送を録画するというニーズが生まれ、録画保存のためのBD(Blu-ray Disc^(注1))録画機も広く普及しつつある。また、長時間のTV放送の録画に対応するために記録層を増やすことで容量を拡大した3層100GBと4層128GBの多層BDが2010年から発売されており、現在販売されているBD録画機の多くが多層BDの録画再生に対応している。

多層BDの記録再生が可能な光ピックアップの開発では、

センサ系における迷光(多層BDの別の層から反射した光)による層間クロストークの低減が課題となっている。これは、光ピックアップのトラッキングエラー信号検出で、多層BDのある層から反射したセンサ光と迷光が光検知器の受光面上で重なり、トラッキングエラー信号が乱れるという現象である。この多層BDにおけるトラッキングエラー信号の乱れを低減するために開発したシンプルなホログラム素子を用いる1ビームプッシュプル法について述べる。

(注1) Blu-ray Discは、Blu-ray Disc Associationの商標である



多層Blu-ray Disc対応の光ピックアップ技術

多層BDはBlu-ray Disc Associationが規格承認したBDの拡張仕様である。3層と4層の2種類があり、3層タイプの記憶容量は100GB、4層タイプの記憶容量は128GBである。今回開発した1ビームプッシュプル法を採用した光ピックアップでは、多層BDの不要な迷光を回避するホログラム素子を用いた簡素な光学系を開発することで、シンプルな構成で多層BD対応を実現することが可能になった。

1. ま え が き

BDは2003年に1層あたり23GBの容量を持つディスクとして発売された。その後容量50GBを持つ2層ディスクが発売され、国内ではレコーダを中心にBD機器が普及しつつある。記録容量の大容量化の要求に応えるために、2010年には記録層を増やした3層100GB、4層128GBの多層BDが規格化された⁽¹⁾。

多層BDを記録再生するシステムでは、層間クロストークの低減が課題となっている⁽²⁾。従来の光ピックアップのセンサ系において、差動プッシュプル法では1つのメインビームと2つのサブビームからなる3つのビームが複数の層で反射され、光検知器上で複雑に重なるため、トラッキングエラー信号にオフセットが生じ、正常な記録再生動作ができないという問題が生じていた⁽³⁾。

この層間クロストーク低減の課題を解決するために、別のセンサ方式であるビームプッシュプル法の開発が他社で行われている。しかしながら、他社の方式では複雑なホログラム素子が必要であった⁽⁴⁾。

本稿では、多層BDのために新しく開発したシンプルなホログラム素子を用いる1ビームプッシュプル法について述べる。

2. センサ系

図1はBD用光ピックアップの光学レイアウトの例を示したものである。レーザには波長405nmの青紫色レーザを使用し、対物レンズの開口数は0.85である。半導体レーザから出射されたレーザビームは偏光ビームスプリッターで反射され、コリメータレンズで平行光に変換される。このコリメータレンズはディスクカバー層によって発生する球面収差を補正するために前後に移動できるようになっている。4分の1波長板は直線偏光のレーザビームを円偏光のレーザビームに変換し、対物レンズは平行光のレーザビームを光ディスクの記録層に集光する。記録層で反射したレーザビームは4分の1波長板の作用によって偏光ビームスプリッターを透過してセンサ系に到達する。

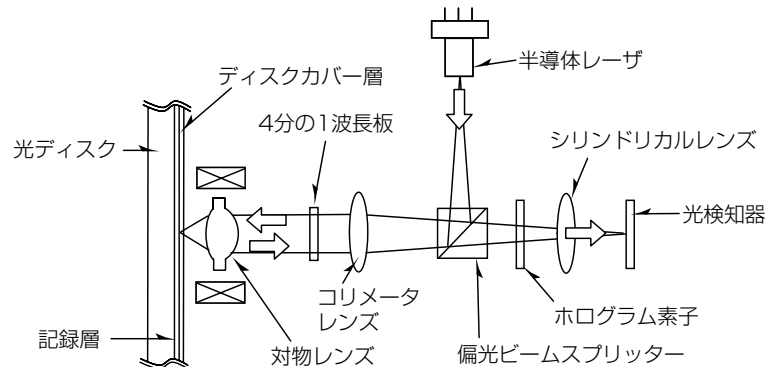


図1. BD用光ピックアップの光学レイアウト

センサ系はホログラム素子とシリンドリカルレンズと光検知器で構成される。ホログラム素子は1ビームプッシュプル法を実現するために新たに開発したものであり、偏光ビームスプリッターとシリンドリカルレンズの間に配置されている。なお、シリンドリカルレンズは非点収差法を用いたフォーカスエラー信号を生成するために用いられる。

