

位相輪帯素子を用いた Blu-ray Disc/DVD 互換技術

Phase Shift Element for Blu-ray Disc/DVD compatibility

小池 克宏, 小笠原 昌和, 菊池 育也

Katsuhiro Koike, Masakazu Ogasawara, Ikuya Kikuchi

松田 武浩, 江塚 敏晴, 大滝 賢

Takehiro Matsuda, Toshiharu Ezuka, Sakashi Ohtaki

要旨 次世代光ディスクとして規格化された Blu-ray Disc は、波長 405nm, NA0.85 の光学系を使用し、カバー層 0.1mm を有するディスクの記録再生を行う。

Blu-ray Disc 用ピックアップの開発においては、現在広く普及している DVD との互換性確保が必要不可欠である。そのため、我々は Blu-ray Disc と DVD 互換用光学素子として DVD 用光源波長の光に対してのみ収差補正効果のある位相輪帯素子を開発し、ピックアップでの実装評価によりその互換性能を確認した。

Summary A Blu-ray Disc system which employs a 405nm blue laser diode, an NA 0.85 objective lens and a 0.1mm cover layer was standardized.

When developing an optical pickup for Blu-ray Disc system, it is desirable to maintain compatibility with DVD. To realize the compatibility, we have developed the Phase Shift Element and confirmed its potential by experiment.

キーワード : Blu-ray Disc , DVD , 球面収差, 収差補正, 光ディスク, 光ピックアップ, 波長選択性

1. まえがき

次世代高密度光ディスクとして規格化された Blu-ray Disc は、波長 405nm の青紫色レーザと NA0.85 の高 NA 対物レンズを使用し、DVD と同じ大きさの光ディスクに 23 ~ 27GB のデータを記録再生する。対物レンズの高 NA 化に伴い、ディスクの傾きによる性能劣化が大きくなることを避けるため、ディスクには 0.1mm の薄いカバー層が採用されている。

一方、現在すでに普及している DVD は、波長

650nm の赤色レーザと NA0.6 ~ NA0.65 の対物レンズを使用しており、ディスクのカバー層の厚みは 0.6mm である。従って、Blu-ray Disc 用のピックアップで DVD の記録再生をしようとした場合、波長やディスク厚みの違いにより球面収差が発生するため記録再生が困難である。

このような課題を解決し、Blu-ray Disc と DVD の互換対応が可能なピックアップを実現するために、我々は赤色レーザを用いたときのみ球面収差補正効果を持つ位相輪帯素子を開発

し、ピックアップに搭載してその性能を確認したので、その内容について報告する。

2. 位相輪帯素子光学設計

今回開発した位相輪帯素子は、図1に示すとおりBlu-ray Disc用単玉対物レンズと組み合わせて使用される。この素子は、平行平板の片側に複数の輪帯状の微小な段差が施されており、その段差量は405nmの光に対して波長の整数倍の光路長差が発生するように設計されている。波長の整数倍の光路長差は波動光学的には無視できるため、405nmの光に対して位相輪帯素子は平行平板と同様に振る舞う。

一方、650nmの光に対しては、段差で発生する光路長差は約0.6となり、波長の整数倍からずれる。従って、650nmの光に対して位相輪帯素子は輪帯状の段差形状の波面収差を生じる。650nmの光で発生する収差形状は、輪帯の半径を変えることによりコントロール出来る。

従って、輪帯状段差の半径をそれぞれ最適化することにより、Blu-ray Disc用対物レンズでDVDを記録再生する際に発生する球面収差を補正することが可能となる。

位相輪帯素子を用いた場合のBlu-ray DiscとDVDに対する波面収差を図2に示す。灰色で示されているのはBlu-ray Disc用対物レンズ単体の場合の波面収差で、黒で示されているのは位相輪帯素子を用いた場合の波面収差である。Blu-ray Discの波面収差を見た場合、対物レンズがBlu-ray Disc用に設計されているため、対物レンズ単体で良好な波面収差となっている。これに位相輪帯素子を加えた場合、波面に階段状の光路長差が発生するが、輪帯状に分割された各領域の波面の光路長差がちょうど波長の整数倍に位置しており、それらの位相はすべてそろうため、波面に影響を与えない。

