

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4586904号
(P4586904)

(45) 発行日 平成22年11月24日(2010.11.24)

(24) 登録日 平成22年9月17日(2010.9.17)

(51) Int.Cl.

G 11 B 7/135 (2006.01)

F 1

G 11 B 7/135

G 11 B 7/135

Z

A

請求項の数 28 (全 127 頁)

(21) 出願番号 特願2008-196640 (P2008-196640)
 (22) 出願日 平成20年7月30日 (2008.7.30)
 (65) 公開番号 特開2009-245575 (P2009-245575A)
 (43) 公開日 平成21年10月22日 (2009.10.22)
 審査請求日 平成22年1月8日 (2010.1.8)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-197961 (P2007-197961)
 (32) 優先日 平成19年7月30日 (2007.7.30)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-303610 (P2007-303610)
 (32) 優先日 平成19年11月22日 (2007.11.22)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2008-63383 (P2008-63383)
 (32) 優先日 平成20年3月12日 (2008.3.12)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000002185
 ソニー株式会社
 東京都港区港南1丁目7番1号
 (74) 代理人 100067736
 弁理士 小池 晃
 (74) 代理人 100096677
 弁理士 伊賀 誠司
 (74) 代理人 100106781
 弁理士 藤井 稔也
 (74) 代理人 100113424
 弁理士 野口 信博
 (74) 代理人 100150898
 弁理士 祐成 篤哉

早期審査対象出願

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】対物レンズ、光ピックアップ及び光ディスク装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1の透過層を有する第1の光ディスクに対応した第1の波長の光ビームを出射する第1の出射部と、

上記第1の光ディスクとは異なり上記第1の透過層の厚さより厚い第2の透過層を有する第2の光ディスクに対応した上記第1の波長より長い第2の波長の光ビームを出射する第2の出射部と、

上記第1及び第2の光ディスクとは異なり上記第2の透過層の厚さより厚い第3の透過層を有する第3の光ディスクに対応した上記第2の波長より長い第3の波長の光ビームを出射する第3の出射部と、

上記第1乃至第3の出射部から出射された光ビームを光ディスクの信号記録面上に集光する対物レンズと、

上記第1乃至第3の波長の光ビームの光路上に配置される光学素子又は上記対物レンズの一方の面に設けられる回折部とを備え、

上記回折部は、最内周部に設けられ略円形状の第1の回折領域と、上記第1の回折領域の外側に設けられ輪帯状の第2の回折領域と、上記第2の回折領域の外側に設けられ輪帯状の第3の回折領域とを有し、

上記第1の回折領域は、輪帯状で且つ所定の深さを有する第1の回折構造が形成され、通過する上記第1の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第1の光ディスクの信号記録面に集光する回折光が最大の回折効率となるように発生させ、その回折光に対して与え

る球面収差極性が、通過する上記第2の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第2の光ディスクの信号記録面に集光する回折光が最大の回折効率となるように発生させ、その回折光に対して与える球面収差極性、及び、通過する上記第3の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第3の光ディスクの信号記録面に集光する回折光が最大の回折効率となるように発生させ、その回折光に対して与える球面収差極性に対して、逆極性とされており、

上記第2の回折領域は、輪帯状で且つ所定の深さを有し上記第1の回折構造とは異なる構造の第2の回折構造が形成され、通過する上記第1の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第1の光ディスクの信号記録面に集光する次数の回折光が最大の回折効率となるように発生させ、通過する上記第2の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第2の光ディスクの信号記録面に集光する次数の回折光が最大の回折効率となるように発生させるとともに、通過する上記第3の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第3の光ディスクの信号記録面に集光する次数以外の次数の回折光が最大の回折効率となり且つ支配的となるように発生させ、

上記第3の回折領域は、輪帯状で且つ所定の深さを有し上記第1及び第2の回折構造とは異なる構造の第3の回折構造が形成され、通過する上記第1の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第1の光ディスクの信号記録面に集光する次数の回折光が最大の回折効率となるように発生するとともに、通過する上記第2の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第2の光ディスクの信号記録面に集光する次数以外の次数の回折光が最大の回折効率となり且つ支配的となるように発生させ、通過する上記第3の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第3の光ディスクの信号記録面に集光する次数以外の次数の回折光が最大の回折効率となり且つ支配的となるように発生させる光ピックアップ。

【請求項2】

上記第1の回折領域は、通過する上記第1の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第1の光ディスクの信号記録面に集光する次数が $k_1 i$ の回折光が他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させ、通過する上記第2の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第2の光ディスクの信号記録面に集光する次数が $k_2 i$ の回折光が他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させ、通過する上記第3の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第3の光ディスクの信号記録面に集光する次数が $k_3 i$ の回折光が他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させ、該 $k_1 i$ と該 $k_2 i$ とが異符号とされ、該 $k_2 i$ と該 $k_3 i$ とが同符号とされている請求項1記載の光ピックアップ。

【請求項3】

上記第1の回折領域は、入射した光ビームに対して、光軸方向に向かって回折する次数を正の次数としたときに、 $k_1 i > k_2 i > k_3 i$ の関係を有するように回折光を発生させる請求項2記載の光ピックアップ。

【請求項4】

上記第1の透過層の厚さが0.1mm程度であり、
上記第2の透過層の厚さが0.6mm程度であり、
上記第3の透過層の厚さが1.1mm程度であり、
上記第1の波長が、405nm程度であり、
上記第2の波長が、655nm程度であり、
上記第3の波長が、785nm程度であり、
上記 $k_1 i$, $k_3 i$ がそれぞれ、(1, -2)、(1, -3)、(2, -1)、(2, -2)、(2, -3)、(3, -1)、(3, -2)、又は(3, -3)である請求項3記載の光ピックアップ。

【請求項5】

上記第1の回折領域は、複数の段部を有する階段構造が輪帯の半径方向に連続的に形成された階段形状の回折構造が形成され、

上記第2の回折領域は、複数の段部を有する階段構造が輪帯の半径方向に連続的に形成

10

20

30

40

50

された階段形状又はブレーズ形状の回折構造が形成され、

上記第3の回折領域は、ブレーズ形状の回折構造が形成されている請求項3記載の光ピックアップ。

【請求項6】

上記第1の回折領域は、非周期構造が輪帯の半径方向に形成された非周期形状の回折構造が形成され、

上記第2の回折領域は、非周期構造が輪帯の半径方向に形成された非周期形状又はブレーズ形状の回折構造が形成され、

上記第3の回折領域は、ブレーズ形状の回折構造が形成されている請求項3記載の光ピックアップ。 10

【請求項7】

上記第1の透過層の厚さが0.1mm程度であり、

上記第2の透過層の厚さが0.6mm程度であり、

上記第3の透過層の厚さが1.1mm程度であり、

上記第1の波長が、405nm程度であり、

上記第2の波長が、655nm程度であり、

上記第3の波長が、785nm程度であり、

上記k1i, k2i, k3iがそれぞれ、(1, -1, -2)、又は(1, -2, -3)である請求項3記載の光ピックアップ。 20

【請求項8】

上記第2の回折領域は、複数の段部を有する階段構造が輪帯の半径方向に連続的に形成された階段形状、又は非周期構造が輪帯の半径方向に形成された非周期形状の回折構造が形成され、

上記第2の回折領域は、通過する上記第1の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第1の光ディスクの信号記録面に集光する次数がk1mの回折光が他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させ、通過する上記第2の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第2の光ディスクの信号記録面に集光する次数がk2mの回折光が他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させ、

上記k1m, k2mがそれぞれ、(+1, +1)、(-1, -1)、(0, +2)、(0, -2)、(0, +1)、(0, -1)、(+1, 0)、(-1, 0)、(+1, -1)又は(-1, +1)である請求項7記載の光ピックアップ。 30

【請求項9】

上記第2の回折領域は、ブレーズ形状の回折構造が形成され、

上記第2の回折領域は、通過する上記第1の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第1の光ディスクの信号記録面に集光する次数がk1mの回折光が他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させ、通過する上記第2の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第2の光ディスクの信号記録面に集光する次数がk2mの回折光が他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させ、

上記k1m, k2mがそれぞれ、(+3, +2)、(-3, -2)、(+2, +1)、(-2, -1)、(+1, +1)又は(-1, -1)である請求項7記載の光ピックアップ。 40

【請求項10】

上記対物レンズ又は上記回折部が設けられた光学素子のうち第1乃至第3の出射部に近接する側に配置される側の素子の入射側の面に入射する際の、第1の波長の光ビームが略平行光とされ、第2及び第3の波長の光ビームが拡散光とされて入射される請求項3記載の光ピックアップ。

【請求項11】

上記第1乃至第3の回折領域は、通過する上記第1乃至第3の波長の光ビームを0次光以外の次数の回折光が支配的となるように回折光を発生させる請求項1記載の光ピックアップ。 50

【請求項 1 2】

上記第1乃至第3の回折領域は、それぞれ、複数の段部を有する階段構造が輪帯の半径方向に連続的に形成された階段形状の回折構造が形成されている請求項1記載の光ピックアップ。

【請求項 1 3】

上記第1及び第2の回折領域は、それぞれ、複数の段部を有する階段構造が輪帯の半径方向に連続的に形成された階段形状の回折構造が形成され、

上記第3の回折領域は、ブレーズ形状の回折構造が形成されている請求項1記載の光ピックアップ。

【請求項 1 4】

さらに、上記第1乃至第3の出射部から出射された光ビームの発散角を変換する発散角変換素子を有し、

上記発散角変換素子は、上記第1乃至第3の波長の光ビームの発散角を変換し、上記対物レンズ又は上記回折部が設けられた光学素子のうち第1乃至第3の出射部に近接する側に配置される側の素子の入射側の面に入射する際の、第1及び第2の波長の光ビームを略平行光とし、第3の波長の光ビームを収束光又は拡散光とする請求項1記載の光ピックアップ。

【請求項 1 5】

上記第1の透過層の厚さが0.1mm程度であり、

上記第2の透過層の厚さが0.6mm程度であり、

上記第3の透過層の厚さが1.1mm程度であり、

上記第1の波長が、405nm程度であり、

上記第2の波長が、655nm程度であり、

上記第3の波長が、785nm程度であり、

上記k1i, k2i, k3iがそれぞれ、(+1, -1, -2)、(-1, +1, +2)、(+1, -2, -3)、(-1, +2, +3)、(+2, -1, -2)、(-2, +1, +2)、(+2, -2, -3)又は(-2, +2, +3)である請求項2記載の光ピックアップ。

【請求項 1 6】

上記第1乃至第3の回折領域は、通過する上記第1の波長の光ビームを対応する第1の開口数となるような大きさに形成され、

上記第1及び第2の回折領域は、通過する上記第2の波長の光ビームを対応する第2の開口数となるような大きさに形成され、

上記第1の回折領域は、通過する上記第3の波長の光ビームを対応する第3の開口数となるような大きさに形成されている請求項1記載の光ピックアップ。

【請求項 1 7】

少なくとも、第1の透過層を有する第1の光ディスクと、上記第1の光ディスクとは異なり上記第1の透過層の厚さより厚い第2の透過層を有する第2の光ディスクと、上記第1及び第2の光ディスクとは異なり上記第2の透過層の厚さより厚い第3の透過層を有する第3の光ディスクとから任意に選択される光ディスクを保持して回転駆動する駆動手段と、

上記駆動手段によって回転駆動される光ディスクに対し波長を異にする複数の光ビームを選択的に照射することにより情報信号の記録及び／又は再生を行う光ピックアップとを有する光ディスク装置において、

上記光ピックアップは、上記第1の光ディスクに対応した第1の波長の光ビームを出射する第1の出射部と、

上記第2の光ディスクに対応した上記第1の波長より長い第2の波長の光ビームを出射する第2の出射部と、

上記第3の光ディスクに対応した上記第2の波長より長い第3の波長の光ビームを出射する第3の出射部と、

10

20

30

40

50

上記第1乃至第3の出射部から出射された光ビームを光ディスクの信号記録面上に集光する対物レンズと、

上記第1乃至第3の波長の光ビームの光路上に配置される光学素子又は上記対物レンズの一方の面に設けられる回折部とを備え、

上記回折部は、最内周部に設けられ略円形状の第1の回折領域と、上記第1の回折領域の外側に設けられ輪帯状の第2の回折領域と、上記第2の回折領域の外側に設けられ輪帯状の第3の回折領域とを有し、

上記第1の回折領域は、通過する上記第1の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第1の光ディスクの信号記録面に集光する回折光が最大の回折効率となるように発生させ、その回折光に対して与える球面収差極性が、通過する上記第2の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第2の光ディスクの信号記録面に集光する回折光が最大の回折効率となるように発生させ、その回折光に対して与える球面収差極性、及び、通過する上記第3の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第3の光ディスクの信号記録面に集光する回折光が最大の回折効率となるように発生させ、その回折光に対して与える球面収差極性に対して、逆極性とされており、

上記第2の回折領域は、輪帯状で且つ所定の深さを有し上記第1の回折構造とは異なる構造の第2の回折構造が形成され、通過する上記第1の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第1の光ディスクの信号記録面に集光する次数の回折光が最大の回折効率となるように発生させ、通過する上記第2の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第2の光ディスクの信号記録面に集光する次数の回折光が最大の回折効率となるように発生させるとともに、通過する上記第3の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第3の光ディスクの信号記録面に集光する次数以外の次数の回折光が最大の回折効率となり且つ支配的となるように発生させ、

上記第3の回折領域は、輪帯状で且つ所定の深さを有し上記第1及び第2の回折構造とは異なる構造の第3の回折構造が形成され、通過する上記第1の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第1の光ディスクの信号記録面に集光する次数の回折光が最大の回折効率となるように発生させるとともに、通過する上記第2の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第2の光ディスクの信号記録面に集光する次数以外の次数の回折光が最大の回折効率となり且つ支配的となるように発生させ、通過する上記第3の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第3の光ディスクの信号記録面に集光する次数以外の次数の回折光が最大の回折効率となり且つ支配的となるように発生させる光ディスク装置。

【請求項18】

少なくとも、第1の透過層を有する第1の光ディスクと、上記第1の光ディスクとは異なり上記第1の透過層の厚さより厚い第2の透過層を有する第2の光ディスクと、上記第1及び第2の光ディスクとは異なり上記第2の透過層の厚さより厚い第3の透過層を有する第3の光ディスクとに対して光ビームを照射して情報信号の記録及び/又は再生を行う光ピックアップに用いられ、上記第1の光ディスクに対応した第1の波長の光ビームと、上記第2の光ディスクに対応した上記第1の波長より長い第2の波長の光ビームと、上記第3の光ディスクに対応した上記第2の波長より長い第3の波長の光ビームとを対応する光ディスクの信号記録面上に集光する対物レンズにおいて、

入射側の面又は出射側の面に設けられる回折部を備え、

上記回折部は、最内周部に設けられ略円形状の第1の回折領域と、上記第1の回折領域の外側に設けられ輪帯状の第2の回折領域と、上記第2の回折領域の外側に設けられ輪帯状の第3の回折領域とを有し、

上記第1の回折領域は、通過する上記第1の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第1の光ディスクの信号記録面に集光する回折光が最大の回折効率となるように発生させ、その回折光に対して与える球面収差極性が、通過する上記第2の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第2の光ディスクの信号記録面に集光する回折光が最大の回折効率となるように発生させ、その回折光に対して与える球面収差極性、及び、通過する上記第3の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第3の光ディスクの信号記録面に集光する回

10

20

30

40

50

折光が最大の回折効率となるように発生させ、その回折光に対して与える球面収差極性に對して、逆極性とされており、

上記第2の回折領域は、輪帯状で且つ所定の深さを有し上記第1の回折構造とは異なる構造の第2の回折構造が形成され、通過する上記第1の波長の光ビームの当該対物レンズを介して第1の光ディスクの信号記録面に集光する次数の回折光が最大の回折効率となるように発生させ、通過する上記第2の波長の光ビームの当該対物レンズを介して第2の光ディスクの信号記録面に集光する次数の回折光が最大の回折効率となるように発生させるとともに、通過する上記第3の波長の光ビームの当該対物レンズを介して第3の光ディスクの信号記録面に集光する次数以外の次数の回折光が最大の回折効率となり且つ支配的となるように発生させ、

10

上記第3の回折領域は、輪帯状で且つ所定の深さを有し上記第1及び第2の回折構造とは異なる構造の第3の回折構造が形成され、通過する上記第1の波長の光ビームの当該対物レンズを介して第1の光ディスクの信号記録面に集光する次数の回折光が最大の回折効率となるように発生させるとともに、通過する上記第2の波長の光ビームの当該対物レンズを介して第2の光ディスクの信号記録面に集光する次数以外の次数の回折光が最大の回折効率となり且つ支配的となるように発生させ、通過する上記第3の波長の光ビームの当該対物レンズを介して第3の光ディスクの信号記録面に集光する次数以外の次数の回折光が最大の回折効率となり且つ支配的となるように発生させる対物レンズ。

【請求項19】

上記第1の回折領域は、通過する上記第1の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第1の光ディスクの信号記録面に集光する次数が k_{1i} の回折光が他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させ、通過する上記第2の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第2の光ディスクの信号記録面に集光する次数が k_{2i} の回折光が他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させ、通過する上記第3の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第3の光ディスクの信号記録面に集光する次数が k_{3i} の回折光が他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させ、該 k_{1i} と該 k_{2i} とが異符号とされ、該 k_{2i} と該 k_{3i} とが同符号とされている請求項18記載の対物レンズ。

20

【請求項20】

上記第1の回折領域は、入射した光ビームに対して、光軸方向に向かって回折する次数を正の次数としたときに、 $k_{1i} > k_{2i} > k_{3i}$ の関係を有するように回折光を発生させる請求項19記載の対物レンズ。

30

【請求項21】

上記第1の回折領域は、複数の段部を有する階段構造が輪帯の半径方向に連続的に形成された階段形状の回折構造が形成され、

上記第2の回折領域は、複数の段部を有する階段構造が輪帯の半径方向に連続的に形成された階段形状又はブレーズ形状の回折構造が形成され、

上記第3の回折領域は、ブレーズ形状の回折構造が形成されている請求項20記載の対物レンズ。

【請求項22】

上記第1の回折領域は、非周期構造が輪帯の半径方向に形成された非周期形状の回折構造が形成され、

上記第2の回折領域は、非周期構造が輪帯の半径方向に形成された非周期形状又はブレーズ形状の回折構造が形成され、

上記第3の回折領域は、ブレーズ形状の回折構造が形成されている請求項20記載の対物レンズ。

【請求項23】

上記対物レンズ又は上記回折部が設けられた光学素子のうち第1乃至第3の出射部に近接する側に配置される側の素子の入射側の面に入射する際の、第1の波長の光ビームが略平行光とされ、第2及び第3の波長の光ビームが拡散光とされて入射される請求項20記

40

50

載の対物レンズ。

【請求項 2 4】

上記第 1 乃至第 3 の回折領域は、通過する上記第 1 乃至第 3 の波長の光ビームを 0 次光以外の次数の回折光が支配的となるように回折光を発生させる請求項 1 8 記載の対物レンズ。

【請求項 2 5】

上記第 1 乃至第 3 の回折領域は、それぞれ、複数の段部を有する階段構造が輪帯の半径方向に連続的に形成された階段形状の回折構造が形成されている請求項 1 8 記載の対物レンズ。

【請求項 2 6】

上記第 1 及び第 2 の回折領域は、それぞれ、複数の段部を有する階段構造が輪帯の半径方向に連続的に形成された階段形状の回折構造が形成され、

上記第 3 の回折領域は、ブレーズ形状の回折構造が形成されている請求項 1 8 記載の対物レンズ。

【請求項 2 7】

さらに、上記第 1 乃至第 3 の出射部から出射された光ビームの発散角を変換する発散角変換素子を有し、

上記発散角変換素子は、上記第 1 乃至第 3 の波長の光ビームの発散角を変換し、上記対物レンズ又は上記回折部が設けられた光学素子のうち第 1 乃至第 3 の出射部に近接する側に配置される側の素子の入射側の面に入射する際の、第 1 及び第 2 の波長の光ビームを略平行光とし、第 3 の波長の光ビームを収束光又は拡散光とする請求項 1 8 記載の対物レンズ。

【請求項 2 8】

上記第 1 乃至第 3 の回折領域は、通過する上記第 1 の波長の光ビームを対応する第 1 の開口数となるような大きさに形成され、

上記第 1 及び第 2 の回折領域は、通過する上記第 2 の波長の光ビームを対応する第 2 の開口数となるような大きさに形成され、

上記第 1 の回折領域は、通過する上記第 3 の波長の光ビームを対応する第 3 の開口数となるような大きさに形成されている請求項 1 8 記載の対物レンズ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、異なる 3 種類の光ディスクに対して情報信号の記録及び / 又は再生を行う光ピックアップに用いられる対物レンズ、並びに光ピックアップ及びこの光ピックアップを用いた光ディスク装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

近年、次世代光ディスクフォーマットとして、青紫色半導体レーザによる波長 405 nm 程度の光ビームを用いて信号の記録再生を行う高密度記録が可能な光ディスク（以下、「高密度記録光ディスク」という。）が提案されている。この高密度記録光ディスクは、信号記録層を保護するカバー層の厚さを薄く、例えば 0.1 mm とした構造のものが提案されている。

【0 0 0 3】

これらの高密度記録光ディスクに対応する光ピックアップを提供するに際して、従来の使用波長が 785 nm 付近である C D (Compact Disc) 、使用波長が 655 nm 付近である D V D (Digital Versatile Disc) 等のフォーマットの異なる光ディスクとの互換性を有するものが望まれる。このように、ディスク構造及びこれに伴うレーザ仕様が異なるフォーマットの光ディスク間の互換性を有する光ピックアップ及び光ディスク装置が必要とされる。

【0 0 0 4】

10

20

30

40

50

従来、異なるフォーマットとされた3種類の光ディスクに対して、情報信号の記録又は再生を実現する方法として、例えば、図71に示すようなDVD・CD用、及び、高密度記録光ディスク用の2種類の対物レンズと2種類の光学系を設け、それぞれの対物レンズを使用波長毎に切り換える方式のものがある。

【0005】

図71に示す光ピックアップ430は、2種類の対物レンズ433, 434を設けることにより、異なる種類の光ディスクの記録及び/又は再生を実現するものであり、CD等の光ディスクに対して波長785nm程度の光ビームを出射する出射部と、DVD等の光ディスクに対して波長655nm程度の光ビームを出射する出射部とを有するレーザダイオード等の光源部432と、高密度記録光ディスクに対して波長405nm程度の光ビームを出射する出射部を有するレーザダイオード等の光源部431と、DVD、CD等の光ディスク用の対物レンズ434と、高密度記録光ディスク用の対物レンズ433とを備える。また、この光ピックアップは、コリメータレンズ442A, 442B、1/4波長板443A, 443B、立ち上げミラー444A, 444B、ビームスプリッタ437, 438、グレーティング439, 440、光検出器445、マルチレンズ446等を備える。

【0006】

光源部432より出射された波長785nm程度の光ビームは、ビームスプリッタ437、ビームスプリッタ438を透過し、対物レンズ434へと入射する。この対物レンズ434によって厚さ1.1mmの保護層(カバー層)を有する光ディスクの信号記録面に集光される。

【0007】

同様に、光源部432より出射された波長655nm程度の光ビームは、まったく同一の光路によって対物レンズ434へと入射し、厚さ0.6mmの保護層を有する光ディスクの信号記録面に集光される。光ディスクの信号記録面で反射された波長785nm及び波長655nmの戻り光は、ビームスプリッタ438を経て、フォトディテクタ等を有する光検出器445で検出される。

【0008】

光源部431より出射された波長405nm程度の光ビームは、ビームスプリッタ437で反射され、ビームスプリッタ438を経て対物レンズ433へと入射する。この対物レンズ433によって厚さ約0.1mmの保護層を有する光ディスクの信号記録面に集光される。光ディスクの信号記録面で反射された波長405nmの戻り光は、ビームスプリッタ438を経て、光検出器445で検出される。

【0009】

以上のような図71に示す光ピックアップは、上述のようなDVD/CD用の対物レンズ434と、高密度記録光ディスク用の対物レンズ433との2種類の対物レンズを設けることにより、異なる3種類の光ディスクの記録及び/又は再生を実現し、すなわち、複数種類の光ディスク間の互換を実現する。

【0010】

しかしながら、上述のような光ピックアップでは、以下のような問題がある。まず、各光ディスク毎に最適となる対物レンズの傾きに相違があり、上述の光ピックアップでは、2個の対物レンズ433, 434を用いることによって、それぞれの対物レンズ433, 434のアクチュエータのレンズホルダへの取り付け角度が不適切となる場合があり、このことにより光ディスクに対して最適な対物レンズの傾きとすることができない場合がある。この結果、再生信号の品質が低下するといった問題がある。また、上述の光ピックアップでは、2種類の対物レンズ433, 434を用いることによって、立ち上げミラー、コリメータレンズ或いは1/4波長板といった2種類の光学系のそれぞれの光路内に挿入する必要のある部品点数が増大することとなる。このため、高コストになり、光ピックアップが大型化してしまうといった問題がある。さらに、上述の光ピックアップでは、2つの対物レンズ433, 434を対物レンズ駆動用のアクチュエータに搭載する必要がある。

10

20

30

40

50

ため、アクチュエータの重量が増大し、感度が低下するという問題もあった。

【0011】

これに対し、上述のような問題を解消するとともに、さらに光学部品の簡素化を可能とするため複数種類の光ディスク及び3種類の使用波長に対して共通の単一の対物レンズを備える光ピックアップも検討されている。3波長の光ビームに対応した対物レンズを設ける場合の基本的指針としては、対物レンズに入射する前の光路上に回折光学素子等の回折部を設けることによって、対物レンズに対して拡散・収束光の状態で入射させ、使用波長とメディアの組み合わせによって生じる球面収差を補正するというものである。

【0012】

しかし、従来検討されている光ピックアップでは、回折部が複数面に設けられることにより構成されていたり、対物レンズの球面とは異なる球面形状を回折面に設ける必要があったり、対物レンズの入射前の光路に複雑な構成を有する液晶素子を設けることが必要であったりした。これらの構成は、いずれもレンズ部、回折部、液晶素子等が別々に形成されたのち組み合わされており、これらの位置合わせや複数の回折面の貼り合わせにかなり高い精度が要求されることとなり、製造の煩雑化・複雑化といった問題や、これらの精度が満たされないことによる問題等もあった。

10

【0013】

また、例えば、特開2004-265573号公報に記載のように、回折部を一面に設けた光ピックアップも考えられているが、2波長互換の実現に留まっており、3波長互換を実現するためには、別に残りの1波長に対応した対物レンズを設ける必要があり、光学部品の増大及び構成の複雑化といった問題があった。（特許文献1参照）。

20

【0014】

【特許文献1】特開2004-265573号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

本発明の目的は、構成を複雑にすることなく、それぞれ使用波長を異にする3種類の光ディスクに対して、共通の一の対物レンズを用いて光ビームを信号記録面に集光して情報信号の記録及び／又は再生を実現する光ピックアップに用いられる対物レンズ及び集光光学装置並びに光ピックアップ及びこの光ピックアップを用いた光ディスク装置を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0016】

この目的を達成するため、本発明に係る対物レンズは、少なくとも、第1の透過層を有する第1の光ディスクと、上記第1の光ディスクとは異なり上記第1の透過層の厚さより厚い第2の透過層を有する第2の光ディスクと、上記第1及び第2の光ディスクとは異なり上記第2の透過層の厚さより厚い第3の透過層を有する第3の光ディスクとに対して光ビームを照射して情報信号の記録及び／又は再生を行う光ピックアップに用いられ、上記第1の光ディスクに対応した第1の波長の光ビームと、上記第2の光ディスクに対応した上記第1の波長より長い第2の波長の光ビームと、上記第3の光ディスクに対応した上記第2の波長より長い第3の波長の光ビームとを対応する光ディスクの信号記録面上に集光する対物レンズにおいて、入射側の面又は出射側の面に設けられる回折部を備え、上記回折部は、最内周部に設けられ略円形状の第1の回折領域と、上記第1の回折領域の外側に設けられ輪帯状の第2の回折領域と、上記第2の回折領域の外側に設けられ輪帯状の第3の回折領域とを有し、上記第1の回折領域は、通過する上記第1の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第1の光ディスクの信号記録面に集光する回折光が最大の回折効率となるように発生させ、その回折光に対して与える球面収差極性が、通過する上記第2の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第2の光ディスクの信号記録面に集光する回折光が最大の回折効率となるように発生させ、その回折光に対して与える球面収差極性、及び、通過する上記第3の波長の光ビームの上記対物レンズを介して第3の光ディスクの信号

40

50

記録面に集光する回折光が最大の回折効率となるように発生させ、その回折光に対して与える球面収差極性に対して、逆極性とされており、上記第2の回折領域は、輪帯状で且つ所定の深さを有し上記第1の回折構造とは異なる構造の第2の回折構造が形成され、通過する上記第1の波長の光ビームの当該対物レンズを介して第1の光ディスクの信号記録面に集光する次数の回折光が最大の回折効率となるように発生させ、通過する上記第2の波長の光ビームの当該対物レンズを介して第2の光ディスクの信号記録面に集光する次数の回折光が最大の回折効率となるように発生させるとともに、通過する上記第3の波長の光ビームの当該対物レンズを介して第3の光ディスクの信号記録面に集光する次数以外の次数の回折光が最大の回折効率となり且つ支配的となるように発生させ、上記第3の回折領域は、輪帯状で且つ所定の深さを有し上記第1及び第2の回折構造とは異なる構造の第3の回折構造が形成され、通過する上記第1の波長の光ビームの当該対物レンズを介して第1の光ディスクの信号記録面に集光する次数の回折光が最大の回折効率となるように発生させるとともに、通過する上記第2の波長の光ビームの当該対物レンズを介して第2の光ディスクの信号記録面に集光する次数以外の次数の回折光が最大の回折効率となり且つ支配的となるように発生させ、通過する上記第3の波長の光ビームの当該対物レンズを介して第3の光ディスクの信号記録面に集光する次数以外の次数の回折光が最大の回折効率となり且つ支配的となるように発生させる。

【 0 0 1 8 】

クの信号記録面に集光する次数以外の次数の回折光が最大の回折効率となり且つ支配的となるように発生させる。

【0020】

また、本発明に係る光ディスク装置は、少なくとも、第1の透過層を有する第1の光ディスクと、上記第1の光ディスクとは異なり上記第1の透過層の厚さより厚い第2の透過層を有する第2の光ディスクと、上記第1及び第2の光ディスクとは異なり上記第2の透過層の厚さより厚い第3の透過層を有する第3の光ディスクとから任意に選択される光ディスクを保持して回転駆動する駆動手段と、上記駆動手段によって回転駆動される光ディスクに対し波長を異なる複数の光ビームを選択的に照射することにより情報信号の記録及び／又は再生を行う光ピックアップとを有する光ディスク装置であり、この光ディスク装置に用いる光ピックアップとして、上述したようなものを用いたものである。 10

【発明の効果】

【0021】

本発明は、光ビームを出射する出射部と光ディスクの信号記録面との間の光路上に配置される光学素子の一面に設けられた回折部により、それぞれ使用波長を異なる3種類の光ディスクに対して、共通の一の対物レンズを用いてそれぞれ対応する光ビームを信号記録面に適切に集光することを可能として、構成を複雑にすることなく、対物レンズを共通とした3波長互換を実現してそれぞれの光ディスクに対して良好な信号の記録及び／又は再生を実現する。

また、本発明は、第1の回折領域において、第1の波長の光ビームに与える球面収差極性と、第2及び第3の波長の光ビームに与える球面収差極性とが逆になるようにすることで、保護層の厚さと対応する光ビームの波長とがそれぞれ異なる各光ディスクの信号記録面に生じる球面収差を効率よく抑え、それぞれの光ディスクに対して良好な信号の記録及び／又は再生を実現することができる。 20

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下、本発明を適用した光ピックアップを用いた光ディスク装置について、図面を参照して説明する。

【0023】

<1> 光ディスク装置の全体構成（図1）

本発明が適用された光ディスク装置1は、図1に示すように、光ディスク2から情報記録再生を行う光ピックアップ3と、光ディスク2を回転操作する駆動手段としてのスピンドルモータ4と、光ピックアップ3を光ディスク2の径方向に移動させる送りモータ5とを備えている。この光ディスク装置1は、フォーマットの異なる3種類の光ディスク及び記録層が積層化された光ディスクに対して情報の記録及び／又は再生を行うことができる3規格間互換性を実現した光ディスク装置である。ここで、光ディスク装置1を構成する光ピックアップとしては、光ピックアップ3に限られるものではなく、後述の光ピックアップ103, 203等を用いるように構成してもよい。 30

【0024】

ここで用いられる光ディスクは、例えば、発光波長が785nm程度の半導体レーザを用いたCD(Compact Disc)、CD-R(Recordable)、CD-RW(ReWritable)等の光ディスクや、発光波長を655nm程度の半導体レーザを用いたDVD(Digital Versatile Disc)、DVD-R(Recordable)、DVD-RW(ReWritable)、DVD+RW(ReWritable)等の光ディスクや、さらに発光波長が短い405nm程度(青紫色)の半導体レーザを用いた高密度記録が可能なBD(Blu-ray Disc(登録商標))等の高密度記録光ディスクである。 40

【0025】

特に、以下で光ディスク装置1により情報の再生又は記録を行う3種類の光ディスク2として、0.1mm程度の第1の厚さで形成された保護層を有し波長405nm程度の光ビームを記録再生光として使用する高密度記録が可能な上述したBD等の第1の光ディス 50

ク11と、0.6mm程度の第2の厚さで形成された保護層を有し波長655nm程度の光ビームを記録再生光として使用するDVD等の第2の光ディスク12と、1.1mm程度の第3の厚さで形成された保護層を有し波長785nm程度の光ビームを記録再生光として使用するCD等の第3の光ディスク13とを用いるものとして説明する。

【0026】

光ディスク装置1において、スピンドルモータ4及び送りモータ5は、ディスク種類判別手段ともなるシステムコントローラ7からの指令に基づいて制御されるサーボ制御部9によりディスク種類に応じて駆動制御されており、例えば、第1の光ディスク11、第2の光ディスク12、第3の光ディスク13に応じて所定の回転数で駆動される。

【0027】

光ピックアップ3は、3波長互換光学系を有する光ピックアップであり、規格の異なる光ディスクの記録層に対して異なる波長の光ビームを保護層側から照射するとともに、この光ビームの記録層における反射光を検出する。光ピックアップ3は、検出した反射光から各光ビームに対応する信号を出力する。

【0028】

光ディスク装置1は、光ピックアップ3から出力された信号に基づいてフォーカスエラー信号、トラッキングエラー信号、RF信号等を生成するプリアンプ14と、プリアンプ14からの信号を復調し又は外部コンピュータ17等からの信号を変調するための信号変復調器及びエラー訂正符号ブロック(以下、信号変復調器&ECCブロックと記す。)15と、インターフェース16と、D/A,A/D変換器18と、オーディオ・ビジュアル処理部19と、オーディオ・ビジュアル信号入出力部20とを備える。

【0029】

このプリアンプ14は、光検出器からの出力に基づいて、非点収差法等によってフォーカスエラー信号を生成し、また、3ビーム法、DPP法、DPP法等によってトラッキングエラー信号を生成し、更にRF信号を生成し、RF信号を、信号変調&ECCブロック15に出力する。また、プリアンプ14は、フォーカスエラー信号とトラッキングエラー信号とをサーボ制御部9に出力する。

【0030】

信号変調&ECCブロック15は、第1の光ディスクに対して、データの記録を行うとき、インターフェース16又はD/A,A/D変換器18から入力されたデジタル信号に対して、LCD-ECC及びBIS等のエラー訂正方式によってエラー訂正処理を行い、次いで、1-7PP方式等の変調処理を行う。また、信号変調&ECCブロック15は、第2の光ディスクに対してデータを記録するとき、PC(Product Code)等のエラー訂正方式に従ってエラー訂正処理を行い、次いで、8-16変調等の変調処理を行う。更に、信号変調&ECCブロック15は、第3の光ディスクに対してデータを記録するとき、CIRC等のエラー訂正方式によってエラー訂正処理を行い、次いで、8-14変調処理等の変調処理を行う。そして、信号変調&ECCブロック15は、変調されたデータをレザ制御部21に出力する。更に、信号変調&ECCブロック15は、各光ディスクの再生を行うとき、プリアンプ14から入力されたRF信号に基づいて復調処理を行い、更に、エラー訂正処理を行って、インターフェース16又はデータをD/A,A/D変換器18に出力する。

【0031】

なお、データ圧縮してデータ記録するときには、圧縮伸長部を信号変調&ECCブロック15とインターフェース16又はD/A,A/D変換器18との間に設けても良い。この場合、データは、MPEG2やMPEG4といった方式でデータが圧縮される。

【0032】

サーボ制御部9は、プリアンプ14からフォーカスエラー信号やトラッキングエラー信号が入力される。サーボ制御部9は、フォーカスエラー信号やトラッキングエラー信号が0となるようなフォーカスサーボ信号やトラッキングサーボ信号を生成し、これらのサーボ信号に基づいて、対物レンズを駆動する2軸アクチュエータ等の対物レンズ駆動部を駆

10

20

30

40

50

動制御する。また、プリアンプ 14 からの出力より、同期信号等を検出して、C L V (Constant Linear Velocity) や C A V (Constant Angular Velocity)、更にはこれらの組み合わせの方式等で、スピンドルモータをサーボ制御する。

【 0 0 3 3 】

レーザ制御部 21 は、光ピックアップ 3 のレーザ光源を制御する。特に、この具体例では、レーザ制御部 21 は、記録モード時と再生モード時とでレーザ光源の出力パワーを異ならせる制御を行っている。また、光ディスク 2 の種類に応じてもレーザ光源の出力パワーを異ならせる制御を行っている。レーザ制御部 21 は、ディスク種類判別部 22 によって検出された光ディスク 2 の種類に応じて光ピックアップ 3 のレーザ光源を切り換えている。

10

【 0 0 3 4 】

ディスク種類判別部 22 は、第 1 ~ 第 3 の光ディスク 11, 12, 13 の間の表面反射率、形状的及び外形的な違い等から反射光量の変化を検出し光ディスク 2 の異なるフォーマットを検出することができる。

【 0 0 3 5 】

光ディスク装置 1 を構成する各ブロックは、ディスク種類判別部 22 における検出結果に応じて、装着される光ディスク 2 の仕様に基づく信号処理ができるように構成されている。

【 0 0 3 6 】

システムコントローラ 7 は、ディスク種類判別部 22 で判別された光ディスク 2 の種類に応じて装置全体を制御する。また、システムコントローラ 7 は、ユーザからの操作入力に応じて、光ディスク最内周にあるプリマスター・ピットやグループ等に記録されたアドレス情報や目録情報 (Table Of Contents ; T O C) に基づいて、記録再生を行う光ディスクの記録位置や再生位置を特定し、特定した位置に基づいて、各部を制御する。

20

【 0 0 3 7 】

以上のように構成された光ディスク装置 1 は、スピンドルモータ 4 によって、光ディスク 2 を回転操作し、サーボ制御部 9 からの制御信号に応じて送りモータ 5 を駆動制御し、光ピックアップ 3 を光ディスク 2 の所望の記録トラックに対応する位置に移動することで、光ディスク 2 に対して情報の記録再生を行う。

【 0 0 3 8 】

30

具体的には、光ディスク装置 1 により記録再生するときには、サーボ制御部 9 は、C A V や C L V やこれらの組み合わせで光ディスク 2 を回転する。光ピックアップ 3 は、光源から光ビームを照射して光検出器により光ディスク 2 からの戻りの光ビームを検出し、フォーカスエラー信号やトラッキングエラー信号を生成し、これらフォーカスエラー信号やトラッキングエラー信号に基づいて対物レンズ駆動機構により対物レンズを駆動してフォーカスサーボ及びトラッキングサーボを行う。

【 0 0 3 9 】

また、光ディスク装置 1 により記録する際には、外部コンピュータ 17 からの信号がインターフェース 16 を介して信号変復調器 & E C C ブロック 15 に入力される。信号変復調器 & E C C ブロック 15 は、インターフェース 16 又は A / D 変換器 18 から入力されたデジタルデータに対して上述したような所定のエラー訂正符号を付加し、更に所定の変調処理を行った後に記録信号を生成する。レーザ制御部 21 は、信号変復調器 & E C C ブロック 15 で生成された記録信号に基づいて、光ピックアップ 3 のレーザ光源を制御して、所定の光ディスクに記録する。

40

【 0 0 4 0 】

また、光ディスク 2 に記録された情報を光ディスク装置 1 により再生する際には、光検出器で検出された信号に対して、信号変復調器 & E C C ブロック 15 が復調処理を行う。信号変復調器 & E C C ブロック 15 により復調された記録信号がコンピュータのデータストレージ用であれば、インターフェース 16 を介して外部コンピュータ 17 に出力される。これにより、外部コンピュータ 17 は、光ディスク 2 に記録された信号に基づいて動作

50

することができる。また、信号変復調器 & E C C ブロック 15 により復調された記録信号がオーディオビジュアル用であれば、D / A 変換器 18 でデジタルアナログ変換され、オーディオ・ビジュアル処理部 19 に供給される。そしてオーディオ・ビジュアル処理部 19 でオーディオビジュアル処理が行われ、オーディオ・ビジュアル信号入出力部 20 を介して、図示しない外部のスピーカやモニターに出力される。

【 0 0 4 1 】

ここで、上述した光ディスク装置 1 に用いられる記録再生用光ピックアップ 3 , 103 , 203 等について詳しく説明する。

< 2 > 光ピックアップの第 1 の実施の形態（図 2 ~ 図 19 ）

まず、本発明に係る光ピックアップの第 1 の実施の形態として、本発明を適用した光ピックアップ 3 について、図 2 ~ 図 19 を用いて説明する。この光ピックアップ 3 は、上述したように、保護層の厚さ等のフォーマットが異なる 3 種類の第 1 乃至第 3 の光ディスク 11 , 12 , 13 から任意に選択された光ディスクに対し波長を異にする複数の光ビームを選択的に照射することにより情報信号の記録及び / 又は再生を行う光ピックアップである。

【 0 0 4 2 】

本発明を適用した光ピックアップ 3 は、図 2 に示すように、第 1 の波長の光ビームを出射する第 1 の出射部を有する第 1 の光源部 31 と、第 1 の波長より長い第 2 の波長の光ビームを出射する第 2 の出射部を有する第 2 の光源部 32 と、第 2 の波長より長い第 3 の波長の光ビームを出射する第 3 の出射部を有する第 3 の光源部 33 と、この第 1 乃至第 3 の出射部から出射された光ビームを光ディスク 2 の信号記録面上に集光する対物レンズ 34 と、第 1 乃至第 3 の出射部と対物レンズ 34 との間の光路上に設けられる回折光学素子 35 とを備える。

【 0 0 4 3 】

また、光ピックアップ 3 は、第 2 及び第 3 の出射部と回折光学素子 35 との間に設けられ、第 2 の出射部から出射された第 2 の波長の光ビームの光路と第 3 の出射部から出射された第 3 の波長の光ビームの光路とを合成する光路合成手段として第 1 のビームスプリッタ 36 と、第 1 のビームスプリッタ 36 と回折光学素子 35 との間に設けられ、第 1 のビームスプリッタ 36 で光路を合成された第 2 及び第 3 の波長の光ビームの光路と、第 1 の出射部から出射された第 1 の波長の光ビームの光路とを合成する光路合成手段として第 2 のビームスプリッタ 37 と、第 2 のビームスプリッタ 37 と回折光学素子 35 との間に設けられ、第 2 のビームスプリッタ 37 で光路を合成された第 1 乃至第 3 の波長の光ビームの往路の光路と、光ディスクで反射された第 1 乃至第 3 の波長の光ビームの戻り（以下、「復路」ともいう。）の光路とを分離する光路分離手段として第 3 のビームスプリッタ 38 とを有する。

【 0 0 4 4 】

さらに、光ピックアップ 3 は、第 1 の光源部 31 の第 1 の出射部と第 2 のビームスプリッタ 37 との間に設けられ、第 1 の出射部から出射された第 1 の波長の光ビームをトラッキングエラー信号等の検出のために 3 ビームに回折する第 1 のグレーティング 39 と、第 2 の光源部 32 の第 2 の出射部と第 1 のビームスプリッタ 36 との間に設けられ、第 2 の出射部から出射された第 2 の波長の光ビームをトラッキングエラー信号等の検出のために 3 ビームに回折する第 2 のグレーティング 40 と、第 3 の光源部 33 の第 3 の出射部と第 1 のビームスプリッタ 36 との間に設けられ、第 3 の出射部から出射された第 3 の波長の光ビームをトラッキングエラー信号等の検出のために 3 ビームに回折する第 3 のグレーティング 41 とを有する。

【 0 0 4 5 】

また、光ピックアップ 3 は、第 3 のビームスプリッタ 38 と回折光学素子 35 との間に設けられ、第 3 のビームスプリッタ 38 で光路を合成された第 1 乃至第 3 の波長の光ビームの発散角を変換して略平行光の状態又は略平行光に対して拡散若しくは収束した状態となるように調整して出射させる発散角変換手段としてのコリメータレンズ 42 と、コリメ

10

20

30

40

50

ータレンズ42と回折光学素子35との間に設けられ、コリメータレンズ42に発散角を調整された第1乃至第3の波長の光ビームに1/4波長の位相差を与える1/4波長板43と、回折光学素子35と1/4波長板43との間に設けられ、対物レンズ34及び回折光学素子35の光軸に略直交する平面内で上述した光学部品を経由された光ビームを反射して立ち上げることにより対物レンズ34及び回折光学素子35の光軸方向に光ビームを出射させる立ち上げミラー44とを有する。

【0046】

さらに、光ピックアップ3は、第3のビームスプリッタ38で往路の第1乃至第3の波長の光ビームの光路から分離された復路の第1乃至第3の波長の光ビームを受光して検出する光検出器45と、第3のビームスプリッタ38と光検出器45との間に設けられ、第3のビームスプリッタ38で分離された復路の第1乃至第3の波長の光ビームを光検出器45のフォトディテクタ等の受光面に集光させるとともにフォーカスエラー信号等の検出のための非点収差を付与するマルチレンズ46とを有する。10

【0047】

第1の光源部31は、第1の光ディスク11に対して405nm程度の第1の波長の光ビームを出射する第1の出射部を有する。第2の光源部32は、第2の光ディスク12に対して655nm程度の第2の波長の光ビームを出射する第2の出射部を有する。第3の光源部33は、785nm程度の第3の光ディスクに対して第3の波長の光ビームを出射する第3の出射部を有する。尚、ここでは、第1乃至第3の出射部をそれぞれ別々の光源部31, 32, 33に配置するように構成したが、これに限られるものではなく、第1乃至第3の出射部の内2つの出射部を有する光源部と、残りの1つの出射部を有する光源部とを異なる位置に配置するように構成してもよく、さらに、第1乃至第3の出射部を略同一位置に有する光源部となるように構成してもよい。20

【0048】

対物レンズ34は、入射した第1乃至第3の波長の光ビームを光ディスク2の信号記録面上に集光させる。この対物レンズ34は、図示しない2軸アクチュエータ等の対物レンズ駆動機構によって移動自在に保持されている。そして、この対物レンズ34は、光検出器45で検出された光ディスク2からの戻り光のRF信号により生成されたトラッキングエラー信号及びフォーカスエラー信号に基づいて、2軸アクチュエータ等により移動操作されることにより、光ディスク2に近接離間する方向及び光ディスク2の径方向の2軸方向へ移動される。対物レンズ34は、第1乃至第3の出射部から出射される光ビームが光ディスク2の信号記録面上で常に焦点が合うように、この光ビームを集束するとともに、この集束された光ビームを光ディスク2の信号記録面上に形成された記録トラックに追従させる。尚、対物レンズ34が保持される対物レンズ駆動機構のレンズホルダに、この対物レンズ34と一緒に後述の回折光学素子35を保持するように構成することにより、対物レンズ34のトラッキング方向への移動等の視野振りの際にも回折光学素子35に設けた回折部50の後述の作用効果を適切に発揮することができる。30

【0049】

回折光学素子35は、その一方の面として例えば、入射側の面に複数の回折領域からなる回折部50が設けられており、この回折部50により、複数の回折領域毎に通過する第1乃至第3の波長の光ビームのそれぞれを所定の次数となるように回折して対物レンズ34に入射させ、すなわち、所定の発散角を有する拡散状態又は収束状態の光ビームとして対物レンズ34に入射させることで、この単一の対物レンズ34を用いて第1乃至第3の波長の光ビームをそれぞれに対応する3種類の光ディスクの信号記録面に球面収差を発生しないように適切に集光することを可能とする。かかる回折光学素子35は、対物レンズ34とともに3つの異なる波長の光ビームをそれぞれに対応する光ディスクの信号記録面に球面収差を発生しないように適切に集光する集光光学デバイスとして機能する。40

【0050】

回折部50を有する回折光学素子35は、例えば、図3(a)に示すように、回折部50を通過した第1の波長の光ビームBB0を+1次回折光BB1となるように回折して対50

物レンズ34に入射させ、すなわち、所定の発散角を有する拡散状態の光ビームとして対物レンズ34に入射させることで、第1の光ディスク11の信号記録面に適切に集光させ、図3(b)に示すように、回折部50を通過した第2の波長の光ビームBDOを-1次回折光BD1となるように回折して対物レンズ34に入射させ、すなわち、所定の発散角を有する収束状態の光ビームとして対物レンズ34に入射させることで、第2の光ディスク12の信号記録面に適切に集光させ、図3(c)に示すように、回折部50を通過した第3の波長の光ビームBC0を-2次回折光BC1となるように回折して対物レンズ34に入射させ、すなわち、所定の発散角を有する収束状態の光ビームとして対物レンズ34に入射させることで、第3の光ディスク13の信号記録面に適切に集光させることにより、単一の対物レンズ34を用いて3種類の光ディスクの信号記録面に球面収差を発生しないように適切に集光することを可能とする。尚、ここでは、回折部50の複数の回折領域において、同じ波長の光ビームを同じ回折次数の回折光とする例について図3を用いて説明したが、本発明を適用した光ピックアップ3を構成する回折部50は、後述のように、各領域毎に各波長に対する回折次数を設定し、より球面収差を低減するように構成することを可能とする。