図2はディスクの案内溝の構造によって回折されるレーザビームの模式図である。案内溝の構造は回折格子のような周期構造をしており、集光したレーザビームはディスクで反射されるとともに、案内溝によって回折される。回折したレーザビームの一部分が対物レンズを透過して、光ピックアップ側に戻るが、その回折したレーザビームの位相が反射したレーザビームの位相と等しい時、回折したレーザビームが到達するスポットの領域の光強度が強まる。逆に、回折したレーザビームの位相が反射したレーザビームの位相と逆相の時、回折したレーザビームが到達するスポットの領域の光強度が弱まる。この光強度の強弱の変化が光検知器によって検出され、トラッキングエラー信号が生成される。

図3はホログラム素子の写真である。このホログラム素子は同一平面に異なる回折構造が複数配置されたものであ

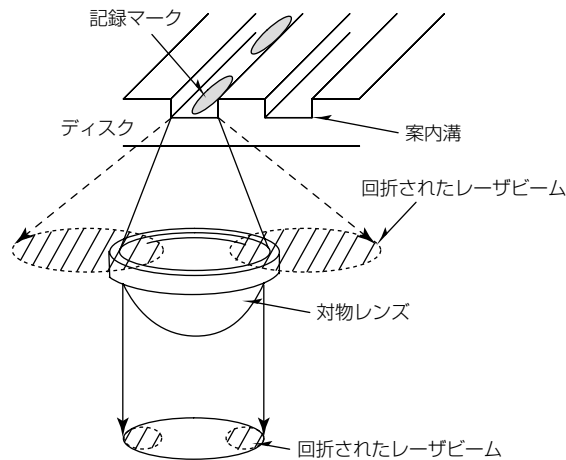


図2. ディスク案内溝の模式図

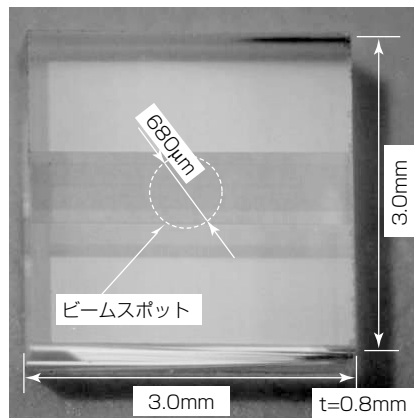


図3. ホログラム素子の写真

る。素子の大きさは縦3.0mm、横3.0mm、厚み0.8mmで、ガラスにフォトリソグラフィによってバイナリー型回折構造を形成したものである。ホログラム素子上のレーザービームのスポットサイズは直径680μmである。

図4はホログラム素子の概略図である。ホログラム素子は3つの領域に分かれており、領域1は縦方向の回折格子であり、領域2、3は横方向の回折格子である。領域の外形はレーザービームのスポットサイズとほぼ等しく、領域1にディスク案内溝で生じる±1次回折光が収まる形状になっている。ホログラム素子上のレーザービームスポットは対物レンズのディスク半径方向へのトラッキング動作によって、図の水平方向に移動する。

図5は1ビームプッシュアップ法の概略図である。センサ系は光ピックアップ用の光検知器として一般的な、8個の受光部を持つ光検知器を使用する。受光部は図のようにAからHまであり、AからDまでの光検知器中央部に位置する4つの受光部の組はメイン受光部と呼ばれる。またEとFの受光部の組、GとHの受光部の組はサブ受光部と呼ばれる。