一方、DVDの波面収差を見た場合、対物レンズ単体では波長やカバー層厚みの違いにより球

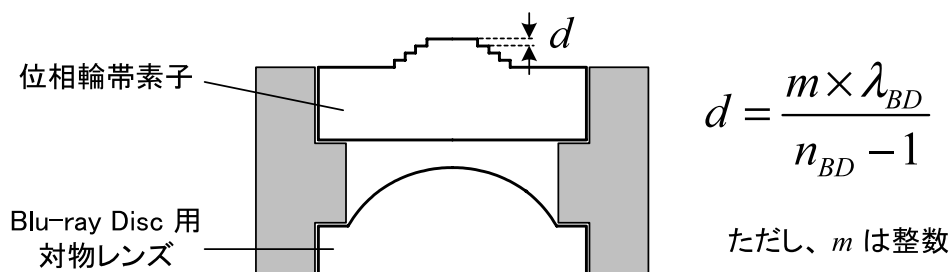


図1 位相輪帯素子の構成

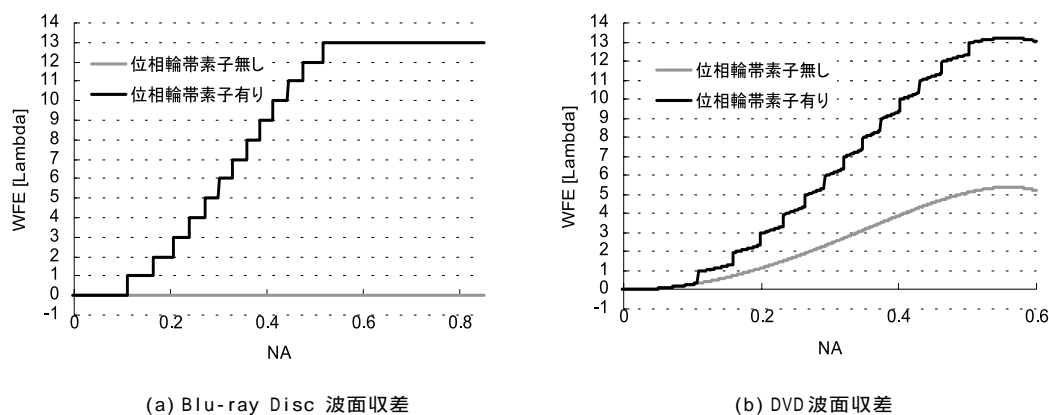


図2 位相輪帯素子の有無による波面収差の比較

面収差が発生していることがわかる。これに位相輪帯素子を加えた場合、Blu-ray Discの場合と同様に階段状の光路長差が発生するが、その光路長差は約0.6と波長の整数倍からずれている。しかし、対物レンズ単体で発生する球面収差と組み合わせた場合には、すべての領域の波面がBlu-ray Discの場合と同様に波長の整数倍に位置するようになる。

このような、階段状の収差をより直感的に評価するため、図3に示すように、我々は実際の波面収差から波長の整数倍を差し引いた仮想的な波面収差である実効波面収差を定義し、これを用いて位相輪帯素子を含んだ光学系の収差を考えることにした。

位相輪帯素子を用いた場合のBlu-ray DiscおよびDVDに対する実効波面収差を図4に示す。灰色で示されているのはBlu-ray Disc用

対物レンズ単体の場合の波面収差で、黒で示されているのは位相輪帯素子を用いた場合の実効波面収差である。Blu-ray Discに関しては、Blu-ray Disc用対物レンズ単体の場合の波面収差と位相輪帯素子を用いた場合の実効波面収差が一致しており、DVDに関しては、対物レンズ単体の場合の波面収差と比べて位相輪帯素子を用いた場合の実効波面収差は良好に補正されている。しかし、DVDに関しては補正後の輪帯状に分割された各領域の波面に傾斜があるため、鋸波状の収差が残留する。

このような収差が残留していてもDVDの再生が可能であるかを予想するために、このレンズの波面収差を用いてディスク上に形成されるスポット形状のシミュレーションを行った。図5はそのシミュレーション結果である。Blu-ray Discに関しては位相輪帯素子の有無で全くス