【0051】

具体的に、図4(a)及び図4(b)に示すように、回折光学素子35の入射側の面に設けられた回折部50は、最内周部に設けられ略円形状の第1の回折領域(以下、「内輪帯」ともいう。)51と、第1の回折領域51の外側に設けられ輪帯状の第2の回折領域(以下、「中輪帯」ともいう。)52と、第2の回折領域52の外側に設けられ輪帯状の第3の回折領域(以下、「外輪帯」ともいう。)53とを有する。

【0052】

内輪帯である第1の回折領域51は、輪帯状で且つ所定の深さを有する第1の回折構造が形成され、通過する第1の波長の光ビームの対物レンズ34を介して第1の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光が支配的となるようすなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。

【0053】

また、第1の回折領域51は、第1の回折構造により、通過する第2の波長の光ビームの対物レンズ34を介して第2の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光が支配的となるようすなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。

【0054】

また、第1の回折領域51は、第1の回折構造により、通過する第3の波長の光ビームの対物レンズ34を介して第3の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光が支配的となるようすなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。

【0055】

このように、第1の回折領域51は、上述の各波長の光ビームに対して上述の所定の次数の回折光が支配的となるのに適するような回折構造が形成されているため、第1の回折領域51を通過して所定の次数の回折光とされた各波長の光ビームが対物レンズ34によりそれぞれの光ディスクの信号記録面に集光される際の球面収差を補正して低減することを可能とする。

【0056】

具体的には、第1の回折領域51は、図4及び図5(a)に示すように、光軸を中心とした輪帯状でこの輪帯の断面形状が、所定の深さ(以下、「溝深さ」ともいう。)dで所定のステップ数S(Sは、正の整数とする。)の階段形状(以下、「マルチステップの階段形状」ともいう。)が半径方向に連続して形成されている。ここで、上述の回折構造における輪帯の断面形状とは、輪帯の半径方向を含む面、すなわち、輪帯の接線方向に直交する面における断面形状を意味する。また、ここで、所定のステップ数Sの階段形状を有する回折構造とは、各段の深さが略同一深さとされた第1乃至第Sの段部を有する階段部

10

20

30

40

50

が半径方向に連続して形成されている構造であり、さらに、換言すると光軸方向に略同一間隔に形成された第1乃至第 $(S+1)$ の回折面を有して形成されている構造である。また、回折構造における所定の深さdは、階段形状の最も表面側(最高段、浅い位置)に位置される第 $(S+1)$ の回折面と、階段形状の最も素子側(最低段、深い位置)に位置される第1の回折面との光軸方向の長さを意味する。この点については、後述する図5(b)及び図5(c)についても同様である。尚、図5(a)~図5(c)においては、階段形状の各階段部内において段部が半径方向の外側に向けて形成、すなわち、段部が半径方向の外側に向かうにつれて表面側に向けて形成されるように構成したが、これに限られるものではなく、内輪帯、中輪帯及び外輪帯の回折構造において階段形状の各階段部内において段部が半径方向の内側に向けて形成されるように構成してもよい。具体的には、各回折構造における支配的となる回折次数及び後述の溝幅を設定することにより、所定の回折角度及び回折効率を得るとともに、回折次数がプラスであるかマイナスであるかに応じて階段形状の形成方向を設定することにより所望の発散角を有した拡散状態又は収束状態を得ることができる。図5(a)~図5(c)中R_oは、輪帶の半径方向外側に向けた方向を示し、すなわち、光軸から離間する方向を示すものである。

【0057】

尚、第1の回折領域51に形成される第1の回折構造並びに後述の第2及び第3の回折構造において、溝深さd及びステップ数Sは、支配的となる回折次数、及び回折効率を考慮して決定されている。また、各段部の溝幅(階段形状の各段部の半径方向の寸法)は、図5(a)~図5(c)に示すように、一の階段部内において、等しく形成されているとともに、半径方向に連続して形成されている異なる階段部間ににおいて、光軸から離間するにつれてその値が小さくなるように形成されている。尚、この溝幅は、光ディスクの信号記録面上で集光されるスポットが最適となるように、この溝幅で形成された回折領域で与える位相差に基づいて決定されている。

【0058】

例えば、第1の回折領域51の回折構造は、図5(a)に示すように、ステップ数が4($S=4$)とされた回折構造であり、各段の深さが略同一深さ($d/4$)とされた第1乃至第4の段部51s1, 51s2, 51s3, 51s4を有する階段部が半径方向に連続して形成されており、また、光軸方向に間隔が($d/4$)で同一間隔に形成された第1乃至第5の回折面51f1, 51f2, 51f3, 51f4, 51f5を有して形成されている。

【0059】

また、ここでは、輪帶の断面形状がマルチステップの階段形状となるような回折構造を有する第1の回折領域51が形成されているものとして説明するが、上述のような各波長の光ビームに対して所定の次数の光ビームが支配的となるような回折構造であればよく、例えば、輪帶の断面形状が図6に示すような所定の深さdのブレーズ形状となるような回折構造を有する回折領域51Bが形成されるように構成してもよい。

【0060】

また、第1の回折領域51は、通過する第1の波長の光ビームの次数k_{1i}の回折光が支配的となるよう、すなわち、回折効率が最大となるように発生させ、また、通過する第2の波長の光ビームの次数k_{2i}の回折光が支配的となるよう、すなわち、回折効率が最大となるように発生させ、また、通過する第3の波長の光ビームの次数k_{3i}の回折光が支配的となるように発生させる場合に、k_{1i}、k_{2i}、k_{3i}がいずれも0以外であり、k_{1i}とk_{2i}とが異符号($k_{1i} \times k_{2i} < 0$)で、k_{2i}とk_{3i}とが同符号($k_{2i} \times k_{3i} > 0$)となるようにされている。尚、上述の場合においてk_{1i}とk_{3i}が異符号となるようにされている。

【0061】

ここで、第1の回折領域51は、回折効率が最大となる第1の波長の回折次数k_{1i}が0以外とされていることにより、対物レンズ34によるカップリングを下げることができ、光源戻り光ノイズの問題を防止することができ、従来の光源出射において出力を適度な

10

20

30

40

50

範囲に抑えなければいけない等の問題を回避できる。また、第1の回折領域51において、回折効率が最大となる第2及び第3の波長の回折次数k_{2i}, k_{3i}を0とした場合の、収差及び効率が最良となる組み合わせが存在しない。換言すると、第1の回折領域51において、k_{2i}, k_{3i}が0以外とされていることにより、収差及び効率を確保し得る組み合わせとすることができます。

【0062】

第1の回折領域51は、回折効率が最大となる各波長の回折次数k_{1i}、k_{2i}、k_{3i}の関係がk_{1i}とk_{2i}とが異符号で、k_{2i}とk_{3i}とが同符号となるように構成されていることにより、複数種類の光ディスクに対して各波長の光ビームについて同一の対物レンズ34により集光する場合において、球面収差をより低減させることを可能とする。これは、上述のような第1乃至第3の光ディスクに対して対物レンズ34を設計する場合に、保護層の設計センターを0.1mm~0.6mmに設定することが多いため、その設計センターに対して第1の波長の光ビームに与える球面収差極性と、第2及び第3の波長の光ビームに与える球面収差極性とが逆になるようにすることで球面収差を抑えることができるという考え方によるものである。10

【0063】

さらに、第1の回折領域51は、回折効率が最大となる各波長の回折次数k_{1i}、k_{2i}、k_{3i}が以下で示される関係のいずれかとなるように構成されている。(k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}) = (+1, -1, -2)、(-1, +1, +2)、(+1, -2, -3)
(-1, +2, +3)、(+2, -1, -2)、(-2, +1, +2)、(+2, -2, -3)、(-2, +2, +3)。20

【0064】

以下に、内輪帯である第1の回折領域51の具体的な実施例として、深さd及びステップ数Sについての具体的な数値を挙げ、各波長の光ビームに対して支配的となる次数の回折光の回折次数、及び、その回折次数の回折光の回折効率について表1に示す。尚、表1は、第1の回折領域51の実施例として内輪帯構成例1~内輪帯構成例4について示すものであり、表1中k_{1i}は、第1の波長の光ビームの回折効率が最大となる回折次数を示し、eff₁は、第1の波長の光ビームの回折効率が最大となる回折次数の回折効率を示し、k_{2i}は、第2の波長の光ビームの回折効率が最大となる回折次数を示し、eff₂は、第2の波長の光ビームの回折効率が最大となる回折次数の回折効率を示し、k_{3i}は、第3の波長の光ビームの回折効率が最大となる回折次数を示し、eff₃は、第3の波長の光ビームの回折効率が最大となる回折次数の回折効率を示し、dは、第1の回折領域51の溝深さ、すなわち階段形状の最低段から最高段までの距離を示し、Sは、第1の回折領域51の階段形状のステップ数を示すものである。30

【0065】

【表1】

各構成例における内輪带回折効率、回折次数、深さ、ステップ数

	k _{1i}	eff ₁	k _{2i}	eff ₂	k _{3i}	eff ₃	d[μm]	S
内輪帯構成例1	1	0.81	-1	0.62	-2	0.57	3.8	4
内輪帯構成例2	1	0.93	-2	0.65	-3	0.52	5.3	6
内輪帯構成例3	2	0.67	-1	0.72	-2	0.67	5.1	5
内輪帯構成例4	2	0.63	-2	0.64	-3	0.36	5.8	6

【0066】

ここで、表1に示す内輪帯構成例1について説明する。内輪帯構成例1においては、表1に示すように、溝深さd=3.8(μm)、ステップ数S=4としたときの、第1の波長の光ビームの回折次数k_{1i}=+1の回折効率eff₁=0.81であり、第2の波長の光ビームの回折次数k_{2i}=-1の回折効率eff₂=0.62であり、第3の波長の光ビームの回折次数k_{3i}=-2の回折効率eff₃=0.57である。次に、この内輪40

帶構成例 1 について図 7 (a) ~ 図 7 (c) を用いて、さらに具体的に説明する。図 7 (a) は、ステップ数 $S = 4$ の階段形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 1 の波長の光ビームの + 1 次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図 7 (b) は、ステップ数 $S = 4$ の階段形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 2 の波長の光ビームの - 1 次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図 7 (c) は、ステップ数 $S = 4$ の階段形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 3 の波長の光ビームの - 2 次回折光の回折効率の変化を示す図である。図 7 (a) ~ 図 7 (c) 中において横軸は、溝深さ (nm) を示し、縦軸は、回折効率 (光の強度) を示す図である。そして、横軸が 3800 nm の位置において、図 7 (a) に示すように、 e_{ff1} は、0.81 であり、図 7 (b) に示すように、 e_{ff2} は、0.62 であり、図 7 (c) に示すように、 e_{ff3} は、0.57 である。

10

【 0 0 6 7 】

また、表 1 に示す内輪帶構成例 2 についても同様に、 $d = 5.3 (\mu m)$ 、 $S = 6$ としたときに、表 1 及び図 8 (a) ~ 図 8 (c) に示すように、各次数 k_{1i}, k_{2i}, k_{3i} 及び各回折効率 $e_{ff1}, e_{ff2}, e_{ff3}$ が得られ、表 1 に示す内輪帶構成例 3 についても同様に、 $d = 5.1 (\mu m)$ 、 $S = 5$ としたときに、表 1 及び図 9 (a) ~ 図 9 (c) に示すように、各次数 k_{1i}, k_{2i}, k_{3i} 及び各回折効率 $e_{ff1}, e_{ff2}, e_{ff3}$ が得られ、表 1 に示す内輪帶構成例 4 についても同様に、 $d = 5.8 (\mu m)$ 、 $S = 6$ としたときに、表 1 及び図 10 (a) ~ 図 10 (c) に示すように、各次数 k_{1i}, k_{2i}, k_{3i} 及び各回折効率 $e_{ff1}, e_{ff2}, e_{ff3}$ が得られることとなる。

20

【 0 0 6 8 】

中輪帶である第 2 の回折領域 5 2 は、輪帶状で且つ所定の深さを有し第 1 の回折構造とは異なる構造とされた第 2 の回折構造が形成され、通過する第 1 の波長の光ビームの対物レンズ 3 4 を介して第 1 の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。

【 0 0 6 9 】

また、第 2 の回折領域 5 2 は、第 2 の回折構造により、通過する第 2 の波長の光ビームの対物レンズ 3 4 を介して第 2 の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。

30

【 0 0 7 0 】

また、第 2 の回折領域 5 2 は、第 2 の回折構造により、通過する第 3 の波長の光ビームの対物レンズ 3 4 を介して第 3 の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数以外の次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。尚、第 2 の回折領域 5 2 は、第 2 の回折構造により、通過する第 3 の波長の光ビームの対物レンズ 3 4 を介して第 3 の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光の回折効率を十分に低減することができる。

【 0 0 7 1 】

このように、第 2 の回折領域 5 2 は、上述の各波長の光ビームに対して上述の所定の次数の回折光が支配的となるのに適するような回折構造が形成されているため、第 2 の回折領域 5 2 を通過して所定の次数の回折光とされた第 1 及び第 2 の波長の光ビームが対物レンズ 3 4 によりそれぞれの光ディスクの信号記録面に集光される際の球面収差を補正して低減することを可能とする。

40

【 0 0 7 2 】

また、第 2 の回折領域 5 2 は、第 1 及び第 2 の波長の光ビームに対しては上述のように機能するとともに、第 3 の波長の光ビームについては、この第 2 の回折領域 5 2 を通過して対物レンズ 3 4 を介して第 3 の光ディスクの信号記録面に集光する次数以外の次数の回折光が支配的となるように構成されていることから、この第 2 の回折領域 5 2 を通過した

50

第3の波長の光ビームが対物レンズ34に入射しても第3の光ディスクの信号記録面にはほとんど影響を与えることなく、換言すると、この第2の回折領域52を通過して対物レンズ34により信号記録面に集光される第3の波長の光ビームの光量を大幅に低減して略ゼロとして、第3の波長の光ビームに対して開口制限を行うよう機能することができる。

【0073】

ところで、上述した第1の回折領域51は、その領域を通過した第3の波長の光ビームが、NA = 0.45程度で開口制限される光ビームと同様の状態で対物レンズ34に入射するような大きさに形成されており、また、この第1の回折領域51の外側に形成される第2の回折領域52は、この領域を通過した第3の波長の光ビームを、対物レンズ34を介して第3の光ディスク上に集光させないため、かかる構成とされた第1及び第2の回折領域51, 52を備える回折部50は、第3の波長の光ビームに対して、NA = 0.45程度に開口制限を行うように機能することとなる。ここでは、回折部50において、第3の波長の光ビームに対して開口数NAを0.45程度に開口制限を行うように構成したが、上述の構成により制限される開口数はこれに限られるものではない。

【0074】

具体的には、第2の回折領域52は、上述した第1の回折領域51と同様に、図4及び図5(b)に示すように、光軸を中心とした輪帯状でこの輪帯の断面形状が所定の深さdで所定のステップ数Sの階段形状が半径方向に連続して形成されている。尚、ここで、第2の回折領域52は、第1の回折領域51の場合と比べてd及び/又はSの数値が異なっており、すなわち、第1の回折領域51に設けられた第1の回折構造とは異なる第2の回折構造が形成されている。例えば、図5(b)に示す第2の回折領域52の回折構造は、ステップ数が3(S=3)とされた回折構造であり、各段の深さが略同一深さ(d/3)とされた第1乃至第3の段部52s1, 52s2, 52s3を有する階段部が半径方向に連続して形成されており、また、光軸方向に間隔が(d/3)で同一間隔に形成された第1乃至第4の回折面52f1, 52f2, 52f3, 52f4を有して形成されている。

【0075】

また、ここでは、輪帯の断面形状がマルチステップの階段形状となるような回折構造を有する第2の回折領域52が形成されているものとして説明するが、上述した第1の回折領域と同様に、上述のような各波長の光ビームに対して所定の次数の光ビームが支配的となるような回折構造であればよく、例えば、輪帯の断面形状が上述した図6に示すような所定の深さdのブレーズ形状となるような回折構造を有する回折領域52Bが形成されるように構成してもよい。

【0076】

また、第2の回折領域52は、通過する第1の波長の光ビームの次数k1mの回折光が支配的となるよう、すなわち、回折効率が最大となるように発生させ、また、通過する第2の波長の光ビームの次数k2mの回折光が支配的となるよう、すなわち、回折効率が最大となるように発生させる場合に、回折次数k1m, k2mが例えば以下で示される関係となるように構成されている。(k1m, k2m) = (+1, -1), (-1, +1), (+1, -2), (-1, +2), (+2, -1), (-2, +1)。

【0077】

以下に、中輪帯である第2の回折領域52の具体的な実施例として、深さd及びステップ数Sについての具体的な数値を挙げ、各波長の光ビームに対して支配的となる次数の回折光の回折次数、及び、その回折次数の回折光の回折効率について表2に示す。尚、表2は、第2の回折領域52の実施例として中輪帯構成例1～中輪帯構成例3について示すものであり、表2中k1mは、第1の波長の光ビームの回折効率が最大となる回折次数を示し、eff1は、第1の波長の光ビームの回折効率が最大となる回折次数の回折効率を示し、k2mは、第2の波長の光ビームの回折効率が最大となる回折次数を示し、eff2は、第2の波長の光ビームの回折効率が最大となる回折次数の回折効率を示し、k3mは、第3の波長の光ビームの下記のように選択された回折次数を示し、eff3は、第3の波長の光ビームの選択された回折次数の回折効率を示し、dは、第2の回折領域52の溝

10

20

30

40

50

深さ、すなわち階段形状の最低段から最高段までの距離を示し、Sは、第2の回折領域5の階段形状のステップ数を示すものである。また、表2中「」は、この構成例の中輪帯を通過する光ビームの対物レンズ34を介して対応する光ディスクの信号記録面に適切にスポットを形成するよう集光する回折次数、換言すると対応する光ディスクの信号記録面において球面収差補正が可能な回折次数を示すものであり、「~0」は、回折効率が略0の状態を示すものである。

【0078】

【表2】

各構成例における中輪带回折効率、回折次数、深さ、ステップ数

	k_{1m}	eff_1	K_{2m}	eff_2	K_{3m}	eff_3	$d[\mu m]$	S
中輪帯構成例1	-1	0.76	1	0.77	※	~0	8.6	3
中輪帯構成例2	-1	0.91	2	0.54	※	~0	14.8	5
中輪帯構成例3	-2	0.67	1	0.89	※	~0	14.1	5

※は球面収差補正が可能な回折次数

【0079】

ここで、表2に示す中輪帯構成例1について説明する。中輪帯構成例1においては、表2に示すように、溝深さ $d = 8.6 (\mu m)$ 、ステップ数 $S = 3$ としたとき、第1の波長の光ビームの回折次数 $k_{1m} = -1$ の回折効率 $eff_1 = 0.76$ であり、第2の波長の光ビームの回折次数 $k_{2m} = +1$ の回折効率 $eff_2 = 0.77$ である。また、この領域を通過する第3の波長の光ビームの対物レンズ34を介して第3の光ディスクの信号記録面にスポットを形成するよう集光する回折次数 k_{3m} の回折効率 eff_3 が略0である。

【0080】

次に、この中輪帯構成例1について図11(a)～図11(c)を用いて、さらに具体的に説明する。図11(a)は、ステップ数 $S = 3$ の階段形状の溝深さ d を変化させた場合の、第1の波長の光ビームの-1次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図11(b)は、ステップ数 $S = 3$ の階段形状の溝深さ d を変化させた場合の、第2の波長の光ビームの+1次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図11(c)は、ステップ数 $S = 3$ の階段形状の溝深さ d を変化させた場合の、第3の波長の光ビームの+2次回折光の回折効率の変化を示す図である。図11(a)～図11(c)中において横軸は、溝深さ(μm)を示し、縦軸は、回折効率(光の強度)を示す図である。そして、横軸が8600 μm の位置において、図11(a)に示すように、 eff_1 は、0.76であり、図11(b)に示すように、 eff_2 は、0.77であり、図11(c)に示すように、 eff_3 は、略0である。尚、ここで、上述では「」で表した第3の波長の光ビームの回折次数 k_{3m} は、 $k_{3m} = +2$ である。

【0081】

また、表2に示す中輪帯構成例2についても同様に、 $d = 14.8 (\mu m)$ 、 $S = 5$ としたときに、表2及び図12(a)～図12(c)に示すように、各次数 k_{1m} 、 k_{2m} 、 k_{3m} 及び各回折効率 eff_1 、 eff_2 、 eff_3 が得られ、表2に示す中輪帯構成例3についても同様に、 $d = 14.1 (\mu m)$ 、 $S = 5$ としたときに、表2及び図13(a)～図13(c)に示すように、各次数 k_{1m} 、 k_{2m} 、 k_{3m} 及び各回折効率 eff_1 、 eff_2 、 eff_3 が得されることとなる。

【0082】

外輪帯である第3の回折領域53は、輪帯状で且つ所定の深さを有し第1及び第2の回折構造とは異なる構造とされた第3の回折構造が形成され、通過する第1の波長の光ビームの対物レンズ34を介して第1の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。

【0083】

また、第3の回折領域53は、第3の回折構造により、通過する第2の波長の光ビームの対物レンズ34を介して第2の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数以外の次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。尚、第3の回折領域53は、第3の回折構造により、通過する第2の波長の光ビームの対物レンズ34を介して第2の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光の回折効率を十分に低減することができる。

【0084】

また、第3の回折領域53は、第3の回折構造により、通過する第3の波長の光ビームの対物レンズ34を介して第3の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数以外の次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。尚、第3の回折領域53は、第3の回折構造により、通過する第3の波長の光ビームの対物レンズ34を介して第3の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光の回折効率を十分に低減することができる。10

【0085】

このように、第3の回折領域53は、上述の各波長の光ビームに対して上述の所定の次数の回折光が支配的となるのに適するような回折構造が形成されているため、第3の回折領域53を通過して所定の次数の回折光とされた第1の波長の光ビームが対物レンズ34により光ディスクの信号記録面に集光される際の球面収差を補正して低減することを可能とする。20

【0086】

また、第3の回折領域53は、第1の波長の光ビームに対しては上述のように機能するとともに、第2及び第3の波長の光ビームについては、この第3の回折領域53を通過して対物レンズ34を介して第2及び第3の光ディスクの信号記録面に集光する次数以外の次数の回折光が支配的となるように構成されていることから、この第3の回折領域53を通過した第2及び第3の波長の光ビームが対物レンズ34に入射しても第2及び第3の光ディスクの信号記録面にはほとんど影響を与えることなく、換言すると、この第3の回折領域53を通過して対物レンズ34により信号記録面に集光される第2及び第3の波長の光ビームの光量を大幅に低減して略ゼロとして、第2の波長の光ビームに対して開口制限を行うよう機能することができる。尚、第3の回折領域53は、第3の波長の光ビームに対しては、上述の第2の回折領域52とともに、開口制限を行うよう機能することができる。30

【0087】

ところで、上述した第2の回折領域52は、その領域を通過した第2の波長の光ビームが、NA = 0.6程度で開口制限される光ビームと同様の状態で対物レンズ34に入射するような大きさに形成されており、また、この第2の回折領域52の外側に形成される第3の回折領域53は、この領域を通過した第2の波長の光ビームを、対物レンズ34を介して光ディスク上に集光させないため、かかる構成とされた第2及び第3の回折領域52, 53を備える回折部50は、第2の波長の光ビームに対して、NA = 0.6程度に開口制限を行うよう機能することとなる。ここでは、回折部50において、第2の波長の光ビームに対して開口数NAを0.6程度に開口制限を行うように構成したが、上述の構成により制限される開口数はこれに限られるものではない。40

【0088】

また、第3の回折領域53は、その領域を通過した第1の波長の光ビームが、NA = 0.85程度で開口制限される光ビームと同様の状態で対物レンズ34に入射するような大きさに形成されており、また、この第3の回折領域53の外側には回折構造が形成されていないため、この領域を透過した第1の波長の光ビームを、対物レンズ34を介して第1の光ディスク上に集光させないため、かかる構成とされた第3の回折領域53を備える回折部50は、第1の波長の光ビームに対して、NA = 0.85程度の開口制限を行うよう50

に機能することとなる。尚、第3の回折領域53を通過する第1の波長の光ビームは、例えば-1次、+1次、+2次、-2次の回折次数のものが支配的となるようにされているため、第3の回折領域53の外側の領域を透過した0次光は、対物レンズ34を介して第1の光ディスク上に集光しない場合がほとんどであるが、この0次光が、対物レンズ34を介して第1の光ディスク上に集光することになる場合には、第3の回折領域53の外側の領域に、通過する光ビームを遮蔽する遮蔽部又は通過する光ビームを対物レンズ34を介して第1の光ディスク上に集光する次数以外の次数の光ビームが支配的となる回折構造を有する回折領域を設けることにより、開口制限を行うように構成してもよい。ここでは、回折部50において、第1の波長の光ビームに対して開口数NAを0.85程度に開口制限を行うように構成したが、上述の構成により制限される開口数はこれに限られるものではない。10

【0089】

具体的には、第3の回折領域53は、上述した第1の回折領域51と同様に、図4及び図5(c)に示すように、光軸を中心とした輪帯状でこの輪帯の断面形状が所定の深さdで所定のステップ数Sの階段形状が半径方向に連続して形成されている。尚、ここで、第3の回折領域53は、第1及び第2の回折領域51, 52の場合と比べてd及び/又はSの数値が異なっており、すなわち、第1及び第2の回折領域51, 52に設けられた第1及び第2の回折構造とは異なる第3の回折構造が形成されている。例えば、図5(c)に示す第3の回折領域53の回折構造は、ステップ数が2(S=2)とされた回折構造であり、各段の深さが略同一深さ(d/2)とされた第1乃至第2の段部53s1, 53s2を有する階段部が半径方向に連続して形成されており、また、光軸方向に間隔が(d/2)で同一間隔に形成された第1乃至第3の回折面53f1, 53f2, 53f3を有して形成されている。20

【0090】

また、ここでは、輪帯の断面形状がマルチステップの階段形状となるような回折構造を有する第3の回折領域53が形成されているものとして説明するが、上述した第1及び第2の回折領域と同様に、上述のような各波長の光ビームに対して所定の次数の光ビームが支配的となるような回折構造であればよく、例えば、輪帯の断面形状が上述した図6に示すような所定の深さdのブレーズ形状となるような回折構造を有する回折領域53Bが形成されるように構成してもよい。30

【0091】

以下に、外輪帯である第3の回折領域53の具体的な実施例として、深さd及びステップ数Sについての具体的な数値を挙げ、各波長の光ビームに対して支配的となる次数の回折光の回折次数、及び、その回折次数の回折光の回折効率について表3に示す。尚、表3は、第3の回折領域53の実施例として外輪帯構成例1～外輪帯構成例4について示すものであり、表3k1oは、第1の波長の光ビームの回折効率が最大となる回折次数を示し、eff1は、第1の波長の光ビームの回折効率が最大となる回折次数の回折効率を示し、k2oは、第2の波長の光ビームの下記のように選択された回折次数を示し、eff2は、第2の波長の光ビームの選択された回折次数の回折効率を示し、k3oは、第3の波長の光ビームの下記のように選択された回折次数を示し、eff3は、第3の波長の光ビームの選択された回折次数の回折効率を示し、dは、第3の回折領域53の溝深さ、すなわち階段形状の最低段から最高段までの距離を示し、Sは、第3の回折領域53の階段形状のステップ数を示すものである。また、表3中「」は、この構成例の外輪帯を通過する光ビームの対物レンズ34を介して対応する光ディスクの信号記録面に適切にスポットを形成するよう集光する回折次数、換言すると対応する光ディスクの信号記録面において球面収差補正が可能な回折次数を示すものであり、「~0」は、回折効率が略0の状態を示すものである。40

【0092】

【表3】

各構成例における外輪帯回折効率、回折次数、深さ、ステップ数

	k_{1o}	eff_1	K_{2o}	eff_2	K_{3o}	eff_3	$d[\mu m]$	s
外輪帯構成例 1	-1	0.63	※	~0	※	~0	4.2	2
外輪帯構成例 2	1	0.78	※	~0	※	~0	0.5	5
外輪帯構成例 3	2	0.65	※	~0	※	~0	1.2	5
外輪帯構成例 4	-2	0.68	※	~0	※	~0	6.4	5

※は球面収差補正が可能な回折次数

10

【0093】

ここで、表3に示す外輪帯構成例1について説明する。外輪帯構成例1においては、表3に示すように、溝深さ $d = 4.2 (\mu m)$ 、ステップ数 $s = 2$ としたとき、第1の波長の光ビームの回折次数 $k_{1o} = -1$ の回折効率 $eff_1 = 0.63$ である。また、この領域を通過する第2の波長の光ビームの対物レンズ34を介して第2の光ディスクの信号記録面にスポットを形成するよう集光する回折次数 k_{2o} の回折効率 eff_2 が略0であり、この領域を通過する第3の波長の光ビームの対物レンズ34を介して第3の光ディスクの信号記録面にスポットを形成するよう集光する回折次数 k_{3o} の回折効率 eff_3 が略0である。

20

【0094】

次に、この外輪帯構成例1について図14(a)～図14(c)を用いて、さらに具体的に説明する。図14(a)は、ステップ数 $s = 2$ の階段形状の溝深さ d を変化させた場合の、第1の波長の光ビームの-1次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図14(b)は、ステップ数 $s = 2$ の階段形状の溝深さ d を変化させた場合の、第2の波長の光ビームの+1次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図14(c)は、ステップ数 $s = 2$ の階段形状の溝深さ d を変化させた場合の、第3の波長の光ビームの+2次回折光の回折効率の変化を示す図である。図14(a)～図14(c)中において横軸は、溝深さ(μm)を示し、縦軸は、回折効率(光の強度)を示す図である。そして、横軸が4200 μm の位置において、図14(a)に示すように、 eff_1 は、0.63であり、図14(b)に示すように、 eff_2 は、略0であり、図14(c)に示すように、 eff_3 は、略0である。尚、ここで、上述では「」で表した第2及び第3の波長の光ビームの回折次数 k_{2o} , k_{3o} は、それぞれ $k_{2o} = +1$, $k_{3o} = +2$ である。

30

【0095】

また、表3に示す外輪帯構成例2についても同様に、 $d = 0.5 (\mu m)$, $s = 5$ としたときに、表3及び図15(a)～図15(c)に示すように、各次数 k_{1o} , k_{2o} , k_{3o} 及び各回折効率 eff_1 , eff_2 , eff_3 が得られ、表3に示す外輪帯構成例3についても同様に、 $d = 1.2 (\mu m)$, $s = 5$ としたときに、表3及び図16(a)～図16(c)に示すように、各次数 k_{1o} , k_{2o} , k_{3o} 及び各回折効率 eff_1 , eff_2 , eff_3 が得られ、表3に示す外輪帯構成例4についても同様に、 $d = 6.4 (\mu m)$, $s = 5$ としたときに、表3及び図17(a)～図17(c)に示すように、各次数 k_{1o} , k_{2o} , k_{3o} 及び各回折効率 eff_1 , eff_2 , eff_3 が得られることとなる。

40

【0096】

以上のような構成とされた第1乃至第3の回折領域51, 52, 53を有する回折部50は、第1の回折領域51を通過する第1乃至第3の波長の光ビームを、共通の対物レンズ34を介してそれぞれ対応する種類の光ディスクの信号記録面に球面収差が発生しない発散角の状態、すなわち、対物レンズ34を介して球面収差が補正される発散状態又は収束状態で対物レンズ34に入射させて対応する光ディスクの信号記録面に適切なスポットを集光させることができ、第2の回折領域52を通過する第1及び第2の波長の光ビーム

50

を、共通の対物レンズ34を介してそれぞれ対応する種類の光ディスクの信号記録面に球面収差が発生しない発散角の状態、すなわち、対物レンズ34を介して球面収差が補正される発散状態又は収束状態で対物レンズ34に入射させて対応する光ディスクの信号記録面に適切なスポットを集光させることができ、第3の回折領域53を通過する第1の波長の光ビームを対物レンズ34を介して対応する種類の光ディスクの信号記録面に球面収差が発生しない発散角の状態、すなわち、対物レンズ34を介して球面収差が補正される発散状態又は収束状態で対物レンズ34に入射させて対応する光ディスクの信号記録面に適切なスポットを集光させることができる。

【0097】

すなわち、光ピックアップ3の光学系における第1乃至第3の出射部と信号記録面との間の光路上に配置される回折光学素子35の一面に設けられた回折部50は、それぞれの領域（第1乃至第3の回折領域51, 52, 53）を通過するそれぞれの波長の光ビームを信号記録面に発生する球面収差を低減する状態で対物レンズ34に入射させることができるので、光ピックアップ3において第1乃至第3の波長の光ビームを共通の対物レンズ34を用いてそれぞれ対応する光ディスクの信号記録面に集光させたときの信号記録面に発生する球面収差を極限まで低減することができ、すなわち、3種類の光ディスクに対して3種類の波長と共に共通の対物レンズ34とを用いた光ピックアップの3波長互換を実現してそれぞれの光ディスクに対して適切に情報信号の記録及び／又は再生を可能とする。

【0098】

また、第1乃至第3の回折領域51, 52, 53を有する回折部50は、第2及び第3の回折領域52, 53を通過する第3の波長の光ビームを対物レンズ34を介して対応する種類の光ディスクの信号記録面に適切に集光する回折次数以外の次数が支配的となるようにして、第3の波長の光ビームについて、第1の回折領域51を通過した部分の光ビームのみを対物レンズ34を介して光ディスクの信号記録面に集光させるとともに、この第1の回折領域51がこの領域を通過する第3の波長の光ビームを所定のNAとなるような大きさに形成されていることにより、第3の波長の光ビームについて例えば0.45程度のNAとなるように開口制限を行うことを可能とする。

【0099】

また、回折部50は、第3の回折領域53を通過する第2の波長の光ビームを対物レンズ34を介して対応する種類の光ディスクの信号記録面に適切に集光する回折次数以外の次数が支配的となるようにして、第2の波長の光ビームについて、第1及び第2の回折領域51, 52を通過した部分の光ビームのみを対物レンズ34を介して光ディスクの信号記録面に集光させるとともに、この第1及び第2の回折領域51, 52がこの領域を通過する第2の波長の光ビームを所定のNAとなるような大きさに形成されていることにより、第2の波長の光ビームについて例えば0.60程度のNAとなるように開口制限を行うことを可能とする。

【0100】

また、回折部50は、第3の回折領域53の外側の領域を通過する第1の波長の光ビームを対物レンズ34を介して対応する種類の光ディスクの信号記録面に適切に集光しないような状態又は遮蔽することで、第1の波長の光ビームについて、第1乃至第3の回折領域51, 52, 53を通過した部分の光ビームのみを対物レンズ34を介して光ディスクの信号記録面に集光させるとともに、この第1乃至第3の回折領域51, 52, 53がこの領域を通過する第1の波長の光ビームを所定のNAとなるような大きさに形成されていることにより、第1の波長の光ビームについて例えば0.85程度のNAとなるように開口制限を行うことを可能とする。

【0101】

このように、上述のような光路上に配置される回折光学素子35の一面に設けられた回折部50は、3波長互換を実現するのみならず、3種類の光ディスク及び第1乃至第3の波長の光ビームのそれぞれに適応した開口数で開口制限した状態で共通の対物レンズ34に各波長の光ビームを入射させることを可能とする。すなわち、回折部50は、3波長に

10

20

30

40

50

対応した収差補正の機能を有するのみならず、開口制限手段としての機能も有する。

【0102】

尚、上述の各回折領域の実施例を適宜組み合わせて回折部を構成することが可能である。すなわち、各回折領域を通過する各波長の回折次数は、適宜選択可能である。尚、各回折領域を通過する各波長の回折次数を変える場合には、この各領域を通過した各波長の各回折次数に対応した対物レンズ34を用いればよい。

【0103】

また、ここでは、第1乃至第3の回折領域51, 52, 53を所定の深さの段差部を有する階段形状とされた所謂マルチステップ形状の回折構造を有するように形成したが、例えば、図6に示すようなブレーズ形状により構成してもよい。尚、特に第3の回折領域等の溝深さdが浅い回折構造が形成される回折領域においては、ブレーズ形状により形成することで製造工程が容易となり、製造の容易化及び低コスト化を可能とする。10

【0104】

また、上述では、図18(a)に示すように、対物レンズ34とは別体に設けた回折光学素子35の入射側の面に、3つの回折領域51, 52, 53からなる回折部50を設けるように構成したが、これに限られるものではなく、回折光学素子35の出射側の面に設けても良い。さらに、第1乃至第3の回折領域51, 52, 53を有する回折部50は、対物レンズ34の入射側又は出射側の面に一体に設けるように構成してもよく、例えば、図18(b)に示すように、その入射側の面に回折部50を有する対物レンズ34Bを設けるように構成してもよい。例えば、対物レンズ34Bの入射側の面に設けられる場合には、対物レンズとしての機能として要求される入射側の面の面形状を基準として、これに上述のような回折構造の面形状を合わせたような面形状が形成されることとなる。このように構成される対物レンズ34Bは、上述した回折光学素子35及び対物レンズ34が2つの素子により集光光学デバイスとして機能していたのに対し、1つの素子のみで、3つの異なる波長の光ビームをそれぞれ対応する光ディスクの信号記録面に球面収差を発生しないように適切に集光する集光光学デバイスとして機能する。回折部50を対物レンズ34Bに一体に設けることにより、さらなる光学部品の削減、及び構成の小型化を可能とする。回折部50と同様の機能を有する回折部を入射側又は出射側の面に一体に設けられた対物レンズ34Bは、光ピックアップに用いられることにより収差等を低減して光ピックアップの3波長互換を実現するとともに、部品点数を削減して、構成の簡素化及び小型化を可能とし、高生産性、低コスト化を実現する。尚、上述した回折部50は、従来困難であった3波長互換のための収差補正用の回折構造を一面に設けるだけで十分であるので、上述のような屈折素子としての対物レンズ34に一体に形成することを可能とし、これによりプラスチックレンズに回折面を直接形成する構成を可能とし、回折部50を一体化した対物レンズ34Bをプラスチック材料により構成することでより高生産性、低コスト化を実現する。20

【0105】

回折光学素子35と第3のビームスプリッタ38との間に設けられたコリメータレンズ42は、第2のビームスプリッタ37で光路を合成され、第3のビームスプリッタ38を透過された、第1乃至第3の波長の光ビームの発散角をそれぞれ変換して、例えば略平行光の状態として、1/4波長板43及び回折光学素子35側に出射させる。尚、コリメータレンズ42が、第1及び第2の波長の光ビームの発散角を、略平行光の状態として上述した回折光学素子35に入射させるとともに、第3の波長の光ビームの発散角を、平行光に対してわずかに拡散若しくは収束した発散角の状態（以下、「有限系の状態」ともいう。）で回折光学素子35に入射させるように構成することにより、第3の波長の光ビームの回折光学素子35及び対物レンズ34を介して第3の光ディスクの信号記録面に集光する際の球面収差をより低減することを可能とする。ここでは、第3の波長の光ビームを出射させる第3の出射部を有する第3の光源部33とコリメータレンズ42との配置関係により、この所定の発散角の状態で回折光学素子35に入射させることを実現したが、例えば、複数の出射部を共通の光源部に配置した場合には、第3の波長の光ビームの発散角の304050

みを変換する素子を設けることや、コリメータレンズ42を駆動する手段を設けること等により所定の発散角の状態で回折光学素子35に入射させることを実現してもよい。また、同様に、第2の波長の光ビーム、又は第2及び第3の波長の光ビームを有限系の状態で回折光学素子35に入射させるように構成して、さらに収差を低減するようにしてもよい。

【0106】

マルチレンズ46は、例えば、波長選択性のマルチレンズであり、各光ディスクの信号記録面で反射され、対物レンズ34、回折光学素子35、立ち上げミラー44、1/4波長板43、及びコリメータレンズ42を経由して、第3のビームスプリッタ38で反射されて往路の光ビームより分離された戻りの第1乃至第3の波長の光ビームを光検出器45のフォトディテクタ等の受光面に適切に集光する。このとき、マルチレンズ46は、フォーカスエラー信号等の検出のための非点収差を戻りの光ビームに付与する。10

【0107】

光検出器45は、マルチレンズ46で集光された戻りの光ビームを受光して、情報信号とともに、フォーカスエラー信号及びトラッキングエラー信号等の各種検出信号を検出する。

【0108】

以上のように構成された光ピックアップ3は、光検出器45によって得られたフォーカスエラー信号及びトラッキングエラー信号に基づいて、対物レンズ34を駆動変位させることによって、光ディスク2の信号記録面に対して対物レンズ34が合焦位置に移動されて、光ビームが光ディスク2の信号記録面に合焦されて、光ディスク2に対して情報の記録又は再生が行われる。20

【0109】

光ピックアップ3は、回折光学素子35の一方の面に設けられ、第1乃至第3の回折領域51, 52, 53を有する回折部50により、各波長の光ビームに対して領域毎に最適な回折効率及び回折角を与えることができ、保護層の厚さ等のフォーマットが異なる3種類の第1乃至第3の光ディスク11, 12, 13の信号記録面における球面収差を十分に低減でき、異なる3波長の光ビームを用いて、複数種類の光ディスク11, 12, 13に対して信号の読み取り及び書き込みを可能とする。

【0110】

また、上述の光ピックアップ3の回折部50を有する回折光学素子35及び対物レンズ34は、入射した光ビームを所定の位置に集光させる集光光学装置（集光光学デバイス）として機能することができる。この集光光学装置は、回折光学素子35の一方の面に設けられる回折部50により、異なる3種類の光ディスクに対して光ビームを照射して情報信号の記録及び/又は再生を行う光ピックアップに用いられた場合に、3種類の光ディスクの信号記録面に対応する光ビームを球面収差を十分に低減した状態で適切に集光することを可能とし、すなわち、3波長に対して共通の対物レンズ34を用いる光ピックアップの3波長互換を可能とする。30

【0111】

また、上述では、回折部50が設けられた回折光学素子35及び対物レンズ34を一体となるように、対物レンズ34を駆動する対物レンズ駆動機構等のアクチュエータに設けるように構成したが、このアクチュエータのレンズホルダに組み付ける際の組み付け精度を高めるとともに組付けを容易にするために回折光学素子35及び対物レンズ34をユニット状にして一体としたような集光光学ユニットとして構成してもよい。例えば、回折光学素子35及び対物レンズ34を、スペーサ等を用いて、位置、間隔及び光軸を合わせながらホルダにより固定することで一体化して集光光学ユニットを構成できる。回折光学素子35及び対物レンズ34は、上述のように、対物レンズ駆動機構に一体に組み付けされることにより例えばトラッキング方向へ変位される等の視野振りの際にも第1乃至第3の波長の光ビームの球面収差を低減させた状態で各光ディスクの信号記録面に適切に集光することが可能となる。4050

【 0 1 1 2 】

次に、上述のように構成された光ピックアップ3における、第1乃至第3の光源部31, 32, 33から出射された光ビームの光路について、図2を用いて説明する。まず、第1の光ディスク11に対して第1の波長の光ビームを出射させて情報の読み取り又は書き込みを行うときの光路について説明する。

【 0 1 1 3 】

光ディスク2の種類が第1の光ディスク11であることを判別したディスク種類判別部22は、第1の光源部31の第1の出射部から第1の波長の光ビームを出射させる。

【 0 1 1 4 】

第1の出射部から出射された第1の波長の光ビームは、第1のグレーティング39によりトラッキングエラー信号等の検出のため3ビームに分割され、第2のビームスプリッタ37に入射される。第2のビームスプリッタ37に入射された第1の波長の光ビームは、そのミラー面37aで反射され、第3のビームスプリッタ38側に出射される。10

【 0 1 1 5 】

第3のビームスプリッタ38に入射された第1の波長の光ビームは、そのミラー面38aを透過されて、コリメータレンズ42側に出射され、コリメータレンズ42により発散角を変換されて略平行光とされ、1/4波長板43に所定の位相差を付与され、立ち上げミラー44で反射されて回折光学素子35側に出射される。

【 0 1 1 6 】

回折光学素子35に入射した第1の波長の光ビームは、その入射側の面に設けられた回折部50の第1乃至第3の回折領域51, 52, 53により、各領域を通過した光ビームがそれぞれ上述のように所定の回折次数が支配的となるようにして出射され、対物レンズ34に入射される。尚、回折光学素子35から出射される第1の波長の光ビームは、所定の発散角の状態とされているのみならず、開口制限された状態とされている。20

【 0 1 1 7 】

対物レンズ34に入射した第1の波長の光ビームは、各領域51, 52, 53を通過した光ビームが球面収差を低減できるような発散角の状態で入射されているので、対物レンズ34により、第1の光ディスク11の信号記録面に適切に集光される。

【 0 1 1 8 】

第1の光ディスク11で集光された光ビームは、信号記録面で反射し、対物レンズ34、回折光学素子35、立ち上げミラー44、1/4波長板43、コリメータレンズ42を経由して、第3のビームスプリッタ38のミラー面38aにより反射されて光検出器45側に出射される。30

【 0 1 1 9 】

第3のビームスプリッタ38により反射された往路の光ビームから光路分岐された光ビームは、マルチレンズ46により光検出器45に受光面に集束されて検出される。

【 0 1 2 0 】

次に、第2の光ディスク12に対して第2の波長の光ビームを出射させて情報の読み取り又は書き込みを行うときの光路について説明する。

【 0 1 2 1 】

光ディスク2の種類が第2の光ディスク12であることを判別したディスク種類判別部22は、第2の光源部32の第2の出射部から第2の波長の光ビームを出射させる。40

【 0 1 2 2 】

第2の出射部から出射された第2の波長の光ビームは、第2のグレーティング40によりトラッキングエラー信号等の検出のため3ビームに分割され、第1のビームスプリッタ36に入射される。第1のビームスプリッタ36に入射された第2の波長の光ビームは、そのミラー面36aを透過され、第2のビームスプリッタ37のミラー面37aも透過され、第3のビームスプリッタ38側に出射される。

【 0 1 2 3 】

第3のビームスプリッタ38に入射された第2の波長の光ビームは、そのミラー面3850

aを透過されて、コリメータレンズ42側に出射され、コリメータレンズ42により発散角を変換されて略平行光とされ、1/4波長板43に所定の位相差を付与され、立ち上げミラー44で反射されて回折光学素子35側に出射される。

【0124】

回折光学素子35に入射した第2の波長の光ビームは、その入射側の面に設けられた回折部50の第1乃至第3の回折領域51, 52, 53により、各領域を通過した光ビームがそれぞれ上述のような所定の回折次数が支配的となるようにして出射され、対物レンズ34に入射される。尚、回折光学素子35から出射される第2の波長の光ビームは、所定の発散角の状態とされているのみならず、対物レンズ34に入射することにより開口制限の効果が得られる状態とされている。

10

【0125】

対物レンズ34に入射した第2の波長の光ビームは、第1及び第2の回折領域51, 52を通過した光ビームが球面収差を低減できるような発散角の状態で入射されているので、対物レンズ34により、第2の光ディスク12の信号記録面に適切に集光される。

【0126】

第2の光ディスク12の信号記録面で反射された光ビームの復路側の光路については、上述した第1の波長の光ビームと同様であるので、省略する。

【0127】

次に、第3の光ディスク13に対して第3の波長の光ビームを出射させて情報の読み取り又は書き込みを行うときの光路について説明する。

20

【0128】

光ディスク2の種類が第3の光ディスク13であることを判別したディスク種類判別部22は、第3の光源部33の第3の出射部から第3の波長の光ビームを出射させる。

【0129】

第3の出射部から出射された第3の波長の光ビームは、第3のグレーティング41によりトラッキングエラー信号等の検出のため3ビームに分割され、第1のビームスプリッタ36に入射される。第1のビームスプリッタ36に入射された第3の波長の光ビームは、そのミラー面36aで反射され、第2のビームスプリッタ37のミラー面37aを透過され、第3のビームスプリッタ38側に出射される。

【0130】

30

第3のビームスプリッタ38に入射された第3の波長の光ビームは、そのミラー面38aを透過されて、コリメータレンズ42側に出射され、コリメータレンズ42により発散角を変換されて略平行光に対して拡散若しくは収束した状態とされ、1/4波長板43に所定の位相差を付与され、立ち上げミラー44で反射されて回折光学素子35側に出射される。

【0131】

回折光学素子35に入射した第3の波長の光ビームは、その入射側の面に設けられた回折部50の第1乃至第3の回折領域51, 52, 53により、各領域を通過した光ビームがそれぞれ上述のような所定の回折次数が支配的となるようにして出射され、対物レンズ34に入射される。尚、回折光学素子35から出射される第3の波長の光ビームは、所定の発散角の状態とされているのみならず、対物レンズ34に入射することにより開口制限の効果が得られる状態とされている。

40

【0132】

対物レンズ34に入射した第3の波長の光ビームは、第1の回折領域51を通過した光ビームが球面収差を低減できるような発散角の状態で入射されているので、対物レンズ34により、第3の光ディスク13の信号記録面に適切に集光される。

【0133】

第3の光ディスク13の信号記録面で反射された光ビームの復路側の光路については、上述した第1の波長の光ビームと同様であるので、省略する。

【0134】

50

尚、ここでは、第3の波長の光ビームは、第3の出射部の配置を調整することで、コリメータレンズ42により発散角を変換され回折光学素子35に入射される光ビームを略平行光の状態に対して拡散若しくは収束した状態となるように構成したが、波長選択性を有して発散角を変換する素子を設けることにより、又はコリメータレンズ42を光軸方向に駆動するような手段を設けることにより、回折光学素子35に入射するように構成してもよい。