ホログラム素子を透過してきたレーザービームはメイン受光部に到達する。ホログラム素子の領域2、3で垂直方向に回折したレーザービームはサブ受光部に到達する。

表1にフォーカスエラー信号とトラッキングエラー信号

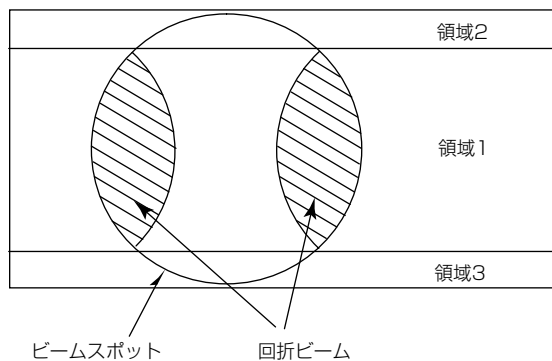


図4. ホログラム素子の概略図

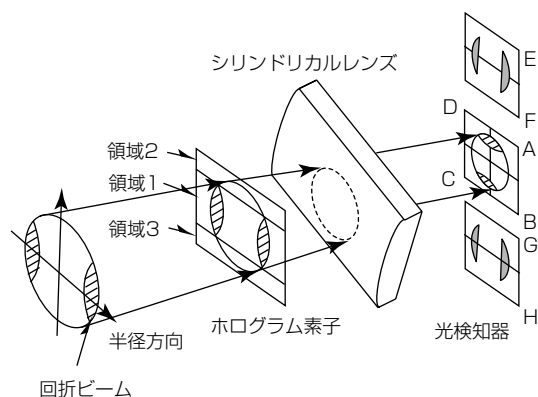


図5. 1ビームプッシュアップ法の概略図

の演算式を示す。フォーカスエラー信号生成方式は一般的な非点収差法である、トラッキングエラー信号生成式はディスク上のスポットが1ビームであるプッシュアップ法である。トラッキングエラー信号はメイン受光部とサブ受光部から得られる信号から生成され、メイン受光部の $(A + D) - (B + C)$ の演算はプッシュアップ信号である。一方、対物レンズがディスク半径方向に沿って移動した時に、受光部上のスポットは図の上下方向に移動し、サブ受光部の $(E - F) + (G - H)$ の演算は対物レンズの移動量を表すレンズエラー信号となる。この時、メイン受光部上のスポットも図5の上下方向に移動するので、プッシュアップ信号にはオフセットが生じる。このオフセットはレンズエラー信号を用いて適切なゲインkを選んで表1の演算を行うとキャンセルすることができる。

3. 信号シミュレーション

図6に2層BDの構造を示す。スペース層の厚みは25μmでカバー層の厚みは75μmである。レイヤ0の読み出しをしている時、レイヤ1で反射した光が迷光(多層BDの別の層から反射した光)となり、レイヤ1の読み出しをしている時、レイヤ0で反射した光が迷光となる。

図7に迷光量のシミュレーション結果を示す。これは図6

表1. エラー信号の演算式

| | |
|-------------|----------------------------------|
| フォーカスエラー信号 | $(A+C) - (B+D)$ |
| トラッキングエラー信号 | $(A+D) - (B+C) - k (E-F)+(G-H) $ |