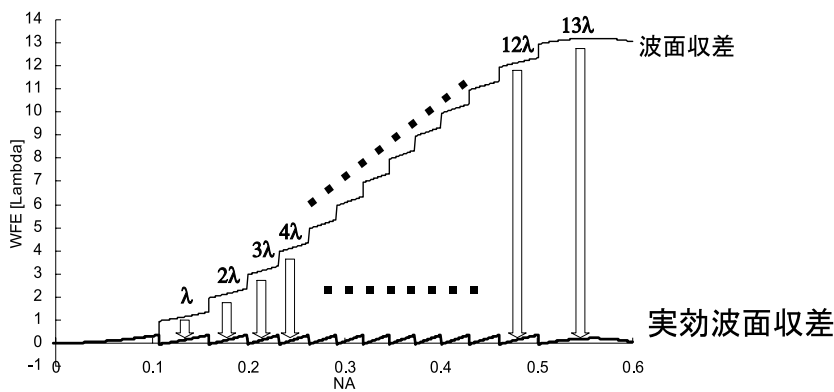
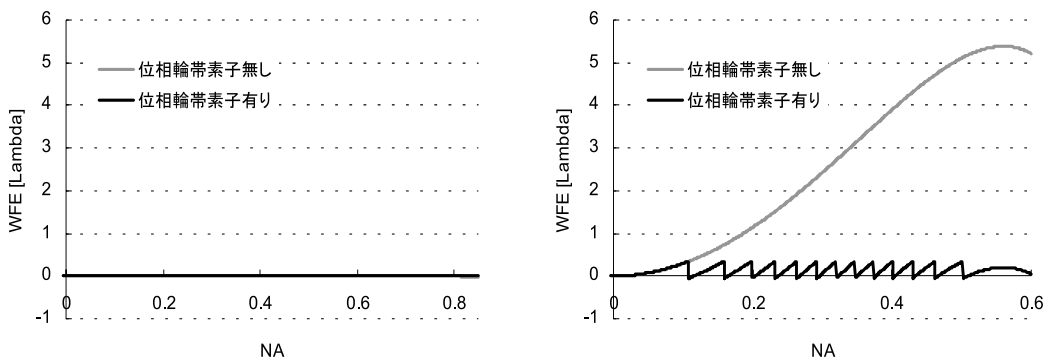


図3 波面収差と実効波面収差



(a) Blu-ray Disc 実効波面収差

(b) DVD実効波面収差

図4 位相輪帯素子の有無による実効波面収差の比較

ポット形状に差がない。一方，DVD に関して，位相輪帯素子を用いた場合の実効波面収差が鋸波状になっているにもかかわらず，DVD 専用設計されたレンズを用いた場合とほぼ同等のスポット形状が得られた。以上の結果から，我々はこの位相輪帯素子により Blu-ray Disc と DVD の互換記録再生が可能であると考え，これを試作した。

表 1 は，今回試作した位相輪帯素子を用いた Blu-ray Disc/DVD 互換レンズの仕様である。位相輪帯素子は樹脂製で，対物レンズには，ガラス単玉の Blu-ray Disc 用対物レンズを用いた。位相輪帯素子の段差数は全部で 13 段で，段差と段差の間隔の最小値は 0.048mm と広く，製造上好ましい設計となっている。

3. 位相輪帯素子評価結果

図 6 は，今回試作した位相輪帯素子，対物レンズ，および組み立て後の互換レンズの収差を干渉計にて測定した結果である。互換レンズの収差値は，Blu-ray Disc, DVD それぞれに対して，0.042 rms, 0.032 rms と許容できる値に収まっていることが確認できた。

我々はこの互換レンズを Blu-ray Disc 用ピックアップおよび DVD 用ピックアップに搭載し，その再生性能を確認した。図 7 はその測定結果である。Blu-ray Disc に関しては，ボトムジッタ，マージンともに対物レンズ単体の場合と比較してもその性能劣化が非常に小さいことがわかる。また，DVD に関してボトムジッタ 7.5% と良好な値が得られており，マージン