【0135】

また、ここでは、第1及び第2の波長の光ビームが、略平行光の状態で回折光学素子35に入射されるとともに、第3の波長の光ビームが、発散光又は収束光の状態で回折光学素子35に入射されるように構成したが、これに限られるものではなく、例えば、第1乃至第3の波長の光ビーム全てを平行光の状態で、又は、第1乃至第3の波長の光ビームの内、いずれか又は全部の光ビームを発散光又は集束光の状態で回折光学素子に入射するように構成してもよい。10

【0136】

本発明を適用した光ピックアップ3は、第1乃至第3の波長の光ビームを出射する第1乃至第3の出射部と、第1乃至第3の出射部から出射された第1乃至第3の波長の光ビームを光ディスクの信号記録面に集光する対物レンズ34と、第1乃至第3の波長の光ビームの往路の光路上に配置される光学素子の一方の面に設けられる回折部50とを備え、回折部50が、第1乃至第3の回折領域51, 52, 53を有し、第1乃至第3の回折領域51, 52, 53が、輪帯状で且つ所定の深さを有するそれぞれ異なる回折構造とされるとともに、各波長の光ビームに対して上述のような所定の回折次数の回折光が支配的となるように発生させる第1乃至第3の回折構造を有するように構成したことにより、それぞれ使用波長を異にする3種類の光ディスクに対して、共通の一の対物レンズ34を用いてそれぞれ対応する光ビームを信号記録面に適切に集光することを可能として、構成を複雑にすることなく、対物レンズ34を共通とした3波長互換を実現してそれぞれの光ディスクに対して良好な情報信号の記録及び／又は再生を実現する。20

【0137】

すなわち、本発明を適用した光ピックアップ3は、第1乃至第3の波長の光ビームの光路内的一面に設けられた回折部50により最適な回折効率及び回折角を得ることで、各光源部31, 32, 33に設けられた複数の出射部から出射される異なる波長の光ビームを用いて、複数種類の光ディスク11, 12, 13に対して信号の読み取り及び書き込みを可能とするとともに、対物レンズ34等の光学部品を共通化することができるので、部品点数を削減して、構成の簡素化及び小型化を可能とし、高生産性、低コスト化を実現する。30

【0138】

また、本発明を適用した光ピックアップ3は、対物レンズ34を3波長に対して共通とすることができる所以、アクチュエータにおける可動部の重量が増大することによる感度低下等の問題の発生を防止できる。また、本発明を適用した光ピックアップ3は、3波長互換の際の共通の対物レンズ34を用いた場合に問題となる球面収差を光学素子の一面に設けた回折部50により十分に低減できるので、従来のような球面収差低減用の回折部を複数面に設けた場合の各回折部間の位置合わせや、複数の回折部を設けることによる回折効率の低下等の問題を防止でき、すなわち、組立工程の簡素化及び光の利用効率の向上を実現する。40

【0139】

さらに、本発明を適用した光ピックアップ3は、上述した回折光学素子35の一面に設けられた回折部50により3波長互換を実現するのみならず、3種類の光ディスク及び3種類の波長の光ビームに対応した開口数で開口制限を行うことができ、さらに、構成の簡素化、小型化、及び低コスト化を実現する。

【0140】

また、上述では、光ピックアップ3において、第1の光源部31に第1の出射部を設け50

、第2の光源部32に第2の出射部を設け、第3の光源部33に第3の出射部を設けるように構成したが、これに限られるものではなく、例えば、第1乃至第3の出射部の内2つの出射部を有する光源部と、残りの1つの出射部を有する光源部とを異なる位置に配置して設けるように構成してもよい。

【0141】

次に、第1の出射部を有する光源部と、第2及び第3の出射部を有する光源部とを備える図19に示す光ピックアップ60について説明する。尚、以下の説明において、上述した光ピックアップ3と共に通する部分については、共通の符号を付して詳細な説明は、省略する。

【0142】

本発明を適用した光ピックアップ60は、図19に示すように、第1の波長の光ビームを出射する第1の出射部を有する第1の光源部61と、第2の波長の光ビームを出射する第2の出射部と、第3の波長の光ビームを出射する第3の出射部とを有する第2の光源部62と、この第1乃至第3の出射部から出射された光ビームを光ディスク2の信号記録面上に集光する対物レンズ34と、第1乃至第3の出射部と対物レンズ34との間の光路上に設けられる回折光学素子35とを備える。

【0143】

また、光ピックアップ60は、第1の光源部61の第1の出射部から出射された第1の波長の光ビームの光路と、第2の光源部62の第2及び第3の出射部から出射された第2及び第3の波長の光ビームの光路とを合成する光路合成手段としてビームスプリッタ63と、上述の第3のビームスプリッタ38と同様の機能を有するビームスプリッタ64とを有する。

【0144】

さらに、光ピックアップ60は、第1のグレーティング39と、第2の光源部62とビームスプリッタ63との間に設けられ、第2及び第3の出射部から出射された第2及び第3の波長の光ビームをトラッキングエラー信号等の検出のためにそれぞれ3ビームに回折する波長依存性を有するグレーティング65とを有する。

【0145】

また、光ピックアップ60は、コリメータレンズ42と、1/4波長板43と、立ち上げミラー44と、光検出器45と、マルチレンズ46とを有するとともに、このコリメータレンズ42を光軸方向に駆動するコリメータレンズ駆動手段66とを有する。コリメータレンズ駆動手段66は、コリメータレンズ42を光軸方向に駆動することで、上述したように、コリメータレンズ42を通過した光ビームの発散角を調整することができることにより、球面収差をより低減することを可能とするのみならず、装着された光ディスクが信号記録面を複数有する所謂多層光ディスクであった場合には、そのいずれの信号記録面への記録及び/又は再生をも可能とする。

【0146】

以上のように構成された光ピックアップ60において、各光学部品の機能は、上述したことを除いて光ピックアップ3と同様であり、第1乃至第3の出射部から出射された第1乃至第3の波長の光ビームの光路についても、上述したことを除いて、すなわちビームスプリッタ64で各波長の光ビームの光路が合成された後は光ピックアップ3と同様であるので詳細な説明は省略する。

【0147】

本発明を適用した光ピックアップ60は、第1乃至第3の波長の光ビームを出射する第1乃至第3の出射部と、第1乃至第3の出射部から出射された第1乃至第3の波長の光ビームを光ディスクの信号記録面に集光する対物レンズ34と、第1乃至第3の波長の光ビームの往路の光路上に配置される光学素子の一方の面に設けられる回折部50とを備え、回折部50が、第1乃至第3の回折領域51, 52, 53を有し、第1乃至第3の回折領域51, 52, 53が、輪帯状で且つ所定の深さを有するそれぞれ異なる回折構造とされるとともに、各波長の光ビームに対して上述のような所定の回折次数の回折光が支配的と

10

20

30

40

50

なるように発生される第1乃至第3の回折構造を有するように構成したことにより、それぞれ使用波長を異にする3種類の光ディスクに対して、共通の一の対物レンズ34を用いてそれぞれ対応する光ビームを信号記録面に適切に集光することを可能として、構成を複雑にすることなく、対物レンズ34を共通とした3波長互換を実現してそれぞれの光ディスクに対して良好な情報信号の記録及び/又は再生を実現する。また、光ピックアップ60は、その他の上述した光ピックアップ3と同様の効果を有している。

【0148】

さらに、光ピックアップ60は、第2及び第3の出射部を共通の光源部62に配置するように構成したことから、さらなる構成の簡素化及び小型化を実現する。尚、同様に、本発明を適用した光ピックアップは、第1乃至第3の出射部を略同一位置に有する光源部に配置するように構成してもよく、そのような構成とした場合には、さらなる構成の簡素化及び小型化を実現する。10

【0149】

本発明を適用した光ディスク装置1は、第1乃至第3の光ディスクから任意に選択される光ディスクを保持して回転駆動する駆動手段と、この駆動手段によって回転駆動される光ディスクに対し波長を異にする複数の光ビームを選択的に照射することにより情報信号の記録及び/又は再生を行う光ピックアップとを備え、この光ピックアップとして上述した光ピックアップ3, 60を用いたことにより、第1乃至第3の波長の光ビームの光路上の光学素子の一面に設けられた回折部により、それぞれ使用波長を異にする3種類の光ディスクに対して、共通の一の対物レンズ34を用いてそれぞれ対応する光ビームを信号記録面に適切に集光することを可能として、構成を複雑にすることなく、対物レンズ34を共通した3波長互換を実現するので、構成の簡素化及び小型化を可能とともに良好な記録・再生特性を得ることを実現する。20

【0150】

<3>光ピックアップの第2の実施の形態(図20～図36)

次に、上述した光ディスク装置1に用いられる本発明に係る光ピックアップの第2の実施の形態として、本発明を適用した光ピックアップ103について、図20～図36を用いて詳しく説明する。この光ピックアップ103は、上述したように、保護層の厚さ等のフォーマットが異なる3種類の第1乃至第3の光ディスク11, 12, 13から任意に選択された光ディスクに対し波長を異にする複数の光ビームを選択的に照射することにより情報信号の記録及び/又は再生を行う光ピックアップである。30

【0151】

本発明を適用した光ピックアップ103は、図20に示すように、第1の波長の光ビームを出射する第1の出射部を有する第1の光源部131と、第1の波長より長い第2の波長の光ビームを出射する第2の出射部を有する第2の光源部132と、第2の波長より長い第3の波長の光ビームを出射する第3の出射部を有する第3の光源部133と、この第1乃至第3の出射部から出射された光ビームを光ディスク2の信号記録面上に集光する対物レンズ134と、第1乃至第3の出射部と対物レンズ134との間の光路上に設けられる回折光学素子135とを備える。

【0152】

また、光ピックアップ103は、第2及び第3の出射部と回折光学素子135との間に設けられ、第2の出射部から出射された第2の波長の光ビームの光路と第3の出射部から出射された第3の波長の光ビームの光路とを合成する光路合成手段として第1のビームスプリッタ136と、第1のビームスプリッタ136と回折光学素子135との間に設けられ、第1のビームスプリッタ136で光路を合成された第2及び第3の波長の光ビームの光路と、第1の出射部から出射された第1の波長の光ビームの光路とを合成する光路合成手段として第2のビームスプリッタ137と、第2のビームスプリッタ137と回折光学素子135との間に設けられ、第2のビームスプリッタ137で光路を合成された第1乃至第3の波長の光ビームの往路の光路と、光ディスクで反射された第1乃至第3の波長の光ビームの戻り(以下、「復路」ともいう。)の光路とを分離する光路分離手段として第4050

3のビームスプリッタ138とを有する。

【0153】

さらに、光ピックアップ103は、第1の光源部131の第1の出射部と第2のビームスプリッタ137との間に設けられ、第1の出射部から出射された第1の波長の光ビームをトラッキングエラー信号等の検出のために3ビームに回折する第1のグレーティング139と、第2の光源部132の第2の出射部と第1のビームスプリッタ136との間に設けられ、第2の出射部から出射された第2の波長の光ビームをトラッキングエラー信号等の検出のために3ビームに回折する第2のグレーティング140と、第3の光源部133の第3の出射部と第1のビームスプリッタ136との間に設けられ、第3の出射部から出射された第3の波長の光ビームをトラッキングエラー信号等の検出のために3ビームに回折する第3のグレーティング141とを有する。
10

【0154】

また、光ピックアップ103は、第3のビームスプリッタ138と回折光学素子135との間に設けられ、第3のビームスプリッタ138で光路を合成された第1乃至第3の波長の光ビームの発散角を変換して略平行光の状態又は略平行光に対して拡散若しくは収束した状態となるように調整して出射させる発散角変換手段としてのコリメータレンズ142と、コリメータレンズ142と回折光学素子135との間に設けられ、コリメータレンズ142に発散角を調整された第1乃至第3の波長の光ビームに1/4波長の位相差を与える1/4波長板143と、回折光学素子135と1/4波長板143との間に設けられ、対物レンズ134及び回折光学素子135の光軸に略直交する平面内で上述した光学部品を経由された光ビームを反射して立ち上げることにより対物レンズ134及び回折光学素子135の光軸方向に光ビームを出射させる立ち上げミラー144とを有する。
20

【0155】

さらに、光ピックアップ103は、第3のビームスプリッタ138で往路の第1乃至第3の波長の光ビームの光路から分離された復路の第1乃至第3の波長の光ビームを受光して検出する光検出器145と、第3のビームスプリッタ138と光検出器145との間に設けられ、第3のビームスプリッタ138で分離された復路の第1乃至第3の波長の光ビームを光検出器145のフォトディテクタ等の受光面に集光させるとともにフォーカスエラー信号等の検出のための非点収差を付与するマルチレンズ146とを有する。

【0156】

第1の光源部131は、第1の光ディスク11に対して405nm程度の第1の波長の光ビームを出射する第1の出射部を有する。第2の光源部132は、第2の光ディスク12に対して655nm程度の第2の波長の光ビームを出射する第2の出射部を有する。第3の光源部133は、785nm程度の第3の光ディスクに対して第3の波長の光ビームを出射する第3の出射部を有する。尚、ここでは、第1乃至第3の出射部をそれぞれ別々の光源部131, 132, 133に配置するように構成したが、これに限られるものではなく、第1乃至第3の出射部の内2つの出射部を有する光源部と、残りの1つの出射部を有する光源部とを異なる位置に配置するように構成してもよく、さらに、第1乃至第3の出射部を略同一位置に有する光源部となるように構成してもよい。
30

【0157】

対物レンズ134は、入射した第1乃至第3の波長の光ビームを光ディスク2の信号記録面上に集光させる。この対物レンズ134は、図示しない2軸アクチュエータ等の対物レンズ駆動機構によって移動自在に保持されている。そして、この対物レンズ134は、光検出器145で検出された光ディスク2からの戻り光のRF信号により生成されたトラッキングエラー信号及びフォーカスエラー信号に基づいて、2軸アクチュエータ等により移動操作されることにより、光ディスク2に近接離間する方向及び光ディスク2の径方向の2軸方向へ移動される。対物レンズ134は、第1乃至第3の出射部から出射される光ビームが光ディスク2の信号記録面上で常に焦点が合うように、この光ビームを集束するとともに、この集束された光ビームを光ディスク2の信号記録面上に形成された記録トラックに追従させる。尚、ここでは、対物レンズ134が保持される対物レンズ駆動機構の
40

レンズホルダに、この対物レンズ134と一緒になるように後述の回折光学素子135を保持するように構成されており、かかる構成により、対物レンズ134のトラッキング方向への移動等の視野振りの際にも回折光学素子135に設けた回折部150の後述の作用効果を適切に発揮することができる。

【0158】

回折光学素子135は、その一方の面として例えば、入射側の面に複数の回折領域からなる回折部150が設けられており、この回折部150により、複数の回折領域毎に通過する第1乃至第3の波長の光ビームのそれぞれを所定の次数となるように回折して対物レンズ134に入射させ、すなわち、所定の発散角を有する拡散状態又は収束状態の光ビームとして対物レンズ134に入射させることで、この単一の対物レンズ134を用いて第1乃至第3の波長の光ビームをそれぞれに対応する3種類の光ディスクの信号記録面に球面収差を発生しないように適切に集光することを可能とする。かかる回折光学素子135は、対物レンズ134とともに3つの異なる波長の光ビームをそれぞれに対応する光ディスクの信号記録面に球面収差を発生しないように適切に集光する集光光学デバイスとして機能する。

【0159】

回折部150を有する回折光学素子135は、例えば、図21(a)に示すように、回折部150を通過した第1の波長の光ビームBB0を+1次回折光BB1となるように回折して対物レンズ134に入射させ、すなわち、所定の発散角を有する収束状態の光ビームとして対物レンズ134に入射させることで、第1の光ディスク11の信号記録面に適切に集光させ、図21(b)に示すように、回折部150を通過した第2の波長の光ビームBD0を+1次回折光BD1となるように回折して対物レンズ134に入射させ、すなわち、所定の発散角を有する収束状態の光ビームとして対物レンズ134に入射させることで、第2の光ディスク12の信号記録面に適切に集光させ、図21(c)に示すように、回折部150を通過した第3の波長の光ビームBC0を+1次回折光BC1となるように回折して対物レンズ134に入射させ、すなわち、所定の発散角を有する収束状態の光ビームとして対物レンズ134に入射させることで、第3の光ディスク13の信号記録面に適切に集光することにより、単一の対物レンズ134を用いて3種類の光ディスクの信号記録面に球面収差を発生しないように適切に集光することを可能とする。尚、ここでは、回折部150の複数の回折領域において、同じ波長の光ビームを同じ回折次数の回折光とする例について図21を用いて説明したが、本発明を適用した光ピックアップ103を構成する回折部150は、後述のように、各領域毎に各波長に対する回折次数を設定し、より球面収差を低減するように構成することを可能とする。

【0160】

ここで、上述及び以下の回折次数の記載において、入射した光ビームに対して、進行方向に進むにつれて光軸側に近接する方向に回折する次数を正の次数とする。換言すると、入射した光ビームに対して光軸方向に向かって回折する次数を正の次数とする。すなわち、上述のように第1乃至第3の波長において、支配的となるように選択された+1次回折光が入射した各波長の光ビームに対して比較して収束する方向に向けて回折する。

【0161】

具体的に、図22(a)及び図22(b)に示すように、回折光学素子135の入射側の面に設けられた回折部150は、最内周部に設けられ略円形状の第1の回折領域(以下、「内輪帯」ともいう。)151と、第1の回折領域151の外側に設けられ輪帯状の第2の回折領域(以下、「中輪帯」ともいう。)152と、第2の回折領域152の外側に設けられ輪帯状の第3の回折領域(以下、「外輪帯」ともいう。)153とを有する。

【0162】

内輪帯である第1の回折領域151は、輪帯状で且つ所定の深さを有する第1の回折構造が形成され、通過する第1の波長の光ビームの対物レンズ134を介して第1の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。

10

20

30

40

50

【 0 1 6 3 】

また、第1の回折領域151は、第1の回折構造により、通過する第2の波長の光ビームの対物レンズ134を介して第2の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。

【 0 1 6 4 】

また、第1の回折領域151は、第1の回折構造により、通過する第3の波長の光ビームの対物レンズ134を介して第3の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。

10

【 0 1 6 5 】

このように、第1の回折領域151は、上述の各波長の光ビームに対して上述の所定の次数の回折光が支配的となるのに適するような回折構造が形成されているため、第1の回折領域151を通過して所定の次数の回折光とされた各波長の光ビームが対物レンズ134によりそれぞれの光ディスクの信号記録面に集光される際の球面収差を補正して低減することを可能とする。

【 0 1 6 6 】

具体的には、第1の回折領域151は、図22及び図23(a)に示すように、光軸を中心とした輪帯状でこの輪帯の断面形状が、所定の深さ(以下、「溝深さ」ともいう。) d のブレーズ形状となるように形成されている。ここで、上述の回折構造における輪帯の断面形状とは、輪帯の半径方向を含む面、すなわち、輪帯の接線方向に直交する面における断面形状を意味する。尚、図23(a)においては、鋸歯形状の凹凸の斜面が半径方向の内側に向かうにつれて表面側に向けて形成されるように構成したが、これは選択する回折次数をプラスにし、所望の発散角を有した収束状態を得るためである。尚、ここで、収束状態を得るための発散角はマイナスの発散角である。図23(a)～図23(c)中 R_o は、輪帯の半径方向外側に向けた方向を示し、すなわち、光軸から離間する方向を示すものである。

20

【 0 1 6 7 】

尚、第1の回折領域151に形成される第1の回折構造において、溝幅は、支配的となる回折次数、及び回折効率を考慮して決定されている。また、溝幅は、図23(a)に示すように、光軸から離間するにつれてその値が小さくなるように形成されている。尚、この溝幅は、光ディスクの信号記録面上で集光されるスポットが最適となるように、この溝幅で形成された回折領域で与える位相差に基づいて決定されている。

30

【 0 1 6 8 】

また、第1の回折領域151は、通過する第1の波長の光ビームの次数 k_{1i} の回折光が支配的となるよう、すなわち、回折効率が最大となるように発生させ、また、通過する第2の波長の光ビームの次数 k_{2i} の回折光が支配的となるよう、すなわち、回折効率が最大となるように発生させ、また、通過する第3の波長の光ビームの次数 k_{3i} の回折光が支配的となるよう、すなわち、回折効率が最大となるように発生させる場合に、k_{1i}、k_{2i}、k_{3i} が (k_{1i}、k_{2i}、k_{3i}) = (+1, +1, +1) となるようにされている。

40

【 0 1 6 9 】

ここで、第1の回折領域151は、第1の観点として、各波長における球面収差を低減する必要があり、第2の観点として、温度球面収差特性を考慮する必要、すなわち温度変化において発生する球面収差を低減する必要があり、第3の観点として、製造上有利な構成とする必要があり、これらのことについて上記の回折次数 k_{1i}, k_{2i}, k_{3i} が最大の回折効率となる回折次数として選択されているが、この点について以下に説明する。

【 0 1 7 0 】

まず、第1の観点について説明する。一般的に、第1の回折領域151のような機能を有する領域において、第1の波長を λ₁ (nm) とし、第2の波長を λ₂ (nm) とし、

50

第3の波長を λ_3 (nm) とし、第1の波長の光ビームの選択される回折次数を k_{1i} とし、第2の波長の光ビームの選択される回折次数を k_{2i} とし、第3の波長の光ビームの選択される回折次数を k_{3i} とし、第1の光ディスクの第1の保護層の厚さを t_{1i} (mm) とし、第2の光ディスクの第2の保護層の厚さを t_{2i} (mm) とし、第3の光ディスクの第3の保護層の厚さを t_{3i} (mm) としたときに、 $(\lambda_1 \times k_{1i} - \lambda_2 \times k_{2i}) / (t_{1i} - t_{2i}) = (\lambda_1 \times k_{1i} - \lambda_3 \times k_{3i}) / (t_{1i} - t_{3i})$ の条件式 (内輪帯においてこの条件式中の k_{1i}, k_{2i}, k_{3i} の \times は、 $\times = i$ とする) を満たすことが各波長の各光ディスクの信号記録面上の球面収差を補正して低減できる条件であることが知られている。上述した内輪帯としての第1の回折領域 151においては、 $\lambda_1 = 405$ (nm)、 $\lambda_2 = 655$ (nm)、 $\lambda_3 = 785$ (nm)、 $t_{1i} = 0.1$ (mm)、 $t_{2i} = 0.6$ (mm)、 $t_{3i} = 1.1$ (mm) としたときに、 $k_{1i} = +1$ 、 $k_{2i} = +1$ 、 $k_{3i} = +1$ であるので、この条件式を満足することとなり、球面収差を低減できることが確認できた。また、このことは、換言すると、図 24 に示すように横軸に波長 \times 回折次数 (nm) により算出される値を、縦軸に保護層厚さ (mm) を設定して各点 P1, P2, P3 をプロットした際に、一直線上に位置した場合に、各波長の各光ディスクの信号記録面上の球面収差を補正して低減できることを意味するが、実際に、下記の条件で各点 P1, P2, P3 をプロットした場合にはおよそ一直線の設計直線上に各点が位置し、球面収差が可能であることを示している。そして、具体的に対物レンズ 134 は、図 24 に示す直線 L11 を設計直線として、構成材料や入射側及び出射側の面形状が決定されており、この設計直線の傾きは、例えば、 $(t_{1i} - t_{2i}) / (\lambda_1 \times k_{1i} - \lambda_2 \times k_{2i})$ により算出される P1 と P2 を結ぶ直線の傾き、若しくは $(t_{1i} - t_{3i}) / (\lambda_1 \times k_{1i} - \lambda_3 \times k_{3i})$ により算出される P1 と P3 を結ぶ直線の傾きに略近似され、又はこれらの直線の傾きやその他の設計条件を考慮して決定されている。尚、図 24 で P3 が僅かに直線上から乖離しているが、これは対物レンズ 134 及び回折光学素子 135 のうち各出射部に近接される側の光学素子としてここでは回折光学素子 135 への入射光を発散光として入射させることで球面収差を確実に補正することができる。

【0171】

次に、第2の観点について説明する。第1の回折領域 151 のような機能を有する領域において、適切な温度球面収差特性、すなわち温度変化によらず球面収差を低減することを実現するために、これらの次数は正でなくてはならない。ここで、正の回折次数とは、上述したように光ビームの進行方向に対して光軸中心方向へ向かって回折される回折次数である。そして、温度上昇によって生じる球面収差は、温度変化に伴う対物レンズ 134 の構成材料の屈折率変動による影響項 W_n と、温度変化に伴う入射光ビームの波長変動による影響項 W との和で表され、すなわち、次の関係式 $W = W_n + W$ で得られる W で表される。このうち、後者の波長変動による影響項 W の正負は、回折部 150 による回折方向によって規定されることとなる。対物レンズ 134 は、正のパワー (屈折力) を与えているので、温度上昇に伴って屈折率が低下することとなり、結果として、正のパワーが弱くなる方向に働き、屈折率変動による影響項 W_n は、 $W_n < 0$ となる。この影響項 W_n をキャンセルするためには、波長変動による影響項 W が、 $W > 0$ となる必要があり、すなわち、回折部 150 において温度上昇時に正のパワーが強まるようになくてはならない。このように、回折部 150 における回折次数は、正である方が温度球面収差特性の観点から有利である。

【0172】

また、ここで、温度上昇によって生じる球面収差を、上述のような構成により打ち消し合うことができることについて、図 25 に示すような縦収差図を用いてさらに詳細に説明する。そして、図 25 を用いた説明に先立ち図 26 を用いて縦収差図について説明する。尚、図 26 (a) 及び図 26 (b)において、x 軸方向は、光軸方向を示し、y 軸方向は、像高すなわち光軸に直交する方向に向けた光軸からの高さを示すものである。

【0173】

10

20

30

40

50

図26(a)に示すように、一般的に収差がないレンズを通過した光ビームは、レンズの光軸に直交する方向における入射位置に関わらず、同一の像面に集光され、すなわち、近軸像点位置A0に一致して集光されている。

【0174】

その一方で、例えば図26(b)に示すように、収差があるレンズを通過した光ビームは、レンズの光軸に直交する方向における入射位置に応じて、異なる像面に集光され、すなわち、近軸像点位置B0に対してx軸方向にずれた位置に集光されている。このとき、縦収差の状態を示す線LBは、光ビームの入射位置の光軸からの高さ(像高)をy軸にとり、この光軸からの高さの位置に入射した光線による像面が主光線である光軸と交わる位置をx軸に取った例えは各点B1~B7を結んだ曲線により示される。具体的には、光軸からの高さ位置y1で入射した光線が位置x1で光軸と交わっていることから、座標(x1, y1)であるB1が得られる。また、光軸からの高さ位置y2で入射した光線が位置x2で光軸と交わっていることから、座標(x2, y2)であるB2が得られる。B3~B7についても同様に得られるものであるがここでは詳細な説明を省略する。10

【0175】

同様に、図26(a)に示すようなレンズにおいて、縦収差の状態を示す線LAは、上述した線LBと同様に、光ビームの入射位置の光軸からの高さをy軸にとり、この光軸からの高さの位置に入射した光線が光軸と交わる位置に取った例えはA1~A7を結んだ直線により示される。尚、図26(a)の場合には、y軸の位置によらず、光軸と交わるx軸の位置は常に一定であるので縦収差の状態を示す線LAは、y軸に一致する。そして、一般的に縦収差の状態を示す線は、図26(a)に示すようなy軸に一致又は可能な限り近接した状態が収差がない状態又は収差が少ない状態であるといえる。20

【0176】

次に、以上のことと鑑みて、上述の回折次数k1i, k2i, k3iを選択することで、温度上昇によって生じる球面収差を打ち消し合うことができることについて図25を用いて説明する。

【0177】

図25(a)及び図25(b)は、温度変化に伴う構成材料の屈折率変動による影響項Wn及び温度変化に伴う入射光ビームの波長変動による影響項Wをそれぞれ縦収差として概念的に示した図である。ここで、図25(a)及び図25(b)中、破線Lwnは、屈折率変動による縦収差、すなわち構成材料の屈折率変動による影響項Wnを縦収差として示し、一点鎖線Lw1は、選択された回折次数がプラスの回折次数、すなわちこの回折部により正の屈折力を与える場合の回折角変化による縦収差、すなわち波長変動による影響項Wを縦収差として示し、一点鎖線Lw2は、Lw1と比較するために、選択された回折次数がマイナスの回折次数、すなわちこの回折部により負の屈折力を与える場合の波長変動による影響項Wを縦収差として示すものである。そして、図25(a)及び図25(b)において、実線Lw1及び実線Lw2は、図25(a)に示すWn及びWを加算することにより得られた温度上昇により生じる球面収差Wを縦収差として示したものである。図25(b)中、実線Lw1は、図25(b)で示した破線Lwn及び一点鎖線Lw1を足し合わせた図、すなわち、回折次数がプラスの場合の球面収差Wを示し、図25(a)中実線Lw2は、図25(a)で示した破線Lwn及び一点鎖線Lw2を足し合わせた図、すなわち、回折次数がマイナスの場合の球面収差Wを示すものである。3040

【0178】

図25(b)に示すように、第1の回折領域151のような機能を有する領域において、上述の回折次数k1i, k2i, k3iを選択することで、すなわち、プラスの回折次数を選択することで、縦収差の状態(Lw1)が図26(a)に示す状態に近くなり収差を抑えた状態とすることができます。これに対して、図25(a)に示すように、マイナスの回折次数を選択した場合には、縦収差の状態(Lw2)が収差が抑えられていない、すなわち、温度球面収差特性の面から問題のある状態となる。以上のように、上述のように50

回折次数 k_{1i} , k_{2i} , k_{3i} を選択することで、温度球面収差特性の観点から有利である。

【0179】

次に、第3の観点について説明する。第1の回折領域151のような機能を有する回折部は、回折光学素子135の一方の面、又は後述のように対物レンズの一方の面にその回折構造が形成されることで構成されるため、選択される回折次数があまりに大きい場合には、形成する回折構造の深さ d が深くなる。そして、回折構造の深さ d が深くなると形成精度が悪化するおそれがあるのみならず、温度変化による光路長増大効果が大きくなり、温度回折効率特性が劣化してしまうという問題が発生するおそれがある。このような理由から、3~4次程度までの回折次数を選択するのが妥当であり、一般的である。すなわち、上述した第1の回折領域151は、選択する回折次数 k_{1i} , k_{2i} , k_{3i} として上述のようなものを選択していることから、このような製造上の観点からも、製造容易であるとともに、精度劣化等の問題も発生せず、品質を高めることを可能とし、結果として、良好な回折効率を有する回折光を確実に発生させることができる。10

【0180】

このように内輪帯としての第1の回折領域151は、球面収差低減という第1の観点からも、温度球面収差特性という第2の観点からも、製作における形成する回折構造の深さという第3の観点からも優れた、次数を選択したものであり、すなわち、上述のように構成することで、球面収差を低減でき、温度変化の際の収差発生を低減でき、製造上有利な構成とすることができます。20

【0181】

中輪帯である第2の回折領域152は、輪帯状で且つ所定の深さを有し第1の回折構造とは異なる構造とされた第2の回折構造が形成され、通過する第1の波長の光ビームの対物レンズ134を介して第1の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。20

【0182】

また、第2の回折領域152は、第2の回折構造により、通過する第2の波長の光ビームの対物レンズ134を介して第2の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。30

【0183】

また、第2の回折領域152は、第2の回折構造により、通過する第3の波長の光ビームの対物レンズ134を介して第3の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数以外の次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。尚、第2の回折領域152は、第2の回折構造により、通過する第3の波長の光ビームの対物レンズ134を介して第3の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光の回折効率を十分に低減することができる。40

【0184】

このように、第2の回折領域152は、上述の各波長の光ビームに対して上述の所定の次数の回折光が支配的となるのに適するような回折構造が形成されているため、第2の回折領域152を通過して所定の次数の回折光とされた第1及び第2の波長の光ビームが対物レンズ134によりそれぞれの光ディスクの信号記録面に集光される際の球面収差を補正して低減することを可能とする。50

【0185】

また、第2の回折領域152は、第1及び第2の波長の光ビームに対しては上述のように機能するとともに、第3の波長の光ビームについては、この第2の回折領域152を通過して対物レンズ134を介して第3の光ディスクの信号記録面に集光する次数以外の次数の回折光が支配的となるように構成されていることから、この第2の回折領域152を

通過した第3の波長の光ビームが対物レンズ134に入射しても第3の光ディスクの信号記録面にはほとんど影響を与えることなく、換言すると、この第2の回折領域152を通過して対物レンズ134により信号記録面に集光される第3の波長の光ビームの光量を大幅に低減して略ゼロとして、第3の波長の光ビームに対して開口制限を行うよう機能することができる。

【0186】

ところで、上述した第1の回折領域151は、その領域を通過した第3の波長の光ビームが、 $N.A = 0.45$ 程度で開口制限される光ビームと同様の状態で対物レンズ134に入射するような大きさに形成されており、また、この第1の回折領域151の外側に形成される第2の回折領域152は、この領域を通過した第3の波長の光ビームを、対物レンズ134を介して第3の光ディスク上に集光させないため、かかる構成とされた第1及び第2の回折領域151, 152を備える回折部150は、第3の波長の光ビームに対して、 $N.A = 0.45$ 程度に開口制限を行うように機能することとなる。ここでは、回折部150において、第3の波長の光ビームに対して開口数N.Aを 0.45 程度に開口制限を行うように構成したが、上述の構成により制限される開口数はこれに限られるものではない。

【0187】

具体的には、第2の回折領域152は、上述した第1の回折領域151と同様に、図22及び図23(a)に示すように、光軸を中心とした輪帯状でこの輪帯の断面形状が所定の深さdのブレーズ形状となるように形成されている。

【0188】

また、ここでは、輪帯の断面形状がブレーズ形状となるような回折構造を有する第2の回折領域が形成されているものとして説明するが、上述のような各波長の光ビームに対して所定の次数の光ビームが支配的となるような回折構造であればよく、例えば、輪帯の断面形状が、図23(b)に示すような、光軸を中心とした輪帯状でこの輪帯の断面形状が所定の深さdで所定のステップ数Sの階段形状が半径方向に連続して形成された回折領域152Bが形成されるように構成してもよい。

【0189】

ここで、所定のステップ数Sの階段形状を有する回折構造とは、各段の深さが略同一深さとされた第1乃至第Sの段部を有する段部が半径方向に連続して形成されている構造であり、さらに、換言すると光軸方向に略同一間隔に形成された第1乃至第(S+1)の回折面を有して形成されている構造である。また、回折構造における所定の深さdは、階段形状の最も表面側(最高段、浅い位置)に位置される第(S+1)の回折面と、階段形状の最も素子側(最低段、深い位置)に位置される第1の回折面との光軸方向の長さを意味する。この点については、後述する図23(c)についても同様である。尚、図23(b)及び図23(c)においては、階段形状の各段部内において段部が半径方向の内側に向けて形成、すなわち、段部が半径方向の内側に向かうにつれて表面側に向けて形成されるように構成したが、これは、選択する回折次数をプラスにし、所望の発散角を有した収束状態を得るためにある。尚、第2及び後述の第3の回折構造において、階段形状とする場合の溝深さd及びステップ数Sは、支配的となる回折次数、及び回折効率を考慮して決定されている。

【0190】

また、各段部の溝幅(階段形状の各段部の半径方向の寸法)は、図23(b)～図23(c)に示すように、一の段部内において、等しく形成されているとともに、半径方向に連続して形成されている異なる段部間において、光軸から離間するにつれてその値が大きくなるように形成されている。尚、この溝幅は、光ディスクの信号記録面上で集光されるスポットが最低となるように、この溝幅で形成された回折領域で与える位相差に基づいて決定されている。

【0191】

例えば、図23(b)に示す第2の回折領域152Bの回折構造は、ステップ数が3(

10

20

30

40

50

$S = 3$) とされた回折構造であり、各段の深さが略同一深さ ($d / 3$) とされた第 1 乃至第 3 の段部 1 5 2 s 1 , 1 5 2 s 2 , 1 5 2 s 3 を有する階段部が半径方向に連続して形成されており、また、光軸方向に間隔が ($d / 3$) で同一間隔に形成された第 1 乃至第 4 の回折面 1 5 2 f 1 , 1 5 2 f 2 , 1 5 2 f 3 , 1 5 2 f 4 を有して形成されている。

【 0 1 9 2 】

また、第 2 の回折領域 1 5 2 は、通過する第 1 の波長の光ビームの次数 $k_1 m$ の回折光が支配的となるよう、すなわち、回折効率が最大となるように発生させ、また、通過する第 2 の波長の光ビームの次数 $k_2 m$ の回折光が支配的となるよう、すなわち、回折効率が最大となるように発生させる場合に、回折次数 $k_1 m$, $k_2 m$ が例えば以下で示される関係となるように構成されている。 ($k_1 m$, $k_2 m$) = (+ 1 , + 1) , (+ 3 , + 2)

10

。

【 0 1 9 3 】

ここで、内輪帯としての第 2 の回折領域 1 5 2 は、上述の第 1 の回折領域 1 5 1 の説明において示した第 1 乃至第 3 の観点からも優れた次数を選択したものであり、すなわち、球面収差を低減でき、温度変化の際の収差発生を低減でき、製造上有利な構成とすることができます。

【 0 1 9 4 】

また、ここで、第 2 の回折領域 1 5 2 は、上述したように、第 1 及び第 2 の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう対物レンズ 1 3 4 を介して集光する第 1 及び第 2 の波長の光ビームの回折次数 $k_1 m$, $k_2 m$ の回折光の回折効率を高い状態で発生させるとともに、第 3 の光ディスクの信号記録面に集光する第 3 の波長の光ビームの回折次数の回折効率を極力抑えて開口制限機能を有するように構成されているが、この第 3 の波長の光ビームにおけるこの回折次数の光ビームを第 3 の光ディスクの信号記録面に焦点を結像させた状態からずらして、実質的に第 3 の光ディスクの信号記録面に集光される光ビームの光量をさらに低減するように構成してもよい。尚、以下では、この所定の波長の光ビームの対物レンズ 1 3 4 を介して結像される位置を対応する光ディスクの信号記録面からずらして、実質的に信号記録面に集光されるこの波長の光ビームの光量を低減させることを、「フレア化」ともいう。

20

【 0 1 9 5 】

ここで、第 2 の回折領域 1 5 2 において、フレア化させること、及びその構成について説明する。上述の第 1 の回折領域 1 5 1 の説明において、条件式 ($1 \times k_1 x - 2 \times k_2 x$) / ($t_1 - t_2$) ($1 \times k_1 x - 3 \times k_3 x$) / ($t_1 - t_3$) を満たすことが要求されていることについて述べたが、この条件式 (中輪帯においてこの条件式中の $k_1 x$, $k_2 x$, $k_3 x$ の x は、 $x = m$ とする) は、第 2 の回折領域 1 5 2 においても考慮されるものである。そして、この中輪帯としての第 2 の回折領域 1 5 2 においては、上述のような第 1 及び第 2 の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう対物レンズ 1 3 4 を介して集光する第 1 及び第 2 の波長の光ビームの回折次数 $k_1 m$, $k_2 m$ の回折光を回折効率を高い状態で発生させるという機能を考慮すると、プロットされる P_1 と P_2 を設計直線上に位置させれば良いが、さらに、第 3 の波長についてフレア化させるために、 P_3 について、故意にこの設計直線上から乖離させるような設計直線を選択するようにすればよい。すなわち、 P_3 について設計直線から乖離させたような設計直線に基づき形成された対物レンズ 1 3 4 を構成することにより、第 3 の波長の光ビームの当該回折次数の回折光を第 3 の光ディスクの信号記録面に焦点を結像させた状態からずらすことができ、実質的に第 3 の光ディスクの信号記録面に集光される第 3 の波長の光ビームの光量を低減させることができ、これにより、上述のような第 3 の波長の光ビームに対する開口制限を確実且つ良好に行うことを可能とする。具体的には、後述の図 3 3 に示すような ($k_1 m$, $k_2 m$, $k_3 m$) = (+ 3 , + 2 , + 2) とした場合には、 P_3

40

が設計直線 L_{13} から乖離されており、当初から期待されていた第 2 の回折領域 1 5 2 に形成された回折構造により第 3 の波長の当該次数の回折光の回折効率を低減させる効果に加え、このフレア化の効果をさらに得て、これらの構成からさらに一層第 3 の光ディ

50

スクに入射してしまう第3の波長の光ビームの光量を抑えることを可能とする。

【0196】

外輪帯である第3の回折領域153は、輪帯状で且つ所定の深さを有し第1及び第2の回折構造とは異なる構造とされた第3の回折構造が形成され、通過する第1の波長の光ビームの対物レンズ134を介して第1の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。

【0197】

また、第3の回折領域153は、第3の回折構造により、通過する第2の波長の光ビームの対物レンズ134を介して第2の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数以外の次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。尚、第3の回折領域153は、第3の回折構造により、通過する第2の波長の光ビームの対物レンズ134を介して第2の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光の回折効率を十分に低減することができる。10

【0198】

また、第3の回折領域153は、第3の回折構造により、通過する第3の波長の光ビームの対物レンズ134を介して第3の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数以外の次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。尚、第3の回折領域153は、第3の回折構造により、通過する第3の波長の光ビームの対物レンズ134を介して第3の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光の回折効率を十分に低減することができる。20

【0199】

このように、第3の回折領域153は、上述の各波長の光ビームに対して上述の所定の次数の回折光が支配的となるのに適するような回折構造が形成されているため、第3の回折領域153を通過して所定の次数の回折光とされた第1の波長の光ビームが対物レンズ134により光ディスクの信号記録面に集光される際の球面収差を補正して低減することを可能とする。

【0200】

また、第3の回折領域153は、第1の波長の光ビームに対しては上述のように機能するとともに、第2及び第3の波長の光ビームについては、この第3の回折領域153を通過して対物レンズ134を介して第2及び第3の光ディスクの信号記録面に集光する次数以外の次数の回折光が支配的となるように構成されていることから、この第3の回折領域153を通過した第2及び第3の波長の光ビームが対物レンズ134に入射しても第2及び第3の光ディスクの信号記録面にはほとんど影響を与えることなく、換言すると、この第3の回折領域153を通過して対物レンズ134により信号記録面に集光される第2及び第3の波長の光ビームの光量を大幅に低減して略ゼロとして、第2の波長の光ビームに対して開口制限を行うよう機能することができる。尚、第3の回折領域153は、第3の波長の光ビームに対しては、上述の第2の回折領域152とともに、開口制限を行うよう機能することができる。30

【0201】

ところで、上述した第2の回折領域152は、その領域を通過した第2の波長の光ビームが、 $N\ A = 0.6$ 程度で開口制限される光ビームと同様の状態で対物レンズ134に入射するような大きさに形成されており、また、この第2の回折領域152の外側に形成される第3の回折領域153は、この領域を通過した第2の波長の光ビームを、対物レンズ134を介して光ディスク上に集光させないため、かかる構成とされた第2及び第3の回折領域152, 153を備える回折部150は、第2の波長の光ビームに対して、 $N\ A = 0.6$ 程度に開口制限を行うように機能することとなる。ここでは、回折部150において、第2の波長の光ビームに対して開口数 $N\ A$ を 0.6 程度に開口制限を行うように構成40

したが、上述の構成により制限される開口数はこれに限られるものではない。

【0202】

また、第3の回折領域153は、その領域を通過した第1の波長の光ビームが、NA = 0.85程度で開口制限される光ビームと同様の状態で対物レンズ134に入射するような大きさに形成されており、また、この第3の回折領域153の外側には回折構造が形成されていないため、この領域を通過した第1の波長の光ビームを、対物レンズ134を介して第1の光ディスク上に集光させないため、かかる構成とされた第3の回折領域153を備える回折部150は、第1の波長の光ビームに対して、NA = 0.85程度の開口制限を行うように機能することとなる。尚、第3の回折領域153を通過する第1の波長の光ビームは、例えば+1次、+2次、+3次、+4次、+5次の回折次数のものが支配的となるようにされているため、第3の回折領域153の外側の領域を通過した0次光は、対物レンズ134を介して第1の光ディスク上に集光しない場合がほとんどであるが、この0次光が、対物レンズ134を介して第1の光ディスク上に集光することになる場合には、第3の回折領域153の外側の領域に、通過する光ビームを遮蔽する遮蔽部又は通過する光ビームを対物レンズ134を介して第1の光ディスク上に集光する次数以外の次数の光ビームが支配的となる回折構造を有する回折領域を設けることにより、開口制限を行うように構成してもよい。ここでは、回折部150において、第1の波長の光ビームに対して開口数NAを0.85程度に開口制限を行うように構成したが、上述の構成により制限される開口数はこれに限られるものではない。10

【0203】

具体的には、第3の回折領域153は、上述した第1の回折領域151と同様に、図22及び図23(a)に示すように、光軸を中心とした輪帯状でこの輪帯の断面形状が所定の深さdのプレーズ形状となるように形成されている。20

【0204】

また、ここでは、輪帯の断面形状がプレーズ形状となるような回折構造を有する第2の回折領域が形成されているものとして説明するが、上述のような各波長の光ビームに対して所定の次数の光ビームが支配的となるような回折構造であればよく、例えば、輪帯の断面形状が図23(c)に示すような、光軸を中心とした輪帯状でこの輪帯の断面形状が所定の深さdで所定のステップ数Sの階段形状が半径方向に連続して形成された回折領域153Bが形成されるように構成してもよい。30

【0205】

例えば、図23(c)に示す第3の回折領域153Bの回折構造は、ステップ数が2(S = 2)とされた回折構造であり、各段の深さが略同一深さ(d/2)とされた第1乃至第2の段部153s1, 153s2を有する階段部が半径方向に連続して形成されており、また、光軸方向に間隔が(d/2)で同一間隔に形成された第1乃至第3の回折面153f1, 153f2, 153f3を有して形成されている。

【0206】

また、第3の回折領域153は、通過する第1の波長の光ビームの次数k1oの回折光が支配的となるよう、すなわち、回折効率が最大となるように発生させる場合に、回折次数k1oが例えば以下で示される関係となるように構成されている。1 k1o 5 (k1oは、正の整数)。すなわち、k1oは、k1o = +1, +2, +3, +4, +5のいずれかとなるようにされている。40

【0207】

ここで、外輪帯としての第3の回折領域153は、上述の第1の回折領域151の説明において示した第1乃至第3の観点からも優れた次数を選択したものであり、すなわち、球面収差を低減でき、温度変化の際の収差発生を低減でき、製造上有利な構成とすることができます。

【0208】

また、ここで、第3の回折領域153は、上述したように、第1の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう対物レンズ134を介して集光する第1の波長の光50

ビームの回折次数 k_{10} の回折光の回折効率を高い状態で発生させるとともに、第2及び第3の光ディスクの信号記録面にそれぞれ集光する第2、第3の波長の光ビームの回折次数の回折効率を極力抑えて開口制限機能を有するように構成されているが、この第2及び第3の波長の光ビームにおけるそれぞれの回折次数の光ビームを第2、第3の光ディスクの信号記録面に焦点を結像させた状態からずらして、実質的に第2、第3の光ディスクの信号記録面に集光される光ビームの光量をさらに低減、すなわちフレア化するように構成してもよい。

【0209】

ここで、第3の回折領域153において、フレア化させること、及びその構成について説明する。上述の第1の回折領域151の説明において、条件式 $(1 \times k_{1x} - 2 \times k_{2x}) / (t_1 - t_2) = (1 \times k_{1x} - 3 \times k_{3x}) / (t_1 - t_3)$ を満たすことが要求されていることについて述べたが、この条件式(外輪帯においてこの条件式中の k_{1x}, k_{2x}, k_{3x} の x は、 $x = 0$ とする)は、第3の回折領域153においても考慮されるものである。そして、この外輪帯としての第3の回折領域153においては、上述のような第1の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう対物レンズ134を介して集光する第1の波長の光ビームの回折次数 k_{10} の回折光を回折効率を高い状態で発生させるという機能を考慮すると、プロットされる P_1 を設計直線上に位置させれば良いが、さらに第2の波長若しくは第3の波長、又は第2及び第3の波長、についてフレア化させるために、それぞれ対応する P_2, P_3 について、故意にこの設計直線上から乖離させるような設計直線を選択するようにすればよい。

【0210】

すなわち、 P_2 について設計直線から乖離させたような設計直線に基づき形成された対物レンズ134を構成することにより、第2の波長の光ビームの当該回折次数の回折光を第2の光ディスクの信号記録面に焦点を結像させた状態からずらすことができ、実質的に第2の光ディスクの信号記録面に集光される第2の波長の光ビームの光量を低減させることができ、これにより、上述の第2の波長の光ビームに対する開口制限を確実且つ良好に行うことを可能とする。また、 P_3 について設計直線から乖離させたような設計直線に基づき形成された対物レンズ134を構成することにより、第3の波長の光ビームの当該回折次数の回折光を第3の光ディスクの信号記録面に焦点を結像させた状態からずらすことができ、実質的に第3の光ディスクの信号記録面に集光される第3の波長の光ビームの光量を低減させることができ、これにより、上述の第3の波長の光ビームに対する開口制限を確実且つ良好に行うことを可能とする。また、 P_2 及び P_3 の両者について設計直線から乖離させたような設計直線に基づき形成された対物レンズ134を構成することにより、上述した両方の効果、すなわち、対応する光ディスクの信号記録面に集光される第2及び第3の波長の光ビームの光量を低減させることを可能とする。

【0211】

具体的には、後述の図30に示すような $(k_{10}, k_{20}, k_{30}) = (+1, +2, +2)$ とした場合には、 P_2 が設計直線L12から乖離されており、当初から期待されていた第3の回折領域153に形成された回折構造により第2の波長の当該次数の回折光の回折効率を低減させる効果に加え、このフレア化の効果をさらに得て、これらの構成からさらに一層第2の光ディスクに入射してしまう第2の波長の光ビームの光量を抑えることを可能とする。また、後述の図34に示すような $(k_{10}, k_{20}, k_{30}) = (+4, +3, +3)$ とした場合には、 P_2 及び P_3 の両者が設計直線L14から乖離されており、当初から期待されていた第3の回折領域153に形成された回折構造により第2及び第3の波長の当該次数の回折光の回折効率を低減させる効果に加え、このフレア化の効果をさらに得て、これらの構成からさらに一層第2及び第3の光ディスクにそれぞれ入射してしまう第2及び第3の波長の光ビームの光量を抑えることを可能とする。