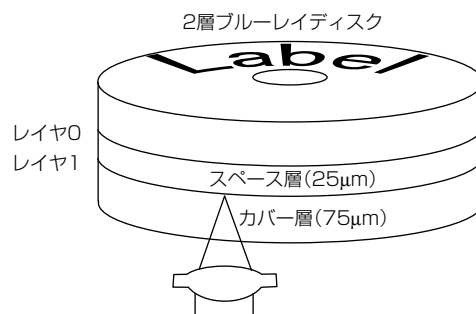


図6. 2層BDの構造

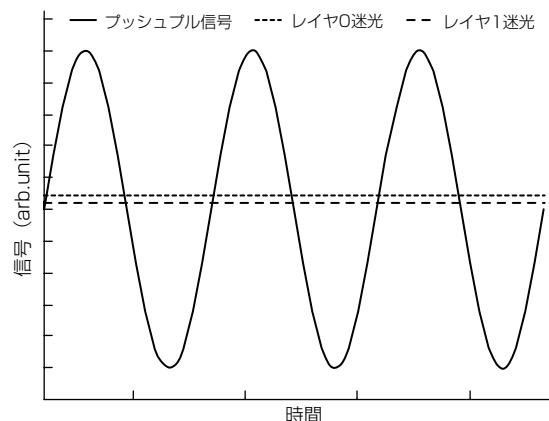


図7. 迷光量のシミュレーション結果

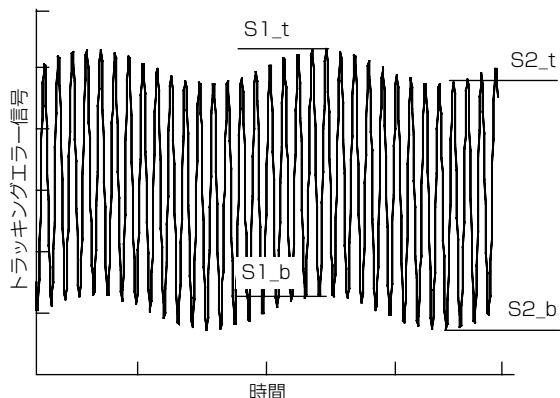


図 8. TE Deviationの定義

の2層BDの条件で、受光部に照射される迷光の量をシミュレーションしたものである。図においてメイン受光部のプッシュプル信号振幅を100%として正規化し、迷光の総量を求めるために、メイン受光部とサブ受光部の迷光のみをすべて加算した演算“ $A+B+C+D+k \times (E+F+G+H)$ ”を迷光量としている。レイヤ0の場合、迷光量は5%。レイヤ1の場合、迷光量は1%であった。迷光量の目標値は10%であり、目標値を下回っていることが分かった。

1ビーム方式ではサブ受光部のレーザービームのパワーを自由に設定できるため、迷光よりも大きくすることで、迷光の影響を小さくすることが可能となっている。

4. 実験結果

図8と次の式によってTE(Tracking Error) Deviationを定義する。これは迷光がトラッキングエラー信号に及ぼす影響の指標である。

$$TE Deviation = \frac{\frac{(SI_t + SI_b)}{2} - \frac{(S2_t + S2_b)}{2}}{\frac{(SI_t - SI_b) + (S2_t - S2_b)}{2}} \times 100$$

図9は1ビームプッシュプル法で得られたトラッキングエラー信号の実測結果である。TE Deviationはレイヤ0の場合に3%でありレイヤ1の場合には5%であり、信号シミュレーションの結果と同程度に抑えられている。また、この実測ではトラッキング制御が外れることなく安定であった。

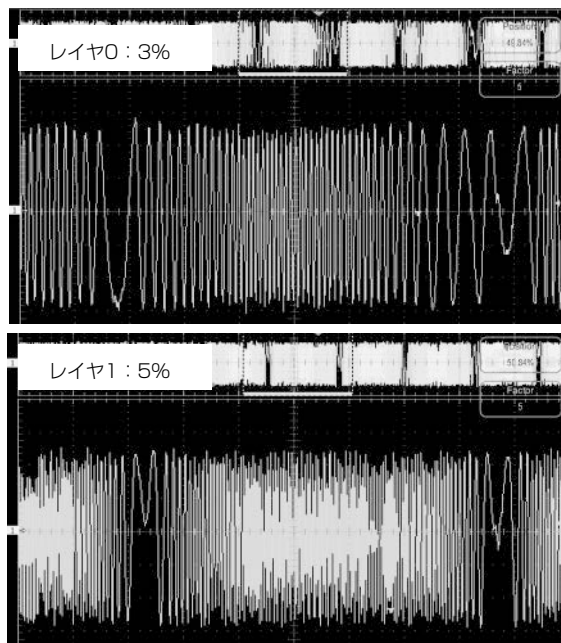


図 9. トラッキングエラー信号の実測結果

5. むすび

シンプルなホログラム素子を用いてセンサ系における、多層BDの迷光の影響を軽減する1ビームプッシュプル法を開発した。実測によってTE Deviationが5%以下に抑えられることが確かめられ、この方式によって、シンプルな構成で光ピックアップの多層BD対応を実現することが可能になった。

参考文献

- (1) Blu-ray Disc Association : White Paper Blu-ray Disc Format General 2nd Edition (2010)
- (2) Lee, A. V. D., et al. : Drive Considerations for Blu-ray Multi-layer Discs, Jpn. J. Appl. Phys., **46**, 3761~3764 (2007)
- (3) Kim, T. K., et al. : Blu-ray Disc Pickup Head for Dual Layer, Jpn. J. Appl. Phys., **44**, 3397~3401 (2005)
- (4) Sano, K., et al. : Novel One-Beam Tracking Detection Method for Dual-Layer Blu-ray Discs, Jpn. J. Appl. Phys., **45**, 1174~1177 (2006)