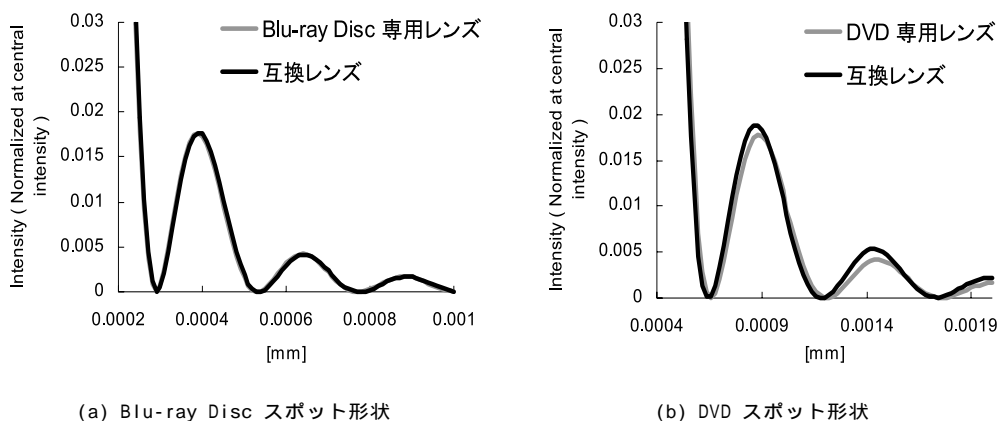


図 5 スポット形状シミュレーション結果

表 1 Blu-ray Disc/DVD 互換対物レンズ仕様

| | Blu-ray Disc | DVD |
|------------------|--------------------|---------|
| 波長 | 405nm | 650nm |
| 焦点距離 | 1.765mm | 1.828mm |
| NA | 0.85 | 0.6 |
| 作動距離 | 0.52mm | 0.29mm |
| カバーガラス厚み | 0.1mm | 0.6mm |
| 段差数/最短ピッチ | 13 Steps / 0.048mm | |
| 重量(位相輪帯素子/対物レンズ) | 25mg /57mg | |

も所定量が確保されていることが確認できた。これらの評価結果から、今回試作した位相輪帯素子を用いた互換レンズによりBlu-ray Disc/DVD 互換再生が可能であることを確認した。

ていた球面収差を、コリメータレンズを駆動することにより補正することが可能になった。本ピックアップを用いたBlu-ray DiscおよびDVDの再生性能は、それぞれのピックアップで測定した結果とほぼ同等であった。

4. 位相輪帯素子を用いた Blu-ray Disc/DVD 互換ピックアップ

図8は、位相輪帯素子を使用して開発したBlu-ray Disc/DVD 互換ピックアップの光路である。DVD用の光路が追加されることによりピックアップが大型化することを避けるため、405nmのビーム整形には、従来のプリズムタイプではなく、レンズタイプのものを新たに開発した。これにより、従来はコリメータレンズとは別に用意されたビームエキスパンダで補正し

5. まとめ

今回我々は、Blu-ray Disc/DVD 互換ピックアップを実現するために、位相輪帯素子を開発し、ピックアップでの実装評価によりその有効性を確認した。また、この光学素子を利用したBlu-ray Disc/DVD 互換ピックアップを開発した。今後は、Blu-ray DiscおよびDVDの記録に対応したピックアップの可能性に関してさらなる検討を進める。