【0212】

以下に、上述した内輪帯である第1の回折領域151と、中輪帯である第2の回折領域152と、外輪帯である第3の回折領域153とを有する回折部150の具体的な実施例

10

20

30

40

50

として、深さ d 及びブレーズ形状又は階段形状におけるステップ数 S についての具体的な数値を挙げ、各波長の光ビームに対して支配的となる次数の回折光の回折次数、及び、その回折次数の回折効率について表 4 及び後述の表 5 に示す。尚、表 4 は、回折部 150 の実施例 1 を示すものであり、表 5 は、回折部 150 の実施例 2 を示すものであり、表 4 及び表 5 中 k_1 は、各輪帯における第 1 の波長の光ビームの対物レンズ 134 を介して第 1 の光ディスクの信号記録面に適切にスポットを形成するように集光する回折次数 (k_{1i} , k_{1m} , k_{1o})、すなわち、回折効率が最大となる回折次数を示し、 e_{eff1} は、第 1 の波長の光ビームの当該回折次数 (k_{1i} , k_{1m} , k_{1o}) の回折効率を示し、 k_2 は、第 2 の波長の光ビームの対物レンズ 134 を介して第 2 の光ディスクの信号記録面に適切にスポットを形成するように集光する回折次数 (k_{2i} , k_{2m} , k_{2o}) 10、特に内輪帯及び中輪帯においては回折効率が最大となる回折次数を示し、 e_{eff2} は、第 2 の波長の光ビームの当該回折次数 (k_{2i} , k_{2m} , k_{2o}) の回折効率を示し、 k_3 は、第 3 の波長の光ビームの対物レンズ 134 を介して第 3 の光ディスクの信号記録面に適切にスポットを形成するように集光する回折次数 (k_{3i} , k_{3m} , k_{3o})、特に内輪帯においては回折効率が最大となる回折次数を示し、 e_{eff3} は、第 3 の波長の光ビームの当該回折次数 (k_{3i} , k_{3m} , k_{3o}) の回折効率を示し、 d は、各回折領域の溝深さを示し、 S は、階段形状の場合におけるステップ数又は「」あるのはブレーズ形状であることを示すものである。また、表 4 及び表 5 中「」は、各実施例の中輪帯又は外輪帯を通過する光ビームの対物レンズ 134 を介して対応する光ディスクの信号記録面に適切にスポットを形成するよう集光する回折次数、換言すると対応する光ディスクの信号記録面において球面収差が可能な回折次数、又は後述のようにフレア化された状態の回折次数を示すものであり、「~0」は、回折効率が略 0 の状態を示すものである。

【0213】

【表 4】

実施例 1 の各輪帯の回折次数、回折効率、深さ、ステップ数

	k_1	e_{eff1}	K_2	e_{eff2}	K_3	e_{eff3}	$d [\mu m]$	S
内輪帯	1	0.91	1	0.73	1	0.53	0.9	∞
中輪帯	1	0.72	1	0.66	※	~0	5.1	3
外輪帯	1	0.92	※	~0	※	~0	0.65	∞

10

20

30

【0214】

ここで、表 4 に示す実施例 1 について説明する。実施例 1 の内輪帯においては、表 4 に示すように、溝深さ $d = 0.9 \mu m$ のブレーズ形状 ($S =$) としたときの、第 1 の波長の光ビームの回折次数 $k_{1i} = +1$ の回折効率 $e_{eff1} = 0.91$ であり、第 2 の波長の光ビームの回折次数 $k_{2i} = +1$ の回折効率 $e_{eff2} = 0.73$ であり、第 3 の波長の光ビームの回折次数 $k_{3i} = +1$ の回折効率 $e_{eff3} = 0.53$ である。

【0215】

次に、この実施例 1 の内輪帯について図 27 (a) ~ 図 27 (c) を用いて、さらに具体的に説明する。図 27 (a) は、ステップ数 $S =$ のブレーズ形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 1 の波長の光ビームの +1 次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図 27 (b) は、ステップ数 $S =$ のブレーズ形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 2 の波長の光ビームの +1 次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図 27 (c) は、ステップ数 $S =$ のブレーズ形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 3 の波長の光ビームの +1 次回折光の回折効率の変化を示す図である。図 27 (a) ~ 図 27 (c) 中において横軸は、溝深さ (nm) を示し、縦軸は、回折効率 (光の強度) を示す図である。そして、横軸が $900 nm$ の位置において、図 27 (a) に示すように、 e_{eff1} は、0.91 であり、図 27 (b) に示すように、 e_{eff2} は、0.73 であり、図 27 (c) に示すように、 e_{eff3} は、0.53 である。

【0216】

40

50

また、実施例 1 の中輪帯においては、表 4 に示すように、溝深さ $d = 5.1$ (μm)、ステップ数 $S = 3$ としたとき、第 1 の波長の光ビームの回折次数 $k_{1m} = +1$ の回折効率 $e_{ff1} = 0.72$ であり、第 2 の波長の光ビームの回折次数 $k_{2m} = +1$ の回折効率 $e_{ff2} = 0.66$ である。また、この領域を通過する第 3 の波長の光ビームの対物レンズ 134 を介して第 3 の光ディスクの信号記録面にスポットを形成するよう集光する回折次数 k_{3m} () の回折効率 e_{ff3} が略 0 である。

【0217】

次に、この実施例 1 の中輪帯について図 28 (a) ~ 図 28 (c) を用いて、さらに具体的に説明する。図 28 (a) は、ステップ数 $S = 3$ の階段形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 1 の波長の光ビームの +1 次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図 28 (b) は、ステップ数 $S = 3$ の階段形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 2 の波長の光ビームの +1 次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図 28 (c) は、ステップ数 $S = 3$ の階段形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 3 の波長の光ビームの +1 次回折光の回折効率の変化を示す図である。図 28 (a) ~ 図 28 (c) 中において横軸は、溝深さ (nm) を示し、縦軸は、回折効率 (光の強度) を示す図である。そして、横軸が 510 0 nm の位置において、図 28 (a) に示すように、 e_{ff1} は、0.72 であり、図 28 (b) に示すように、 e_{ff2} は、0.66 であり、図 28 (c) に示すように、 e_{ff3} は、略 0 である。尚、ここで、表 4 及び上述では「」で表した第 3 の波長の光ビームの回折次数は、+1 である。

【0218】

また、実施例 1 の外輪帯においては、表 4 に示すように、溝深さ $d = 0.65$ (μm) のブレーズ形状 ($S =$) としたときの、第 1 の波長の光ビームの回折次数 $k_{1o} = +1$ の回折効率 $e_{ff1} = 0.92$ である。また、この領域を通過する第 2 の波長の光ビームの対物レンズ 134 を介して第 2 の光ディスクの信号記録面にスポットを形成するよう集光する回折次数 k_{2o} () の回折効率 e_{ff2} が略 0 であり、この領域を通過する第 3 の波長の光ビームの対物レンズ 134 を介して第 3 の光ディスクの信号記録面にスポットを形成するよう集光する回折次数 k_{3o} () の回折効率 e_{ff3} が略 0 である。

【0219】

次に、この実施例 1 の外輪帯について図 29 (a) ~ 図 29 (c) を用いて、さらに具体的に説明する。図 29 (a) は、ステップ数 $S =$ のブレーズ形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 1 の波長の光ビームの +1 次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図 29 (b) は、ステップ数 $S =$ のブレーズ形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 2 の波長の光ビームの +2 次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図 29 (c) は、ステップ数 $S =$ のブレーズ形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 3 の波長の光ビームの +2 次回折光の回折効率の変化を示す図である。図 29 (a) ~ 図 29 (c) 中において横軸は、溝深さ (nm) を示し、縦軸は、回折効率 (光の強度) を示す図である。そして、横軸が 650 nm の位置において、図 29 (a) に示すように、 e_{ff1} は、0.92 であり、図 29 (b) に示すように、 e_{ff2} は、略 0 であり、図 29 (c) に示すように、 e_{ff3} は、略 0 である。尚、ここで、表 4 及び上述では「」で表した第 2 及び第 3 の波長の光ビームの回折次数は、それぞれ +2, +2 である。

【0220】

また、上述した実施例 1 の外輪帯においては、上述した (波長 × 次数) と、保護層厚さとの関係における設計直線のうち、保護層厚さを示す縦軸を Y 軸としたときの Y 切片位置及び傾きを対物レンズの設計によって変動させて第 2 の波長についてフレア化している。よって、このような設計直線に基づいて適切な対物レンズ設計を行えば、第 2 の波長の光ビームの光量をさらに抑えてこの第 2 の波長の光ビームに対して良好な開口制限を行うことができる。具体的には、実施例 1 の外輪帯は、図 30 に示すように、各回折次数 (k_{1o}, k_{2o}, k_{3o}) = (+1, +2, +2) で各点 P_1, P_2, P_3 をプロットし、 L_{12} に示すような設計直線を設定したものである。図 30 において、第 1 の波長の設計点 P_1 と第 3 の波長の設計点 P_3 とは、設計直線 L_{12} 上に位置するために、回

10

20

30

40

50

折次数 k_{10} , k_{30} の回折光の収差は略 0 となる。一方、第 2 の波長におけるプロットされた点 P_2 は、収差ゼロ設計点とはかなりの乖離を有しており、上述したようなフレア化していることを示している。尚、図 30においては、 $(k_{20}, k_{30}) = (2, 2)$ のプロットしか示していないが、第 2 及び第 3 の波長においてその他の次数でも同様に設計直線 L_{12} から乖離していることとなる。この結果、第 2 の波長においては収差が取れ残り、すなわち、結果としてこの外輪帯を通過した第 2 の波長の光ビームは信号記録面で結像しないで、第 2 の光ディスクに入射してしまう第 2 の波長の光ビームの光量を抑えることができる。この結果、第 2 の波長の回折効率にかかわらず、適切な開口制限 ($N_A = 0.6$) を実現することができる。

【0221】

10

以上のように実施例 1 の外輪帯は、回折面をブレーツ化している構成から、後述のように対物レンズの一方の面にこの回折部を設けるような場合にも、外輪帯という性質上レンズ外周部のレンズ面の傾斜のきつい曲面に対しても比較的容易に回折溝を形成できる。また、実施例 1 の外輪帯は、第 2 の波長と同様に開口制限を行いたい第 3 の波長について +2 次を選択することで球面収差が補正された状態となって集光されるものの、図 29 にも示すように回折効率が略 0 となっているために開口制限機能を発揮することができる。

【0222】

次に、表 5 に示す実施例 2 について説明する。尚、実施例 2 の内輪帯は、表 4 及び表 5 に示すように、上述した実施例 1 の内輪帯と同じ構成であるので説明は省略する。

【0223】

20

【表 5】

実施例 2 の各輪帯の回折次数、回折効率、深さ、ステップ数

	k_1	eff_1	k_2	eff_2	k_3	eff_3	$d[\mu\text{m}]$	s
内輪帯	1	0.91	1	0.73	1	0.53	0.9	∞
中輪帯	3	0.96	2	0.93	※	~0	2.4	∞
外輪帯	4	1.0	※	~0	※	~0	3.1	∞

【0224】

30

実施例 2 の中輪帯においては、表 5 に示すように、溝深さ $d = 2.4 (\mu\text{m})$ のブレーツ形状 ($S = \dots$) としたときの、第 1 の波長の光ビームの回折次数 $k_{1m} = +3$ の回折効率 $\text{eff}_1 = 0.96$ であり、第 2 の波長の光ビームの回折次数 $k_{2m} = +2$ の回折効率 $\text{eff}_2 = 0.93$ である。また、この領域を通過する第 3 の波長の光ビームの対物レンズ 134 を介して第 3 の光ディスクの信号記録面にスポットを形成するよう集光する回折次数 $k_{3m} (\dots)$ の回折効率 $\text{eff}_3 = 0.48$ であるが、後述するようにスポットがフレア化されるため、結像には寄与しない。

【0225】

次に、この実施例 2 の中輪帯について図 31 (a) ~ 図 31 (c) を用いて、さらに具体的に説明する。図 31 (a) は、ステップ数 $S = \dots$ のブレーツ形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 1 の波長の光ビームの +3 次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図 31 (b) は、ステップ数 $S = \dots$ のブレーツ形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 2 の波長の光ビームの +2 次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図 31 (c) は、ステップ数 $S = \dots$ のブレーツ形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 3 の波長の光ビームの +2 次回折光の回折効率の変化を示す図である。図 31 (a) ~ 図 31 (c) 中において横軸は、溝深さ (nm) を示し、縦軸は、回折効率 (光の強度) を示す図である。そして、横軸が 2400 nm の位置において、図 31 (a) に示すように、 eff_1 は、0.96 であり、図 31 (b) に示すように、 eff_2 は、0.93 であり、図 31 (c) に示すように、 eff_3 は、0.48 であるが、後述するようにスポットがフレア化される。尚、ここで、表 5 及び上述では「」で表した第 3 の波長の光ビームの回折次数は、+2 で

40

50

ある。

【0226】

また、この実施例2の中輪帯においても、上述した実施例1の外輪帯の場合と同様に、対物レンズの設計直線を変動させて、第3の波長についてフレア化して、良好な開口制限を行うように構成している。具体的には、実施例2の中輪帯は、図33に示すように、各回折次数(k_{1m} , k_{2m} , k_{3m})=(+3, +2, +2)で各点P₁, P₂, P₃をプロットし、L13に示すような設計直線を設定したものである。図33において、第1の波長の設計点P₁と第2の波長の設計点P₂とは、設計直線L13上に位置するために、回折次数 k_{1m} , k_{2m} の回折光の収差は略0となる。一方、第3の波長におけるプロットされた点P₃は、収差ゼロ設計点とはかなりの乖離を有しており、上述したようなフレア化されていることを示している。尚、図33においては、 $k_{3m} = +2$ のプロットしか示していないが、第3の波長においてその他の次数でも同様に設計直線L13から乖離していることとなる。この結果、第3の波長においては収差が取れ残り、すなわち、結果としてこの中輪帯を通過した第3の波長の光ビームは信号記録面に結像しないで、第3の光ディスクに入射してしまう第3の波長の光ビームの光量を抑えることができる。この結果、図31に示すように第3の波長の光ビームの回折効率が少し存在しても、これらの光ビームは結像に対して寄与せず、適切な開口制限(NA=0.45)を実現することができる。
10

【0227】

また、以上のような実施例2の中輪帯は、上述した実施例1の中輪帯より第1の波長に20
対して高い回折効率を有しているため、その意味において優れている。

【0228】

また、実施例2の外輪帯においては、表5に示すように、溝深さ $d = 3.1 (\mu m)$ のブレーズ形状($S = \text{?}$)としたときの、第1の波長の光ビームの回折次数 $k_{1o} = +4$ の回折効率 $e_{fff1} = 1.0$ である。また、この領域を通過する第2の波長の光ビームの対物レンズ134を介して第2の光ディスクの信号記録面にスポットを形成するよう集光する回折次数 $k_{2o} (\text{?})$ の回折効率 $e_{fff2} = 0.25$ であるが、後述するようにスポットがフレア化されるため、結像には寄与しない。さらに、この領域を通過する第3の波長の光ビームの対物レンズ134を介して第3の光ディスクの信号記録面にスポットを形成するよう集光する回折次数 $k_{3o} (\text{?})$ の回折効率 e_{fff3} が略0である。
30

【0229】

次に、この実施例2の外輪帯について図32(a)~図32(c)を用いて、さらに具体的に説明する。図32(a)は、ステップ数 $S = \text{?}$ のブレーズ形状の溝深さ d を変化させた場合の、第1の波長の光ビームの+4次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図32(b)は、ステップ数 $S = \text{?}$ のブレーズ形状の溝深さ d を変化させた場合の、第2の波長の光ビームの+3次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図32(c)は、ステップ数 $S = \text{?}$ のブレーズ形状の溝深さ d を変化させた場合の、第3の波長の光ビームの+3次回折光の回折効率の変化を示す図である。図32(a)~図32(c)中において横軸は、溝深さ(nm)を示し、縦軸は、回折効率(光の強度)を示す図である。そして、横軸が3100nmの位置において、図32(a)に示すように、 e_{fff1} は、1.0であり、図32(b)に示すように、 e_{fff2} は、0.25であるが、後述するようにスポットがフレア化される。さらに、図32(c)に示すように、 e_{fff3} は、略0である。尚、ここで、表5及び上述では「」で表した第2及び第3の波長の光ビームの回折次数は、それぞれ+3, +3である。
40

【0230】

また、この実施例2の外輪帯においても、上述した実施例1の外輪帯の場合と同様に、対物レンズの設計直線を変動させて、第2及び第3の波長についてフレア化して、良好な開口制限を行うように構成している。具体的には、実施例2の外輪帯は、図34に示すように、各回折次数(k_{1o} , k_{2o} , k_{3o})=(+4, +3, +3)で各点P₁, P₂, P₃をプロットし、L14に示すような設計直線を設定したものである。図34
50

において、第1の波長の設計点 P_1 は、設計直線 L_{14} 上に位置するために、回折次数 k_{10} の回折光の収差は略0となる。一方、第2及び第3の波長におけるプロットされた点 P_2, P_3 は、収差ゼロ設計点とはかなりの乖離を有しており、上述したようなフレア化されていることを示している。尚、図34においては、 $(k_{20}, k_{30}) = (+3, +3)$ のプロットしか示していないが、第2及び第3の波長においてその他の次数でも同様に設計直線 L_{14} から乖離していることとなる。この結果、第2及び第3の波長においては収差が取れ残り、すなわち、結果としてこの外輪帯を通過した第2及び第3の波長の光ビームは信号記録面に結像しないで、それぞれ第2及び第3の光ディスクに入射してしまう第2及び第3の波長の光ビームの光量を抑えることができる。この結果、図32に示すように第2の波長の光ビームの回折効率が少し存在しても、これらの光ビームは結像に対して寄与せず、適切な開口制限 ($NA = 0.6$) を実現することができ、また、第3の波長の光ビームに対しては、さらに適切な開口制限 ($NA = 0.45$) を実現することができる。
10

【0231】

尚、外輪帯においては実施例1のものが基本的に設計上採用しやすいともいえるが、上述したようにこのような外輪帯を有する回折部において、上述したように温度による収差変化量を低減したいという要求があり、このような観点から実施例2の外輪帯は有利である。このことについて、上述した温度変化に伴う構成材料の屈折率変動による影響項 W_n と、温度変化に伴う光ビームの波長変動による影響項 W とを用いて説明する。一般的に、 $|W_n|$ は、 $|W|$ よりも大きいために、1次程度の回折次数では、 W_0 を実現するのが困難である。そして影響項 W は、回折次数に略比例するため、回折次数をなるべく大きいものを採用することによって、回折によって生じる収差変化量ともいえる W を増大し、温度上昇によって生じる球面収差量 W を、 W_0 とすることを目指すことができる。このような観点における設計例が、図32及び図34を用いて説明した実施例2の外輪帯 ($k_{10} = +4$) であり、 $k_{10} = +1$ を採用した実施例1の外輪帯よりも温度変化時の発生収差量を低減できるものである。尚、このことを、上述した図25を用いて説明したのと同様に縦収差図を用いて説明すると、例えば、 $(k_{1i}, k_{1m}, k_{10}) = (+1, +1, +1)$ のような場合の温度変化に伴う縦収差図を図25(b)のように得られるとすると、中輪帯及び外輪帯において比較的高次の回折次数を選択して $(k_{1i}, k_{1m}, k_{10}) = (+1, +3, +4)$ のような場合には、図25(c)のような状態が得られることとなる。図25(c)において、破線 L_{wn} は、図25(b)の場合と同様であり、一点鎖線 L_{w3} は、中輪帯及び外輪帯において比較的高次の回折次数を選択した場合の波長変動による影響項 W を縦収差として示すものである。そして、図25(c)に示す、実線 L_{w3} は、 L_{wn} 及び L_{w3} により示される影響項 W_n 及び影響項 W を加算した温度変化によって生じる球面収差量 W を示すものである。このように、図25(c)によれば、図25(b)に示す実線 L_{w2} で示される縦収差量と比べても、さらに、縦収差 (L_{w3}) の発生が抑えられることが示されている。
20
30

【0232】

以上のような内輪帯、中輪帯及び外輪帯を備える実施例2の回折部では、特に第1の波長に対する回折効率が全ての輪帯に亘って良好であり、3波長互換において特に要求が強く、且つ従来検討されてきた互換レンズでは、困難であった、第1の波長に対する高回折効率を実現するものである。
40

【0233】

以上のような構成とされた第1乃至第3の回折領域 $151, 152, 153$ を有する回折部 150 及び対物レンズ 134 は、第1の回折領域 151 を通過する第1乃至第3の波長の光ビームを、共通の対物レンズ 134 を介してそれぞれ対応する種類の光ディスクの信号記録面に球面収差が発生しない発散角の状態、すなわち、対物レンズ 134 を介して球面収差が補正される収束状態で対物レンズ 134 に入射させて対応する光ディスクの信号記録面に適切なスポットを集光させることができ、第2の回折領域 152 を通過する第
50

1 及び第 2 の波長の光ビームを、共通の対物レンズ 134 を介してそれぞれ対応する種類の光ディスクの信号記録面に球面収差が発生しない発散角の状態、すなわち、対物レンズ 134 を介して球面収差が補正される収束状態で対物レンズ 134 に入射させて対応する光ディスクの信号記録面に適切なスポットを集光させることができ、第 3 の回折領域 153 を通過する第 1 の波長の光ビームを対物レンズ 134 を介して対応する種類の光ディスクの信号記録面に球面収差が発生しない発散角の状態、すなわち、対物レンズ 134 を介して球面収差が補正される拡散状態又は収束状態で対物レンズ 134 に入射させて対応する光ディスクの信号記録面に適切なスポットを集光させることができる。

【 0 2 3 4 】

すなわち、光ピックアップ 103 の光学系における第 1 乃至第 3 の出射部と信号記録面との間の光路上に配置される回折光学素子 135 の一面に設けられた回折部 150 は、それぞれの領域（第 1 乃至第 3 の回折領域 151, 152, 153）を通過するそれぞれの波長の光ビームを信号記録面に発生する球面収差を低減する状態で対物レンズ 134 に入射させることができるので、光ピックアップ 103 において第 1 乃至第 3 の波長の光ビームを共通の対物レンズ 134 を用いてそれぞれ対応する光ディスクの信号記録面に集光させたときの信号記録面に発生する球面収差を極限まで低減することができ、すなわち、3 種類の光ディスクに対して 3 種類の波長と共に共通の対物レンズ 134 とを用いた光ピックアップの 3 波長互換を実現してそれぞれの光ディスクに対して適切に情報信号の記録及び／又は再生を可能とする。

【 0 2 3 5 】

また、上述したような第 1 乃至第 3 の回折領域 151, 152, 153 を有する回折部 150 及び対物レンズ 134 は、内輪帯としての第 1 の回折領域 151 により選択されて対物レンズ 134 を介して対応する光ディスクの信号記録面に集光される回折次数 (k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}) が、 (+1, +1, +1) となるようにされていることから、3 波長に対して球面収差を低減した状態で且つそれぞれの高い回折効率ですなわち光量を十分な状態で各光ディスクの信号記録面に集光させることができ、また、温度変化で発生する球面収差を低減でき、さらに、形成すべき回折構造の溝深さが深くなりすぎることを防止して製造容易であるとともに精度劣化等の問題も防止して製造上有利な構成とすることができます。

【 0 2 3 6 】

さらに、回折部 150 及び対物レンズ 134 は、中輪帯としての第 2 の回折領域 152 により選択されて対物レンズ 134 を介して対応する光ディスクの信号記録面に集光される回折次数 (k_{1m}, k_{2m}) が、 (+1, +1) 又は (+3, +2) となるように構成されることで、第 1 及び第 2 の波長に対して球面収差を低減した状態で且つ光量を十分な状態で各光ディスクの信号記録面に集光させることができ、また、温度変化で発生する球面収差を低減でき、製造上有利な構成とすることができます、さらに、上述したフレア化による効果も得ることができる。

【 0 2 3 7 】

さらにまた、回折部 150 及び対物レンズ 134 は、外輪帯としての第 3 の回折領域 153 により選択されて対物レンズ 134 を介して対応する光ディスクの信号記録面に集光される回折次数 k_{1o} が、 +1, +2, +3, +4, +5 となるように構成されることで、第 1 の波長に対して球面収差が低減した状態で且つ光量を十分な状態で各光ディスクの信号記録面に集光させることができ、また、温度変化で発生する球面収差を低減でき、製造上有利な構成とすることができます、さらに、上述したフレア化による効果も得ることができる。

【 0 2 3 8 】

また、第 1 乃至第 3 の回折領域 151, 152, 153 を有する回折部 150 は、従来検討してきた 3 波長互換レンズでは解消が困難であった回折効率及び温度変動時の球面収差の問題点も良好に解消することができる。すなわち、従来検討してきた 3 波長互換レンズでは、最短波長である第 1 の波長の設計効率を高めることが困難で、さらに 3 波長

10

20

30

40

50

互換のためにレンズ外周部で曲率が大きくなってしまうため、この外周部に形成される回折構造の形状精度が低下した場合に回折効率が低下したときに必要な回折効率が得られないといった問題や、第1乃至第3の波長において異符号とされた回折次数を選択したようなものでは、両者の温度変動時の振る舞いが逆転すること、このような回折部において一般的に温度上昇時の屈折率による球面収差発生量を温度上昇時の波長変動による球面収差発生量で相殺するようにされていること、及び温度上昇時の波長変動による球面収差発生量は回折方向によりその影響の正負が決まること、から第1乃至第3の波長において同符号の回折次数を選択した波長においては収差を抑えることができても、異符号の回折次数を選択した波長においては収差量が増大してしまうことがあるといった問題があったのに対し、上述した第1乃至第3の回折領域151, 152, 153を有する回折部150は、第1の波長に対する設計効率を100%近くまで高めることができるとともに、温度変動時の球面収差の発生も抑えることができる。10

【0239】

さらに、回折部150は、第1の回折領域151において、溝深さの浅いブレーズ形状により形成して3波長互換を実現することで、製造工程が容易となり、製造の容易化及び低コスト化を可能とし、特に、後述のようにこの回折部の対物レンズへの一体化の際には、製造上有利な構成とすることができます。また、回折部150は、第2及び第3の回折領域152, 153において、溝深さの浅いブレーズ形状により形成されるように構成した場合には、製造工程が容易となり、製造の容易化及び低コスト化を可能とし、特に、後述のようにこの回折部の対物レンズへの一体化の際には、製造上有利な構成とすることができます。20

【0240】

また、第1乃至第3の回折領域151, 152, 153を有する回折部150は、第2及び第3の回折領域152, 153を通過する第3の波長の光ビームを対物レンズ134を介して対応する種類の光ディスクの信号記録面に適切に集光する回折次数以外の次数が支配的となるようにすることで、第3の波長の光ビームについて、第1の回折領域151を通過した部分の光ビームのみを対物レンズ134を介して光ディスクの信号記録面に集光させるとともに、この第1の回折領域151がこの領域を通過する第3の波長の光ビームを所定のNAとなるような大きさに形成されることにより、第3の波長の光ビームについて例えば0.45程度のNAとなるように開口制限を行うことを可能とする。尚、回折部150及び対物レンズ134は、第2及び第3の回折領域152, 153の一方又は両方で、上述のような第3の波長に対してフレア化する構成とすることにより、第3の光ディスクの信号記録面に集光する第3の波長の光ビームの光量をさらに抑えてより一層開口制限の機能を発揮することを可能とする。30

【0241】

また、回折部150は、第3の回折領域153を通過する第2の波長の光ビームを対物レンズ134を介して対応する種類の光ディスクの信号記録面に適切に集光する回折次数以外の次数が支配的となるようにすることで、第2の波長の光ビームについて、第1及び第2の回折領域151, 152を通過した部分の光ビームのみを対物レンズ134を介して光ディスクの信号記録面に集光させるとともに、この第1及び第2の回折領域151, 152がこの領域を通過する第2の波長の光ビームを所定のNAとなるような大きさに形成されることにより、第2の波長の光ビームについて例えば0.60程度のNAとなるように開口制限を行うことを可能とする。尚、回折部150及び対物レンズ134は、第3の回折領域153で、上述のような第2の波長に対してフレア化する構成とすることにより、第2の光ディスクの信号記録面に集光する第2の波長の光ビームの光量をさらに抑えてより一層開口制限の機能を発揮することを可能とする。40

【0242】

また、回折部150は、第3の回折領域153の外側の領域を通過する第1の波長の光ビームを対物レンズ134を介して対応する種類の光ディスクの信号記録面に適切に集光しないような状態又は遮蔽することで、第1の波長の光ビームについて、第1乃至第3の50

回折領域 151, 152, 153 を通過した部分の光ビームのみを対物レンズ 134 を介して光ディスクの信号記録面に集光させるとともに、この第1乃至第3の回折領域 151, 152, 153 がこの領域を通過する第1の波長の光ビームを所定のNAとなるような大きさに形成されることにより、第1の波長の光ビームについて例えば0.85程度のNAとなるように開口制限を行うことを可能とする。

【0243】

このように、上述のような光路上に配置される回折光学素子 135 の一面に設けられた回折部 150 は、3 波長互換を実現するのみならず、3 種類の光ディスク及び第1乃至第3の波長の光ビームのそれぞれに適応した開口数で開口制限した状態で共通の対物レンズ 134 に各波長の光ビームを入射させることを可能とする。すなわち、回折部 150 は、3 波長に対応した収差補正の機能を有するのみならず、開口制限手段としての機能も有する。10

【0244】

尚、上述の実施例における各回折領域の構成を適宜組み合わせて回折部を構成することが可能である。すなわち、各回折領域を通過する各波長の回折次数は、適宜選択可能である。尚、各回折領域を通過する各波長の回折次数を変える場合には、この各領域を通過した各波長の各回折次数に対応した対物レンズ 134 を用いればよい。

【0245】

また、上述では、図 35 (a) に示すように、対物レンズ 134 とは別体に設けた回折光学素子 135 の入射側の面に、3 つの回折領域 151, 152, 153 からなる回折部 150 を設けるように構成したが、これに限られるものではなく、回折光学素子 135 の出射側の面に設けてもよい。さらに、第1乃至第3の回折領域 151, 152, 153 を有する回折部 150 は、対物レンズの入射側又は出射側の面に一体に設けるように構成してもよく、例えば図 35 (b) に示すように、その入射側の面に回折部 150 を有する対物レンズ 134B を設けるように構成してもよい。例えば、対物レンズ 134B の入射側の面に設けられる場合には、対物レンズとしての機能として要求される入射側の面の面形状を基準として、これに上述のような回折構造の面形状を合わせたような面形状が形成されることとなる。このように構成される対物レンズ 134B は、上述した回折光学素子 135 及び対物レンズ 134 が 2 つの素子により集光光学デバイスとして機能していたのに対して、1 つの素子のみで、3 つの異なる波長の光ビームをそれぞれに対応する光ディスクの信号記録面に球面収差を発生しないように適切に集光する集光光学デバイスとして機能する。回折部 150 を対物レンズ 134B に一体に設けることにより、さらなる光学部品の削減、及び構成の小型化を可能とする。回折部 150 と同様の機能を有する回折部を入射側又は出射側の面に一体に設けられた対物レンズ 134B は、光ピックアップに用いられることにより収差等を低減して光ピックアップの3 波長互換を実現するとともに、部品点数を削減して、構成の簡素化及び小型化を可能とし、高生産性、低コスト化を実現する。尚、上述した回折部 150 は、従来困難であった 3 波長互換のための収差補正用の回折構造を一面に設けるだけで十分であるので、上述のような屈折素子としての対物レンズ 134 に一体に形成することを可能とし、これによりプラスチックレンズに回折面を直接形成する構成を可能とし、回折部 150 を一体化した対物レンズ 134B をプラスチック材料により構成することでより高生産性、低コスト化を実現する。3040

【0246】

回折光学素子 135 と第3のビームスプリッタ 138 との間に設けられたコリメータレンズ 142 は、第2のビームスプリッタ 137 で光路を合成され、第3のビームスプリッタ 138 を透過された、第1乃至第3の波長の光ビームの発散角をそれぞれ変換して、例えば略平行光の状態として、1/4 波長板 143 及び回折光学素子 135 側に出射させる。具体的に、コリメータレンズ 142 は、第1及び第2の波長の光ビームの発散角を、略平行光の状態として上述した回折光学素子 135 に入射させるとともに、第3の波長の光ビームの発散角を、平行光に対してわずかに拡散した発散角の状態（以下、「有限系の状態」ともいう。）で回折光学素子 135 に入射させるように構成することにより、図 24

を用いて説明した第3の波長の光ビームの回折光学素子135及び対物レンズ134を介して第3の光ディスクの信号記録面に集光する際に僅かに発生してしまう球面収差を低減してより収差が発生しない3波長互換を実現する。ここでは、第3の波長の光ビームを出射させる第3の出射部を有する第3の光源部133とコリメータレンズ142との配置関係により、この所定の発散角の状態で回折光学素子135に入射させることを実現したが、例えば、複数の出射部を共通の光源部に配置した場合には、第3の波長の光ビームの発散角のみを変換する素子を設けることや、コリメータレンズ142を駆動する手段を設けること等により所定の発散角の状態で回折光学素子135に入射させることを実現してもよい。また、同様に、第2の波長の光ビーム、又は第2及び第3の波長の光ビームを有限系の状態で回折光学素子135に入射させるように構成して、さらに収差を低減するよう 10 にしてよい。また、第2及び第3の波長の光ビームを有限系で且つ拡散状態で入射させることにより、戻り倍率を調整することを実現し、戻り倍率の調整によりフォーカス引き込み範囲等をフォーマットに適合させた所望の状態として、さらに良好な光学系の互換性を達成するようにしてもよい。尚、この場合には、上述した波長×回折次数と、保護層厚さとの関係で第2及び第3の波長についてプロットされる点P₂、P₃に対して設計直線が所望の距離だけ下方に位置するように設定して対物レンズ134を形成するようすればよい。

【0247】

マルチレンズ146は、例えば、波長選択性のマルチレンズであり、各光ディスクの信号記録面で反射され、対物レンズ134、回折光学素子135、立ち上げミラー144、1/4波長板143、及びコリメータレンズ142を経由して、第3のビームスプリッタ138で反射されて往路の光ビームより分離された戻りの第1乃至第3の波長の光ビームを光検出器145のフォトディテクタ等の受光面に適切に集光する。このとき、マルチレンズ146は、フォーカスエラー信号等の検出のための非点収差を戻りの光ビームに付与する。

【0248】

光検出器145は、マルチレンズ146で集光された戻りの光ビームを受光して、情報信号とともに、フォーカスエラー信号及びトラッキングエラー信号等の各種検出信号を検出する。

【0249】

以上のように構成された光ピックアップ103は、光検出器145によって得られたフォーカスエラー信号及びトラッキングエラー信号に基づいて、対物レンズ134を駆動変位させることによって、光ディスク2の信号記録面に対して対物レンズ134が合焦位置に移動されて、光ビームが光ディスク2の信号記録面に合焦されて、光ディスク2に対して情報の記録又は再生が行われる。

【0250】

光ピックアップ103は、回折光学素子135の一方の面に設けられ、第1乃至第3の回折領域151、152、153を有する回折部150により、各波長の光ビームに対して領域毎に最適な回折効率及び回折角を与えることができ、保護層の厚さ等のフォーマットが異なる3種類の第1乃至第3の光ディスク11、12、13の信号記録面における球面収差を十分に低減でき、異なる3波長の光ビームを用いて、複数種類の光ディスク11、12、13に対して信号の読み取り及び書き込みを可能とする。

【0251】

また、上述の光ピックアップ103の回折部150を有する回折光学素子135及び対物レンズ134は、入射した光ビームを所定の位置に集光させる集光光学装置として機能することができる。この集光光学装置は、回折光学素子135の一方の面に設けられる回折部150により、異なる3種類の光ディスクに対して光ビームを照射して情報信号の記録及び/又は再生を行う光ピックアップに用いられた場合に、3種類の光ディスクの信号記録面に対応する光ビームを球面収差を十分に低減した状態で適切に集光することを可能とし、すなわち、3波長に対して共通の対物レンズ134を用いる光ピックアップの3波 40 50

長互換を可能とする。

【0252】

また、上述では、回折部150が設けられた回折光学素子135及び対物レンズ134を一体となるように、対物レンズ134を駆動する対物レンズ駆動機構等のアクチュエータに設けるように構成したが、このアクチュエータのレンズホルダに組み付ける際の組み付け精度を高めるとともに組付けを容易にするために回折光学素子135及び対物レンズ134をユニット状にして一体としたような集光光学ユニットとして構成してもよい。例えば、回折光学素子135及び対物レンズ134を、スペーサ等を用いて、位置、間隔及び光軸を合わせながらホルダにより固定することで一体化して集光光学ユニットを構成できる。回折光学素子135及び対物レンズ134は、上述のように、対物レンズ駆動機構に一体に組み付けられることにより例えトラッキング方向へ変位される等の視野振りの際にも第1乃至第3の波長の光ビームの球面収差を低減させた状態で各光ディスクの信号記録面に適切に集光することが可能となる。10

【0253】

次に、上述のように構成された光ピックアップ103における、第1乃至第3の光源部131, 132, 133から出射された光ビームの光路について、図20を用いて説明する。まず、第1の光ディスク11に対して第1の波長の光ビームを出射させて情報の読み取り又は書き込みを行うときの光路について説明する。

【0254】

光ディスク2の種類が第1の光ディスク11であることを判別したディスク種類判別部22は、第1の光源部131の第1の出射部から第1の波長の光ビームを出射させる。20

【0255】

第1の出射部から出射された第1の波長の光ビームは、第1のグレーティング139によりトラッキングエラー信号等の検出のため3ビームに分割され、第2のビームスプリッタ137に入射される。第2のビームスプリッタ137に入射された第1の波長の光ビームは、そのミラー面137aで反射され、第3のビームスプリッタ138側に出射される。

【0256】

第3のビームスプリッタ138に入射された第1の波長の光ビームは、そのミラー面138aを透過されて、コリメータレンズ142側に出射され、コリメータレンズ142により発散角を変換されて略平行光とされ、1/4波長板143に所定の位相差を付与され、立ち上げミラー144で反射されて回折光学素子135側に出射される。30

【0257】

回折光学素子135に入射した第1の波長の光ビームは、その入射側の面に設けられた回折部150の第1乃至第3の回折領域151, 152, 153により、各領域を通過した光ビームがそれぞれ上述のように所定の回折次数(k1i, k1m, k1o)が支配的となるようにして出射され、対物レンズ134に入射される。尚、回折光学素子135から出射される第1の波長の光ビームは、所定の発散角の状態とされているのみならず、開口制限された状態とされている。

【0258】

対物レンズ134に入射した第1の波長の光ビームは、各領域151, 152, 153を通過した光ビームが球面収差を低減できるような発散角の状態(収束状態)で入射されているので、対物レンズ134により、第1の光ディスク11の信号記録面に適切に集光される。

【0259】

第1の光ディスク11で集光された光ビームは、信号記録面で反射し、対物レンズ134、回折光学素子135、立ち上げミラー144、1/4波長板143、コリメータレンズ142を経由して、第3のビームスプリッタ138のミラー面138aにより反射されて光検出器145側に出射される。

【0260】

50

第3のビームスプリッタ138により反射された往路の光ビームから光路分岐された光ビームは、マルチレンズ146により光検出器145に受光面に集束されて検出される。

【0261】

次に、第2の光ディスク12に対して第2の波長の光ビームを出射させて情報の読み取り又は書き込みを行うときの光路について説明する。

【0262】

光ディスク2の種類が第2の光ディスク12であることを判別したディスク種類判別部22は、第2の光源部132の第2の出射部から第2の波長の光ビームを出射させる。

【0263】

第2の出射部から出射された第2の波長の光ビームは、第2のグレーティング140によりトラッキングエラー信号等の検出のため3ビームに分割され、第1のビームスプリッタ136に入射される。第1のビームスプリッタ136に入射された第2の波長の光ビームは、そのミラー面136aを透過され、第2のビームスプリッタ137のミラー面137aも透過され、第3のビームスプリッタ138側に出射される。10

【0264】

第3のビームスプリッタ138に入射された第2の波長の光ビームは、そのミラー面138aを透過されて、コリメータレンズ142側に出射され、コリメータレンズ142により発散角を変換されて略平行光又は拡散光とされ、1/4波長板143に所定の位相差を付与され、立ち上げミラー144で反射されて回折光学素子135側に出射される。20

【0265】

回折光学素子135に入射した第2の波長の光ビームは、その入射側の面に設けられた回折部150の第1乃至第3の回折領域151, 152, 153により、各領域を通過した光ビームがそれぞれ上述のような所定の回折次数が支配的となるようにして出射され、対物レンズ134に入射される。尚、回折光学素子135から出射される第2の波長の光ビームは、所定の発散角の状態とされているのみならず、対物レンズ134に入射することにより開口制限の効果が得られる状態とされている。

【0266】

対物レンズ134に入射した第2の波長の光ビームは、第1及び第2の回折領域151, 152を通過した光ビームが球面収差を低減できるような発散角の状態で入射されているので、対物レンズ134により、第2の光ディスク12の信号記録面に適切に集光される。30

【0267】

第2の光ディスク12の信号記録面で反射された光ビームの復路側の光路については、上述した第1の波長の光ビームと同様であるので、省略する。

【0268】

次に、第3の光ディスク13に対して第3の波長の光ビームを出射させて情報の読み取り又は書き込みを行うときの光路について説明する。

【0269】

光ディスク2の種類が第3の光ディスク13であることを判別したディスク種類判別部22は、第3の光源部133の第3の出射部から第3の波長の光ビームを出射させる。40

【0270】

第3の出射部から出射された第3の波長の光ビームは、第3のグレーティング141によりトラッキングエラー信号等の検出のため3ビームに分割され、第1のビームスプリッタ136に入射される。第1のビームスプリッタ136に入射された第3の波長の光ビームは、そのミラー面136aで反射され、第2のビームスプリッタ137のミラー面137aを透過され、第3のビームスプリッタ138側に出射される。

【0271】

第3のビームスプリッタ138に入射された第3の波長の光ビームは、そのミラー面138aを透過されて、コリメータレンズ142側に出射され、コリメータレンズ142により発散角を変換されて略平行光に対して拡散した状態の拡散光とされ、1/4波長板150

43に所定の位相差を付与され、立ち上げミラー144で反射されて回折光学素子135側に出射される。

【0272】

回折光学素子135に入射した第3の波長の光ビームは、その入射側の面に設けられた回折部150の第1乃至第3の回折領域151, 152, 153により、各領域を通過した光ビームがそれぞれ上述のような所定の回折次数が支配的となるようにして出射され、対物レンズ134に入射される。尚、回折光学素子135から出射される第3の波長の光ビームは、所定の発散角の状態とされているのみならず、対物レンズ134に入射することにより開口制限の効果が得られる状態とされている。

【0273】

対物レンズ134に入射した第3の波長の光ビームは、第1の回折領域151を通過した光ビームが球面収差を低減できるような発散角の状態で入射されているので、対物レンズ134により、第3の光ディスク13の信号記録面に適切に集光される。

【0274】

第3の光ディスク13の信号記録面で反射された光ビームの復路側の光路については、上述した第1の波長の光ビームと同様であるので、省略する。

【0275】

尚、ここでは、第3の波長の光ビームは、第3の出射部の配置を調整することで、コリメータレンズ142により発散角を変換され回折光学素子135に入射される光ビームを略平行光の状態に対して拡散した状態となるように構成したが、波長選択性を有して発散角を変換する素子を設けることにより、又はコリメータレンズ142を光軸方向に駆動するような手段を設けることにより、回折光学素子135に入射するように構成してもよい。

【0276】

また、ここでは、第1の波長の光ビームが、略平行光の状態で回折光学素子135に入射され、第2の波長の光ビームが略平行光又は拡散光の状態で回折光学素子135に入射されるとともに、第3の波長の光ビームが、拡散光の状態で回折光学素子135に入射されるように構成したが、これに限られるものではなく、例えば、対物レンズ134の設計直線と回折部150により選択される回折次数を考慮した上で、第1乃至第3の波長の光ビームを、選択的に拡散光、平行光又は収束光の状態で回折光学素子に入射するように構成してもよい。

【0277】

本発明を適用した光ピックアップ103は、第1乃至第3の波長の光ビームを出射する第1乃至第3の出射部と、第1乃至第3の出射部から出射された第1乃至第3の波長の光ビームを光ディスクの信号記録面に集光する対物レンズ134と、第1乃至第3の波長の光ビームの往路の光路上に配置される光学素子の一方の面に設けられる回折部150とを備え、回折部150が、第1乃至第3の回折領域151, 152, 153を有し、第1乃至第3の回折領域151, 152, 153が、輪帯状で且つ所定の深さを有するそれぞれ異なる回折構造とされるとともに、各波長の光ビームに対して上述のような所定の回折次数の回折光が支配的となるように発生させる第1乃至第3の回折構造を有するように構成したことにより、それぞれ使用波長を異にする3種類の光ディスクに対して、共通の一の対物レンズ134を用いてそれぞれ対応する光ビームを信号記録面に適切に集光することを可能として、構成を複雑にすることなく、対物レンズ134を共通とした3波長互換を実現してそれぞれの光ディスクに対して良好な情報信号の記録及び/又は再生を実現する。

【0278】

すなわち、本発明を適用した光ピックアップ103は、第1乃至第3の波長の光ビームの光路内的一面に設けられた回折部150により最適な回折効率及び回折角を得ることで、各光源部131, 132, 133に設けられた複数の出射部から出射される異なる波長の光ビームを用いて、複数種類の光ディスク11, 12, 13に対して信号の読み取り及

10

20

30

40

50

び書き込みを可能とするとともに、対物レンズ134等の光学部品を共通化することができるので、部品点数を削減して、構成の簡素化及び小型化を可能とし、高生産性、低コスト化を実現する。

【0279】

そして、本発明を適用した光ピックアップ103は、第1の回折領域151により選択される所定の回折次数(k_{1i} , k_{2i} , k_{3i})を、(+1, +1, +1)として回折部150及び対物レンズ134が構成されていることにより、3波長に対して球面収差を低減した状態で且つ十分に高い光利用効率で各光ディスクの信号記録面に集光させることができるとともに、温度変化時の球面収差特性を良好にすることことができ、優れた互換性を実現してそれぞれの光ディスクに対して良好な記録及び/又は再生を実現する。 10

【0280】

また、本発明を適用した光ピックアップ103は、第2及び/又は第3の回折領域152, 153により選択されるそれぞれの所定の回折次数(k_{1m} , k_{2m})が、(+1, +1)又は(+3, +2)であり、 k_{1o} が、+1, +2, +3, +4, +5であるよう回折部150及び対物レンズ134が構成されていることにより、対応する波長に対して球面収差を低減した状態で且つ十分に高い光利用効率、特に第1の波長の光ビームに対して高い光利用効率で各光ディスクの信号記録面に集光させることができるとともに、温度変化時の球面収差特性をさらに良好にすることことができ、さらに優れた互換性を実現してそれぞれの光ディスクに対して良好な記録及び/又は再生を実現する。 20

【0281】

また、本発明を適用した光ピックアップ103は、対物レンズ134を3波長に対して共通とすることができますので、アクチュエータにおける可動部の重量が増大することによる感度低下等の問題の発生を防止できる。また、本発明を適用した光ピックアップ103は、3波長互換の際の共通の対物レンズ134を用いた場合に問題となる球面収差を光学素子の一面に設けた回折部150により十分に低減できるので、従来のような球面収差低減用の回折部を複数面に設けた場合の各回折部間の位置合わせや、複数の回折部を設けることによる回折効率の低下等の問題を防止でき、すなわち、組立工程の簡素化及び光の利用効率の向上を実現する。また、本発明を適用した光ピックアップ103は、上述のように回折部150を光学素子の一面に設ける構成を可能とすることにより、対物レンズ134及び回折光学素子135に換えて回折部150を有する対物レンズ134Bを有するように構成することを可能とし、この回折部150を対物レンズに一体とする構成により、さらなる構成の簡素化、アクチュエータの可動部の重量を小さくすること、組立工程の簡素化及び光の利用効率の向上を実現する。 30

【0282】

さらに、本発明を適用した光ピックアップ103は、上述した回折光学素子135の一面に設けられた回折部150により3波長互換を実現するのみならず、3種類の光ディスク及び3種類の波長の光ビームに対応した開口数で開口制限を行うことができ、これにより従来必要であった開口制限フィルター等を設けることや、これを配置させる際の調整を不要とし、さらに、構成の簡素化、小型化、及び低コスト化を実現する。尚、光ピックアップ103は、回折部150及び対物レンズ134において、第2及び第3の回折領域152, 153の一方又は両方で、上述したフレア化可能な構成とすることにより、さらに良好な開口制限機能を発揮させることができる。 40

【0283】

また、上述では、光ピックアップ103において、第1の光源部131に第1の出射部を設け、第2の光源部132に第2の出射部を設け、第3の光源部133に第3の出射部を設けるように構成したが、これに限られるものではなく、例えば、第1乃至第3の出射部の内2つの出射部を有する光源部と、残りの1つの出射部を有する光源部とを異なる位置に配置して設けるように構成してもよい。

【0284】

次に、第1の出射部を有する光源部と、第2及び第3の出射部を有する光源部とを備え 50

る図36に示す光ピックアップ160について説明する。尚、以下の説明において、上述した光ピックアップ103と共に通する部分については、共通の符号を付して詳細な説明は省略する。

【0285】

本発明を適用した光ピックアップ160は、図36に示すように、第1の波長の光ビームを出射する第1の出射部を有する第1の光源部161と、第2の波長の光ビームを出射する第2の出射部と、第3の波長の光ビームを出射する第3の出射部とを有する第2の光源部162と、この第1乃至第3の出射部から出射された光ビームを光ディスク2の信号記録面上に集光する対物レンズ134と、第1乃至第3の出射部と対物レンズ134との間の光路上に設けられる回折光学素子135とを備える。この回折光学素子135には、上述したように回折部150が設けられている。尚、ここで説明する光ピックアップ160においても、対物レンズ134及び回折光学素子135に換えて、例えば上述した対物レンズ134Bのような、入射側又は出射側の一方の面に回折部150を一体化した対物レンズを設けるように構成してもよい。

10

【0286】

また、光ピックアップ160は、第1の光源部161の第1の出射部から出射された第1の波長の光ビームの光路と、第2の光源部162の第2及び第3の出射部から出射された第2及び第3の波長の光ビームの光路とを合成する光路合成手段としてビームスプリッタ163と、上述の第3のビームスプリッタ138と同様の機能を有するビームスプリッタ164とを有する。

20

【0287】

さらに、光ピックアップ160は、第1のグレーティング139と、第2の光源部162とビームスプリッタ163との間に設けられ、第2及び第3の出射部から出射された第2及び第3の波長の光ビームをトラッキングエラー信号等の検出のためにそれぞれ3ビームに回折する波長依存性を有するグレーティング165とを有する。

【0288】

また、光ピックアップ160は、コリメータレンズ142と、1/4波長板143と、立ち上げミラー144と、光検出器145と、マルチレンズ146とを有するとともに、このコリメータレンズ142を光軸方向に駆動するコリメータレンズ駆動手段166とを有する。コリメータレンズ駆動手段166は、コリメータレンズ142を光軸方向に駆動することで、上述したように、コリメータレンズ142を通過した光ビームの発散角を調整することができることにより、所望の状態で回折光学素子135及び対物レンズ134へ各光ビームを入射させて、球面収差を低減することを可能とするのみならず、装着された光ディスクが信号記録面を複数有する所謂多層光ディスクであった場合には、そのいずれの信号記録面への記録及び/又は再生をも可能とする。

30

【0289】

以上のように構成された光ピックアップ160において、各光学部品の機能は、上述したことを除いて光ピックアップ103と同様であり、第1乃至第3の出射部から出射された第1乃至第3の波長の光ビームの光路についても、上述したことを除いて、すなわちビームスプリッタ164で各波長の光ビームの光路が合成された後は光ピックアップ103と同様であるので詳細な説明は省略する。

40

【0290】

本発明を適用した光ピックアップ160は、第1乃至第3の波長の光ビームを出射する第1乃至第3の出射部と、第1乃至第3の出射部から出射された第1乃至第3の波長の光ビームを光ディスクの信号記録面に集光する対物レンズ134と、第1乃至第3の波長の光ビームの往路の光路上に配置される光学素子の一方の面に設けられる回折部150とを備え、回折部150が、第1乃至第3の回折領域151, 152, 153を有し、第1乃至第3の回折領域151, 152, 153が、輪帯状で且つ所定の深さを有するそれぞれ異なる回折構造とされるとともに、各波長の光ビームに対して上述のような所定の回折次数の回折光が支配的となるように発生される第1乃至第3の回折構造を有するように構成

50

したことにより、それぞれ使用波長を異にする3種類の光ディスクに対して、共通の一の対物レンズ134を用いてそれぞれ対応する光ビームを信号記録面に適切に集光することを可能として、構成を複雑にすることなく、対物レンズ134を共通とした3波長互換を実現してそれぞれの光ディスクに対して良好な情報信号の記録及び／又は再生を実現する。また、光ピックアップ160は、その他の上述した光ピックアップ103と同様の効果を有している。

【0291】

さらに、光ピックアップ160は、第2及び第3の出射部を共通の光源部162に配置するように構成したことから、さらなる構成の簡素化及び小型化を実現する。尚、同様に、本発明を適用した光ピックアップは、第1乃至第3の出射部を略同一位置に有する光源部に配置するように構成してもよく、そのような構成とした場合には、さらなる構成の簡素化及び小型化を実現する。10

【0292】

本発明を適用した光ディスク装置1は、第1乃至第3の光ディスクから任意に選択される光ディスクを保持して回転駆動する駆動手段と、この駆動手段によって回転駆動される光ディスクに対し波長を異にする複数の光ビームを選択的に照射することにより情報信号の記録及び／又は再生を行う光ピックアップとを備え、この光ピックアップとして上述した光ピックアップ103，160を用いたことにより、第1乃至第3の波長の光ビームの光路上の光学素子の一面に設けられた回折部により、それぞれ使用波長を異にする3種類の光ディスクに対して、共通の一の対物レンズ134を用いてそれぞれ対応する光ビームを信号記録面に適切に集光することを可能として、構成を複雑にすることなく、対物レンズ134を共通した3波長互換を実現するので、構成の簡素化及び小型化を可能とともに良好な記録・再生特性を得ることを実現する。20

【0293】

<4>光ピックアップの第3の実施の形態（図37～図70）

次に、上述した光ディスク装置1に用いられる本発明に係る光ピックアップの第3の実施の形態として、本発明を適用した光ピックアップ203について、図37～図70を用いて詳しく説明する。この光ピックアップ203は、上述したように、保護層の厚さ等のフォーマットが異なる3種類の第1乃至第3の光ディスク11，12，13から任意に選択された光ディスクに対し波長を異にする複数の光ビームを選択的に照射することにより情報信号の記録及び／又は再生を行う光ピックアップである。30

【0294】

尚、ここで説明する第3の実施の形態としての光ピックアップ203は、上述した光ピックアップ3，103と同様の課題を解決するとともに、これに加えてさらに以下の課題を解決するものであり、より有利な効果を得るために構成を備えるものである。まず、第1に、より光利用効率を高めることを実現したいという要請に対応できるとともに、適切な第3の波長の作動距離を保持しつつ、第1の波長に対する焦点距離を短くしたいという課題を解決でき、この点において、上述した光ピックアップ3よりさらに優れている。そして、第2に、より不要光入射を低減させたいという要請に対応できるとともに、第1及び第3の波長の選択する回折次数を変えることにより作動距離と焦点距離をより適切なものにしたいという課題を解決でき、この点において、上述した光ピックアップ103よりさらに優れている。40

【0295】

本発明を適用した光ピックアップ203は、図37に示すように、第1の波長の光ビームを出射する第1の出射部を有する第1の光源部231と、第1の波長より長い第2の波長の光ビームを出射する第2の出射部を有する第2の光源部232と、第2の波長より長い第3の波長の光ビームを出射する第3の出射部を有する第3の光源部233と、この第1乃至第3の出射部から出射された光ビームを光ディスク2の信号記録面上に集光する集光光学デバイスとして機能する対物レンズ234とを備える。

【0296】

50

また、光ピックアップ 203 は、第2及び第3の出射部と対物レンズ 234との間に設けられ、第2の出射部から出射された第2の波長の光ビームの光路と第3の出射部から出射された第3の波長の光ビームの光路とを合成する光路合成手段として第1のビームスプリッタ 236と、第1のビームスプリッタ 236と対物レンズ 234との間に設けられ、第1のビームスプリッタ 236で光路を合成された第2及び第3の波長の光ビームの光路と、第1の出射部から出射された第1の波長の光ビームの光路とを合成する光路合成手段として第2のビームスプリッタ 237と、第2のビームスプリッタ 237と対物レンズ 234との間に設けられ、第2のビームスプリッタ 237で光路を合成された第1乃至第3の波長の光ビームの往路の光路と、光ディスクで反射された第1乃至第3の波長の光ビームの戻り(以下、「復路」ともいう。)の光路とを分離する光路分離手段として第3のビームスプリッタ 238とを有する。

【0297】

さらに、光ピックアップ 203 は、第1の光源部 231 の第1の出射部と第2のビームスプリッタ 237との間に設けられ、第1の出射部から出射された第1の波長の光ビームをトラッキングエラー信号等の検出のために3ビームに回折する第1のグレーティング 239と、第2の光源部 232 の第2の出射部と第1のビームスプリッタ 236との間に設けられ、第2の出射部から出射された第2の波長の光ビームをトラッキングエラー信号等の検出のために3ビームに回折する第2のグレーティング 240と、第3の光源部 233 の第3の出射部と第1のビームスプリッタ 236との間に設けられ、第3の出射部から出射された第3の波長の光ビームをトラッキングエラー信号等の検出のために3ビームに回折する第3のグレーティング 241とを有する。

【0298】

また、光ピックアップ 203 は、第3のビームスプリッタ 238と対物レンズ 234との間に設けられ、第3のビームスプリッタ 238で光路を合成された第1乃至第3の波長の光ビームの発散角を変換して略平行光の状態又は略平行光に対して拡散若しくは収束した状態となるように調整して出射させる発散角変換手段としてのコリメータレンズ 242と、コリメータレンズ 242と対物レンズ 234との間に設けられ、コリメータレンズ 242に発散角を調整された第1乃至第3の波長の光ビームに1/4波長の位相差を与える1/4波長板 243と、対物レンズ 234と1/4波長板 243との間に設けられ、対物レンズ 234の光軸に略直交する平面内で上述した光学部品を経由された光ビームを反射して立ち上げることにより対物レンズ 234の光軸方向に光ビームを出射せる立ち上げミラー 244とを有する。

【0299】

さらに、光ピックアップ 203 は、第3のビームスプリッタ 238で往路の第1乃至第3の波長の光ビームの光路から分離された復路の第1乃至第3の波長の光ビームを受光して検出する光検出器 245と、第3のビームスプリッタ 238と光検出器 245との間に設けられ、第3のビームスプリッタ 238で分離された復路の第1乃至第3の波長の光ビームを光検出器 245のフォトディテクタ等の受光面に集光させるとともにフォーカスエラー信号等の検出のための非点収差を付与するマルチレンズ 246とを有する。

【0300】

第1の光源部 231 は、第1の光ディスク 11 に対して 405 nm 程度の第1の波長の光ビームを出射する第1の出射部を有する。第2の光源部 232 は、第2の光ディスク 12 に対して 655 nm 程度の第2の波長の光ビームを出射する第2の出射部を有する。第3の光源部 233 は、785 nm 程度の第3の光ディスクに対して第3の波長の光ビームを出射する第3の出射部を有する。尚、ここでは、第1乃至第3の出射部をそれぞれ別々の光源部 231, 232, 233 に配置するように構成したが、これに限られるものではなく、第1乃至第3の出射部の内2つの出射部を有する光源部と、残りの1つの出射部を有する光源部とを異なる位置に配置するように構成してもよく、さらに、第1乃至第3の出射部を略同一位置に有する光源部となるように構成してもよい。

【0301】

10

20

30

40

50

対物レンズ 234 は、入射した第1乃至第3の波長の光ビームを光ディスク2の信号記録面上に集光させる。この対物レンズ234は、図示しない2軸アクチュエータ等の対物レンズ駆動機構によって移動自在に保持されている。そして、この対物レンズ234は、光検出器245で検出された光ディスク2からの戻り光のRF信号により生成されたトラッキングエラー信号及びフォーカスエラー信号に基づいて、2軸アクチュエータ等により移動操作されることにより、光ディスク2に近接離間する方向及び光ディスク2の径方向の2軸方向へ移動される。対物レンズ234は、第1乃至第3の出射部から出射される光ビームが光ディスク2の信号記録面上で常に焦点が合うように、この光ビームを集束するとともに、この集束された光ビームを光ディスク2の信号記録面上に形成された記録トラックに追従させる。尚、後述のように回折部250を対物レンズとは別体の光学素子(回折光学素子235B)に設ける場合(図69参照)には、対物レンズ234Bが保持される対物レンズ駆動機構のレンズホルダに、この対物レンズ234Bと一緒になるように後述の回折光学素子235Bを保持するように構成されることになり、かかる構成により、対物レンズ234Bのトラッキング方向への移動等の視野振りの際にも回折光学素子235Bに設けた回折部250の後述の作用効果を適切に発揮することができる。

【0302】

また、対物レンズ234は、その一方の面として例えば、入射側の面に複数の回折領域からなる回折部250が設けられており、この回折部250により、複数の回折領域毎に通過する第1乃至第3の波長の光ビームのそれぞれを所定の次数となるように回折して、所定の発散角を有する拡散状態又は収束状態の光ビームとして対物レンズ234に入射させると同様の状態とすることで、この単一の対物レンズ234を用いて第1乃至第3の波長の光ビームをそれぞれに対応する3種類の光ディスクの信号記録面に球面収差を発生しないように適切に集光することを可能とする。回折部250を有する対物レンズ234は、基準となる屈折力を発生させるレンズ面形状を基準として回折力を発生させる回折構造が形成されていることにより、3つの異なる波長の光ビームをそれぞれに対応する光ディスクの信号記録面に球面収差を発生しないように適切に集光する集光光学デバイスとして機能する。また、このように対物レンズ234は、屈折素子の機能と回折素子の機能を兼ね備えており、すなわち、レンズ曲面による屈折機能と、一方の面に設けられた回折部250による回折機能とを兼ね備えるものである。

【0303】

ここで、回折部250の回折機能について概念的に説明するために、後述のように、回折部250が屈折力を有する対物レンズ234Bと別体の回折光学素子235Bに設けられていた場合(図69参照)を例に挙げて説明する。後述のように屈折機能のみを有する対物レンズ234Bとともに用いられ、回折部250を有する回折光学素子235Bは、例えば、図38(a)に示すように、回折部250を通過した第1の波長の光ビームBB0を+1次回折光BB1となるように回折して対物レンズ234Bに入射させ、すなわち、所定の発散角を有する拡散状態の光ビームとして対物レンズ234Bに入射させることで、第1の光ディスク11の信号記録面に適切に集光させ、図38(b)に示すように、回折部250を通過した第2の波長の光ビームBD0を-1次回折光BD1となるように回折して対物レンズ234Bに入射させ、すなわち、所定の発散角を有する収束状態の光ビームとして対物レンズ234Bに入射させることで、第2の光ディスク12の信号記録面に適切に集光させ、図38(c)に示すように、回折部250を通過した第3の波長の光ビームBC0を-2次回折光BC1となるように回折して対物レンズ234Bに入射させ、すなわち、所定の発散角を有する収束状態の光ビームとして対物レンズ234Bに入射させることで、第3の光ディスク13の信号記録面に適切に集光させることにより、単一の対物レンズ234Bを用いて3種類の光ディスクの信号記録面に球面収差を発生しないように適切に集光することを可能とする。尚、ここでは、回折部250の複数の回折領域において、同じ波長の光ビームを同じ回折次数の回折光とする例について図38を用いて説明したが、本発明を適用した光ピックアップ3を構成する回折部250は、後述のように、各領域毎に各波長に対する回折次数を設定し、適切な開口制限を行うとともに球面

10

20

30

40

50

収差を低減するように構成することを可能とする。以上では、説明のため回折部 250 を対物レンズと別体の光学素子に設けた場合を例に挙げて説明したが、ここで説明する対物レンズ 234 の一方の面に一体に設けた回折部 250 もその回折構造に応じた回折力を付与することで同様の機能を有するものであり、回折部 250 の回折力と、対物レンズ 234 の基準となるレンズ曲面による屈折力により、各波長の光ビームを対応する光ディスクの信号記録面に球面収差を発生しないように適切に集光することを可能とする。

【0304】

上述及び以下の回折次数の記載において、入射した光ビームに対して、進行方向に進むにつれて光軸側に近接する方向に回折する次数を正の次数とし、進行方向に進むにつれて光軸から離間する方向に回折する次数を負の次数とする。換言すると、入射した光ビームに対して光軸方向に向かって回折する次数を正の次数とする。10

【0305】

具体的に、図 39(a) 及び図 39(b) に示すように、対物レンズ 234 の入射側の面に設けられた回折部 250 は、最内周部に設けられ略円形状の第 1 の回折領域(以下、「内輪帯」ともいう。) 251 と、第 1 の回折領域 251 の外側に設けられ輪帯状の第 2 の回折領域(以下、「中輪帯」ともいう。) 252 と、第 2 の回折領域 252 の外側に設けられ輪帯状の第 3 の回折領域(以下、「外輪帯」ともいう。) 253 を有する。

【0306】

内輪帯である第 1 の回折領域 251 は、輪帯状で且つ所定の深さを有する第 1 の回折構造が形成され、通過する第 1 の波長の光ビームの対物レンズ 234 を介して第 1 の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。20

【0307】

また、第 1 の回折領域 251 は、第 1 の回折構造により、通過する第 2 の波長の光ビームの対物レンズ 234 を介して第 2 の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。

【0308】

また、第 1 の回折領域 251 は、第 1 の回折構造により、通過する第 3 の波長の光ビームの対物レンズ 234 を介して第 3 の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。30

【0309】

このように、第 1 の回折領域 251 は、上述の各波長の光ビームに対して上述の所定の次数の回折光が支配的となるのに適するような回折構造が形成されているため、第 1 の回折領域 251 を通過して所定の次数の回折光とされた各波長の光ビームが対物レンズ 234 によりそれぞれの光ディスクの信号記録面に集光される際の球面収差を補正して低減することを可能とする。尚、この第 1 の回折領域 251 及び後述で詳細に説明する第 2 及び第 3 の回折領域 252, 253 において、各波長の光ビームに対して支配的となるように選択される所定の次数の回折光には、透過光、すなわち、0 次光が含まれるものとして、上述及び後述する。40

【0310】

具体的には、第 1 の回折領域 251 は、図 39 及び図 40(a) に示すように、光軸を中心とした輪帯状で基準面に対してこの輪帯の断面形状が、所定の深さ(以下、「溝深さ」ともいう。) d で所定のステップ数 S (S は、正の整数とする。) の階段形状(以下、「マルチステップの階段形状」ともいう。) が半径方向に連続して形成されている。ここで、上述の回折構造における輪帯の断面形状とは、輪帯の半径方向を含む面、すなわち、輪帯の接線方向に直交する面における断面形状を意味する。

【0311】

また、この基準面は、対物レンズ 234 の屈折素子の機能として要求される入射側の面50

の面形状を意味するものとする。そして、この第1の回折領域251には、実際には図39(a)に示すように、対物レンズ234の屈折素子の機能として要求される入射側の面の面形状を基準面として、この基準面に対して、図40(a)に示すような回折機能を有する回折構造となる輪帯状で階段形状の面形状を合わせたような面形状が形成されているが、図39(a)～図39(c)及び後述の図47では、説明のためその基準面に対する回折構造の形状のみを示すとともに、以下の説明においても基準面に対する形状について説明するものとする。尚、回折部250を対物レンズと別体の光学素子(後述の回折光学素子235B)に設けた場合には、図39(a)～図39(c)に示す形状が、当該回折光学素子235Bの断面形状となる。また、この図39等で示した回折構造は、実際には後述のように微小な寸法で形成されており、図39等は拡大断面を示すものである。

10

【0312】

また、ここで、所定のステップ数Sの階段形状を有する回折構造とは、各段の深さが略同一深さとされた第1乃至第Sの段部を有する段部が半径方向に連続して形成されている構造であり、さらに、換言すると光軸方向に略同一間隔に形成された第1乃至第(S+1)の回折面を有して形成されている構造である。また、回折構造における所定の深さdは、階段形状の最も表面側(最高段、浅い位置)に位置される第(S+1)の回折面と、階段形状の最も素子側(最低段、深い位置)に位置される第1の回折面との光軸方向の長さを意味する。尚、図40(a)において、階段形状の各段部内において段部が半径方向の内側に向けて形成、すなわち、段部が半径方向の内側に向かうにつれて表面側に向けて形成されるように構成したが、この理由は内輪帯において後述するような回折次数が最大回折効率次数として選択されているからである。また、図40(b)、図40(c)及び後述の図47においては、内輪帯と同様に、鋸歯形状の凹凸の斜面又は階段形状の段部の形成方向が半径方向の内側に向かうにつれて表面側に向けて形成されるような例について図示しているが、これに限られるものではなく、選択される回折次数に応じてプレーズ形状又は階段形状の形成方向が設定されることとなる。図40(a)～図40(c)中R_oは、輪帯の半径方向外側に向けた方向を示し、すなわち、光軸から離間する方向を示すものである。

20

【0313】

尚、第1の回折領域251に形成される第1の回折構造並びに後述の第2及び第3の回折構造において、溝深さd及びステップ数Sは、支配的となる回折次数、及び回折効率を考慮して決定されている。また、各段部の溝幅(階段形状の各段部の半径方向の寸法)は、図40(a)に示すように、一の段部内において、等しく形成されるとともに、半径方向に連続して形成されている異なる段部間において、光軸から離間するにつれてその値が小さくなるように形成されている。尚、ここでは上述のように構成するものとして説明したが、各段部の溝幅が、半径方向に連続して形成されている異なる段部間において、光軸から離間するにつれてその値が大きくなるように形成される場合もある。この点については、図40(b)及び図40(c)についても同様である。尚、この溝幅は、光ディスクの信号記録面上で集光されるスポットが最適となるように、この溝幅で形成された回折領域で与える位相差に基づいて決定されている。

30

【0314】

例えば、第1の回折領域251の回折構造は、図40(a)に示すように、ステップ数が4(S=4)とされた回折構造であり、各段の深さが略同一深さ(d/4)とされた第1乃至第4の段部251s1, 251s2, 251s3, 251s4を有する段部が半径方向に連続して形成されており、また、光軸方向に間隔が(d/4)で同一間隔に形成された第1乃至第5の回折面251f1, 251f2, 251f3, 251f4, 251f5を有して形成されている。

40

【0315】

また、第1の回折領域251は、通過する第1の波長の光ビームの次数k_{1i}の回折光が支配的となるよう、すなわち、回折効率が最大となるように発生させ、また、通過する第2の波長の光ビームの次数k_{2i}の回折光が支配的となるよう、すなわち、回折効率が

50

最大となるように発生させ、また、通過する第3の波長の光ビームの次数 k_{3i} の回折光が支配的となるように発生させる場合に、 $k_{1i} - k_{2i} > k_{3i}$ の関係を有するように構成されている。

【0316】

このように、第1の回折領域251は、 $k_{1i} - k_{2i} > k_{3i}$ の関係を有するように回折光を発生させる構成により、適切に球面収差を低減できる次数の回折光を支配的にするとともに、作動距離と焦点距離との関係を最適な状態にすることができ、第3の波長3を用いる場合の作動距離を確保することにより第1の波長1に対する焦点距離が長くなり、これにより対物レンズのレンズ径や光ピックアップ全体として大型化してしまう等の問題を防止するとともに、回折効率を確保しつつ収差を低減させることができる。 10

【0317】

ここで、第1の回折領域251において、 $k_{1i} - k_{2i} > k_{3i}$ の関係を有するように構成する理由を含めた最適な回折次数を選択する手法について以下の第1乃至第4の観点から説明する。換言すると、第1の回折領域251は、第1の観点として、各波長における球面収差を低減する必要があり、第2の観点として、各波長における作動距離及び焦点距離を最適なものにする必要があり、第3及び第4の観点として、製造上有利及び製造可能な構成とする必要があり、これらのことと鑑みて回折次数 k_{1i}, k_{2i}, k_{3i} が最大の回折効率となる回折次数として選択されているが、この点について以下に説明する。 20

【0318】

まず、第1の観点について説明する。第1の観点としては、内輪帯である第1の回折領域251における回折次数は、対物レンズ234による集光時に、対応する各光ディスクの球面収差を補正できる次数とする必要がある。一般的に、第1の回折領域251のような機能を有する領域において、材料分散を無視した場合、第1の波長を1(nm)とし、第2の波長を2(nm)とし、第3の波長を3(nm)とし、第1の波長の光ビームの選択される回折次数を k_{1i} とし、第2の波長の光ビームの選択される回折次数を k_{2i} とし、第3の波長の光ビームの選択される回折次数を k_{3i} とし、第1の光ディスクの第1の保護層の厚さを t_1 (mm)とし、第2の光ディスクの第2の保護層の厚さを t_2 (mm)とし、第3の光ディスクの第3の保護層の厚さを t_3 (mm)としたときに、以下の条件式(1)(内輪帯においてこの条件式中の k_{1x}, k_{2x}, k_{3x} の x は、 $x = i$ とする)を満たすことが各波長の各光ディスクの信号記録面上の球面収差を補正して低減できる条件であることが知られている。 30

$$(1 \times k_{1x} - 2 \times k_{2x}) / (t_1 - t_2) = (1 \times k_{1x} - 3 \times k_{3x}) / (t_1 - t_3) \quad \dots (1)$$

【0319】

ここで、内輪帯としての第1の回折領域251においては、1=405(nm)、2=655(nm)、3=785(nm)、 $t_1=0.1$ (mm)、 $t_2=0.6$ (mm)、 $t_3=1.1$ (mm)としたときに、例えば、後述のように最適な組み合わせの一例としての $k_{1i}=+1$ 、 $k_{2i}=-1$ 、 $k_{3i}=-2$ の場合には、この条件式を満足することとなり、球面収差を低減できることが確認できた。また、このことは、換言すると、図41に示すように横軸に波長×回折次数(nm)により算出される値を、縦軸に保護層厚さ(mm)を設定して各点P1, P2, P3をプロットした際に、一直線上に位置した場合に、各波長の各光ディスクの信号記録面上の球面収差を補正して低減できることを意味するが、実際に、下記の条件で各点P1, P2, P3をプロットした場合にはおよそ一直線の設計直線上に各点が位置し、球面収差が可能であることを示している。そして、具体的に対物レンズ234は、図41に示す直線L21を設計直線として、構成材料や入射側及び出射側の面形状が決定されており、この設計直線の傾きは、例えば、 $(t_1 - t_2) / (1 \times k_{1i} - 2 \times k_{2i})$ により算出されるP1とP2とを結ぶ直線の傾き、若しくは $(t_1 - t_3) / (1 \times k_{1i} - 3 \times k_{3i})$ により算出されるP1とP3とを結ぶ直線の傾きに略近似され、又はこれらの直線の傾きやそ 40

の他の設計条件を考慮して決定されている。

【0320】

尚、図41でP₃が僅かに直線L₂₁上から乖離しているが、これは回折部250が設けられた対物レンズ234への入射光を発散光として入射させることで球面収差を確実に補正することができる。すなわち、対物レンズ234に対して発散光を入射させることで見かけ上の保護層厚さが厚くなるとの同様な結果を得ることができるからである。尚、後述のように回折部250を対物レンズとは別体の光学素子（回折光学素子235B、図69参照）に設ける場合には、対物レンズ234B及び回折光学素子235Bのうち各出射部に近接される側の光学素子として例えば図69では回折光学素子235Bへの入射光を発散光として入射させることで球面収差を確実に補正することができる。

10

【0321】

この点について、この補正の概念を示す図42を用いて説明する。具体的には、対物レンズ234に、第2及び第3の波長₂,₃の光ビームを僅かな発散光として入射させることによって、図42に示すように、第2及び第3の波長を示すプロットP_{2'}, P_{3'}は、見かけ上の保護層厚さによって、プロットP₂, P₃に対して上方側へシフトすることとなる。そして、図42に示したように、発散光の倍率を適宜調整することによって、この3点P₁, P_{2'}, P_{3'}を直線L_{21'}上に完全に一直線上に位置させて、保護層厚さの違い等に起因する球面収差を十分に補正することができる。この際、プロットP₁, P_{2'}, P_{3'}が位置する直線L_{21'}が設計直線とされることとなる。

20

【0322】

尚、ここで、例えば第3の波長₃の光ビームだけ収束光を入射させて下方側にシフトさせて各プロットを一直線上に位置させて球面収差を補正することも可能であるが、収束光を用いる場合には、作動距離が短くなり望ましくない場合があり、上述のように発散光を用いる方が望ましい。さらに、3波長互換を考慮したとき、第2及び第3の波長において発散光を対物レンズに入射させた方が、適切な戻り倍率を確保できるという観点からも有利であるといえる。

【0323】

また、上述の関係式と密接に関係する図41を用いて説明したプロットP₁, P₂, P₃を考慮すると、各次数k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}の間には、各次数の絶対値が3次程度の範囲にあるとすれば、次の式(2A)又は式(2B)の関係式を満足させる必要がある。

$$k_{1i} \quad k_{2i} \quad k_{3i} \quad \dots \quad (2A)$$

$$k_{1i} \quad k_{2i} \quad k_{3i} \quad \dots \quad (2B)$$

【0324】

次に、第2の観点について説明する。第2の観点としては、第3の波長₃を用いる場合の作動距離WD₃を大きく保ちつつも、第1の波長₁に対する焦点距離f₁を小さくできる次数とする必要がある。一般的に、作動距離は、焦点距離fを伸ばすことによって伸びる。そして、第1の波長₁に対する焦点距離f₁は、小さくする必要があり、第3の波長₃に対する焦点距離f₃は、大きくする必要がある。ここで、第1の波長₁に対する焦点距離f₁は、2.2mm以下であることが望ましい。また、第3の波長₃を用いる場合の作動距離（ワーキングディスタンス）は、0.4mm程度以上を確保する必要性がある。そのためには、f₁=2.2mmと仮定するとともに、対物レンズ234への入射を無限入射、すなわち平行光入射と仮定した場合に、f₃は、2.5mm程度以上とする必要がある。上述のような3波長₁,₂,₃に対応するプラスチック製の対物レンズの材料は、分散が大きいものであるが、ここでは、これを無視して、概略の値を計算するものとする。

40

【0325】

対物レンズ234は、レンズ曲面による屈折力と、一方の面に設けられた回折部250による回折力を有している。この対物レンズ234の回折部250の回折による焦点距離

50

$f_{d_i f}$ は、以下の式(3)に従い算出できることが知られている。式(3)中において、 λ_0 は、製造波長であり、ここでは $\lambda_0 = 1$ とする。また、 C_1 は、位相差関数係数と呼ばれる値であり、回折構造(回折格子)によって与えられる位相差形状を規定する係数であり、 λ の値により異なる値である。また、式(3)中 k は、各波長 k_1, k_2, k_3 において選択される回折次数を示すものであり、具体的には、 k_1, k_2, k_3 である。

【0326】

【数1】

$$f_{dif} = \frac{0.5}{k C_1} \cdot \frac{\lambda_0}{\lambda} \quad \dots \quad (3)$$

【0327】

式(3)において、係数 C_1 は、 $\lambda_0 = 1$ としたとき絶対値が 1×10^{-2} より小さくなければ、ピッチ量が増大してしまい形成不可能となる。また、対物レンズの屈折及び回折全体の焦点距離 f_{a11} は、レンズ曲面の屈折力による焦点距離を f_r としたとき、上述の回折による焦点距離 $f_{d_i f}$ とこの f_r を用いて、式(4)の関係により算出される。

【0328】

【数2】

$$\frac{1}{f_{ali}} = \frac{1}{f_{dif}} + \frac{1}{f_r} \quad \dots \quad (4)$$

【0329】

このような式(3)及び式(4)に基づいて、 k_1 及び k_3 を変化させたときの、焦点距離 f_3 の値の変化を図43に示す。図43中横軸は、次数 k_3 を示し、縦軸は、第3の波長 λ_3 に対する焦点距離 f_3 を示し、曲線 LM3, LM2, LM1, LP0, LP1, LP2, LP3 は、それぞれ次数 k_{1i} が -3 次、 -2 次、 -1 次、 0 次、 1 次、 2 次、 3 次であった場合の k_{3i} の変化に伴う焦点距離 f_3 の変化をプロットしたものを結んだ曲線を示すものである。尚、図43は、係数 C_1 が最大の 1×10^{-2} であるものとし、また、第1の波長 λ_1 の式(4)により算出される全体の焦点距離 f_{a11} を示す f_{a11} が、 $f_{a11} = 2.2$ (mm) であるものとして算出されたものである。そして、上述で説明した事項における回折次数であるが、実際には内輪帯の部分にしか幾何光学を適用できず、また、焦点距離等の特性は内輪帯の部分で決まるため、上述した $k_1 \sim k_3$ は、 $k_{1i} \sim k_{3i}$ と対応しており、換言すると、上述した $k_1 \sim k_3$ の関係は、それぞれ $k_{1i} \sim k_{3i}$ に置き換えた関係を有していることとなる。そして、図43より、 f_3 を 2.5 mm 以上とするためには、次式(5A)の関係が成立することとなる。よって、上述した式(2B)の関係から、次式(5B)の関係を有することが、適切な焦点距離と作動距離を確保する上で必要となる。

$$k_{1i} > k_{3i} \quad \dots \quad (5A)$$

$$k_{1i} - k_{2i} > k_{3i} \quad \dots \quad (5B)$$

【0330】

さらに、この式(5B)と後述の用いる回折次数は3次程度以下であるという観点から、 k_{1i}, k_{3i} がそれぞれ、 $(k_{1i}, k_{3i}) = (-2, -3), (-1, -2), (-1, -3), (0, -2), (0, -3), (1, -2), (1, -3), (2, -1), (2, -2), (2, -3), (3, 0), (3, -1), (3, -2), (3, -3)$ の組み合わせが上述の観点から適した組み合わせであるといえる。この際、 k_{2i} は、式(5B)を満足するように決定されたものが用いられる。尚、厳密には、 f_1 の値と材料分散とによって、図43の関係が変化し、さらに f_1 を低下させたり対物レンズへの入射倍率を発散光にしたりすることにより、 f_3 の目標値が低下するものの、回折次数

10

20

30

40

50

の選択肢は、上述したものが適している。

【0331】

次に、第3の観点について説明する。第3の観点としては、製造上有利な構成とする必要がある。選択される回折次数があまりに大きい場合には、形成する回折構造の段差・ブレーズの深さが深くなってしまう。そして、回折構造の深さが深くなると形成精度が悪化するおそれがあるほか、温度変化による光路長増大効果が大きくなり、温度回折効率特性が劣化してしまうという問題が発生するおそれがある。また、形成精度の悪化は、回折効率の効率低下を招くという問題もある。このような理由から、3～4次程度までの回折次数を選択するのが妥当であり、一般的である。よって、上述した第2の観点では、回折次数を3次までとして検討している。

10

【0332】

次に、第4の観点について説明する。第4の観点としては、第3の観点と似ているが製造可能な構成とする必要がある。後述する「回折構造の深さ及び形状と回折効率の計算」で説明する回折効率計算を行ったときに、深さdが適切な大きさ以下であり形成可能である必要がある。そして、深さdは、少なくとも $15\text{ }\mu\text{m}$ 以下であることが必要である。

【0333】

以上のような第1乃至第4の観点から、内輪帯である第1の回折領域251は、 $k_{1i} < k_{2i} > k_{3i}$ の関係を有する各回折光を発生させるように構成されている。

【0334】

さらに、第1の回折領域251は、回折効率が最大となる各波長の回折次数 k_{1i}, k_{2i}, k_{3i} のうち k_{1i}, k_{3i} が以下で示される関係のいずれかとなるように構成されている。 $(k_{1i}, k_{3i}) = (-2, -3), (-1, -2), (-1, -3), (0, -2), (0, -3), (1, -2), (1, -3), (2, -1), (2, -2), (2, -3), (3, 0), (3, -1), (3, -2), (3, -3)$ 。

20

【0335】

また、第1乃至第4の観点から具体的に、後述のように、 k_{1i}, k_{2i}, k_{3i} が、 $(k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}) = (1, -1, -2), (0, -1, -2), (1, -2, -3)$ 又は $(0, -2, -3)$ である場合が最適な構成の一例である。ここで、以上のように回折次数 k_{1i}, k_{2i}, k_{3i} を選択したときの、回折効率等を考慮したときに選ばれるステップ数S及び溝深さdを表6のI1～I4に示す。また、表6には、併せて上述した図41を用いて説明したプロットP1、P2、P3及び設計直線Lの関係における、以下で説明する第3の波長を示すプロットP3の設計直線Lからの乖離量を表6に示す。すなわち、この乖離量は、後述の図48に示すように、上述したプロットP1及びP2を結ぶ直線（以下、「球面収差補正直線」ともいう。）を設定したときに、プロットP3からその球面収差補正直線に向けた縦軸方向（保護層厚さを示す方向）への乖離された距離を示すものである。ここで、乖離量=0である場合には、各点P

30

1, P2, P3が完全に一直線上にあることを示す。また、乖離量が正である場合には、プロットP3が球面収差補正直線より下側に位置することを示し、乖離量が負である場合には、プロットP3が球面収差補正直線より上側に位置することを示す。尚、ここでは、内輪帯の実施例1を示す図41においては、内輪帯の性質上この乖離量を図示することが困難であることから、中輪帯の実施例1で用いる図48を用いて、この乖離量について説明をしたが、この乖離量の定義については内輪帯においても中輪帯においても同様であるものとする。表6に示すように、いずれの例も回折効率が十分に確保されており、また、乖離量も十分に小さいことから球面収差補正を考慮しても良好な回折次数であることが確認できる。

40

【0336】

【表 6】

内輪帯の次数と回折効率、回折次数、深さ、ステップ数、△

No.	k_{1i}	k_{2i}	k_{3i}	eff_1	eff_2	eff_3	$d[\mu m]$	s	$\Delta [mm]$
I 1	1	-1	-2	0.81	0.62	0.57	3.8	4	-0.06
I 2	0	-1	-2	0.98	0.78	0.39	6.9	3	0.21
I 3	1	-2	-3	0.86	0.70	0.52	5.4	6	-0.19
I 4	0	-2	-3	0.86	0.50	0.39	4.0	5	-0.10

10

【0337】

次に、第1の回折領域251等における「回折構造の深さ及び形状と回折効率の計算」について具体的な実施例を挙げて説明する。ここでは、上述の各次数の回折光を最大の回折光とするような回折面の設計例を、実施例1の内輪帯として、図44を用いて示すものである。尚、選択した回折次数の回折量(回折効率)は、図44に示すように溝深さによって変動するので、適切な溝深さを設定すれば、各波長における選択された回折次数の回折効率を所望の程度まで大きくすることができる。

【0338】

具体的に、図44は、回折構造をステップ数 $s = 4$ の階段形状として、(k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}) = (+1, -1, -2)としたときの、溝深さ d に対する回折効率の変化を示すものである。そして、図44(a)は、第1の波長の光ビームの+1次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図44(b)は、第2の波長の光ビームの-1次回折光の回折効率の変化を示すとともに、後述のように不要光となる-2次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図44(c)は、第3の波長の光ビームの-2次回折光の回折効率の変化を示すとともに、後述のように不要光となる+3次回折光の回折効率の変化を示す図である。図44(a)～図44(c)中において横軸は、溝深さ(nm)を示し、縦軸は、回折効率(光の強度)を示す図である。そして、 k_{1i} の回折効率を eff_1 とし、 k_{2i} の回折効率を eff_2 とし、 k_{3i} の回折効率を eff_3 としたときに、横軸に示す溝深さ $d = 3800$ (nm)の位置で十分な回折効率を有している。具体的に、図44(a)に示すように、 $eff_1 = 0.81$ 、図44(b)に示すように、 $eff_2 = 0.62$ で、図44(c)に示すように、 $eff_3 = 0.57$ であり、十分な回折効率を有するものとなっている。図44に示すように、回折効率と溝深さとの関係は、ステップ数によつても変動するので、適切なステップ数を選択する必要性があるが、ここでは、上述のようにステップ数 $s = 4$ とした。

20

【0339】

第1の回折領域251では、内輪帯領域をステップ構造(階段形状の回折構造)としているため、この回折領域において発生する不要光の回折効率を、正規光の回折効率 eff_1, eff_2, eff_3 より乖離させるのに適した構成である。ここで、正規光とは、上述のように選択した回折次数 k_{1i}, k_{2i}, k_{3i} の回折光を意味するもの、すなわち、回折効率が最大となる回折次数の回折光を意味するものとし、また、不要光とは、回折効率が2番目に大きくなる回折次数の回折光を意味するものとする。尚、図44並びに後述の図45及び図54中において、LMは、回折効率が最大となる回折次数の回折光の回折効率の変化を示し、LFは、ここで説明した不要光となる回折次数の回折光の回折効率の変化を示す。

30

【0340】

この第1の回折領域251において、階段形状の回折構造を形成することにより、不要光の影響を低減できることについて説明する。この図44と比較するために、参考例として図45に、この内輪帯をブレーズ形状として形成した場合の回折効率を示す。図45は、回折構造をステップ数 $s = 3$ のブレーズ形状として、(k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}) = (+1, +1, +1)としたときの、溝深さ d に対する回折効率の変化を示すものである。

40

50

そして、図45(a)は、第1の波長の光ビームの+1次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図45(b)は、第2の波長の光ビームの+1次回折光の回折効率の変化を示すとともに、不要光となる0次光の回折効率の変化を示す図であり、図45(c)は、第3の波長の光ビームの+1次回折光の回折効率の変化を示すとともに、不要光となる0次光の回折効率の変化を示す図である。図45(a)～図45(c)中において横軸は、溝深さ(nm)を示し、縦軸は、回折効率(光の強度)を示す図である。図45に示すようにこの場合には、第2及び第3の波長の場合に0次光が不要光として効率を有することになってしまい。そして、0次光と1次光のような隣接回折次数の各光ビームは、回折角度に違いが少ない。このため、選択された回折次数k_{2i}, k_{3i}のいずれかの光ビームである正規光を対応する光ディスクにフォーカス状態となるように集光させると、不要光もぼやけた状態で集光することとなる。そして、この不要光も光ディスクで反射されて、不要光の反射光が受光部に照射されてしまい、受光部で得られる信号に悪影響を及ぼし、ジッター等が悪化するおそれがある。さらに、この不要光は、デフォーカスが発生した場合にその影響が大きくなるという問題も招来するおそれがある。上述した図44に示すように、階段形状の回折構造を形成することにより、図45に示す場合に比べて不要光の回折効率を低くすることができる。

【0341】

すなわち、第1の回折領域251のような内輪帯の部分を階段形状のようにステップ化した場合には、不要光の回折光量を抑えるような構成とすることができます。階段形状の回折構造は、不要光の効率が低くなる溝深さを選択することができるとともに、不要光効率が高い効率となつたとしても、正規光となる次数と、不要光となる次数が大きく異なるため、フォーカス時に不要光が集光することを防止することができる。具体的に、図44(b)に示すように、第2の波長における不要光効率が5%程度で寄与しない程度まで抑えることができる。また、図44(c)に示すように、第3の波長における正規光が-2次光であるのに対して、不要光は+3次光となっており、この-2次光と、+3次光とは回折角度が大きく異なるため、正規光がフォーカスしている場合にも不要光が大きくデフォーカスすることとなり、受光部に不要光が入射することによる悪影響はない。換言すると、階段形状のような所謂ステップ構造は、ブレーズ形状等に比べて正規光の回折効率を隣接次数の回折光の回折効率から乖離させるのに適した構成といえるからである。

【0342】

次に、第1の回折領域251等における「ピッチ設計」について説明する。回折構造のピッチ設計において、所定の回折構造を有する回折部(回折面)により与えたい位相をとすると、その位相は、位相差関数係数C_nを用いて、次式(6)のように表すことができる。尚、式(6)中kは、各波長1, 2, 3において選択される回折次数を示すものであり、具体的には、k₁, k₂, k₃を示し、rは、半径方向の位置を示し、0は、設計波長を示すものである。尚、ピッチ設計に用いる0における場合には、k=1として計算が行われるものとする。

【0343】

【数3】

$$\phi = k \sum_{i=0}^n \frac{C_n r^{2i}}{\lambda_0} \quad \dots \quad (6)$$

【0344】

この式(6)中のの値は、レンズ設計時に一意に求めることができるものである。その一方で、は、設計波長0における位相を表しているので、'= - n 0の関係式により得られる' と、このの与える位相とはその与える影響が全く同一である。上述の関係式により得られる' は、換言すると、図46(b)に示すように、例えば図46(a)に示すようなを0により剩算した場合の余り、すなわち所謂剩余演算により得られる値である。この' は、実際の回折構造のピッチを決めるための付与すべき位相

10

20

30

40

50

量ともいえる。実際の回折構造ピッチは、この'から決定されるものであり、具体的には、図46(c)に示すように、この'の形状に沿うように決定されることとなる。尚、図46(a)～図46(c)中の横軸は、半径方向の位置を示すものであり、図46(a)中の縦軸は、その位置毎の必要位相量 ϕ を示すものであり、図46(b)中の縦軸は、その位置毎に剩余演算により得られる付与位相量 ϕ' を示すものであり、図46(c)中の縦軸は、溝深さdを示すものである。ここで、図46(c)では、ピッチを決定した後に、ブレーズ形状を示しているが、上述で説明した第1の回折領域251等のように、階段形状を採用する場合には、図46(c)に示すブレーズの斜面の部分が所定のステップ数Sの階段形状が形成されることとなる。

【0345】

10

尚、上述では、第1の回折領域251に設けられる回折構造は、その半径方向と光軸方向を含む断面形状が、図40(a)に示すように、一の階段部内において略等間隔に設定された所定の高さと所定の幅で形成された複数の階段形状の回折構造が設けられているものとして説明したが、これに限られるものではなく、図46(b)に示すような目標となる獲得目標位相に基づき、基準となる階段形状に対して高さ及び/又は幅を微小調整したような非周期的な段形状を形成してもよい。さらに、所定の波長の光ビームに対して所定の位相差を付与することができるよう位相設計により決定された形状に形成されるように構成してもよく、すなわち、断面形状が基準となる平面を示す水平線に対して平行な直線と、垂直線とからのみ形成されるものではなく、この直線に対して傾斜した直線(傾斜面)や、曲線(曲面)等を有した非周期的な形状となるように形成されるように構成してもよい。この点については、後述する第2の回折領域252も同様である。

【0346】

20

中輪帯である第2の回折領域252は、輪帯状で且つ所定の深さを有し第1の回折構造とは異なる構造とされた第2の回折構造が形成され、通過する第1の波長の光ビームの対物レンズ234を介して第1の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。

【0347】

30

また、第2の回折領域252は、第2の回折構造により、通過する第2の波長の光ビームの対物レンズ234を介して第2の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。

【0348】

また、第2の回折領域252は、第2の回折構造により、通過する第3の波長の光ビームの対物レンズ234を介して第3の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数以外の次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。この点について換言すると、第2の回折領域252は、第2の回折構造により、後述のフレア化の作用等を考慮した上で、通過する第3の波長の光ビームの対物レンズ234を介して第3の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成しないような次数の回折光が支配的となるようにされている。尚、第2の回折領域252は、第2の回折構造により、通過する第3の波長の光ビームの対物レンズ234を介して第3の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光の回折効率を十分に低減することができる。

40

【0349】

このように、第2の回折領域252は、上述の各波長の光ビームに対して上述の所定の次数の回折光が支配的となるのに適するような回折構造が形成されているため、第2の回折領域252を通過して所定の次数の回折光とされた第1及び第2の波長の光ビームが対物レンズ234によりそれぞれの光ディスクの信号記録面に集光される際の球面収差を補正して低減することを可能とする。

【0350】

50

また、第2の回折領域252は、第1及び第2の波長の光ビームに対しては上述のように機能するとともに、第3の波長の光ビームについては、フレア化の影響等を考慮して、この第2の回折領域252を通過して対物レンズ234を介して第3の光ディスクの信号記録面に集光しない次の回折光が支配的となるように構成されていることから、この第2の回折領域252を通過した第3の波長の光ビームが対物レンズ234に入射しても第3の光ディスクの信号記録面にはほとんど影響を与えることなく、換言すると、この第2の回折領域252を通過して対物レンズ234により信号記録面に集光される第3の波長の光ビームの光量を大幅に低減して略ゼロとして、第3の波長の光ビームに対して開口制限を行うよう機能することができる。

【0351】

ところで、上述した第1の回折領域251は、その領域を通過した第3の波長の光ビームが、NA = 0.45程度で開口制限される光ビームと同様の状態で対物レンズ234に入射するような大きさに形成されており、また、この第1の回折領域251の外側に形成される第2の回折領域252は、この領域を通過した第3の波長の光ビームを、対物レンズ234を介して第3の光ディスク上に集光させないため、かかる構成とされた第1及び第2の回折領域251, 252を備える回折部250は、第3の波長の光ビームに対して、NA = 0.45程度に開口制限を行うように機能することとなる。ここでは、回折部250において、第3の波長の光ビームに対して開口数NAを0.45程度に開口制限を行うように構成したが、上述の構成により制限される開口数はこれに限られるものではない。

【0352】

具体的には、第2の回折領域252は、図39及び図40(b)に示すように、光軸を中心とした輪帯状で基準面に対してこの輪帯の断面形状が所定の深さ(以下、「溝深さ」ともいう。)dのブレーズ形状となるように形成されている。

【0353】

また、ここでは、輪帯の断面形状がブレーズ形状となるような回折構造を有する第2の回折領域が形成されているものとして説明するが、上述のような各波長の光ビームに対して所定の次数の光ビームが支配的となるような回折構造であればよく、例えば、輪帯の断面形状が、図47に示すような、光軸を中心とした輪帯状で基準面に対してこの輪帯の断面形状が所定の深さdで所定のステップ数Sの階段形状が半径方向に連続して形成された回折領域252Bが形成されるように構成してもよい。

【0354】

図47に示すように、中輪帯として階段形状が形成される場合の回折領域252Bは、光軸を中心とした輪帯状でこの輪帯の断面形状が所定の深さdで所定のステップ数Sの階段形状が半径方向に連続して形成されている。尚、ここで、第2の回折領域252Bは、第1の回折領域251の場合と比べてd及び/又はSの数値が異なっており、すなわち、第1の回折領域251に設けられた第1の回折構造とは異なる第2の回折構造が形成されている。例えば、図47に示す第2の回折領域252Bの回折構造は、ステップ数が5(S=5)とされた回折構造であり、各段の深さが略同一深さ(d/3)とされた第1乃至第5の段部252Bs1, 252Bs2, 252Bs3, 252Bs4, 252Bs5を有する階段部が半径方向に連続して形成されており、また、光軸方向に間隔が(d/5)で同一間隔に形成された第1乃至第6の回折面252Bf1, 252Bf2, 252Bf3, 252Bf4, 252Bf5, 252Bf6を有して形成されている。