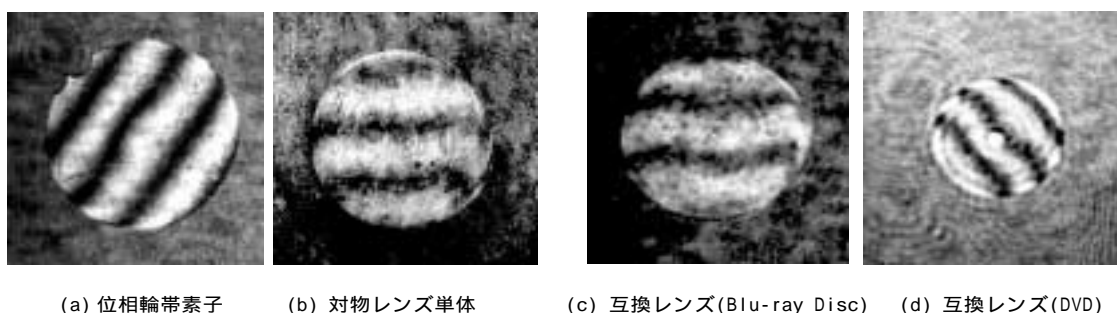


図6 各光学部品と互換レンズの干渉縞

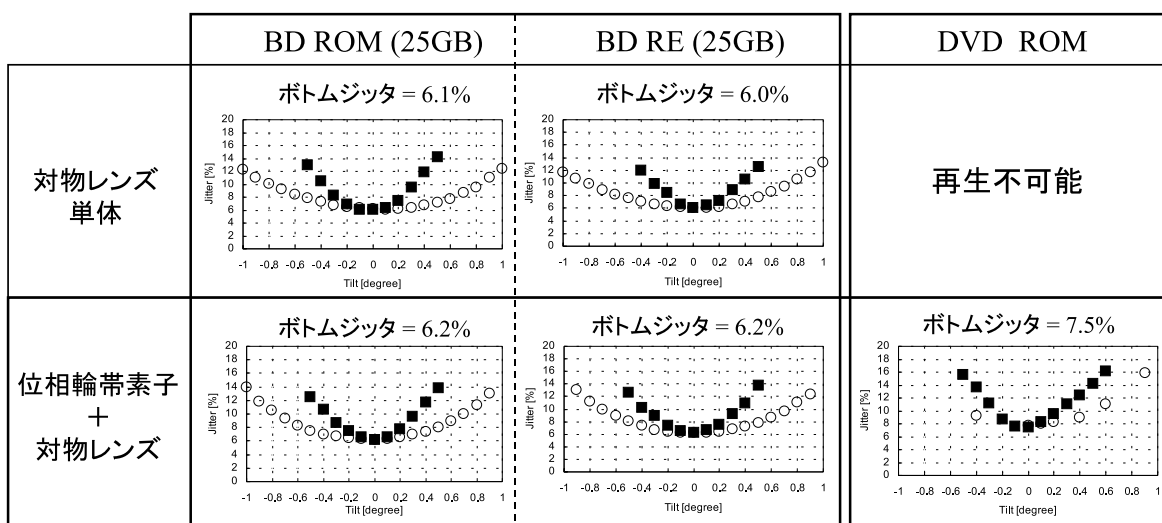


図7 ディスクチルトに対するジッタの変化

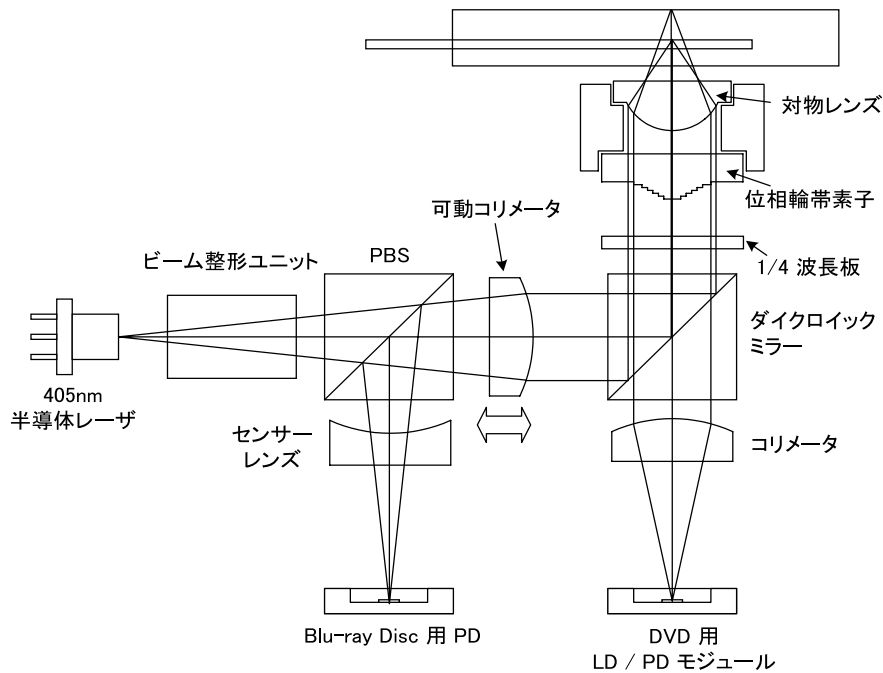


図 8 Blu-ray Disc/DVD 互換ピックアップ光路

5 . 謝辞

本検討を進めるにあたり、Blu-ray Disc 用対物レンズを提供していただいたペンタックス株式会社の関係各位に深く感謝いたします。

筆者

小池 克宏 (こいけ かつひろ)

所属：研究開発本部 総合研究所
光技術システム研究部
入社年月：1992年4月
主な経歴：光ピックアップ用光学素子の研究・開発

小笠原 昌和 (おがさわら まさかず)

所属：研究開発本部 総合研究所
光技術システム研究部
入社年月：1989年4月
主な経歴：ディスク機械特性評価機の開発を経て青色光源を用いた光ディスクシステムの開発に従事

菊池 育也 (きくち いくや)

所属：研究開発本部 総合研究所
光技術システム研究部
入社年月：1978年4月
主な経歴：光ピックアップの研究開発

松田 武浩 (まつだ たけひろ)

所属：コンポーネツ・ビジネス・カンパニー(CBC) 第1技術部
入社年月：1992年4月
主な経歴：MDメカ設計、DVDピックアップのアクチュエータ設計

江塚 敏晴 (えづか としはる)

所属：研究開発本部 AV開発センター
BDR開発部
入社年月：1990年4月
主な経歴：入社以来、高密度光記録再生方式の研究・開発に従事

大滝 賢 (おおたき さかし)

所属：研究開発本部 AV開発センター
BDR開発部
入社年月：1980年4月
主な経歴：光ピックアップの研究開発
趣味など：家庭菜園、RPG、囲碁・将棋