【0355】

また、第2の回折領域252は、通過する第1の波長の光ビームの次数k1mの回折光が支配的となるよう、すなわち、回折効率が最大となるように発生させ、また、通過する第2の波長の光ビームの次数k2mの回折光が支配的となるよう、すなわち、回折効率が最大となるように発生させ、また、通過する第3の波長の光ビームの次数k3mの回折光が支配的、すなわち、回折効率が最大となるように発生させる場合に、回折次数k1m, k2m, k3mが以下の第1乃至第3の観点から決定された関係となるように構成されて

10

20

30

40

50

いる。

【0356】

まず、第1の観点について説明する。第1の観点としては、最大の回折効率となる回折次数 $k_1 m$, $k_2 m$, $k_3 m$ が、上述の式(1)の関係式(中輪帯においてこの条件式中の $k_1 x$ 、 $k_2 x$ 、 $k_3 x$ の x は、 $x = m$ とする)を満たさないことである。これは、中輪帯領域において、 $k_1 m$, $k_2 m$, $k_3 m$ が式(1)を満たす場合には、第3の波長の次数 $k_3 m$ の回折光が第3の光ディスクの信号記録面に結像されてしまうからである。このような場合には、第3の波長に対する開口制限が実現できなくなってしまう。

【0357】

換言すると、第2の回折領域 252 は、第1及び第2の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう対物レンズ 234 を介して集光する第1及び第2の波長の光ビームの回折次数 $k_1 m$, $k_2 m$ の回折光の回折効率を高い状態で発生させるとともに、第3の光ディスクの信号記録面に集光する第3の波長の光ビームの回折次数の回折効率を極力抑えて開口制限機能を有するように構成してもよいが、この式(1)の関係を満たさないようにすることにより、この第3の波長の光ビームにおけるこの回折次数の光ビームを第3の光ディスクの信号記録面に焦点を結像させた状態からずらして、実質的に第3の光ディスクの信号記録面に集光される光ビームの光量をさらに低減させるものである。以下では、この所定の波長の光ビームの対物レンズ 234 を介して結像される位置を対応する光ディスクの信号記録面からずらして、実質的に信号記録面に集光されるこの波長の光ビームの光量を低減させることを、「フレア化」といい、詳細は後述する。

【0358】

尚、第3の波長に関しては、最大の回折効率を有する回折次数 $k_3 m$ のみでなく、所定の回折効率を有する全ての回折次数において、これを $k_3 m$ に換えて上述の関係式を上述の $k_1 m$, $k_2 m$ とともに満たさないように構成する必要がある。これは、所定の効率を有する回折次数の回折光でも式(1)の関係を満たすと、その回折光が対物レンズにより集光されて、開口制限を適切に行うことができないからである。ここで、所定の回折効率とは、この領域を通過した光ビームが光ディスクに照射され、その光ディスクで反射された光ビームが受光部に入射した場合に、正規の開口範囲内を通過した光ビームの戻り光を受光部で検出する際にノイズとなってしまう程度の効率を意味し、換言すると開口制限を適切に行うことができない程度の大きさの効率を意味するものとする。

【0359】

その一方で、この第1の観点のように、式(1)の関係式を満たさない回折次数 $k_1 m$, $k_2 m$, $k_3 m$ を選択することにより、第3の波長に対する開口制限を良好に行うことができる。

【0360】

次に、第2の観点について説明する。第2の観点としては、内輪帯で説明したのと同様に、選択する次数があまりに大きい場合には、回折構造の段差、溝深さ及びブレーズ深さが深くなってしまう。回折構造の深さが深くなると形成精度が悪化するおそれがあるほか、温度変化による光路長増大効果が大きくなり、温度回折効率特性が劣化してしまうという問題もある。このような理由から、3~4次程度までの回折次数を選択するのが妥当であり、一般的である。

【0361】

次に、第3の観点について説明する。第3の観点としては、内輪帯で説明したのと同様に、後述のような回折効率計算を行ったときに、深さ d が適切な大きさ以下であり形成可能である必要がある。そして、深さ d は、少なくとも $15 \mu m$ 以下であることが必要である。

【0362】

以上のような第1乃至第3の観点を満たすように、第2の回折領域 252 で所定の回折次数 $k_1 m$, $k_2 m$ を選択すれば良く、例えば、 $(k_1 m, k_2 m) = (+1, +1)$ 、 $(-1, -1)$ 、 $(0, +2)$ 、 $(0, -2)$ 、 $(0, +1)$ 、 $(0, -1)$ 、 $(+1,$

10

20

30

40

50

0)、(-1, 0)の組み合わせ(以下、この組み合わせのことを「中輪帯の回折次数の組み合わせA」という。)の場合、及び、(k_{1m}, k_{2m}) = (+3, +2)、(-3, -2)、(+2, +1)、(-2, -1)の組み合わせ(以下、この組み合わせのことを「中輪帯の回折次数の組み合わせB」という。)の場合が最適な構成の一例である。ここで、この中輪帯の回折次数の組み合わせA, Bを選択したときの、中輪帯の上述の機能とともに、回折効率等を考慮したときに階段形状、ブレーズ形状から選ばれる回折構造の形状、ステップ数S(ここで、ブレーズ形状の場合は、「」と示す)及び溝深さdを以下の表7に示す。ここで、表7に示すように、中輪帯の回折次数の組み合わせAでは、所謂ステップ形状である階段形状の回折構造において最適な回折効率が得られる溝深さが存在し、すなわち、この組み合わせは、階段形状の回折構造に適した組み合わせであるといえる。表7中MA1～MA4は、組み合わせAの各組み合わせの場合を示し、MB1～MB2は、組み合わせBの各組み合わせの場合を示す。尚、この組み合わせAの場合には、非周期構造においても最適な解が得られる。また、中輪帯の回折次数の組み合わせBでは、ブレーズ形状の回折構造において最適な回折効率が得られる溝深さが存在し、すなわち、この組み合わせは、ブレーズ形状の回折構造に適した組み合わせであるといえる。尚、表7には、上述の回折次数k_{1m}, k_{2m}の組み合わせに適した回折構造において第3の波長の光ビームの回折効率が最大となる回折次数k_{3m}とともに、所謂不要光として2番目に大きな回折効率を有する回折次数を「k_{3m'}」として示している。また、表7には、各波長の次数k_{1m}、k_{2m}、k_{3m}における回折効率e_{fff1}、e_{fff2}、e_{fff3}とともに第3の波長の回折次数k_{3m'}における回折効率e_{fff3'}も併せて示している。さらに、それぞれの例における、第3の波長のプロットP₃の球面収差補正直線からの乖離量ととともに、第3の波長の回折次数k_{3m'}を同様にプロットした場合のこのプロット点の球面収差補正直線からの乖離量を「」として示している。尚、表7及び後述の表8中の次数k_{1m}、k_{2m}、k_{3m}、k_{3m'}の組み合わせは、複号同順の組み合わせである。また、表7中「」は、e_{fff3'}において、回折効率が低く効率が問題とならないことを示すものである。

【0363】

【表7】

中輪帯の次数と回折効率、回折次数、深さ、ステップ数、△

No.	K _{1m}	k _{2m}	k _{3m}	k _{3m'}	e _{fff1}	e _{fff2}	e _{fff3}	e _{fff3'}	d[μm]	s	△[mm]	△'[mm]
MA1	±1	±1	0	※	0.80	0.48	0.52	※	6.4	3	-1.83	※
MA2	0	±2	0	±2	1.00	0.57	0.25	0.23	3.1	4	-1.01	-0.40
MA3	0	±1	±1	±1	0.99	0.63	0.28	0.28	1.6	2	-1.62	-0.40
MA4	±1	0	0	±1	0.79	0.85	0.43	0.34	4.1	3	-0.50	-1.49
MB1	±3	±2	±2	±1	0.96	0.93	0.47	0.34	2.4	∞	0.75	-3.15
MB2	±2	±1	±1	※	1.00	0.86	1.00	※	1.6	∞	-0.93	※

【0364】

この表7に示すように、上述の組み合わせA, Bでは、いずれの場合も、回折効率が十分に確保されており、また、第3の波長の回折効率が存在する場合にも、乖離量が十分に大きく、すなわちこの第3の波長の光ビームに対して球面収差が大きく付与されており、結像に寄与せず、開口制限の機能を発揮していることを確認できる。このことは、フレア化の効果が得られていることを意味している。尚、この表7においては、組み合わせA, Bにおいて、溝深さdとステップ数Sの解が複数存在するものも当然存在しているが、その代表的な例としてその溝深さd及びステップ数Sの一例を示しているだけである。

【0365】

また、第1乃至第3の観点を満たす、第2の回折領域252で選択される回折次数k_{1m}, k_{2m}は上述に限られるものではなく、例えば、(k_{1m}, k_{2m}) = (+1, -1)

10

20

30

40

50

)、(-1, +1)の組み合わせ(以下、この組み合わせのことを「中輪帯の回折次数の組み合わせC」という。)の場合や、(k_{1m}, k_{2m}) = (+1, +1)、(-1, -1)の組み合わせ(以下、この組み合わせのことを「中輪帯の回折次数の組み合わせD」という。)の場合も最適な構成の一例であるといえる。ここで、この中輪帯の回折次数の組み合わせC, Dを選択したときの、中輪帯の上述の機能とともに、回折効率等を考慮したときに選ばれる階段形状、ブレーズ形状から選ばれる回折構造の形状、ステップ数S及び溝深さdを以下の表8のMC1, MD1に示す。ここで、表8に示すように、中輪帯の回折次数の組み合わせCでは、所謂ステップ形状である階段形状の回折構造において最適な回折効率が得られる溝深さが存在し、すなわち、この組み合わせは、階段形状の回折構造に適した組み合わせであるといえる。また、中輪帯の回折次数の組み合わせDでは、ブレーズ形状の回折構造において最適な回折効率が得られる溝深さが存在し、すなわち、この組み合わせは、ブレーズ形状の回折構造に適した組み合わせであるといえる。尚、表8に示した「k_{1m}」、「k_{2m}」、「k_{3m}」、「k_{3m'}」、「eff₁」、「eff₂」、「eff₃」、「eff_{3'}」、「d[μm]」、「s」、「Δ [mm]」及び「Δ' [mm]」については、上述した表7で説明したのと同様である。

【0366】

【表8】

中輪帯の次数と回折効率、回折次数、深さ、ステップ数、Δ

No.	k _{1m}	k _{2m}	k _{3m}	k _{3m'}	eff ₁	eff ₂	eff ₃	eff _{3'}	d[μm]	s	Δ [mm]	Δ' [mm]
MC1	±1	±1	±1	±2	0.81	0.81	0.32	0.19	2.9	3	-0.44	-0.06
MD1	±1	±1	±1	0	1.00	0.60	0.42	0.39	0.8	∞	-0.25	-1.83

【0367】

この表8に示すように、上述の組み合わせC, Dでは、いずれの場合にも、回折効率が十分に確保されている。尚、表8で示した例では、乖離量 又は乖離量' が表7で示した例に比べて十分に大きな量とはいえないが、比較的低い回折効率 eff₃, eff_{3'} で且つある程度の剥離量 、' が得られていることから、例えば光学系の戻り倍率を大きく設定する等の手法により開口制限を実現しつつ、不要光の影響を下げることが十分に可能である。

【0368】

以上のように、内輪帯としての第2の回折領域252は、上述したような第1乃至第4の観点から、上述したような内輪帯の回折次数の組み合わせA, B, C, Dを選択することができ、このような回折次数を選択することにより、第1及び第2の波長の光ビームを高い回折効率で対応する光ディスクの信号記録面に球面収差を低減した状態で集光させることができるとともに、第3の波長の光ビームに対しては、回折効率の高い回折次数の回折光を第3の光ディスクの信号記録面に集光させないようにされていることから開口制限を行うように機能することができる。

【0369】

なお、上述したように、中輪帯においては、ブレーズ形状の第2の回折領域252に換えて、階段形状の第2の回折領域252Bを用いてもよい。これは、上述の内輪帯の説明において説明したように、不要光の影響を低減するためには階段形状(ステップ構造)が有利である一方で、中輪帯は、内輪帯よりも外側に設けられ、レンズ曲面が急峻になっているため、ブレーズ形状(ブレーズ構造)の方が製造面では有利なためである。すなわち、中輪帯においては、この不要光の影響と、製造面の有利さとの微妙なバランスの中で、他の構成との関係をふまえて有利な構成を選ぶようにすればよい。

【0370】

ここで、第2の回折領域252において、フレア化させること、及びその構成について説明する。上述の第1の回折領域251の説明において、上述の条件式(1 × k_{1m} × -

10

20

30

40

50

$2 \times k_2 x) / (t_1 - t_2) - (1 \times k_1 x - 3 \times k_3 x) / (t_1 - t_3)$ を満たすことが要求されていることについて述べたが、この条件式（中輪帯においてこの条件式中の $k_1 x$, $k_2 x$, $k_3 x$ の x は、 $x = m$ とする）は、第 2 の回折領域 252 においても考慮されるものである。そして、この中輪帯としての第 2 の回折領域 252 においては、上述のような第 1 及び第 2 の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう対物レンズ 234 を介して集光する第 1 及び第 2 の波長の光ビームの回折次数 $k_1 m$, $k_2 m$ の回折光を回折効率を高い状態で発生させるという機能を考慮すると、プロットされる P_1 と P_2 を設計直線上に位置させれば良いが、さらに、第 3 の波長についてフレア化させるために、 P_3 について、故意にこの設計直線上から乖離させるような設計直線を選択するようにすればよい。すなわち、 P_3 について設計直線から乖離させたような設計直線に基づき形成された対物レンズ 234 を構成することにより、第 3 の波長の光ビームの当該回折次数の回折光を第 3 の光ディスクの信号記録面に焦点を結像させた状態からはずらすことができ、実質的に第 3 の光ディスクの信号記録面に集光される第 3 の波長の光ビームの光量を低減させることができ、これにより、上述のような第 3 の波長の光ビームに対する開口制限を確実且つ良好に行うことを可能とする。具体的には、図 48 に示すような ($k_1 m$, $k_2 m$, $k_3 m$) = (+3, +2, +2) とした場合には、 P_3 が設計直線 L_{22} から乖離されており、当初から期待されていた第 2 の回折領域 252 に形成された回折構造により第 3 の波長の当該次数の回折光の回折効率を低減させる効果に加え、このフレア化の効果をさらに得て、これらの構成からさらに一層第 3 の光ディスクに入射してしまう第 3 の波長の光ビームの光量を抑えることを可能とする。

10

【0371】

外輪帯である第 3 の回折領域 253 は、輪帯状で且つ所定の深さを有し第 1 及び第 2 の回折構造とは異なる構造とされた第 3 の回折構造が形成され、通過する第 1 の波長の光ビームの対物レンズ 234 を介して第 1 の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。

【0372】

また、第 3 の回折領域 253 は、第 3 の回折構造により、通過する第 2 の波長の光ビームの対物レンズ 234 を介して第 2 の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数以外の次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。この点について換言すると、第 3 の回折領域 253 は、第 3 の回折構造により、後述のフレア化の作用等を考慮した上で、通過する第 2 の波長の光ビームの対物レンズ 234 を介して第 2 の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成しないような次数の回折光が支配的となるようにされている。尚、第 3 の回折領域 253 は、第 3 の回折構造により、通過する第 2 の波長の光ビームの対物レンズ 234 を介して第 2 の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光の回折効率を十分に低減することができる。

30

【0373】

また、第 3 の回折領域 253 は、第 3 の回折構造により、通過する第 3 の波長の光ビームの対物レンズ 234 を介して第 3 の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数以外の次数の回折光が支配的となるように、すなわち、他の次数の回折光に対して最大の回折効率となるように発生させる。この点について換言すると、第 3 の回折領域 253 は、第 3 の回折構造により、後述のフレア化の作用等を考慮した上で、通過する第 3 の波長の光ビームの対物レンズ 234 を介して第 3 の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成しないような次数の回折光が支配的となるようにされている。尚、第 3 の回折領域 253 は、第 3 の回折構造により、通過する第 3 の波長の光ビームの対物レンズ 234 を介して第 3 の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光する次数の回折光の回折効率を十分に低減することができる。

40

【0374】

このように、第 3 の回折領域 253 は、上述の各波長の光ビームに対して上述の所定の

50

次数の回折光が支配的となるのに適するような回折構造が形成されているため、第3の回折領域253を通過して所定の次数の回折光とされた第1の波長の光ビームが対物レンズ234により光ディスクの信号記録面に集光される際の球面収差を補正して低減することを可能とする。

【0375】

また、第3の回折領域253は、第1の波長の光ビームに対しては上述のように機能するとともに、第2及び第3の波長の光ビームについては、フレア化の影響等を考慮して、この第3の回折領域253を通過して対物レンズ234を介して第2及び第3の光ディスクの信号記録面に集光しない次数の回折光が支配的となるように構成されていることから、この第3の回折領域253を通過した第2及び第3の波長の光ビームが対物レンズ234に入射しても第2及び第3の光ディスクの信号記録面にはほとんど影響を与えることなく、換言すると、この第3の回折領域253を通過して対物レンズ234により信号記録面に集光される第2及び第3の波長の光ビームの光量を大幅に低減して略ゼロとして、第2の波長の光ビームに対して開口制限を行うよう機能することができる。尚、第3の回折領域253は、第3の波長の光ビームに対しては、上述の第2の回折領域252とともに、開口制限を行うよう機能することができる。

10

【0376】

ところで、上述した第2の回折領域252は、その領域を通過した第2の波長の光ビームが、 $N.A = 0.6$ 程度で開口制限される光ビームと同様の状態で対物レンズ234に入射するような大きさに形成されており、また、この第2の回折領域252の外側に形成される第3の回折領域253は、この領域を通過した第2の波長の光ビームを、対物レンズ234を介して光ディスク上に集光させないため、かかる構成とされた第2及び第3の回折領域252, 253を備える回折部250は、第2の波長の光ビームに対して、 $N.A = 0.6$ 程度に開口制限を行うように機能することとなる。ここでは、回折部250において、第2の波長の光ビームに対して開口数 $N.A$ を 0.6 程度に開口制限を行うように構成したが、上述の構成により制限される開口数はこれに限られるものではない。

20

【0377】

また、第3の回折領域253は、その領域を通過した第1の波長の光ビームが、 $N.A = 0.85$ 程度で開口制限される光ビームと同様の状態で対物レンズ234に入射するような大きさに形成されており、また、この第3の回折領域253の外側には回折構造が形成されていないため、この領域を透過した第1の波長の光ビームを、対物レンズ234を介して第1の光ディスク上に集光させないため、かかる構成とされた第3の回折領域253を備える回折部250は、第1の波長の光ビームに対して、 $N.A = 0.85$ 程度の開口制限を行うように機能することとなる。尚、第3の回折領域253を通過する第1の波長の光ビームは、例えば1次、4次の回折次数のものが支配的となるようにされているため、第3の回折領域253の外側の領域を透過した0次光は、対物レンズ234を介して第1の光ディスク上に集光しない場合がほとんどであるが、この0次光が、対物レンズ234を介して第1の光ディスク上に集光することになる場合には、第3の回折領域253の外側の領域に、通過する光ビームを遮蔽する遮蔽部又は通過する光ビームを対物レンズ234を介して第1の光ディスク上に集光する次数以外の次数の光ビームが支配的となる回折構造を有する回折領域を設けることにより、開口制限を行うように構成してもよい。ここでは、回折部250において、第1の波長の光ビームに対して開口数 $N.A$ を 0.85 程度に開口制限を行うように構成したが、上述の構成により制限される開口数はこれに限られるものではない。

30

【0378】

具体的には、第3の回折領域253は、図39及び図40(c)に示すように、光軸を中心とした輪帯状で基準面に対してこの輪帯の断面形状が所定の深さdのブレーズ形状となるように形成されている。

40

【0379】

外輪帯である、第3の回折領域253においては、上述のようにブレーズ構造を採用し

50

ている。この理由としては、最も外側に設けられる外輪帯は、極めてレンズ曲面が最も急峻な曲率を有しており、ブレーズ以外の構造を設けるのは製造上の観点から不利なためである。また、上述したような不要光や効率等の問題は考慮する必要がないため、ブレーズ構造で十分な性能を得ることができる。以下に選択される各次数について述べる。

【0380】

第3の回折領域253が、通過する第1の波長の光ビームの次数 k_{10} の回折光が支配的となるよう、すなわち、回折効率が最大となるように発生させ、また、通過する第2の波長の光ビームの次数 k_{20} の回折光が支配的となるよう、すなわち、回折効率が最大となるように発生させ、また、通過する第3の波長の光ビームの次数 k_{30} の回折光が支配的、すなわち、回折効率が最大となるように発生させる場合に、回折次数 k_{10} , k_{20} , k_{30} を選択する際に、第1の波長の次数と回折効率だけを考慮すればよい。10

【0381】

これは、所定の回折効率を有してしまう第2及び第3の波長の集光点をフレア化して結像させた状態からずらして、実質的に第2、第3の光ディスクの信号記録面に集光される光ビームの光量を低減することができるため、自由度が高く条件としては緩和されているからである。

【0382】

以上のような観点から、第3の回折領域253で所定の回折次数 k_{10} , k_{20} , k_{30} を選択すれば良く、例えば、その一例として、後述の実施例1のように、(k_{10} , k_{20} , k_{30}) = (+4, +2, +2)の場合には、上述の各観点を満たし、各効率を得ることができるものである。20

【0383】

ここで、第3の回折領域253において、フレア化させること、及びその構成について説明する。上述の第1の回折領域251の説明において、条件式($1 \times k_{1x} - 2 \times k_{2x} / (t_1 - t_2) = 1 \times k_{1x} - 3 \times k_{3x} / (t_1 - t_3)$)を満たすことが要求されることについて述べたが、この条件式(外輪帯においてこの条件式中の k_{1x} , k_{2x} , k_{3x} の x は、 $x = 0$ とする)は、第3の回折領域253においても考慮されるものである。そして、この外輪帯としての第3の回折領域253においては、上述のような第1の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう対物レンズ234を介して集光する第1の波長の光ビームの回折次数 k_0 の回折光を回折効率を高い状態で発生させるという機能を考慮すると、プロットされる P_1 を設計直線上に位置させれば良いが、さらに第2の波長若しくは第3の波長、又は第2及び第3の波長、についてフレア化させるために、それぞれ対応する P_2 , P_3 について、故意にこの設計直線上から乖離させるような設計直線を選択するようにすればよい。30

【0384】

すなわち、 P_2 について設計直線から乖離させたような設計直線に基づき形成された対物レンズ234を構成することにより、第2の波長の光ビームの当該回折次数の回折光を第2の光ディスクの信号記録面に焦点を結像させた状態からずらすことができ、実質的に第2の光ディスクの信号記録面に集光される第2の波長の光ビームの光量を低減させることができ、これにより、上述の第2の波長の光ビームに対する開口制限を確実且つ良好に行うことを行ふことを可能とする。また、 P_3 について設計直線から乖離させたような設計直線に基づき形成された対物レンズ234を構成することにより、第3の波長の光ビームの当該回折次数の回折光を第3の光ディスクの信号記録面に焦点を結像させた状態からずらすことができ、実質的に第3の光ディスクの信号記録面に集光される第3の波長の光ビームの光量を低減させることができ、これにより、上述の第3の波長の光ビームに対する開口制限を確実且つ良好に行ふことを可能とする。また、 P_2 及び P_3 の両者について設計直線から乖離させたような設計直線に基づき形成された対物レンズ234を構成することにより、上述した両方の効果、すなわち、対応する光ディスクの信号記録面に集光される第2及び第3の波長の光ビームの光量を低減させることを可能とする。40

【0385】

具体的には、図49に示すような(k_{1o}, k_{2o}, k_{3o}) = (+4, +2, +2)とした場合には、P2及びP3の両者が設計直線L23から乖離されており、当初から期待されていた第3の回折領域253に形成された回折構造により第2及び第3の波長の当該次数の回折光の回折効率を低減させる効果に加え、このフレア化の効果をさらに得て、これらの構成からさらに一層第2及び第3の光ディスクにそれぞれ入射してしまう第2及び第3の波長の光ビームの光量を抑えることを可能とする。

【0386】

以下に、上述した内輪帯である第1の回折領域251と、中輪帯である第2の回折領域252と、外輪帯である第3の回折領域253とを有する回折部250の具体的な実施例として、深さd及びプレーズ形状又は階段形状におけるステップ数Sについての具体的な数値を挙げ、各波長の光ビームに対して支配的となる次数の回折光の回折次数、及び、その回折次数の回折光の回折効率について表9及び後述の表10に示す。尚、表9は、回折部250の実施例1を示すものであり、表10は、回折部250の実施例2を示すものであり、表9及び表10中k1は、各輪帯における第1の波長の光ビームの回折効率が最大となる回折次数(k_{1i}, k_{1m}, k_{1o})、すなわち、対物レンズ234を介して第1の光ディスクの信号記録面に適切にスポットを形成するように集光する回折次数を示し、eff1は、第1の波長の光ビームの当該回折次数(k_{1i}, k_{1m}, k_{1o})の回折効率を示し、k2は、第2の波長の光ビームの回折効率が最大となる回折次数(k_{2i}, k_{2m}, k_{2o})、特に内輪帯及び中輪帯においては対物レンズ234を介して第2の光ディスクの信号記録面に適切にスポットを形成するように集光する回折次数を示し、eff2は、第2の波長の光ビームの当該回折次数(k_{2i}, k_{2m}, k_{2o})の回折効率を示し、k3は、第3の波長の光ビームの回折効率が最大となる回折次数(k_{3i}, k_{3m}, k_{3o})、特に内輪帯においては対物レンズ234を介して第3の光ディスクの信号記録面に適切にスポットを形成するように集光する回折次数を示し、eff3は、第3の波長の光ビームの当該回折次数(k_{3i}, k_{3m}, k_{3o})の回折効率を示し、dは、各回折領域の溝深さを示し、Sは、階段形状の場合におけるステップ数又は「」とあるのはプレーズ形状であることを示すものである。また、表9及び表10中「」は、上述のフレア化により効率が問題とならない状態を示すものである。

【0387】

【表9】

10

20

30

実施例1：各輪帯の回折効率、回折次数、深さ、ステップ数

	k1	eff ₁	K2	eff ₂	K3	eff ₃	d[μm]	S
内輪帯	1	0.81	-1	0.62	-2	0.57	3.8	4
中輪帯	3	0.96	2	0.93	2	※	2.4	∞
外輪帯	4	1.0	2	※	2	※	3.1	∞

※はフレア化により効率が問題とならない範囲とされていることを示す

【0388】

ここで、表9に示す実施例1について説明する。実施例1の内輪帯においては、表9に示すように、溝深さd=3.8(μm)のステップ数S=4の階段形状としたときの、第1の波長の光ビームの回折次数k_{1i}=+1の回折効率eff₁=0.81であり、第2の波長の光ビームの回折次数k_{2i}=-1の回折効率eff₂=0.62であり、第3の波長の光ビームの回折次数k_{3i}=-2の回折効率eff₃=0.57である。この実施例1の内輪帯のさらに具体的な説明については、図44を用いて上述したのでここでは詳細な説明は省略する。

【0389】

また、実施例1の中輪帯においては、表9に示すように、溝深さd=2.4(μm)のプレーズ形状(S=)としたとき、第1の波長の光ビームの回折次数k_{1m}=+3の回折効率eff₁=0.96であり、第2の波長の光ビームの回折次数k_{2m}=+2の回折

40

50

効率 $e_{f f 2} = 0.93$ である。また、この領域を通過する第 3 の波長の光ビームの最大回折効率となる回折次数 $k_{3m} = +2$ の回折効率 $e_{f f 3}$ は、0.4 程度存在するが、図 48 を用いて上述したようにスポットがフレア化されるため、結像には寄与しない。

【0390】

次に、この実施例 1 の中輪帯について図 50 (a) ~ 図 50 (c) を用いて、さらに具体的に説明する。図 50 (a) は、ステップ数 $S =$ のブレーズ形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 1 の波長の光ビームの +3 次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図 50 (b) は、ステップ数 $S =$ のブレーズ形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 2 の波長の光ビームの +2 次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図 50 (c) は、ステップ数 $S =$ のブレーズ形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 3 の波長の光ビームの +2 次回折光の回折効率の変化を示す図である。10 図 50 (a) ~ 図 50 (c) 中において横軸は、溝深さ (μm) を示し、縦軸は、回折効率 (光の強度) を示す図である。そして、横軸が $2400 \mu m$ の位置において、図 50 (a) に示すように、 $e_{f f 1}$ は、0.96 であり、図 50 (b) に示すように、 $e_{f f 2}$ は、0.93 であり、図 50 (c) に示すように、 $e_{f f 3}$ は、0.4 程度であるが、スポットがフレア化される。

【0391】

また、上述した実施例 1 の中輪帯においては、上述した (波長 × 次数) と、保護層厚さとの関係における設計直線のうち、保護層厚さを示す縦軸を Y 軸としたときの Y 切片位置及び傾きを対物レンズの設計によって変動させて第 3 の波長についてフレア化している。20 よって、このような設計直線に基づいて適切な対物レンズ設計を行えば、第 3 の波長の光ビームの光量をさらに抑えてこの第 3 の波長の光ビームに対して良好な開口制限を行うことができる。具体的には、実施例 1 の中輪帯は、図 48 に示すように、各回折次数 (k_{1m}, k_{2m}, k_{3m}) = (+3, +2, +2) で各点 P_1, P_2, P_3 をプロットし、L22 に示すような設計直線を設定したものである。図 48 において、第 1 の波長の設計点 P_1 と第 2 の波長の設計点 P_2 とは、設計直線 L22 上に位置するために、回折次数 k_{1m}, k_{2m} の回折光の収差は略 0 となる。一方、第 3 の波長におけるプロットされた点 P_3 は、収差ゼロ設計点とはかなりの乖離を有しており、上述したようなフレア化していることを示している。尚、図 48 においては、 $k_{3m} = +2$ のプロットしか示していないが、第 3 の波長においてその他の次数でも同様に設計直線 L22 から乖離していることとなる。この結果、第 3 の波長においては収差が取れ残り、すなわち、結果としてこの中輪帯を通過した第 3 の波長の光ビームは信号記録面に結像しないで、第 3 の光ディスクに入射してしまう第 3 の波長の光ビームの光量を抑えることができる。この結果、図 50 に示すように第 3 の波長の光ビームの回折効率が存在しても、これらの光ビームは結像に対して寄与せず、適切な開口制限 ($N.A. = 0.45$) を実現することができる。30

【0392】

また、実施例 1 の外輪帯においては、表 9 に示すように、溝深さ $d = 3.1 (\mu m)$ のブレーズ形状 ($S =$) としたときの、第 1 の波長の光ビームの回折次数 $k_{1o} = +4$ の回折効率 $e_{f f 1} = 1.0$ である。また、この領域を通過する第 2 の波長の光ビームの最大回折効率となる回折次数 $k_{2o} = +2$ の回折効率 $e_{f f 2}$ は、0.6 程度存在するが、図 49 を用いて上述したようにスポットがフレア化されるため、結像には寄与しない。40 さらに、この領域を通過する第 3 の波長の光ビームの最大回折効率となる回折次数 $k_{3o} = +2$ の回折効率 $e_{f f 3}$ は、1.0 程度存在するが、図 49 を用いて上述したようにスポットがフレア化されるため、結像には寄与しない。

【0393】

次に、この実施例 1 の外輪帯について図 51 (a) ~ 図 51 (c) を用いて、さらに具体的に説明する。図 51 (a) は、ステップ数 $S =$ のブレーズ形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 1 の波長の光ビームの +4 次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図 51 (b) は、ステップ数 $S =$ のブレーズ形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 2 の波長の光ビームの +2 次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図 51 (c) は、ステップ数 $S =$ のブレーズ形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 3 の波長の光ビームの +50

2次回折光の回折効率の変化を示す図である。図51(a)～図51(c)中において横軸は、溝深さ(nm)を示し、縦軸は、回折効率(光の強度)を示す図である。そして、横軸が 3100 nm の位置において、図51(a)に示すように、 eff_1 は、1.0であり、図51(b)に示すように、 eff_2 は、0.6程度であるが、スポットがフレア化され、図51(c)に示すように、 eff_3 は、1.0程度であるが、スポットがフレア化される。

【0394】

また、上述した実施例1の外輪帯においても、上述した実施例1の中輪帯の場合と同様に、対物レンズの設計直線を変動させて、第2及び第3の波長についてフレア化して、良好な開口制限を行うように構成している。具体的には、実施例1の外輪帯は、図49に示すように、各回折次数(k_{10}, k_{20}, k_{30})=(+4, +2, +2)で各点P₁, P₂, P₃をプロットし、L₂₃に示すような設計直線を設定したものである。図49において、第1の波長の設計点P₁は、設計直線L₂₃上に位置するために、回折次数 k_{10} の回折光の収差は略0となる。一方、第2及び第3の波長におけるプロットされた点P₂, P₃は、収差ゼロ設計点とはかなりの乖離を有しており、上述したようなフレア化されていることを示している。尚、図49においては、(k_{20}, k_{30})=(+2, +2)のプロットしか示していないが、第2及び第3の波長においてその他の次数でも同様に設計直線L₂₃から乖離していることとなる。この結果、第2の波長においては収差が取れ残り、すなわち、結果としてこの外輪帯を通過した第2及び第3の波長の光ビームは信号記録面に結像しないで、それぞれ第2及び第3の光ディスクに入射してしまう第2及び第3の波長の光ビームの光量を抑えることができる。この結果、図51に示すように第2の波長の光ビームの回折効率が存在しても、この光ビームは結像に対して寄与せず、適切な開口制限($NA = 0.6$)を実現することができ、また、図51に示すように第3の波長の光ビームの回折効率が存在しても、この光ビームは結像に対して寄与せず、適切な開口制限($NA = 0.45$)を実現することができる。

【0395】

以上のように実施例1及び後述の実施例2の外輪帯は、回折面をブレーズ化している構成から、後述のように対物レンズの一方の面にこの回折部を設けるような場合にも、外輪帯という性質上レンズ外周部のレンズ面の傾斜のきつい曲面に対しても比較的容易に回折溝を形成できる。

【0396】

次に、表10に示す実施例2について説明する。

【0397】

【表10】

実施例2：各輪帯の回折効率、回折次数、深さ、ステップ数

	K1	eff_1	K2	eff_2	K3	eff_3	$d[\mu\text{m}]$	s
内輪帯	0	0.98	-1	0.78	-2	0.39	6.9	3
中輪帯	0	0.96	-1	0.81	-3	※	11.65	5
外輪帯	1	1.0	1	※	1	※	0.8	∞

※はフレア化により効率が問題とならない範囲とされていることを示す

【0398】

実施例2の内輪帯においては、表10に示すように、溝深さ $d = 6.9 (\mu\text{m})$ のステップ数 $S = 3$ の階段形状としたときの、第1の波長の光ビームの回折次数 $k_{1i} = 0$ の回折効率 $\text{eff}_1 = 0.98$ であり、第2の波長の光ビームの回折次数 $k_{2i} = -1$ の回折効率 $\text{eff}_2 = 0.78$ であり、第3の波長の光ビームの回折次数 $k_{3i} = -2$ の回折効率 $\text{eff}_3 = 0.39$ である。

【0399】

次に、この実施例2の内輪帯について図52(a)～図52(c)を用いて、さらに具

10

20

30

40

50

体的に説明する。図 5 2 (a) は、ステップ数 $S = 3$ の階段形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 1 の波長の光ビームの 0 次光の回折効率の変化を示す図であり、図 5 2 (b) は、ステップ数 $S = 3$ の階段形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 2 の波長の光ビームの - 1 次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図 5 2 (c) は、ステップ数 $S = 3$ の階段形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 3 の波長の光ビームの - 2 次回折光の回折効率の変化を示す図である。図 5 2 (a) ~ 図 5 2 (c) 中において横軸は、溝深さ (nm) を示し、縦軸は、回折効率 (光の強度) を示す図である。そして、横軸が 6900 nm の位置において、図 5 2 (a) に示すように、 e_{ff1} は、0.98 であり、図 5 2 (b) に示すように、 e_{ff2} は、0.78 であり、図 5 2 (c) に示すように、 e_{ff3} は、0.39 である。

10

【 0 4 0 0 】

尚、この実施例 2 の内輪帯においても、ここで選択された回折次数 (k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}) = (0, -1, -2) は、上述の条件式 (1) (条件式中の k_{1x}, k_{2x}, k_{3x} の x は、 $x = i$ とする) を満たしており、各光ディスクの信号記録面上の球面収差を補正して低減できる回折次数である。さらに具体的には、図 5 5 に示すように、各プロット P_1, P_2, P_3 が略設計直線である直線 L_{24} 上に一直線に位置することとなる。ここで、厳密には、図 4 2 を用いて上述したのと同様に、第 2 及び第 3 の波長 λ_2, λ_3 を発散光として入射させることで、完全に一直線上に位置させるものとする。

【 0 4 0 1 】

実施例 2 の中輪帯においては、表 1 0 に示すように、溝深さ $d = 11.65 (\mu m)$ のステップ数 $S = 5$ の階段形状としたときの、第 1 の波長の光ビームの回折次数 $k_{1m} = 0$ の回折効率 $e_{ff1} = 0.96$ であり、第 2 の波長の光ビームの回折次数 $k_{2m} = -1$ の回折効率 $e_{ff2} = 0.81$ である。また、この領域を通過する第 3 の波長の光ビームの最大回折効率となる回折次数 $k_{3m} = -3$ の回折効率 e_{ff3} は、0.4 程度存在するが、上述したようにスポットがフレア化される (図 5 6 参照) ため、結像には寄与しない。

20

【 0 4 0 2 】

次に、この実施例 2 の中輪帯について図 5 3 (a) ~ 図 5 3 (c) を用いて、さらに具体的に説明する。図 5 3 (a) は、ステップ数 $S = 5$ の階段形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 1 の波長の光ビームの 0 次光の回折効率の変化を示す図であり、図 5 3 (b) は、ステップ数 $S = 5$ の階段形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 2 の波長の光ビームの - 1 次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図 5 3 (c) は、ステップ数 $S = 5$ の階段形状の溝深さ d を変化させた場合の、第 3 の波長の光ビームの - 3 次回折光の回折効率の変化を示す図である。図 5 3 (a) ~ 図 5 3 (c) 中において横軸は、溝深さ (nm) を示し、縦軸は、回折効率 (光の強度) を示す図である。そして、横軸が 11650 nm の位置において、図 5 3 (a) に示すように、 e_{ff1} は、0.96 であり、図 5 3 (b) に示すように、 e_{ff2} は、0.81 であり、図 5 3 (c) に示すように、 e_{ff3} は、0.4 程度であるが、スポットがフレア化される。

30

【 0 4 0 3 】

また、この実施例 2 の中輪帯においても、上述した実施例 1 の中輪帯の場合と同様に、対物レンズの設計直線を変動させて、第 3 の波長についてフレア化して、良好な開口制限を行うように構成している。具体的には、実施例 2 の中輪帯は、図 5 6 に示すように、各回折次数 (k_{1m}, k_{2m}, k_{3m}) = (0, -1, -3) で各点 P_1, P_2, P_3 をプロットし、 L_{25} に示すような設計直線を設定したものである。図 5 6 において、第 1 の波長の設計点 P_1 と第 2 の波長の設計点 P_2 とは、設計直線 L_{25} 上に位置するために、回折次数 k_{1m}, k_{2m} の回折光の収差は略 0 となる。一方、第 3 の波長におけるプロットされた点 P_3 は、収差ゼロ設計点とはかなりの乖離を有しており、上述したようなフレア化されていることを示している。尚、図 5 6 においては、 $k_{3m} = -3$ のプロットしか示していないが、第 3 の波長においてその他の次数でも同様に設計直線 L_{25} から乖離していることとなる。この結果、第 3 の波長においては収差が取れ残り、すなわち、結果としてこの中輪帯を通過した第 3 の波長の光ビームは信号記録面に結像しない

40

50

で、第3の光ディスクに入射してしまう第3の波長の光ビームの光量を抑えることができる。この結果、図53に示すように第3の波長の光ビームの回折効率が少し存在しても、これらの光ビームは結像に対して寄与せず、適切な開口制限($N.A = 0.45$)を実現することができる。

【0404】

また、実施例2の外輪帯においては、表10に示すように、溝深さ $d = 0.8$ (μm)のブレーズ形状($S = \dots$)としたときの、第1の波長の光ビームの回折次数 $k_{10} = +1$ の回折効率 $e_{ff1} = 1.0$ である。また、この領域を通過する第2の波長の光ビームの最大回折効率となる回折次数 $k_{20} = +1$ の回折効率 e_{ff2} は、0.6程度存在するが、上述したようにスポットがフレア化される(図57参照)ため、結像には寄与しない。
10 さらに、この領域を通過する第3の波長の光ビームの最大回折効率となる回折次数 $k_{30} = +1$ の回折効率 e_{ff3} は、0.4程度存在するが、上述したようにスポットがフレア化されるため、結像には寄与しない。

【0405】

次に、この実施例2の外輪帯について図54(a)~図54(c)を用いて、さらに具体的に説明する。図54(a)は、ステップ数 $S = \dots$ のブレーズ形状の溝深さ d を変化させた場合の、第1の波長の光ビームの+1次回折光の回折効率の変化を示す図であり、図54(b)は、ステップ数 $S = \dots$ のブレーズ形状の溝深さ d を変化させた場合の、第2の波長の光ビームの+1次回折光の回折効率の変化を示すとともに、不要光となる0次光の回折効率の変化を示す図であり、図54(c)は、ステップ数 $S = \dots$ のブレーズ形状の溝深さ d を変化させた場合の、第3の波長の光ビームの+1次回折光の回折効率の変化を示すとともに、不要光となる0次光の回折効率の変化を示す図である。図54(a)~図54(c)中において横軸は、溝深さ(nm)を示し、縦軸は、回折効率(光の強度)を示す図である。そして、横軸が800nmの位置において、図54(a)に示すように、 e_{ff1} は、1.0であり、図54(b)に示すように、 e_{ff2} は、0.6程度であるが、スポットがフレア化され、図54(c)に示すように、 e_{ff3} は、0.4程度であるが、スポットがフレア化される。
20

【0406】

また、この実施例2の外輪帯においても、上述した実施例1の外輪帯の場合と同様に、対物レンズの設計直線を変動させて、第2及び第3の波長についてフレア化して、良好な開口制限を行うように構成している。具体的には、実施例2の外輪帯は、図57に示すように、各回折次数(k_{10}, k_{20}, k_{30})=(+1, +1, +1)で各点 P_1, P_2, P_3 をプロットし、 L_{26} に示すような設計直線を設定したものである。図57において、第1の波長の設計点 P_1 は、設計直線 L_{26} 上に位置するために、回折次数 k_{10} の回折光の収差は略0となる。一方、第2及び第3の波長におけるプロットされた点 P_2, P_3 は、収差ゼロ設計点とはかなりの乖離を有しており、上述したようなフレア化されていることを示している。尚、図57においては、(k_{20}, k_{30})=(+1, +1)のプロットしか示していないが、第2及び第3の波長において、例えば0次光のようなその他の次数でも同様に設計直線 L_{26} から乖離していることとなる。この結果、第2及び第3の波長においては収差が取れ残り、すなわち、結果としてこの外輪帯を通過した第2及び第3の波長の光ビームは信号記録面に結像しないで、それぞれ第2及び第3の光ディスクに入射してしまう第2及び第3の波長の光ビームの光量を抑えることができる。この結果、図54に示すように第2の波長の光ビームの回折効率が存在しても、これらの光ビームは結像に対して寄与せず、適切な開口制限($N.A = 0.6$)を実現することができ、また、図54に示すように第3の波長の光ビームの回折効率が存在しても、この光ビームは結像に対して寄与せず、適切な開口制限($N.A = 0.45$)を実現することができる。
30

【0407】

以上のような内輪帯、中輪帯及び外輪帯を備える実施例1及び実施例2の回折部では、上述した式(5B)の関係を満たすとともに、各波長に対する回折効率が対応する各輪帯
40

10

20

30

40

50

に亘って良好であり、十分な効率が得られるとともに、不要光の問題も解消できていることが確認できる。また、上述したように、内輪帯をステップ形状（階段形状）にし、外輪帯をブレーズ形状としていることから、製造上も有利な構成となっている。

【0408】

次に、この実施例1及び実施例2について、作動距離及び焦点距離の観点から確認する。以下の表11、表12に、それぞれ表9、表10に示した実施例1、2の各波長及び対応する光ディスクに対する光学特性を示す。尚、表11は、実施例1に対応し、表12は、実施例2に対応するものである。また、表11及び表12には、各波長の光ビーム及び対応する光ディスクに対する、対物レンズの「焦点距離」、「NA」、「有効径」、「倍率」、「作動距離」を示すとともに、光ディスクの「保護層厚さ」及び対物レンズの「軸上厚さ」を示すものとする。

【0409】

【表11】

実施例1：各ディスク及び対応する各波長に対する光学特性

	第1の光ディスク $\lambda 1$	第2の光ディスク $\lambda 2$	第3の光ディスク $\lambda 3$
焦点距離[mm]	2.2	2.28	2.30
NA	0.85	0.60	0.45
有効径[mm]	3.74	2.72	2.07
倍率	0	-1/60	-1/60
保護層厚さ[mm]	0.0875	0.6	1.1
作動距離[mm]	0.92	0.70	0.41
軸上厚さ[mm]		2.13	

【0410】

【表12】

実施例2：各ディスク及び対応する各波長に対する光学特性

	第1の光ディスク $\lambda 1$	第2の光ディスク $\lambda 2$	第3の光ディスク $\lambda 3$
焦点距離[mm]	1.92	2.05	2.19
NA	0.85	0.60	0.45
有効径[mm]	3.26	2.46	2.00
倍率	0	-1/50	-1/60
保護層厚さ[mm]	0.0875	0.6	1.1
作動距離[mm]	0.62	0.52	0.40
軸上厚さ[mm]		2.20	

【0411】

表11、表12に示すように、実施例1及び実施例2の回折部は、上述したように要求される第1の波長に対する「焦点距離」を2.2以下にするとともに、第3の波長の光ビームを用いる場合の「作動距離」を0.40以上とすることができる。

【0412】

以上のように、実施例1及び実施例2の回折部は、製造上有利な構成で、且つ不要光の問題も解消でき、各波長に対する対物レンズの焦点距離や作動距離の条件も所望のものにできるとともに、各波長に対して所定の開口制限と所望の回折効率を得ることができる。

10

20

30

40

50

【0413】

尚、上述では、内輪帯として複数の段部を有する階段構造が輪帯の半径方向に連続的に形成された階段形状の回折構造が形成された第1の回折領域251と、中輪帯として複数の段部を有する階段構造が輪帯の半径方向に連続的に形成された階段形状又はブレーズ形状の回折構造が形成された第2の回折領域252, 252Bと、外輪帯としてブレーズ形状の回折構造が形成された第3の回折領域253とを備えるものとして説明したが、これに限られるものではなく、内輪帯及び中輪帯においては、上述の選択される回折次数の関係を満足すれば非周期構造の回折構造を有して構成してもよい。

【0414】

例えば、第1の回折領域は、上述したように所望の位相差を付与する非周期構造が輪帯の半径方向に形成された非周期形状の回折構造が形成されるように構成してもよく、また、第2の回折領域は、上述したように所望の位相差を付与する非周期構造が輪帯の半径方向に形成された非周期形状の回折構造が形成されるように構成してもよい。第1及び第2の回折領域に、非周期形状の回折構造を設ける場合には、設計の自由度が広がり、より所望の回折効率を得ることができとともに、回折効率の温度特性の点で有利な構成である。10

【0415】

また、以上で説明した第1乃至第3の回折領域251, 252, 253の変形例としては、第3の回折領域を所謂非球面連続面として形成してもよい。すなわち、上述のような第3の回折領域253に換えて、レンズ曲面の屈折力により、第1の波長の光ビームに対しては所定の屈折力を付与して球面収差のない状態で対応する光ディスクに集光させるとともに、第2及び第3の波長の光ビームに対しては適切に開口制限を行うように構成してもよい。換言すると、第3の光ディスクの開口数に対応するような領域に形成され内輪帯として複数の段部を有する階段構造が輪帯の半径方向に連続的に形成された階段形状の回折構造が形成された第1の回折領域251と、第2の光ディスクの開口数に対応するような領域に形成され中輪帯として複数の段部を有する階段構造が輪帯の半径方向に連続的に形成された階段形状又はブレーズ形状の回折構造が形成された第2の回折領域252, 252Bと、第1の光ディスクの開口数に対応するような領域に形成され、通過する第1の波長の光ビームを対応する第1の光ディスクの信号記録面に集光させるとともに通過する第2及び第3の波長の光ビームをそれぞれ対応する第2及び第3の光ディスクの信号記録面に集光しないようにさせる領域とを有する回折部として構成してもよい。かかる外輪帯を非球面連続面として構成する例については、図58を用いて後述する。20

【0416】

以上のような構成とされた第1乃至第3の回折領域251, 252, 253を有する回折部250は、第1の回折領域251を通過する第1乃至第3の波長の光ビームを、3波長に共通の対物レンズ234の屈折力によりそれぞれ対応する種類の光ディスクの信号記録面に球面収差が発生しない発散角の状態となるような回折力で回折させるとともに対物レンズ234の屈折力により対応する光ディスクの信号記録面に適切なスポットを集光させることができ、第2の回折領域252を通過する第1及び第2の波長の光ビームを、共通の対物レンズ234の屈折力によりそれぞれ対応する種類の光ディスクの信号記録面に球面収差が発生しない発散角の状態となるような回折力で回折させるとともに対物レンズ234の屈折力により対応する光ディスクの信号記録面に適切なスポットを集光させることができ、第3の回折領域253を通過する第1の波長の光ビームを対物レンズ234の屈折力により対応する種類の光ディスクの信号記録面に球面収差が発生しない発散角の状態となるような回折力で回折させるとともに対物レンズ234の屈折力により対応する光ディスクの信号記録面に適切なスポットを集光させることができる。ここで、「球面収差が発生しない発散角の状態」には、発散状態、収束状態及び平行光の状態も含み、球面収差がレンズ曲面の屈折力により補正される状態を意味するものとする。40

【0417】

すなわち、光ピックアップ203の光学系における第1乃至第3の出射部と信号記録面との間の光路上に配置される対物レンズ234の一面に設けられた回折部250は、それ50

その領域（第1乃至第3の回折領域251，252，253）を通過するそれぞれの波長の光ビームを信号記録面に発生する球面収差を低減する状態となるように回折力を付与することができるので、光ピックアップ203において第1乃至第3の波長の光ビームを共通の対物レンズ234を用いてそれぞれ対応する光ディスクの信号記録面に集光させたときの信号記録面に発生する球面収差を極限まで低減することができ、すなわち、3種類の光ディスクに対して3種類の波長と共に共通の対物レンズ234とを用いた光ピックアップの3波長互換を実現してそれぞれの光ディスクに対して適切に情報信号の記録及び／又は再生を可能とする。

【0418】

また、上述したような第1乃至第3の回折領域251，252，253からなる回折部250を有する対物レンズ234は、内輪帶としての第1の回折領域251により選択されて支配的とされて対物レンズ234を介して対応する光ディスクの信号記録面に集光される回折次数（ k_{1i} , k_{2i} , k_{3i} ）が、 $k_{1i} > k_{2i} > k_{3i}$ の関係を有するようにされていることから、適切に球面収差を低減できる次数の回折光を支配的とすることで、各波長の光ビームを対応する光ディスクの信号記録面に適切なスポットを集光させることができるとともに、各波長の光ビームを使用する場合の作動距離と、各波長に対する焦点距離を適切な状態にすることができ、すなわち第3の波長3を使用する場合の作動距離を確保するために第1の波長1に対する焦点距離が長くなり過ぎることを防止して、対物レンズのレンズ径が大きくなることや光ピックアップ全体の大型化する等の問題を防止できる。よって、この回折部250を有する対物レンズ234は、適切な作動距離と焦点距離を確保して光学部品や光ピックアップの大型化させることなく、各波長の光ビームを高い光利用効率で対応する光ディスクの信号記録面に適切なスポットを集光させることを実現し、すなわち3種類の光ディスクに対して3種類の波長と共に共通の対物レンズを用いた光ピックアップの3波長互換を実現してそれぞれの光ディスクに対して適切に情報信号の記録及び／又は再生を可能とする。

【0419】

また、上述したような回折部250を有する対物レンズ234は、内輪帶としての第1の回折領域251により選択されて対物レンズ234を介して対応する光ディスクの信号記録面に集光される回折次数のうち、 k_{1i} , k_{3i} がそれぞれ、（-2, -3）、（-1, -2）、（-1, -3）、（0, -2）、（0, -3）、（1, -2）、（1, -3）、（2, -1）、（2, -2）、（2, -3）、（3, 0）、（3, -1）、（3, -2）、又は（3, -3）である構成により、適切に球面収差を低減できる次数の回折光を支配的とすることで、各波長の光ビームを対応する光ディスクの信号記録面に適切なスポットを集光せざるとともに、各波長の光ビームを使用する場合の作動距離と、各波長に対する焦点距離を適切な状態にすることができ、すなわち第3の波長3を使用する場合の作動距離を確保するために第1の波長1に対する焦点距離が長くなり過ぎることを防止して、対物レンズのレンズ径が大きくなることや光ピックアップ全体の大型化する等の問題を防止できるのに加えて、上述した内輪帶を構成する際の第3の観点で説明したように、必要となる溝深さが深くなりすぎることを防止する製造上有利な構成があるので、製造工程を簡素化せざるとともに、形成精度の悪化を防止することができる。よって、この回折部250を有する対物レンズ234は、適切な作動距離と焦点距離を確保して光学部品や光ピックアップを大型化させることなく、また、製造工程を簡素化せざるとともに形成精度の悪化を防止して、高い光利用効率で対応する光ディスクの信号記録面に適切なスポットを集光せざることを実現する。

【0420】

また、上述したような回折部250を有する対物レンズ234は、第1の回折領域251が、複数の段部を有する階段構造が輪帶の半径方向に連続的に形成された階段形状の回折構造が形成され、第3の回折領域253が、ブレーズ形状の回折構造が形成されている構成とされている。かかる回折部250を有する対物レンズ234は、第1乃至第3の波長に対して所定の状態となるような回折力を付与するとともに高い回折効率とする必要性

10

20

30

40

50

のある内輪帯をステップ形状で形成した構成により、不要光の回折光量を抑えて、不要光が受光部で受光されてジッター等が悪化するおそれを防止でき、また、不要光の回折光量がある程度発生した場合にもその不要光の回折次数をフォーカス光の隣接回折次数以外の回折角度差の大きい乖離された次数として、フォーカス時に不要光が集光されてジッター等が悪化するおそれを防止できる。また、かかる回折部 250 を有する対物レンズ 234 は、対物レンズの一方の面に一体形成されるとともに最も外側に設けられる外輪帯をブレーズ形状で形成した構成により、3 波長対応レンズのような極めてレンズ曲面が急峻な曲率を有している部分に回折構造を形成する際に有利な構成であり、製造を容易にし且つ形成精度の悪化を防止することができる。

【0421】

10

また、上述したような回折部 250 を有する対物レンズ 234 は、対物レンズ 234 の入射側の面に入射する際の、第 1 の波長の光ビームが無限光学系、すなわち略平行光とされ、第 2 及び第 3 の波長の光ビームが有限光学系、すなわち発散光とされて入射される構成により、図 41、図 42 及び図 55 を用いて説明したように、3 波長の選択された回折次数 k_{1i}, k_{2i}, k_{3i} に対して所定の回折効率を球面収差補正の可能性を考慮する必要のある内輪帯である第 1 の回折領域 251 を通過する光ビームを、高い回折効率且つ球面収差のない状態で対応する光ディスクの信号記録面に適切に集光することができる。さらに、かかる回折部 250 を有する対物レンズ 234 は、対物レンズの入射側の面に入射する際の、第 1 の波長の光ビームが略平行光とされ、第 2 及び第 3 の波長の光ビームが発散光とされて入射される構成により、中輪帯や外輪帯で、図 48、図 49、図 56、図 57 で説明したようなフレア化を行う際の自由度を向上し、自由度を向上させてフレア化の効果を享受することにより、中輪帯や外輪帯の回折構造選択の自由度を向上させて、すなわち、より高効率が得られるとともに、構成自体の簡素化を実現して、さらにはこれによる形成精度の悪化等についても防止できる。このように、かかる回折部 250 を有する対物レンズ 234 は、対物レンズ 234 の入射側の面に入射する際の、第 1 の波長の光ビームが略平行光とされ、第 2 及び第 3 の波長の光ビームが発散光とされて入射される構成により、各波長に対して高い回折効率且つ球面収差のない状態で対応する光ディスクの信号記録面に適切に集光することを、より簡素な構成で実現することを可能とする。

【0422】

20

尚、後述のように回折部 250 が対物レンズと別体の回折光学素子 235B（図 69 参照）に設けられる場合には、対物レンズ及び回折部が設けられた回折光学素子のうち第 1 乃至第 3 の出射部に近接する側に配置される側の素子の入射側の面に入射する際の、第 1 の波長の光ビームが略平行光とされ、第 2 及び第 3 の波長の光ビームが発散光とされて入射されるように構成すれば同様の効果が得られる。

【0423】

30

さらに、上述したような回折部 250 を有する対物レンズ 234 は、内輪帯としての第 1 の回折領域 251 により選択されて支配的とされて対物レンズ 234 を介して対応する光ディスクの信号記録面に集光される回折次数 (k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}) が、(1, -1, -2)、(0, -1, -2)、(1, -2, -3) 又は (0, -2, -3) とされていることにより、内輪帯を構成する際の第 1 の観点で述べたような各波長における球面収差を低減でき、第 2 の観点で述べたような各波長における作動距離及び焦点距離を最適なものにでき、第 3 及び第 4 の観点で述べたような製造上有利な構成とでき、さらに、各波長のそれぞれ選択された回折次数の回折効率を十分に高く設定でき、且つ、階段形状での構成を可能とすることから不要光の回折効率を抑えるとともに、隣接回折次数の回折効率を低くできることから、不要光の悪影響を極力抑えることを実現できる。よって、この回折部 250 を有する対物レンズ 234 は、より具体的な構成を考慮して小型化や構成の有利さ等を考慮した上で、より有利な構成で、高い光利用効率で対応する光ディスクの信号記録面に適切なスポットを集光させることを実現する。

【0424】

さらに、上述したような回折部 250 を有する対物レンズ 234 は、内輪帯としての第

40

50

1 の回折領域 251 により選択される回折次数 (k_{1i} , k_{2i} , k_{3i}) を上述のような次数としたときに、中輪帯としての第2の回折領域 252 により選択されて支配的とされて対物レンズ 234 を介して対応する光ディスクの信号記録面に集光される回折次数 (k_{1m} , k_{2m}) が、 $(+1, +1)$ 、 $(-1, -1)$ 、 $(0, +2)$ 、 $(0, -2)$ 、 $(0, +1)$ 、 $(0, -1)$ 、 $(+1, 0)$ 又は $(-1, 0)$ とされていることにより、例えば階段形状又は非周期形状での回折効率が有利な構成を可能とし、内輪帯及び中輪帯の構成としてそれぞれの機能を十分に発揮することができる。すなわち、このような第2の回折領域 252 を有する対物レンズ 234 は、特に中輪帯を構成する際の第2の観点で述べたような内輪帯及び中輪帯における回折機能による像点位置を一致させるのがより容易な構成とされていることにより、中輪帯に入射した第1及び第2の波長の光ビームを、内輪帯により上述のように収差を低減された光ビームとの関係を最適な状態として、且つ球面収差を十分に低減することを実現できる。さらに、かかる第2の回折領域 252 を有する対物レンズ 234 は、第1及び第2の波長に対しては球面収差を補正した状態で高い回折効率を得ることができるとともに第3の波長に対しては適切に開口制限を行うことを実現し、また、製造上有利な構成とすることができます。よって、この回折部 250 を有する対物レンズ 234 は、構成の有利さ等を考慮した上で、より有利な構成で、高い光利用効率で対応する光ディスクの信号記録面に適切なスポットを集光させることを実現する。

【0425】

さらに、上述したような回折部 250 を有する対物レンズ 234 は、内輪帯としての第1の回折領域 251 により選択される回折次数 (k_{1i} , k_{2i} , k_{3i}) を上述のような次数としたときに、中輪帯としての第2の回折領域 252 により選択されて支配的とされて対物レンズ 234 を介して対応する光ディスクの信号記録面に集光される回折次数 (k_{1m} , k_{2m}) が、 $(+3, +2)$ 、 $(-3, -2)$ 、 $(+2, +1)$ 又は $(-2, -1)$ とされていることにより、例えばブレーズ形状又は非周期形状での回折効率が有利な構成を可能とし、内輪帯及び中輪帯の構成としてそれぞれの機能を十分に発揮することができる。すなわち、このような第2の回折領域 252 を有する対物レンズ 234 は、特に中輪帯を構成する際の第2の観点で述べたような内輪帯及び中輪帯における回折機能による像点位置を一致させるのがより容易な構成とされていることにより、中輪帯に入射した第1及び第2の波長の光ビームを、内輪帯により上述のように収差を低減された光ビームとの関係を最適な状態として、且つ球面収差を十分に低減することを実現できる。さらに、かかる第2の回折領域 252 を有する対物レンズ 234 は、第1及び第2の波長に対しては球面収差を補正した状態で高い回折効率を得ることができるとともに第3の波長に対しては適切に開口制限を行なうことを実現し、また、製造上有利な構成とすることができます。よって、この回折部 250 を有する対物レンズ 234 は、構成の有利さ等を考慮した上で、より有利な構成で、高い光利用効率で対応する光ディスクの信号記録面に適切なスポットを集光させることを実現する。

【0426】

さらに、上述したような回折部 250 を有する対物レンズ 234 は、内輪帯としての第1の回折領域 251 により選択される回折次数 (k_{1i} , k_{2i} , k_{3i}) を上述のような次数としたときに、中輪帯としての第2の回折領域 252 により選択されて支配的とされて対物レンズ 234 を介して対応する光ディスクの信号記録面に集光される回折次数 (k_{1m} , k_{2m}) が、 $(+1, -1)$ 又は $(-1, +1)$ とされていることにより、例えば階段形状又は非周期形状での回折効率が有利な構成を可能とし、また、(k_{1m} , k_{2m}) が、 $(+1, +1)$ 又は $(-1, -1)$ とされていることにより、例えばブレーズ形状又は非周期形状での回折効率が有利な構成を可能として、内輪帯及び中輪帯の構成としてそれぞれの機能を十分に発揮することができる。すなわち、このような第2の回折領域 252 を有する対物レンズ 234 は、光ピックアップの光学系の戻り倍率を大きく設定する等の手法により不要光の影響を低下させる構成と一緒に用いられることにより、特に中輪帯を構成する際の第2の観点で述べたような内輪帯及び中輪帯における回折機能による像点位置を一致させるのがより容易な構成とされていることにより、中輪帯に入射した第

10

20

30

40

50

1 及び第 2 の波長の光ビームを、内輪帯により上述のように収差を低減された光ビームとの関係を最適な状態として、且つ球面収差を十分に低減することを実現できる。さらに、かかる第 2 の回折領域 252 を有する対物レンズ 234 は、第 1 及び第 2 の波長に対しては球面収差を補正した状態で高い回折効率を得ることができるとともに第 3 の波長に対しては適切に開口制限を行うことを実現し、また、製造上有利な構成とすることができます。よって、この回折部 250 を有する対物レンズ 234 は、構成の有利さ等を考慮した上で、より有利な構成で、高い光利用効率で対応する光ディスクの信号記録面に適切なスポットを集光させることを実現する。

【0427】

また、第 1 乃至第 3 の回折領域 251, 252, 253 を有する回折部 250 は、第 2 及び第 3 の回折領域 252, 253 を第 3 の波長の光ビームが通過することにより最大の回折効率及び所定の回折効率を有して発生する回折次数の回折光をフレア化して結像位置を信号記録面からずらすことによりその回折次数の回折光の回折効率を低減する構成により、第 3 の波長の光ビームについて、第 1 の回折領域 251 を通過した部分の光ビームのみを対物レンズ 234 により光ディスクの信号記録面に集光させるとともに、この第 1 の回折領域 251 がこの領域を通過する第 3 の波長の光ビームを所定の NA となるような大きさに形成されていることにより、第 3 の波長の光ビームについて例えば 0.45 程度の NA となるように開口制限を行うことを可能とする。

【0428】

また、回折部 250 は、第 3 の回折領域 253 を第 2 の波長の光ビームが通過することにより最大の回折効率及び所定の回折効率を有して発生する回折次数の回折光をフレア化することによりその回折次数の回折光の回折効率を低減する構成により、第 2 の波長の光ビームについて、第 1 及び第 2 の回折領域 251, 252 を通過した部分の光ビームのみを対物レンズ 234 により光ディスクの信号記録面に集光させるとともに、この第 1 及び第 2 の回折領域 251, 252 がこの領域を通過する第 2 の波長の光ビームを所定の NA となるような大きさに形成されていることにより、第 2 の波長の光ビームについて例えば 0.60 程度の NA となるように開口制限を行うことを可能とする。

【0429】

また、回折部 250 は、第 3 の回折領域 253 の外側の領域を通過する第 1 の波長の光ビームを対物レンズ 234 により対応する種類の光ディスクの信号記録面に適切に集光しないような状態又は遮蔽することで、第 1 の波長の光ビームについて、第 1 乃至第 3 の回折領域 251, 252, 253 を通過した部分の光ビームのみを対物レンズ 234 により光ディスクの信号記録面に集光させるとともに、この第 1 乃至第 3 の回折領域 251, 252, 253 がこの領域を通過する第 1 の波長の光ビームを所定の NA となるような大きさに形成されていることにより、第 1 の波長の光ビームについて例えば 0.85 程度の NA となるように開口制限を行うことを可能とする。

【0430】

このように、上述のような光路上に配置される対物レンズ 234 の一面に設けられた回折部 250 は、3 波長互換を実現するのみならず、3 種類の光ディスク及び第 1 乃至第 3 の波長の光ビームのそれぞれに適応した開口数で開口制限した状態で共通の対物レンズ 234 に各波長の光ビームを入射させることを可能とする。すなわち、回折部 250 は、3 波長に対応した収差補正の機能を有するのみならず、開口制限手段としての機能も有する。

【0431】

尚、上述の各回折領域の実施例を適宜組み合わせて回折部を構成することが可能である。すなわち、各回折領域を通過する各波長の回折次数は、適宜選択可能である。尚、各回折領域を通過する各波長の回折次数を変える場合には、この各領域を通過した各波長の各回折次数に対応したレンズ曲面を有するように対物レンズ 234 を構成すればよい。

【0432】

ここで、上述した回折部 250 の第 3 の回折領域 253 に換えて外輪帯を非球面連続面

10

20

30

40

50

として構成する例について図58を用いて説明する。すなわち、図58を用いて、第1、第2の回折領域251, 252に加えてかかる第2の回折領域252の外側に非球面連続面として形成された第3の領域273を有する回折部270を用いた例について説明する。尚、回折部270は、上述した回折部250の第3の回折領域253に相当する部分に第3の領域273を有することを除いては、上述した回折部250と同様であるので、共通する部分には同一の符号を付すとともに詳細は省略する。また、かかる回折部270においても、上述したように第2の回折領域252に換えて第2の回折領域252Bを用いるように構成してもよい。

【0433】

回折部270を有する対物レンズ234Cは、回折部250を有する場合と同様に、この回折部270により、複数の回折領域251, 252毎に通過する第1乃至第3の波長の光ビームのそれぞれを所定の次数となるように回折して、所定の発散角を有する拡散状態又は収束状態の光ビームとして対物レンズ234Cに入射させるのと同様の状態とすること及び後述の第3の領域273により所定の作用を与えることにより、この単一の対物レンズ234Cを用いて第1乃至第3の波長の光ビームをそれぞれに対応する3種類の光ディスクの信号記録面に球面収差を発生しないように適切に集光することを可能とする。回折部270を有する対物レンズ234Cは、基準となる屈折力を発生させるレンズ面形状を基準として回折力を発生させる回折構造が形成されていることにより、3つの異なる波長の光ビームをそれぞれに対応する光ディスクの信号記録面に球面収差を発生しないように適切に集光する集光光学デバイスとして機能する。また、回折部270を有する対物レンズ234Cは、屈折素子の機能と回折素子の機能を兼ね備えており、すなわち、レンズ曲面による屈折機能と、一方の面に設けられた回折部270による回折機能とを兼ね備えるものである。

【0434】

具体的に、図58(a)及び図58(b)に示すように、対物レンズ234Cの入射側の面に設けられた回折部270は、最内周部に設けられ略円形状であり、光ビームを回折する回折作用を有する第1の領域として第1の回折領域(内輪帯)251と、第1の回折領域251の外側に設けられ輪帯状であり、光ビームを回折する回折作用を有する第2の領域として第2の回折領域(中輪帯)252と、第2の回折領域252の外側に設けられ輪帯状の第3の領域(以下、「外輪帯」ともいう。)273とを有する。

【0435】

外輪帯である第3の領域273は、輪帯状で所定の屈折作用を有する非球面連続面として形成され、通過する第1の波長の光ビームを第1の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成するよう集光するように屈折させる。

【0436】

また、第3の領域273は、上述の非球面連続面により、通過する第2の波長の光ビームを第2の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成しないように屈折させる。すなわち、第3の領域273は、第2の波長の光ビームを第2の光ディスクの信号記録面に集光させない状態とする。換言すると、第3の領域273は、第2の波長の光ビームを第2の光ディスクの信号記録面からデフォーカスすなわち乖離した位置に集光させる状態か、又は、発散させて集光させない状態となるように第2の波長の光ビームに屈折作用を与える。

【0437】

また、第3の領域273は、上述の非球面連続面により、通過する第3の波長の光ビームを第3の光ディスクの信号記録面に適切なスポットを形成しないように屈折させる。すなわち、第3の領域273は、第3の波長の光ビームを第3の光ディスクの信号記録面に集光させない状態とする。換言すると、第3の領域273は、第3の波長の光ビームを第3の光ディスクの信号記録面からデフォーカスすなわち乖離した位置に集光させる状態か、又は、発散させて集光させない状態となるように第3の波長の光ビームに屈折作用を与える。

10

20

30

40

50

【0438】

このように、第3の領域273は、上述の作用を与える非球面連続面により形成されることにより、第3の領域273を通過した第1の波長の光ビームを第1の光ディスクの信号記録面に集光される際の球面収差を補正して低減することを可能とする。また、第3の領域273は、第2の波長の光ビームについては、対応する光ディスクの信号記録面に集光させず、開口制限機能を発揮することができる。さらに、第3の領域273は、第3の波長の光ビームについても、対応する光ディスクの信号記録面に集光せず、上述の回折領域252とともに、開口制限機能を発揮することができる。ここで、第3の領域273は、上述の第2の波長の光ビームに対して開口数NAを0.6程度に開口制限を行うように構成された第2の回折領域252の外側に形成されている。また、第3の領域273は、その領域を通過した第1の波長の光ビームが、NA = 0.85程度で開口制限されるような大きさに形成されている。尚、かかる第3の領域273の外側の領域は、通過する光ビームを遮蔽する遮蔽部を設けることにより、若しくは通過する光ビームを対物レンズ234Cを介して第1の光ディスク上に集光する次数以外の次数の光ビームが支配的となる回折領域を設けることにより、又は通過する第1の波長の光ビームを第1の光ディスクの信号記録面に集光させないような屈折面が形成されることにより、開口制限が行われる。上述の構成により制限される開口数は、これに限られるものではない。

【0439】

具体的に、第3の領域273は、次式(7)で示すような非球面形状となるように形成されている。尚、第1及び第2の回折領域251, 252についても、回折構造が形成される基準面が、この次式(7)で示される非球面形状となるようにされ、かかる非球面形状の基準面上に上述の回折構造が形成されている。また、上述した回折部250の第3の回折領域253についても、回折構造が形成される基準面が、この次式(7)で示される非球面形状となるようにされ、かかる非球面形状の基準面上に上述の回折構造が形成されている。この式(7)中で、 h は、光軸からの高さ、すなわち半径方向の位置を示し、 z は、 h の位置における光軸に平行するサグ量を示し、すなわち、 h の位置における面頂点の接平面からの距離を示す。この z で示すサグ量は、回折構造がない第3の領域273においては、レンズの面形状を示すものである。また、 c は、曲率、すなわち曲率半径の逆数を示し、 κ は、円錐係数(非球面係数)を示し、A4, A6, A8, A10...は、非球面係数を示す。

【0440】

【数4】

$$z = \Delta z + \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)c^2 h^2}} + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8 + A_{10} h^{10} \dots \quad \dots \quad (7)$$

【0441】

また、式(7)中 z は、内輪帯の基準面を示す2-1面を基準に取った場合の2-1面からの軸上面間距離を示す。すなわち、内輪帯基準面を2-1面とし、中輪帯基準面を2-2面とし、外輪帯基準面を2-3面としたときに、内輪帯基準面2-1面の頂点位置を原点とし、中輪帯基準面2-2面と、外輪帯基準面2-3面とがこの原点から z だけオフセットして面が形成されていることを示す。ここで、「外輪帯基準面」としたが、これは、上述した外輪帯253の場合には、この基準面に回折構造が形成されるが、ここで説明する外輪帯273の場合には、この「外輪帯基準面」自体が外輪帯の面形状となる。例えば、2-2面についての軸上面間距離 z は、図59のように示されることとなる。尚、図59中、Su2-1は、内輪帯251の基準面である2-1面を示し、Su2-2は、中輪帯252の基準面である2-2面を示す。また、横軸は、光軸方向のサグ量 z を示し、 h は、半径方向の位置を示し、 $z(h)$ は、式(7)中の z である半径方向の位置毎のサグ量を示す。また、図59において、実線部は、Su2-1及びSu2-2により形成される基準面を示し、破線部は、Su2-1, Su2-2を延長した部分を示す。か

10

20

30

40

50

かる図59において、 z は、2-1面の頂点と、2-2面の頂点との軸上の距離を示すものである。尚、ここでは、2-1面と2-2面との交点が内輪帯及び中輪帯の領域境界となっているが、これに限られるものではなく、収差や回折効率を考慮して各光ディスクの信号記録面に適切に集光できるような状態になるように形成される。換言すると、内輪帯と中輪帯との2境界の閾値は、半径方向の位置を示す h により決定されるものである。そして、上述のように2-1面と2-2面とが、 h で決定される境界部分で交差しないような場合は、微少の段差を有して内輪帯及び中輪帯の基準面が形成されることとなる。また、上述は内輪帯と中輪帯との関係について説明したが、外輪帯と内輪帯及び中輪帯との関係も上述の場合と同様であり、また、外輪帯における z も、内輪帯の面頂点との関係で上述と同様に決定されている。

10

【0442】

さらに、図39及び図58で説明した内輪帯である第1の回折領域251や、中輪帯である第2の回折領域252や、図39で説明した外輪帯である第3の回折領域253において、非球面基準面に対して付与された回折構造による位相差 Φ は、次式(8)によって表される。式(8)は、位相差関数係数 C_i を用いたものであり、式(8)中 k は、各波長 $1, 2, 3$ において選択される回折次数を示すものであり、具体的には、 k_1, k_2, k_3 を示し、 h は、半径方向の位置を示し、 λ_0 は、設計波長を示すものである。尚、ここで説明した Φ は、非球面レンズ形状上に極めて薄い非常に高屈折率の膜があると仮定し、その際の位相差量を定義したものである。実際のレンズ回折面の形成においては、上述した図46の手順にしたがって形成されることとなるが、そのままレンズ面に回折構造となる凹凸形状を形成すると光軸に対して斜めに進む光路では光路差が変動するため、微少な補正が行われて形成されることとなる。

20

【0443】

【数5】

$$\Phi = k \sum_{i=0}^{\infty} \frac{C_i h^{2i}}{\lambda_0} \quad \dots \quad (8)$$

【0444】

次に、第1及び第2の回折領域251, 252と第3の領域273とを有する回折部270を有する対物レンズについて具体的な数値を挙げた実施例5について説明するが、これと比較するために、第1乃至第3の回折領域251, 252, 253を有する回折部250の実施例3, 4についても併せて説明する。以下、かかる実施例として、表13で示される実施例3、表14で示される実施例4、表15で示される実施例5について説明する。

30

【0445】

後述で示す表13～表15においては、メディア種類として、BD等の第1の光ディスク、DVD等の第2の光ディスク、CD等の第3の光ディスクを示した。また、各波長、各保護層厚さ、焦点距離 f 、NA及び入射倍率を表中に示す。また、面番号は、各面の番号を示すものであり、すなわち、0面は、光源の位置を示すものであり、無限(∞)である場合は、平行光入射であることを示すとともに、無限でない場合は、僅かに斜め方向から入射することを示す。また、1面は、絞り面を示す、この絞り径は、最大開口である第1の光ディスク(BD等)のものであり、3.26mm程度である。ここで、第2及び第3の光ディスクに対しては、上述のような中輪帯や外輪帯による開口制限機能による所謂セルフアパー・チャとして機能するため、表中の数値程度まで、開口制限機能により制限されることを示している。また、2-1面、2-2面、2-3面は、それぞれ内輪帯、中輪帯、外輪帯を示すものであり、実際のレンズにおいては1面であるが、上述した図59で説明したように構成されている。3面は、対物レンズの出射面を示す。4面は、対物レンズから光ディスク表面までの距離を示し、所謂作動距離(WD, ワーキングディスタンス)を示すものである。また、5面は、光ディスクを示しており、それぞれ波長に応じた

40

50

屈折率を有するとともに、メディア毎に異なる保護層厚さを有することを示している。各面における屈折率 n_1 、 n_2 、 n_3 は、その面より後方の屈折率を示し、各面における面間隔 d_1 、 d_2 、 d_3 は、その面から次の面までの距離を示している。また、 r_i ($i = 2 - 1, 2 - 2, 2 - 3, 3$) は、それぞれの面の曲率半径を示している。また、BD等の第1の光ディスクの面間隔 d_1 、第1の波長に対する屈折率 n_1 、DVD等の第2の光ディスクの面間隔 d_2 、第2の波長に対する屈折率 n_2 、CD等の第3の光ディスクの面間隔 d_3 、第3の波長に対する屈折率 n_3 を示す。さらに、表 13～15 には、上述した h を領域 (mm) として示すとともに、非球面係数 k 、A4、A6、A8、・・・、回折次数、設計波長 (nm)、位相差関数係数 C_n 、「2-1面との軸上面間距離」を示す。また、回折次数については、例えば、2-1面における「1/-1/-2」は、内輪帯において第1の波長について1次、第2の波長について-1次、第3の波長について-2次が上述のように支配的となるように選択していることを示している。また、2-2面における「0/-1」は、中輪帯において第1の波長について0次、第2の波長について-1次が上述のように支配的となるように選択していることを示している。また、2-3面における「4」は、外輪帯において第1の波長について4次が上述のように支配的となるように選択していることを示している。表 15においては、かかる外輪帯の2-3面が上述のように屈折面として構成されるため、空欄としている。2-1面との軸上面間距離は、上述の式(7)における z を示すものであり、2-1面では、0とするとともに、3面では、レンズの光軸上での厚みを示すものとなっている。また、各実施例において示す縦収差図の説明については、図 26 を用いて上述したとおりである。10
20

【0446】

まず、表 13 で示される実施例 3 について説明する。かかる実施例 3 は、第3の回折領域 253 を有する回折部 250 に対応するものである。この実施例 3 に対応する縦収差図を図 60～図 62 に示す。この図 60～図 62 並びに後述の図 63～68 において縦軸は、NA を示し、横軸は、デフォーカス (「defocus」) (mm) を示す。ここで、NA は、BD 等の第1の光ディスクにおける波長、すなわち第1の波長におけるものに換算されている。すなわち、 $NA_1 \times f_1 = NA_2 \times f_2 = NA_3 \times f_3$ の関係を用いて換算したものである。 NA_1 、 NA_2 、 NA_3 は、それぞれ第1乃至第3の光ディスクの開口数 NA を示し、 f_1 、 f_2 、 f_3 は、それぞれ、第1乃至第3の光ディスクに対応する第1乃至第3の波長における焦点距離を示す。そして、この関係を用いたとき、DVD 等の第2の光ディスクに対する第2の波長における開口数は、第1の波長におけるものに換算すると 0.65 程度となる。同様に、CD 等の第3の光ディスクに対する第3の波長における開口数は、第1の波長のものに換算すると 0.5 程度となる。30

【0447】

【表13】

実施例3

メディア種類	第1の光ディスク	第2の光ディスク	第3の光ディスク
波長 λ [nm]	405.7	659.9	785
メディア保護層厚さ[mm]	0.0875	0.6	1.1
焦点距離f[mm]	1.92	2.06	2.16
NA	0.85	0.60	0.44
入射倍率	0	- 1/60	- 1/60

面番号	ri	面間隔d λ 1	屈折率n λ 1	面間隔d λ 2	屈折率n λ 2	面間隔d λ 3	屈折率n λ 3
0	∞			125.2		131.3	
1(絞り径)		0(ϕ 3.26)		0(ϕ 2.5)		0(ϕ 1.92)	
2-1	1.241	2.104	1.525	2.104	1.508	2.104	1.5033
2-2	1.258						
2-3	1.309						
3	-2.451						
4		0.714		0.595		0.410	
5		0.0875	1.5716	0.6	1.5781	1.1	1.6172

面番号	2-1	2-2	2-3	3
領域	$h \leq 0.96$	$0.96 < h \leq 1.25$	$1.25 < h$	
κ	-1.8239E-01	-5.2693E-01	-6.4686E-01	-4.6024E+01
A4	-1.5797E-02	2.8690E-02	3.5393E-02	5.6389E-02
A6	-1.0585E-02	-8.3849E-03	-5.5266E-03	-2.3816E-02
A8	-3.2480E-03	-1.8048E-03	-2.0610E-03	5.4012E-03
A10	-1.0778E-03	2.9783E-03	8.0154E-04	-5.6487E-04
A12	-1.5190E-03	-5.1641E-04	9.6210E-05	-1.5030E-05
A14		-2.5260E-05	-1.8542E-05	
A16				
A18				
A20				
A22				
回折次数	1/-1/-2	0/-1	4	
設計波長[nm]	710	710	710	
C1	-1.0312E-02	-1.5976E-02	0.00060568	
C2	1.1642E-03	4.6087E-04	-0.0015183	
C3	-5.1215E-04	0.0000E+00	-0.00095588	
C4		0.0000E+00		
C5		3.0049E-05		
2-1面との軸上面間距離	0.0000	0.0050	0.0170	2.1037

【0448】

実施例3においては、図60に、BD等の第1の光ディスクに対する第1の波長においては、略無収差で結像していることが示されている。また、図61に、DVD等の第2の光ディスクに対する第2の波長においては、NA0.65程度で、無収差でありその外側では結像がぼやけていることが示されている。これは、図61の縦収差図において、 $\pm 0.05\text{ mm}$ ほど結像位置がずれていることに起因するものであり、多少の結像が残るもの、第2の波長の回折効率が約60%程度（図51（b）参照）であるため、問題なく結像されないといえる。すなわち、第2の光ディスクに対する第2の波長の開口より外側の部分では適切に開口制限の機能が発揮されていることが示されている。さらに、図62に、CD等の第3の光ディスクに対する第3の波長においては、NA0.5程度より外側では完全に外れた状態であることが示されており、すなわち、適切に開口制限の機能が発揮されていることが示されている。

【0449】

次に、表14で示される実施例4について説明する。この実施例4に対応する縦収差図を図63～図65に示す。かかる実施例4は、第3の回折領域253を有する回折部250に対応するものである。

【0450】

10

20

40

【表14】

実施例4

メディア種類	第1の光ディスク	第2の光ディスク	第3の光ディスク
波長入[nm]	405.7	659.9	785
メディア保護層厚さ[mm]	0.0875	0.6	1.1
焦点距離f[mm]	1.92	2.10	2.20
NA	0.85	0.60	0.44
入射倍率	0	-1/59.9	-1/59.5

面番号	ri	面間隔dλ1	屈折率nλ1	面間隔dλ2	屈折率nλ2	面間隔dλ3	屈折率nλ3
0		∞		124.1		128.9	
1(絞り径)		0(Φ3.26)		0(Φ2.5)		0(Φ2.0)	
2-1	1.254	2.301	1.525	2.301	1.508	2.301	1.5033
2-2	1.228						
2-3	1.232						
3	-2.035						
4		0.619		0.575		0.408	
5		0.0875	1.5716	0.6	1.5781	1.1	1.6172

面番号	2-1	2-2	2-3	3
領域	$h \leq 1$	$1 < h \leq 1.25$	$1.25 < h$	
κ	-6.8639E-01	-6.7794E-01	-6.7356E-01	-2.2832E+01
A4	1.2544E-02	1.3953E-02	1.3918E-02	1.4097E-01
A6	3.6166E-03	2.5664E-03	3.3551E-03	-1.2723E-01
A8	3.6769E-05	1.3282E-05	5.2136E-04	5.5675E-02
A10	6.0873E-04	5.6145E-04	7.4504E-04	-9.8395E-03
A12	-6.6296E-05	9.6116E-05	1.9597E-05	
A14		4.0008E-05	-2.2850E-05	
A16		-2.9078E-05	-1.8260E-05	
A18				
A20				
A22				
回折次数	1/-2/-3	0/-1	4	
設計波長[nm]	710	710	710	
C1	-1.0043E-02	-2.5684E-02	-0.0043371	
C2	1.1685E-03	1.4561E-03	0.0028343	
C3	-1.4388E-03	-1.1077E-03	-0.00035683	
C4	1.2482E-03	5.9204E-04	0.00021657	
C5	-4.6298E-04	-1.5748E-04	-0.0001111	
2-1面との軸上面間距離	0.0000	0.0008	-0.0083	2.3013

【0451】

実施例4において、図63に、第1の光ディスクに対する第1の波長においては、略無収差で結像していることが示されている。また、図64に、第2の光ディスクに対する第2の波長においては、NA 0.65より外側の部分で、結像が外れていることが示されている。この実施例4では、特に、第2の光ディスクに対する第2の波長においては、NA 0.65以上の部分である外輪帯の部分における不要光の乖離が大きいことを意味しており、開口制限の機能を非常に良好に発揮しているといえる。さらに、図65に、第3の光ディスクに対する第3の波長においては、NA 0.5より外側で完全に外れた状態であることが示されており、すなわち、適切に開口制限機能が発揮されていることが示されている。

【0452】

次に、表15で示される実施例5について説明する。この実施例5に対応する縦収差図を図66～図68に示す。かかる実施例5は、第3の領域273を有する回折部270に対応するものである。

【0453】

10

20

30

40

【表 15】

実施例5

メディア種類	第1の光ディスク	第2の光ディスク	第3の光ディスク
波長入 [nm]	405.7	659.9	785
メディア保護層厚さ [mm]	0.0875	0.6	1.1
焦点距離f [mm]	1.92	2.04	2.13
NA	0.85	0.60	0.44
入射倍率	0	- 1/60	- 1/60

面番号	r _i	面間隔dλ1	屈折率nλ1	面間隔dλ2	屈折率nλ2	面間隔dλ3	屈折率nλ3
0	∞			124.1		128.9	
1(絞り径)	0($\phi 3.26$)			0($\phi 2.5$)		0($\phi 1.92$)	
2-1	1.252	2.027	1.525	2.027	1.508	2.027	1.5033
2-2	1.260						
2-3	1.145						
3	-2.451						
4		0.772		0.625		0.410	
5		0.0875	1.5716	0.6	1.5781	1.1	1.6172

面番号	2-1	2-2	2-3	3
領域	$h \leq 0.96$	$0.96 < h \leq 1.25$	$1.25 < h$	
K	-1.7246E-01	-5.4400E-01	-6.4802E-01	-4.6024E+01
A4	-1.3503E-02	2.6186E-02	1.4208E-02	5.6389E-02
A6	-1.6354E-02	-9.2049E-03	-7.4202E-03	-2.3816E-02
A8	1.2134E-02	-9.4182E-04	-8.7646E-04	5.4012E-03
A10	-1.8734E-02	3.3981E-03	1.3607E-03	-5.6487E-04
A12	6.0194E-03	-7.1359E-04	1.3807E-04	-1.5030E-05
A14		-2.5260E-05	-1.8542E-05	
A16				
A18				
A20				
A22				
回折次数	1/-1/-2	0/-1		
設計波長 [nm]	710	710		
C1	-7.9805E-03	-1.2362E-02		
C2	1.4409E-03	1.1809E-03		
C3	-4.9977E-04	0.00000E+00		
C4		0.00000E+00		
C5		1.8113E-05		
2-1面との軸上面間距離	0.0000	0.0026	-0.0319	2.0271

【0454】

実施例5において、図66に、第1の光ディスクに対する第1の波長においては、略無収差で結像していることが示されている。また、図67に、第2の光ディスクに対する第2の波長においては、NA 0.65以上の部分で、結像が外れていることが示されている。さらに、図68に、第3の光ディスクに対する第3の波長においては、NA 0.5より外側で完全に外れた状態であることが示されており、すなわち、適切に開口制限機能が発揮されていることが示されている。特に、この実施例5では、第3の波長の外輪帯部分が回折機能を有さず100%の効率を有する不要光であるが、軸上方向に約0.2mmにわたって光が分散しているため、十分にフレア化がなされているといえる。これにより、開口制限の機能が十分に発揮されていることが確認できる。

【0455】

以上のような構成とされた第1、第2の領域として第1及び第2の回折領域251、252と、第3の領域273を有する回折部270は、第1の回折領域251を通過する第1乃至第3の波長の光ビームを、3波長に共通の対物レンズ234Cの屈折力によりそれぞれ対応する種類の光ディスクの信号記録面に球面収差が発生しない発散角の状態となるような回折力で回折させるとともに対物レンズ234Cの屈折力により対応する光ディスクの信号記録面に適切なスポットを集光させることができ、第2の回折領域252を通過する第1及び第2の波長の光ビームを、共通の対物レンズ234Cの屈折力によりそれぞ

10

20

30

40

50

れ対応する種類の光ディスクの信号記録面に球面収差が発生しない発散角の状態となるような回折力で回折させるとともに対物レンズ 234C の屈折力により対応する光ディスクの信号記録面に適切なスポットを集光させることができ、第 3 の領域 273 を通過する第 1 の波長の光ビームをその屈折力により対応する種類の光ディスクの信号記録面に球面収差が発生しない発散角の状態となるように対応する光ディスクの信号記録面に適切なスポットを集光させることができる。

【0456】

すなわち、光ピックアップ 203 の光学系における第 1 乃至第 3 の出射部と信号記録面との間の光路上に配置される対物レンズ 234C の一面に設けられた回折部 270 は、それぞれの領域（第 1 、第 2 の回折領域 251 , 252 、第 3 の領域 273 ）を通過するそれぞれの波長の光ビームを信号記録面に発生する球面収差を低減する状態となるように回折力を付与することができるので、光ピックアップ 203 において第 1 乃至第 3 の波長の光ビームを共通の対物レンズ 234C を用いてそれぞれ対応する光ディスクの信号記録面に集光させたときの信号記録面に発生する球面収差を極限まで低減することができ、すなわち、3 種類の光ディスクに対して 3 種類の波長と共に共通の対物レンズ 234C とを用いた光ピックアップの 3 波長互換を実現してそれぞれの光ディスクに対して適切に情報信号の記録及び / 又は再生を可能とする。10

【0457】

また、対物レンズ 234C の一面に設けられた回折部 270 と、この回折部 270 を有する対物レンズ 234C とは、第 1 及び第 2 の回折領域 251 , 252 の機能や、第 3 の領域 273 の機能により、上述した回折部 250 やこれを有する対物レンズ 234 と同様の機能、効果を有する。すなわち、回折部 270 及び対物レンズ 234C は、第 1 及び第 2 の回折領域 251 , 252 で所定の次数の回折光が支配的となるように構成することにより、上述のような、高い光利用効率を得ることや、良好なスポットを集光できることや、所定の開口制限を発揮させること等の機能を有する。20

【0458】

さらに、回折部 270 を有する対物レンズ 234C は、外輪帯として、第 2 の回折領域 252 の外側に設けられ輪帯状の第 3 の領域 273 を有し、この第 3 の領域 273 が、所定の屈折作用を有する非球面連続面として形成されることにより、上述のような、高い光利用効率を得ることや、良好なスポットを集光できることや、所定の開口制限を発揮させること等の機能を発揮できるとともに、外輪帯における、製造工程の簡素化や、外輪帯における回折構造を有しないことにより高い光利用効率を実現する。30

【0459】

また、上述では、図 69 (a) に示すように、対物レンズ 234 の入射側の面に、3 つの回折領域 251 , 252 , 253 からなる回折部 250 等を設けるように構成したが、これに限られるものではなく、対物レンズ 234 の出射側の面に設けてもよい。さらに、第 1 乃至第 3 の回折領域 251 , 252 , 253 を有する回折部 250 は、対物レンズとは別体に設けた光学素子の入射側又は出射側の面に一体に設けるように構成してもよく、例えば、図 69 (b) に示すように、上述した対物レンズ 234 から回折部 250 を除いたようなレンズ曲面のみを有する対物レンズ 234B と、回折部 250 の一方の面に設けられ、3 波長に共通の光路上に配置される回折光学素子 235B とから集光光学デバイスを構成するようにしてもよい。上述の図 69 (a) に示す対物レンズ 234 においては、対物レンズの屈折力の機能として要求される入射側の面の面形状を基準として、これに回折力の機能として要求される回折構造の面形状を合わせたような面形状が形成されていたのに対し、図 69 (b) に示すような別体の回折光学素子 235B を設ける場合には、対物レンズ 234B 自体が、屈折力の機能として要求される面形状とされるとともに、回折光学素子 235B の一方の面に回折力の機能として要求される回折構造の面形状が形成されることとなる。図 69 (b) に示すような対物レンズ 234B 及び回折光学素子 235B は、集光光学デバイスとして上述した対物レンズ 234 と同様に機能して、光ピックアップに用いられることにより収差等を低減して光ピックアップの 3 波長互換を実現すると4050

ともに、部品点数を削減して、構成の簡素化及び小型化を可能とし、高生産性、低コスト化を実現するという効果を発揮するものであり、対物レンズ234に一体に設ける場合に比べて回折構造を複雑にすることが可能である。その一方で、上述で述べた図69(a)に示すように1つの素子(対物レンズ234)のみで、3つの異なる波長の光ビームをそれぞれに対応する光ディスクの信号記録面に球面収差を発生しないように適切に集光する集光光学デバイスとして機能し、回折部250を対物レンズ234に一体に設けることにより、さらなる光学部品の削減、及び構成の小型化を可能とする。尚、上述した回折部250は、従来困難であった3波長互換のための収差補正用の回折構造を一面に設けるだけで十分であるので、上述のような屈折素子としての対物レンズ234に一体に形成することを可能とし、これによりプラスチックレンズに回折面を直接形成する構成を可能とし、回折部250を一体化した対物レンズ234をプラスチック材料により構成することでより高生産性、低コスト化を実現する。尚、ここで図69を用いて説明した変形例については、回折部270を有する対物レンズ234Cについても同様である。すなわち、回折部270は、対物レンズ234Cの出射側の面に設けてもよく、また、対物レンズとは別体に設けた光学素子の入射側又は出射側の面に一体に設けるように構成してもよい。この場合、第3の領域273の屈折作用は、対物レンズ側に付与されるとともに、第1及び第2の回折領域251, 252に相当する回折作用が当該別体の光学素子に付与されることとなる。すなわち、かかる別体に設けた光学素子は、第1の回折領域251に設けたものに対応する回折構造が設けられた第1の領域と、第2の回折領域252に設けたものに対応する回折構造が設けられた第2の領域と、かかる第2の領域の外側に回折作用を有さずそのまま透過させる第3の領域とを有し、これに対応する対物レンズは、上述した第3の領域273に対応する形状とされた非球面形状が外輪帯部分に形成されることとなる。

【0460】

対物レンズ234と第3のビームスプリッタ238との間に設けられたコリメータレンズ242は、第2のビームスプリッタ237で光路を合成され、第3のビームスプリッタ238を透過された、第1乃至第3の波長の光ビームの発散角をそれぞれ変換して、例えば略平行光の状態として、1/4波長板243及び対物レンズ234側に出射させる。尚、コリメータレンズ242が、第1の波長の光ビームの発散角を、略平行光の状態として上述した対物レンズ234に入射されるとともに、第2及び第3の波長の光ビームの発散角を、平行光に対してわずかに拡散した発散角の状態(以下、この拡散した状態及び収束した状態のことを「有限系の状態」ともいう。)で対物レンズ234に入射するように構成することにより、第2又は第3の波長の光ビームの対物レンズ234を介して第2、第3の光ディスクの信号記録面に集光する際の球面収差を低減してより収差が発生しない3波長互換を実現する。この点については、図41及び図42を用いて上述した通りである。ここでは、第2の波長の光ビームを出射する第2の出射部を有する第2の光源部232とコリメータレンズ242との配置関係、及び/又は、第3の波長の光ビームを出射する第3の出射部を有する第3の光源部233とコリメータレンズ242との配置関係により、この所定の発散角の状態で対物レンズ234に入射させることを実現したが、例えば、複数の出射部を共通の光源部に配置した場合には、第2及び/又は第3の波長の光ビームの発散角のみを変換する素子を設けることや、コリメータレンズ242を駆動する手段を設けること等により所定の発散角の状態で対物レンズ234に入射させることを実現してもよい。また、状況に応じて、第2及び第3の波長の光ビームのうちいずれかを有限系の状態で対物レンズ234に入射するように構成して、さらに収差を低減するようにもよい。また、第2及び第3の波長の光ビームを有限系で且つ拡散状態で入射されることにより、戻り倍率を調整することを実現し、戻り倍率の調整によりフォーカス引き込み範囲等をフォーマットに適合させた所望の状態として、さらに良好な光学系の互換性を達成するという効果も有している。

【0461】

マルチレンズ246は、例えば、波長選択性のマルチレンズであり、各光ディスクの信号記録面で反射され、対物レンズ234、立ち上げミラー244、1/4波長板243、

10

20

30

40

50

及びコリメータレンズ 242 を経由して、第3のビームスプリッタ 238 で反射されて往路の光ビームより分離された戻りの第1乃至第3の波長の光ビームを光検出器 245 のフォトディテクタ等の受光面に適切に集光する。このとき、マルチレンズ 246 は、フォーカスエラー信号等の検出のための非点収差を戻りの光ビームに付与する。

【0462】

光検出器 245 は、マルチレンズ 246 で集光された戻りの光ビームを受光して、情報信号とともに、フォーカスエラー信号及びトラッキングエラー信号等の各種検出信号を検出する。

【0463】

以上のように構成された光ピックアップ 203 は、光検出器 245 によって得られたフォーカスエラー信号及びトラッキングエラー信号に基づいて、対物レンズ 234 を駆動変位されることによって、光ディスク 2 の信号記録面に対して対物レンズ 234 が合焦位置に移動されて、光ビームが光ディスク 2 の信号記録面に合焦されて、光ディスク 2 に対して情報の記録又は再生が行われる。10

【0464】

光ピックアップ 203 は、対物レンズ 234 の一方の面に設けられ、第1乃至第3の回折領域 251, 252, 253 を有する回折部 250 により、各波長の光ビームに対して領域毎に最適な回折効率及び回折角を与えることができ、保護層の厚さ等のフォーマットが異なる3種類の第1乃至第3の光ディスク 11, 12, 13 の信号記録面における球面収差を十分に低減でき、異なる3波長の光ビームを用いて、複数種類の光ディスク 11, 12, 13 に対して信号の読み取り及び書き込みを可能とする。20

【0465】

また、上述の光ピックアップ 203 を構成する、図 69(a) に示した回折部 250 を有する対物レンズ 234 と、図 69(b) を用いて説明した回折部 250 を有する回折光学素子 235B 及び対物レンズ 234B と、図 58 を用いて説明した回折部 270 を有する対物レンズ 234C とは、それぞれ入射した光ビームを所定の位置に集光させる集光光学装置（集光光学デバイス）として機能することができる。この集光光学装置は、対物レンズ 234、234C 又は回折光学素子 235B の一方の面に設けられる回折部 250、270 により、異なる3種類の光ディスクに対して光ビームを照射して情報信号の記録及び/又は再生を行う光ピックアップに用いられた場合に、3種類の光ディスクの信号記録面に対応する光ビームを球面収差を十分に低減した状態で適切に集光することを可能とし、すなわち、3波長に対して共通の対物レンズ 234、対物レンズ 234B 又は対物レンズ 234C を用いる光ピックアップの3波長互換を可能とする。30

【0466】

また、図 69(b) を用いて説明した回折部 250 を有する回折光学素子 235B 及び対物レンズ 234B は、例えば、回折部 250 が設けられた回折光学素子 235B 及び対物レンズ 234B を一体となるように、対物レンズ 234B を駆動する対物レンズ駆動機構等のアクチュエータに設けるように構成してもよいが、このアクチュエータのレンズホルダに組み付ける際の組み付け精度を高めるとともに組付けを容易にするために回折光学素子 235B 及び対物レンズ 234B をユニット状にして一體としたような集光光学ユニットとして構成してもよい。例えば、回折光学素子 235B 及び対物レンズ 234B を、スペーサ等を用いて、位置、間隔及び光軸を合わせながらホルダにより固定することで一体化して集光光学ユニットを構成できる。回折光学素子 235B 及び対物レンズ 234B は、上述のように、対物レンズ駆動機構に一体に組み付けられることにより例えばトラッキング方向へ変位される等の視野振りの際にも第1乃至第3の波長の光ビームの球面収差を低減させた状態で各光ディスクの信号記録面に適切に集光することが可能となる。40

【0467】

次に、上述のように構成された光ピックアップ 3 における、第1乃至第3の光源部 231, 232, 233 から出射された光ビームの光路について、図 37 を用いて説明する。まず、第1の光ディスク 11 に対して第1の波長の光ビームを出射させて情報の読み取り50

又は書き込みを行うときの光路について説明する。

【0468】

光ディスク2の種類が第1の光ディスク11であることを判別したディスク種類判別部22は、第1の光源部231の第1の出射部から第1の波長の光ビームを出射させる。

【0469】

第1の出射部から出射された第1の波長の光ビームは、第1のグレーティング239によりトラッキングエラー信号等の検出のため3ビームに分割され、第2のビームスプリッタ237に入射される。第2のビームスプリッタ237に入射された第1の波長の光ビームは、そのミラー面237aで反射され、第3のビームスプリッタ238側に出射される。
10

【0470】

第3のビームスプリッタ238に入射された第1の波長の光ビームは、そのミラー面238aを透過されて、コリメータレンズ242側に出射され、コリメータレンズ242により発散角を変換されて略平行光とされ、1/4波長板243に所定の位相差を付与され、立ち上げミラー244で反射されて対物レンズ234側に出射される。

【0471】

対物レンズ234に入射した第1の波長の光ビームは、その入射側の面に設けられた回折部250の第1乃至第3の回折領域251, 252, 253により、各領域を通過した光ビームがそれぞれ上述のように所定の回折次数が支配的となるように回折されるとともに、対物レンズ234のレンズ曲面の屈折力により、第1の光ディスク11の信号記録面に適切に集光される。このとき、第1の波長の光ビームは、各領域251, 252, 253を通過した光ビームが球面収差を低減できるような状態となるような回折力が付与されていることにより適切に集光される。尚、対物レンズ234から出射される第1の波長の光ビームは、所定の回折力が付与された状態とされているのみならず、開口制限された状態とされている。
20

【0472】

第1の光ディスク11で集光された光ビームは、信号記録面で反射し、対物レンズ234、立ち上げミラー244、1/4波長板243、コリメータレンズ242を経由して、第3のビームスプリッタ238のミラー面238aにより反射されて光検出器245側に出射される。
30

【0473】

第3のビームスプリッタ238により反射された往路の光ビームから光路分岐された光ビームは、マルチレンズ246により光検出器245に受光面に集束されて検出される。

【0474】

次に、第2の光ディスク12に対して第2の波長の光ビームを出射させて情報の読み取り又は書き込みを行うときの光路について説明する。

【0475】

光ディスク2の種類が第2の光ディスク12であることを判別したディスク種類判別部22は、第2の光源部232の第2の出射部から第2の波長の光ビームを出射させる。
40

【0476】

第2の出射部から出射された第2の波長の光ビームは、第2のグレーティング240によりトラッキングエラー信号等の検出のため3ビームに分割され、第1のビームスプリッタ236に入射される。第1のビームスプリッタ236に入射された第2の波長の光ビームは、そのミラー面236aを透過され、第2のビームスプリッタ237のミラー面237aも透過され、第3のビームスプリッタ238側に出射される。

【0477】

第3のビームスプリッタ238に入射された第2の波長の光ビームは、そのミラー面238aを透過されて、コリメータレンズ242側に出射され、コリメータレンズ242により発散角を変換されて拡散光の状態とされ、1/4波長板243に所定の位相差を付与され、立ち上げミラー244で反射されて対物レンズ234側に出射される。
50

【0478】

対物レンズ234に入射した第2の波長の光ビームは、その入射側の面に設けられた回折部250の第1及び第2の回折領域251, 252により、各領域を通過した光ビームがそれぞれ上述のような所定の回折次数が支配的となるように回折されるとともに、対物レンズ234のレンズ曲面の屈折力により、第2の光ディスク12の信号記録面に適切に集光される。このとき、第2の波長の光ビームは、第1及び第2の回折領域251, 252を通過した光ビームが球面収差を低減できるような状態となるような回折力が付与されていることにより適切に集光される。尚、第2の波長の光ビームが第3の回折領域253を通過することにより発生した回折光は、上述のフレア化の効果により、第2の光ディスク12の信号記録面に集光されない状態とされており、すなわち適切に開口制限の効果が得られる状態とされている。10

【0479】

第2の光ディスク12の信号記録面で反射された光ビームの復路側の光路については、上述した第1の波長の光ビームと同様であるので、省略する。

【0480】

次に、第3の光ディスク13に対して第3の波長の光ビームを出射させて情報の読み取り又は書き込みを行うときの光路について説明する。

【0481】

光ディスク2の種類が第3の光ディスク13であることを判別したディスク種類判別部22は、第3の光源部233の第3の出射部から第3の波長の光ビームを出射させる。20

【0482】

第3の出射部から出射された第3の波長の光ビームは、第3のグレーティング241によりトラッキングエラー信号等の検出のため3ビームに分割され、第1のビームスプリッタ236に入射される。第1のビームスプリッタ236に入射された第3の波長の光ビームは、そのミラー面236aで反射され、第2のビームスプリッタ237のミラー面237aを透過され、第3のビームスプリッタ238側に出射される。

【0483】

第3のビームスプリッタ238に入射された第3の波長の光ビームは、そのミラー面238aを透過されて、コリメータレンズ242側に出射され、コリメータレンズ242により発散角を変換されて拡散光の状態とされ、1/4波長板243に所定の位相差を付与され、立ち上げミラー244で反射されて対物レンズ234側に出射される。30

【0484】

対物レンズ234に入射した第3の波長の光ビームは、その入射側の面に設けられた回折部250の第1の回折領域251により、この領域を通過した光ビームがそれぞれ上述のような所定の回折次数が支配的となるように回折されるとともに、対物レンズ234のレンズ曲面の屈折力により、第3の光ディスク13の信号記録面に適切に集光される。このとき、第3の波長の光ビームは、第1の回折領域251を通過した光ビームが球面収差を低減できるような状態となるような回折力が付与されていることにより適切に集光される。尚、第3の波長の光ビームが第2及び第3の回折領域252, 253を通過することにより発生した回折光は、上述のフレア化の効果により、第3の光ディスク13の信号記録面に集光されない状態とされており、すなわち適切に開口制限の効果が得られる状態とされている。40

【0485】

第3の光ディスク13の信号記録面で反射された光ビームの復路側の光路については、上述した第1の波長の光ビームと同様であるので、省略する。

【0486】

尚、ここでは、第2及び第3の波長の光ビームは、第2及び/又は第3の出射部の配置を調整することで、コリメータレンズ242により発散角を変換され対物レンズ234に入射される光ビームを略平行光の状態に対して拡散した状態となるように構成したが、波長選択性を有して発散角を変換する素子を設けることにより、又はコリメータレンズ2450

2を光軸方向に駆動するような手段を設けることにより、拡散若しくは収束した状態で対物レンズ234に入射するように構成してもよい。

【0487】

また、ここでは、第1の波長の光ビームが、略平行光の状態で対物レンズ234に入射されるとともに、第2及び第3の波長の光ビームが、拡散光の状態で対物レンズ234に入射されるように構成したが、これに限られるものではなく、例えば、第1乃至第3の波長の光ビーム全てを平行光の状態で、又は、第1乃至第3の波長の光ビームの内、いずれか又は全部の光ビームを発散光又は集束光の状態で対物レンズ234に入射するように構成してもよい。

【0488】

本発明を適用した光ピックアップ203は、第1乃至第3の波長の光ビームを出射する第1乃至第3の出射部と、第1乃至第3の出射部から出射された第1乃至第3の波長の光ビームを光ディスクの信号記録面に集光する対物レンズ234と、第1乃至第3の波長の光ビームの往路の光路上に配置される光学素子としての対物レンズ234の一方の面に設けられる回折部250とを備え、回折部250が、第1乃至第3の回折領域251, 252, 253を有し、第1乃至第3の回折領域251, 252, 253が、輪帯状で且つ所定の深さを有するそれぞれ異なる回折構造とされるとともに、各波長の光ビームに対して上述のような所定の回折次数の回折光が支配的となるように発生させる第1乃至第3の回折構造を有するように構成したことにより、それぞれ使用波長を異にする3種類の光ディスクに対して、共通の一の対物レンズ234を用いてそれぞれ対応する光ビームを信号記録面に適切に集光することを可能として、構成を複雑にすることなく、対物レンズ234を共通とした3波長互換を実現してそれぞれの光ディスクに対して良好な情報信号の記録及び/又は再生を実現する。

10

【0489】

すなわち、本発明を適用した光ピックアップ203は、第1乃至第3の波長の光ビームの光路内的一面に設けられた回折部250により最適な回折効率及び回折角を得ることで、各光源部231, 232, 233に設けられた複数の出射部から出射される異なる波長の光ビームを用いて、複数種類の光ディスク11, 12, 13に対して信号の読み取り及び書き込みを可能とするとともに、対物レンズ234等の光学部品を共通化することができる、部品点数を削減して、構成の簡素化及び小型化を可能とし、高生産性、低コスト化を実現する。

20

【0490】

そして、本発明を適用した光ピックアップ203は、内輪帯としての第1の回折領域251により選択されて最大回折効率を有するとともに対応する光ディスクの信号記録面に球面収差を低減した状態で集光される所定の回折次数(k_{1i}, k_{2i}, k_{3i})が、 $k_{1i} > k_{2i} > k_{3i}$ の関係を有するようにされていることから、各波長の光ビームを使用する場合の作動距離と、各波長に対する焦点距離を適切な状態にすることができる、すなわち、第1の波長1に対する焦点距離を短くしつつ、第3の波長3を使用する場合の作動距離を確保することができ、対物レンズのレンズ径が大きくなることや光ピックアップ全体の大型化する等の問題を防止することを実現する。そして、対物レンズのレンズ径を縮小することにより、アクチュエータの設計を容易とでき、焦点距離を小さくできることにより、収差特性を良好にできる。よって、優れた互換性を実現してそれぞれの光ディスクに対して良好な記録及び/又は再生を実現するとともに、さらなる構成の簡素化及び小型化を可能とし、高生産性、低コスト化を実現する。

30

【0491】

また、本発明を適用した光ピックアップ203は、内輪帯としての第1の回折領域251により選択された回折次数(k_{1i}, k_{2i}, k_{3i})のうち、 k_{1i}, k_{3i} がそれぞれ、(-2, -3)、(-1, -2)、(-1, -3)、(0, -2)、(0, -3)、(1, -2)、(1, -3)、(2, -1)、(2, -2)、(2, -3)、(3, 0)、(3, -1)、(3, -2)、又は(3, -3)であるようにされていることから、

40

50

各波長における作動距離及び焦点距離を適切な状態にして対物レンズのレンズ径の大型化や装置の大型化を防止できるのに加えて、溝深さが深くなりすぎることを防止して、製造を容易にでき、形成精度の悪化を防止することができる。よって、優れた互換性を実現してそれぞれの光ディスクに対して良好な記録及び／又は再生を実現するとともに、構成の簡素化及び小型化を可能とするとともに製造を容易化でき、高生産性、低コスト化を実現する。

【0492】

また、本発明を適用した光ピックアップ203は、3波長に対して所定の回折力を付与するとともに高い回折効率を必要とする内輪帯としての第1の回折領域251に、ステップ形状の回折構造が形成されていることにより、不要光の回折光量を抑えて、不要光が受光部で受光されてジッター等が悪化するおそれを防止し、また、不要光の回折光量がある程度発生した場合にもその不要光の回折次数をフォーカス光の隣接回折次数以外の回折角度差の大きい乖離された次数とすることで、フォーカス時に不要光が集光されてジッター等が悪化するおそれを防止することを実現できる。10

【0493】

また、本発明を適用した光ピックアップ203は、対物レンズ234の一方の面に一体形成されるとともに最も外側に設けられる外輪帯として第3の回折領域253に、ブレーズ形状の回折構造が形成されていることにより、3波長対応レンズのような極めてレンズ曲面が急峻な曲率を有している部分に回折構造を形成する際に有利な構成であり、製造を容易にし且つ形成精度の悪化を防止することを実現できる。20

【0494】

また、本発明を適用した光ピックアップ203は、内輪帯としての第1の回折領域251により選択された回折次数(k_{1i}, k_{2i}, k_{3i})が(1, -1, -2)、(0, -1, -2)、(1, -2, -3)又は(0, -2, -3)とされ回折構造も階段形状により構成されていることにより、不要光による悪影響を抑えることができ、また、各波長における作動距離及び焦点距離を適切な状態にして対物レンズのレンズ径の大型化や装置の大型化を防止できるのに加えて、溝深さも小さく抑えることができ、製造を容易にでき、形成精度の悪化を防止することができる。よって、優れた互換性を実現してそれぞれの光ディスクに対して良好な記録及び／又は再生を実現するとともに、構成の簡素化及び小型化を可能とするとともに製造を容易化でき、高生産性、低コスト化を実現する。30

【0495】

また、本発明を適用した光ピックアップ203は、内輪帯により選択される回折次数に加えて、中輪帯としての第2の回折領域252により選択される回折次数(k_{1m}, k_{2m})が、(+1, +1)、(-1, -1)、(0, +2)、(0, -2)、(0, +1)、(0, -1)、(+1, 0)、(-1, 0)、(+1, -1)又は(-1, +1)とされ回折構造も階段形状又は非周期形状により構成されていることにより、内輪帯及び中輪帯の構成としてそれぞれの機能を十分に発揮することができる。よって、優れた互換性を実現してそれぞれの光ディスクに対して良好な記録及び／又は再生を実現するとともに、構成の簡素化及び小型化を可能とするとともに製造を容易化でき、高生産性、低コスト化を実現する。40

【0496】

また、本発明を適用した光ピックアップ203は、内輪帯により選択される回折次数に加えて、中輪帯としての第2の回折領域252により選択される回折次数(k_{1m}, k_{2m})が、(+3, +2)、(-3, -2)、(+2, +1)、(-2, -1)、(+1, +1)又は(-1, -1)とされ回折構造もブレーズ形状又は非周期形状により構成されていることにより、内輪帯及び中輪帯の構成としてそれぞれの機能を十分に発揮することができる。よって、優れた互換性を実現してそれぞれの光ディスクに対して良好な記録及び／又は再生を実現するとともに、構成の簡素化及び小型化を可能とするとともに製造を容易化でき、高生産性、低コスト化を実現する。

【0497】

10

20

30

40

50

また、本発明を適用した光ピックアップ 203 は、対物レンズ 234 等の集光光学デバイスの入射側の面に入射する際の、第1の波長の光ビームが略平行光とされ、第2及び第3の波長の光ビームが拡散光とされて入射される構成により、内輪帯としての第1の回折領域 251 を通過する光ビームを、高い回折効率且つ球面収差のより低減された状態で対応する光ディスクの信号記録面に適切に集光できるとともに、中輪帯及び外輪帯としての第2及び第3の回折領域においては、フレア化の効果を享受でき、所望の波長の光ビームに対しては高効率且つ球面収差を低減でき、集光させたくない波長の光ビームに対しては対応する信号記録面に入射する光量をより低減でき、さらには、回折次数選択の自由度を向上させて構成の簡素化等についても実現する。

【0498】

10

また、本発明を適用した光ピックアップ 203 は、対物レンズ 234 を 3 波長に対して共通とすることができるので、アクチュエータにおける可動部の重量が増大することによる感度低下等の問題や、アクチュエータのレンズホルダへの取り付け角度が不適切となるおそれがある等の問題の発生を防止できる。また、本発明を適用した光ピックアップ 203 は、3 波長互換の際の共通の対物レンズ 234 を用いた場合に問題となる球面収差を光学素子（対物レンズ 234、回折光学素子 235B）の一面に設けた回折部 250 により十分に低減できるので、従来のような球面収差低減用の回折部を複数面に設けた場合の各回折部間の位置合わせや、複数の回折部を設けることによる回折効率の低下等の問題を防止でき、すなわち、組立工程の簡素化及び光の利用効率の向上を実現する。また、本発明を適用した光ピックアップ 203 は、上述のように回折部 250 を光学素子の一面に設ける構成を可能とすることにより、回折部 250 を対物レンズ 234 に一体とする構成により、さらなる構成の簡素化、アクチュエータの可動部の重量を小さくすること、組立工程の簡素化及び光の利用効率の向上を実現する。

【0499】

20

さらに、本発明を適用した光ピックアップ 203 は、上述した図 69 (a) 及び図 69 (b) に示すように、対物レンズ 234 又は回折光学素子 235B の一面に設けられた回折部 250 により 3 波長互換を実現するのみならず、3 種類の光ディスク及び 3 種類の波長の光ビームに対応した開口数で開口制限を行うことができ、これにより従来必要であった開口制限フィルター等を設けることや、これを配置させる際の調整を不要とし、さらに、構成の簡素化、小型化、及び低コスト化を実現する。

【0500】

30

また、本発明を適用した光ピックアップ 203 は、第1乃至第3の波長の光ビームを出射する第1乃至第3の出射部と、第1乃至第3の出射部から出射された第1乃至第3の波長の光ビームを光ディスクの信号記録面に集光する対物レンズ 234C と、第1乃至第3の波長の光ビームの往路の光路上に配置される光学素子としての対物レンズ 234C の一方の面に設けられる回折部 270 とを備え、回折部 270 が、第1、第2の領域としての第1、第2の回折領域 251, 252 と、第3の領域 273 とを有し、第1及び第2の回折領域 251, 252 が、輪帯状で且つ所定の深さを有するそれぞれ異なる回折構造とされ、各波長の光ビームに対して上述のような所定の回折次数の回折光が支配的となるよう発生させる第1及び第2の回折構造を有するように構成されるとともに、第3の領域 273 が、上述のような各波長の光ビームに対して所定の屈折作用を有する非球面連続面とされたことにより、それぞれ使用波長を異にする 3 種類の光ディスクに対して、共通の一つの対物レンズ 234C を用いてそれぞれ対応する光ビームを信号記録面に適切に集光することを可能として、構成を複雑にすることなく、対物レンズ 234C を共通とした 3 波長互換を実現してそれぞれの光ディスクに対して良好な情報信号の記録及び / 又は再生を実現する。

【0501】

40

すなわち、本発明を適用した光ピックアップ 203 は、第1乃至第3の波長の光ビームの光路内的一面に設けられた回折部 270 により最適な回折効率及び回折角を得ることで、各光源部 231, 232, 233 に設けられた複数の出射部から出射される異なる波長

50

の光ビームを用いて、複数種類の光ディスク 11, 12, 13 に対して信号の読み取り及び書き込みを可能とともに、対物レンズ 234C 等の光学部品を共通化することができるので、部品点数を削減して、構成の簡素化及び小型化を可能とし、高生産性、低コスト化を実現する。

【0502】

また、回折部 270 及び対物レンズ 234C を有する本発明を適用した光ピックアップ 203 は、対物レンズ 234C の一面に設けられた回折部 270 と、この回折部 270 を有する対物レンズ 234C とが、上述したような、第 1 及び第 2 の回折領域 251, 252 の機能や、第 3 の領域 273 の機能を有することにより、上述した回折部 250 及び対物レンズ 234C を有する場合と同様の機能、効果を有する。すなわち、回折部 270 及び対物レンズ 234C を有する光ピックアップ 203 は、第 1 及び第 2 の回折領域 251, 252 で所定の次数の回折光が支配的となるように構成することにより、上述のような、高い光利用効率を得ることや、良好なスポットを集光できることや、所定の開口制限を発揮させること等の作用や効果を有する。10

【0503】

さらに、回折部 270 及び対物レンズ 234C を有する本発明を適用した光ピックアップ 203 は、外輪帯として、第 2 の回折領域 252 の外側に設けられ輪帯状の第 3 の領域 273 を有し、この第 3 の領域 273 が、所定の屈折作用を有する非球面連続面として形成されることにより、上述のような、高い光利用効率を得ることや、良好なスポットを集光できることや、所定の開口制限を発揮させること等の機能を発揮できるとともに、外輪帯における、製造工程の簡素化や、外輪帯における回折構造を有しないことにより高い光利用効率を得ることを実現する。20

【0504】

また、上述では、光ピックアップ 203において、第 1 の光源部 231 に第 1 の出射部を設け、第 2 の光源部 232 に第 2 の出射部を設け、第 3 の光源部 233 に第 3 の出射部を設けるように構成したが、これに限られるものではなく、例えば、第 1 乃至第 3 の出射部の内 2 つの出射部を有する光源部と、残りの 1 つの出射部を有する光源部とを異なる位置に配置して設けるように構成してもよい。

【0505】

次に、第 1 の出射部を有する光源部と、第 2 及び第 3 の出射部を有する光源部とを備える図 70 に示す光ピックアップ 260 について説明する。尚、以下の説明において、上述した光ピックアップ 3 と共に通する部分については、共通の符号を付して詳細な説明は、省略する。30

【0506】

本発明を適用した光ピックアップ 260 は、図 70 に示すように、第 1 の波長の光ビームを出射する第 1 の出射部を有する第 1 の光源部 261 と、第 2 の波長の光ビームを出射する第 2 の出射部と、第 3 の波長の光ビームを出射する第 3 の出射部とを有する第 2 の光源部 262 と、この第 1 乃至第 3 の出射部から出射された光ビームを光ディスク 2 の信号記録面上に集光する集光光学デバイスとして機能する対物レンズ 234 とを備える。尚、ここで説明する光ピックアップ 260 においても、集光光学デバイスとして回折部 250 を有する対物レンズ 234 を用いるものとして説明するが、これに換えて図 69 (b) に示すような対物レンズ 234B と、回折部 250 を有する回折光学素子 235B とからなる集光光学デバイスや、図 58 に示すような回折部 270 を有する対物レンズ 234C からなる集光光学デバイスを設けるように構成してもよい。ここで、図 58 に示すような回折部 270 を有する対物レンズ 234C からなる集光光学デバイスを以下で説明する図 70 に示すような光ピックアップ 260 に適用した場合には、以下で説明する効果を奏すとともに、上述した対物レンズ 234C の作用効果を有する。40

【0507】

また、光ピックアップ 260 は、第 1 の光源部 261 の第 1 の出射部から出射された第 1 の波長の光ビームの光路と、第 2 の光源部 262 の第 2 及び第 3 の出射部から出射され50

た第2及び第3の波長の光ビームの光路とを合成する光路合成手段としてビームスプリッタ263と、上述の第3のビームスプリッタ238と同様の機能を有するビームスプリッタ264とを有する。

【0508】

さらに、光ピックアップ260は、第1のグレーティング239と、第2の光源部262とビームスプリッタ263との間に設けられ、第2及び第3の出射部から出射された第2及び第3の波長の光ビームをトラッキングエラー信号等の検出のためにそれぞれ3ビームに回折する波長依存性を有するグレーティング265とを有する。

【0509】

また、光ピックアップ260は、コリメータレンズ242と、1/4波長板243と、立ち上げミラー244と、光検出器245と、マルチレンズ246とを有するとともに、このコリメータレンズ242を光軸方向に駆動するコリメータレンズ駆動手段266とを有する。コリメータレンズ駆動手段266は、コリメータレンズ242を光軸方向に駆動することで、上述したように、コリメータレンズ242を通過した光ビームの発散角を調整することができることにより、所望の状態で対物レンズ234へ各光ビームを入射させて、球面収差を低減させたり上述のフレア化を可能とするのみならず、装着された光ディスクが信号記録面を複数有する所謂多層光ディスクであった場合には、そのいずれの信号記録面への記録及び／又は再生をも可能とする。

【0510】

以上のように構成された光ピックアップ260において、各光学部品の機能は、上述したことを探して光ピックアップ203と同様であり、第1乃至第3の出射部から出射された第1乃至第3の波長の光ビームの光路についても、上述したことを除いて、すなわちビームスプリッタ264で各波長の光ビームの光路が合成された後は光ピックアップ203と同様であるので詳細な説明は省略する。

【0511】

本発明を適用した光ピックアップ260は、第1乃至第3の波長の光ビームを出射する第1乃至第3の出射部と、第1乃至第3の出射部から出射された第1乃至第3の波長の光ビームを光ディスクの信号記録面に集光する対物レンズ234と、第1乃至第3の波長の光ビームの往路の光路上に配置される光学素子としての対物レンズ234の一方の面に設けられる回折部250とを備え、回折部250が、第1乃至第3の回折領域251，252，253を有し、第1乃至第3の回折領域251，252，253が、輪帯状で且つ所定の深さを有するそれぞれ異なる回折構造とされるとともに、各波長の光ビームに対して上述のような所定の回折次数の回折光が支配的となるように発生される第1乃至第3の回折構造を有するように構成したことにより、それぞれ使用波長を異にする3種類の光ディスクに対して、共通の一の対物レンズ234を用いてそれぞれ対応する光ビームを信号記録面に適切に集光することを可能として、構成を複雑にすることなく、対物レンズ234を共通とした3波長互換を実現してそれぞれの光ディスクに対して良好な情報信号の記録及び／又は再生を実現する。また、光ピックアップ260は、その他の上述した光ピックアップ203と同様の効果を有している。

【0512】

さらに、光ピックアップ260は、第2及び第3の出射部を共通の光源部262に配置するように構成したことから、さらなる構成の簡素化及び小型化を実現する。尚、同様に、本発明を適用した光ピックアップは、第1乃至第3の出射部を略同一位置に有する光源部に配置するように構成してもよく、そのような構成とした場合には、さらなる構成の簡素化及び小型化を実現する。

【0513】

本発明を適用した光ディスク装置1は、第1乃至第3の光ディスクから任意に選択される光ディスクを保持して回転駆動する駆動手段と、この駆動手段によって回転駆動される光ディスクに対し波長を異にする複数の光ビームを選択的に照射することにより情報信号の記録及び／又は再生を行う光ピックアップとを備え、この光ピックアップとして上述し

10

20

30

40

50

た光ピックアップ 203, 260 を用いたことにより、第 1 乃至第 3 の波長の光ビームの光路上の光学素子の一面に設けられた回折部により、それぞれ使用波長を異にする 3 種類の光ディスクに対して、共通の一の対物レンズ 234 を用いてそれぞれ対応する光ビームを信号記録面に適切に集光することを可能として、構成を複雑にすることなく、対物レンズ 234 を共通した 3 波長互換を実現するので、構成の簡素化及び小型化を可能とともに良好な記録・再生特性を得ることを実現する。

【図面の簡単な説明】

【0514】

【図 1】本発明を適用した光ディスク装置を示すブロック回路図である。

【図 2】第 1 の実施の形態としての本発明を適用した光ピックアップの光学系を示す光路図である。 10

【図 3】図 2 に示す光ピックアップを構成する回折光学素子及び対物レンズの機能を説明するための図であり、(a) は、例えば、第 1 の光ディスクに対して第 1 の波長の光ビームの +1 次回折光を発生させた場合の光ビームを示すための図であり、(b) は、例えば、第 2 の光ディスクに対して第 2 の波長の光ビームの -1 次回折光を発生させた場合の光ビームを示すための図であり、(c) は、例えば、第 3 の光ディスクに対して第 3 の波長の光ビームの -2 次回折光を発生させた場合の光ビームを示すための図である。

【図 4】図 2 に示す光ピックアップを構成する回折光学素子を説明するための図であり、(a) は、回折光学素子の平面図であり、(b) は、回折光学素子の断面図である。

【図 5】図 4 に示す回折光学素子の一面に設けられた回折部の構成を説明するための図であり、(a) は、回折部の内輪帯として設けられた第 1 の回折領域の例を示す断面図であり、(b) は、回折部の中輪帯として設けられた第 2 の回折領域の例を示す断面図であり、(c) は、回折部の外輪帯として設けられた第 3 の回折領域の例を示す断面図である。 20

【図 6】回折部を構成する内輪帯、中輪帯及び外輪帯の他の例としてプレーズ形状の回折構造が形成された例を示す断面図である。

【図 7】第 1 の実施の形態の内輪帯構成例 1 の回折効率を計算するためのグラフであり、 $S = 4$ 、(k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}) = (+1, -1, -2)とした場合の溝深さ d の変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。

【図 8】第 1 の実施の形態の内輪帯構成例 2 の回折効率を計算するためのグラフであり、 $S = 6$ 、(k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}) = (+1, -2, -3)とした場合の溝深さ d の変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。 30

【図 9】第 1 の実施の形態の内輪帯構成例 3 の回折効率を計算するためのグラフであり、 $S = 5$ 、(k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}) = (+2, -1, -2)とした場合の溝深さ d の変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。

【図 10】第 1 の実施の形態の内輪帯構成例 4 の回折効率を計算するためのグラフであり、 $S = 6$ 、(k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}) = (+2, -2, -3)とした場合の溝深さ d の変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。

【図 11】第 1 の実施の形態の中輪帯構成例 1 の回折効率を計算するためのグラフであり、 $S = 3$ 、(k_{1m}, k_{2m}, k_{3m}) = (-1, +1, +2)とした場合の溝深さ d の変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。 40

【図 12】第 1 の実施の形態の中輪帯構成例 2 の回折効率を計算するためのグラフであり、 $S = 5$ 、(k_{1m}, k_{2m}, k_{3m}) = (-1, +2, +3)とした場合の溝深さ d の変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。

【図 13】第 1 の実施の形態の中輪帯構成例 3 の回折効率を計算するためのグラフであり、 $S = 5$ 、(k_{1m}, k_{2m}, k_{3m}) = (-2, +1, +2)とした場合の溝深さ d の変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。

【図 14】第 1 の実施の形態の外輪帯構成例 1 の回折効率を計算するためのグラフであり、 $S = 2$ 、(k_{1o}, k_{2o}, k_{3o}) = (-1, +1, +2)とした場合の溝深さ d の変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。

【図 15】第 1 の実施の形態の外輪帯構成例 2 の回折効率を計算するためのグラフであり 50

、 $S = 5$ 、 $(k_{1o}, k_{2o}, k_{3o}) = (+1, -2, -3)$ とした場合の溝深さdの変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。

【図16】第1の実施の形態の外輪帯構成例3の回折効率を計算するためのグラフであり、 $S = 5$ 、 $(k_{1o}, k_{2o}, k_{3o}) = (+2, -1, -2)$ とした場合の溝深さdの変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。

【図17】第1の実施の形態の外輪帯構成例4の回折効率を計算するためのグラフであり、 $S = 5$ 、 $(k_{1o}, k_{2o}, k_{3o}) = (-2, +2, +3)$ とした場合の溝深さdの変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。

【図18】第1の実施の形態の本発明を適用した光ピックアップを構成する集光光学デバイスの例について説明するための図であり、(a)は、入射側の面に回折部を有する回折光学素子と、対物レンズにより構成された例の集光光学デバイスを示す側面図であり、(b)は、その入射側の面に回折部が一体に形成された対物レンズにより構成された例の集光光学デバイスを示す側面図である。
10

【図19】第1の実施の形態としての、本発明を適用した光ピックアップの光学系の他の例を示す光路図である。

【図20】第2の実施の形態としての、本発明を適用した光ピックアップの光学系を示す光路図である。

【図21】図20に示す光ピックアップを構成する回折光学素子及び対物レンズの機能を説明するための図であり、(a)は、例えば、第1の光ディスクに対して第1の波長の光ビームの+1次回折光を発生させた場合の光ビームを示すための図であり、(b)は、例えば、第2の光ディスクに対して第2の波長の光ビームの+1次回折光を発生させた場合の光ビームを示すための図であり、(c)は、例えば、第3の光ディスクに対して第3の波長の光ビームの+1次回折光を発生させた場合の光ビームを示すための図である。
20

【図22】図20に示す光ピックアップを構成する回折光学素子を説明するための図であり、(a)は、回折光学素子の平面図であり、(b)は、回折光学素子の断面図である。

【図23】図22に示す回折光学素子の一面に設けられた回折部の構成を説明するための図であり、(a)は、回折部の内輪帯、中輪帯及び外輪帯としてそれぞれ設けられた第1乃至第3の回折領域をブレーズ形状に形成した場合の例を示す断面図であり、(b)は、回折部の中輪帯として設けられた第2の回折領域の他の例としてこの第2の回折領域を階段形状に形成した場合の例を示す断面図であり、(c)は、回折部の外輪帯として設けられた第3の回折領域の他の例としてこの第3の回折領域を階段形状に形成した場合の例を示す断面図である。
30

【図24】光ピックアップを構成する回折部における3波長を回折して用いる回折領域(内輪帯)において、球面収差補正可能性について説明するための図であり、 $(k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}) = (+1, +1, +1)$ とした場合の波長×回折次数と保護層厚さとの関係によりプロットされる点、及び対物レンズの設計直線の関係について示す図である。

【図25】回折部の温度球面収差特性と、この回折部により支配的に発生させる回折光の回折次数との関係について縦収差の状態図を用いて説明するために、温度変化により発生する、構成材料の屈折率変動による影響項Wnと、波長変動による影響項Wと、これらの影響項Wn、Wの和Wと、の縦収差を示す図であり、(a)は、マイナスの回折次数を選択した場合の各縦収差を示す図であり、(b)は、プラスの回折次数を選択した場合の各縦収差を示す図であり、(c)は、プラスの回折次数を選択するとともに中輪帯及び外輪帯において比較的高次の回折次数を選択した場合の各縦収差を示す図である。
40

【図26】図25で示す縦収差について説明するための図であり、(a)は、収差がないレンズの縦収差の状態を示す図であり、(b)は、収差があるレンズにおける縦収差の状態を示す線LBを説明するための図である。

【図27】第2の実施の形態の実施例1及び実施例2の内輪帯の回折効率を計算するためのグラフであり、 $S =$ 、 $(k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}) = (+1, +1, +1)$ とした場合の溝深さdの変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。
50

【図28】第2の実施の形態の実施例1の中輪帯の回折効率を計算するためのグラフであり、 $S = 3$ 、 $(k_{1m}, k_{2m}, k_{3m}) = (+1, +1, +1)$ とした場合の溝深さdの変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。

【図29】第2の実施の形態の実施例1の外輪帯の回折効率を計算するためのグラフであり、 $S = 3$ 、 $(k_{1o}, k_{2o}, k_{3o}) = (+1, +2, +2)$ とした場合の溝深さdの変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。

【図30】第2の実施の形態の実施例1の外輪帯におけるフレア化について説明する図であり、 $(k_{1o}, k_{2o}, k_{3o}) = (+1, +2, +2)$ とした場合の波長×回折次数と保護層厚さとの関係によりプロットされる点、及び対物レンズの設計直線の関係について示す図である。
10

【図31】第2の実施の形態の実施例2の中輪帯の回折効率を計算するためのグラフであり、 $S = 3$ 、 $(k_{1m}, k_{2m}, k_{3m}) = (+3, +2, +2)$ とした場合の溝深さdの変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。

【図32】第2の実施の形態の実施例2の外輪帯の回折効率を計算するためのグラフであり、 $S = 3$ 、 $(k_{1o}, k_{2o}, k_{3o}) = (+4, +3, +3)$ とした場合の溝深さdの変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。

【図33】第2の実施の形態の実施例2の中輪帯におけるフレア化について説明する図であり、 $(k_{1m}, k_{2m}, k_{3m}) = (+3, +2, +2)$ とした場合の波長×回折次数と保護層厚さとの関係によりプロットされる点、及び対物レンズの設計直線の関係について示す図である。
20

【図34】第2の実施の形態の実施例2の外輪帯におけるフレア化について説明する図であり、 $(k_{1o}, k_{2o}, k_{3o}) = (+4, +3, +3)$ とした場合の波長×回折次数と保護層厚さとの関係によりプロットされる点、及び対物レンズの設計直線の関係について示す図である。

【図35】第2の実施の形態の本発明を適用した光ピックアップを構成する集光光学デバイスの例について説明するための図であり、(a)は、入射側の面に回折部を有する回折光学素子と、対物レンズとにより構成された例の集光光学デバイスを示す側面図であり、(b)は、その入射側の面に回折部が一体に形成された対物レンズにより構成された例の集光光学デバイスを示す側面図である。

【図36】第2の実施の形態としての、本発明を適用した光ピックアップの光学系の他の例を示す光路図である。
30

【図37】第3の実施の形態としての、本発明を適用した光ピックアップの光学系を示す光路図である。

【図38】図37に示す光ピックアップを構成する回折部の機能を説明するための図であり、且つ回折部が対物レンズとは別体の光学素子に設けられていた場合を例に挙げて回折部が設けられ回折機能を有する回折光学素子及び屈折機能を有する対物レンズの機能を説明するための図であり、(a)は、例えば、第1の光ディスクに対して第1の波長の光ビームの+1次回折光を発生させた場合の光ビームを示すための図であり、(b)は、例えば、第2の光ディスクに対して第2の波長の光ビームの-1次回折光を発生させた場合の光ビームを示すための図であり、(c)は、例えば、第3の光ディスクに対して第3の波長の光ビームの-2次回折光を発生させた場合の光ビームを示すための図である。
40

【図39】図37に示す光ピックアップを構成する対物レンズを説明するための図であり、(a)は、対物レンズの平面図であり、(b)は、対物レンズの断面図である。

【図40】図39に示す対物レンズの一面に設けられた回折部の構成を説明するための図であり、(a)は、回折部の内輪帯として設けられた第1の回折領域の例として基準面に対する形状を示す断面図であり、(b)は、回折部の中輪帯として設けられた第2の回折領域の例として基準面に対する形状を示す断面図であり、(c)は、回折部の外輪帯として設けられた第3の回折領域の例として基準面に対する形状を示す断面図である。

【図41】光ピックアップを構成する回折部における3波長を回折して用いる回折領域(内輪帯)において、実施例1の内輪帯を例に挙げて、球面収差補正可能性について説明す
50

るための図であり、 $(k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}) = (+1, -1, -2)$ とした場合の波長×回折次数と保護層厚さとの関係によりプロットされる点、及び対物レンズの設計直線の関係について示す図である。

【図42】発散光を用いることにより球面収差補正できることを概念的に示す図であり、図41の状態に比べて、第2及び第3の波長を拡散光の状態で入射させることにより、プロット位置がシフトされて各プロット P_1, P_2', P_3' が一直線上に位置される状態となることを示す図である。

【図43】回折部において第1及び第3の波長における選択される回折次数 k_1, k_3 と、第3の波長に対する対物レンズの焦点距離との関係を説明するための図であり、第1の波長の回折次数 k_1 毎に、第3の波長の回折次数 k_3 の変化に伴う第3の波長に対する焦点距離の変化を示す図である。
10

【図44】第3の実施の形態の実施例1の内輪帯の回折効率を計算するためのグラフであり、 $S = 4$ 、 $(k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}) = (+1, -1, -2)$ とした場合の溝深さ d の変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。

【図45】図44に示す実施例1の内輪帯と比較するための参考例の内輪帯の回折効率の変化を示す図であり、ブレーズ形状($S =$)で、 $(k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}) = (+1, +1, +1)$ とした場合の溝深さ d の変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。

【図46】回折構造のピッチを決定する手法について説明するための図であり、(a)は、半径方向の位置毎に設計波長 θ_0 に付与を意図する設計位相量 ϕ を示す図であり、(b)は、(a)で示した ϕ に基づいて、実際に半径方向の位置毎に与える位相量 ϕ' を示す図であり、(c)は、(b)で示した位相量 ϕ' を付与する回折構造の形状を概念的に示す図である。
20

【図47】回折部を構成する中輪帯の他の例を示すものであり、階段形状の回折構造が形成された第2の回折領域の例として基準面に対する形状を示す断面図である。

【図48】第3の実施の形態の実施例1の中輪帯におけるフレア化について説明する図であり、 $(k_{1m}, k_{2m}, k_{3m}) = (+3, +2, +2)$ とした場合の波長×回折次数と保護層厚さとの関係によりプロットされる点、及び対物レンズの設計直線の関係について示す図である。

【図49】第3の実施の形態の実施例1の外輪帯におけるフレア化について説明する図であり、 $(k_{1o}, k_{2o}, k_{3o}) = (+4, +2, +2)$ とした場合の波長×回折次数と保護層厚さとの関係によりプロットされる点、及び対物レンズの設計直線の関係について示す図である。
30

【図50】第3の実施の形態の実施例1の中輪帯の回折効率を計算するためのグラフであり、 $S =$ 、 $(k_{1m}, k_{2m}, k_{3m}) = (+3, +2, +2)$ とした場合の溝深さ d の変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。

【図51】第3の実施の形態の実施例1の外輪帯の回折効率を計算するためのグラフであり、 $S =$ 、 $(k_{1o}, k_{2o}, k_{3o}) = (+4, +2, +2)$ とした場合の溝深さ d の変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。

【図52】第3の実施の形態の実施例2の内輪帯の回折効率を計算するためのグラフであり、 $S = 3$ 、 $(k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}) = (0, -1, -2)$ とした場合の溝深さ d の変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。
40

【図53】第3の実施の形態の実施例2の中輪帯の回折効率を計算するためのグラフであり、 $S =$ 、 $(k_{1m}, k_{2m}, k_{3m}) = (0, -1, -3)$ とした場合の溝深さ d の変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。

【図54】第3の実施の形態の実施例2の外輪帯の回折効率を計算するためのグラフであり、 $S =$ 、 $(k_{1o}, k_{2o}, k_{3o}) = (+1, +1, +1)$ とした場合の溝深さ d の変化に対する各波長の光ビームの回折効率の変化を示す図である。

【図55】第3の実施の形態の実施例2の内輪帯において、球面収差補正可能性について説明するための図であり、 $(k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}) = (+0, -1, -2)$ とした場
50

合の波長×回折次数と保護層厚さとの関係によりプロットされる点、及び対物レンズの設計直線の関係について示す図である。

【図 5 6】第 3 の実施の形態の実施例 2 の中輪帯におけるフレア化について説明する図であり、(k 1 m , k 2 m , k 3 m) = (0 , - 1 , - 3)とした場合の波長×回折次数と保護層厚さとの関係によりプロットされる点、及び対物レンズの設計直線の関係について示す図である。

【図 5 7】第 3 の実施の形態の実施例 2 の外輪帯におけるフレア化について説明する図であり、(k 1 o , k 2 o , k 3 o) = (+ 1 , + 1 , + 1)とした場合の波長×回折次数と保護層厚さとの関係によりプロットされる点、及び対物レンズの設計直線の関係について示す図である。
10

【図 5 8】図 3 7 に示す光ピックアップを構成する対物レンズの他の例として、外輪帯を非球面連続面として構成する例について説明するための図であり、(a)は、対物レンズの平面図であり、(b)は、対物レンズの断面図である。

【図 5 9】対物レンズの回折部における内輪帯、中輪帯及び外輪帯の基準となる非球面形状における軸上面間距離について説明するための図である。

【図 6 0】第 3 の実施の形態の実施例 3 について説明する図であり、第 1 の光ディスクの縦収差図である。

【図 6 1】第 3 の実施の形態の実施例 3 について説明する図であり、第 2 の光ディスクの縦収差図である。

【図 6 2】第 3 の実施の形態の実施例 3 について説明する図であり、第 3 の光ディスクの縦収差図である。
20

【図 6 3】第 3 の実施の形態の実施例 4 について説明する図であり、第 1 の光ディスクの縦収差図である。

【図 6 4】第 3 の実施の形態の実施例 4 について説明する図であり、第 2 の光ディスクの縦収差図である。

【図 6 5】第 3 の実施の形態の実施例 4 について説明する図であり、第 3 の光ディスクの縦収差図である。

【図 6 6】第 3 の実施の形態の実施例 5 について説明する図であり、第 1 の光ディスクの縦収差図である。

【図 6 7】第 3 の実施の形態の実施例 5 について説明する図であり、第 2 の光ディスクの縦収差図である。
30

【図 6 8】第 3 の実施の形態の実施例 5 について説明する図であり、第 3 の光ディスクの縦収差図である。

【図 6 9】第 3 の実施の形態の本発明を適用した光ピックアップを構成する集光光学デバイスの例について説明するための図であり、(a)は、その入射側の面に回折部が一体に形成された対物レンズにより構成された例の集光光学デバイスを示す側面図であり、(b)は、入射側の面に回折部を有する回折光学素子と、対物レンズとにより構成された例の集光光学デバイスを示す側面図である。

【図 7 0】本発明を適用した光ピックアップの光学系の他の例を示す光路図である。

【図 7 1】従来の光ピックアップの光学系の例を示す光路図である。
40

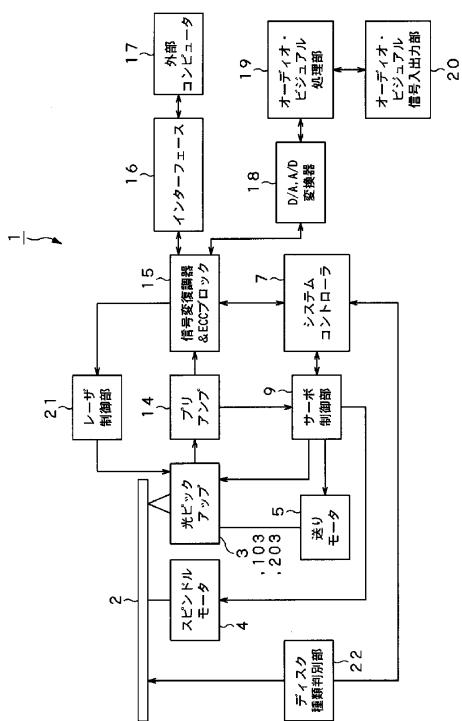
【符号の説明】

【0 5 1 5】

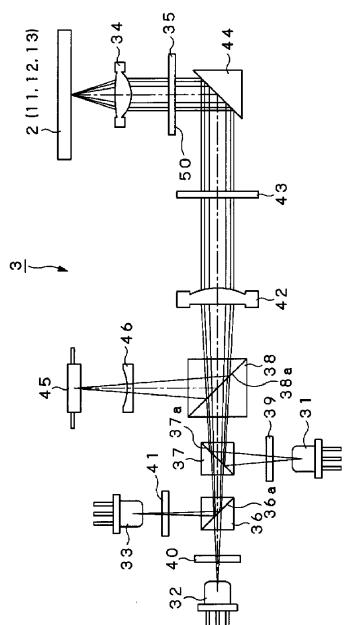
1 光ディスク装置、 2 光ディスク、 3 光ピックアップ、 4 スピンドルモータ、 5 送りモータ、 9 サーボ制御部、 22 ディスク種類判別部、 31 第 1 の光源部、 32 第 2 の光源部、 33 第 3 の光源部、 34 対物レンズ、 35 回折光学素子、 36 第 1 のビームスプリッタ、 37 第 2 のビームスプリッタ、 38 第 3 のビームスプリッタ、 39 第 1 のグレーティング、 40 第 2 のグレーティング、 41 第 3 のグレーティング、 42 コリメータレンズ、 43 1 / 4 波長板、 44 立ち上げミラー、 45 光検出器、 46 マルチレンズ、 50 回折部、 51 第 1 の回折領域、 52 第 2 の回折領域、 53 第 3 の回折
50

領域、 103 光ピックアップ、 131 第1の光源部、 132 第2の光源部、
133 第3の光源部、 134 対物レンズ、 135 回折光学素子、 136
第1のビームスプリッタ、 137 第2のビームスプリッタ、 138 第3のビーム
スプリッタ、 139 第1のグレーティング、 140 第2のグレーティング、 1
41 第3のグレーティング、 142 コリメータレンズ、 143 1/4波長板、
144 立ち上げミラー、 145 光検出器、 146 マルチレンズ、 150
回折部、 151 第1の回折領域、 152 第2の回折領域、 153 第3の回折
領域、 203 光ピックアップ、 231 第1の光源部、 232 第2の光源部、
233 第3の光源部、 234 対物レンズ、 236 第1のビームスプリッタ、
237 第2のビームスプリッタ、 238 第3のビームスプリッタ、 239 第
1のグレーティング、 240 第2のグレーティング、 241 第3のグレーティン
グ、 242 コリメータレンズ、 243 1/4波長板、 244 立ち上げミラー
、 245 光検出器、 246 マルチレンズ、 250 回折部、 251 第1の
回折領域、 252 第2の回折領域、 253 第3の回折領域

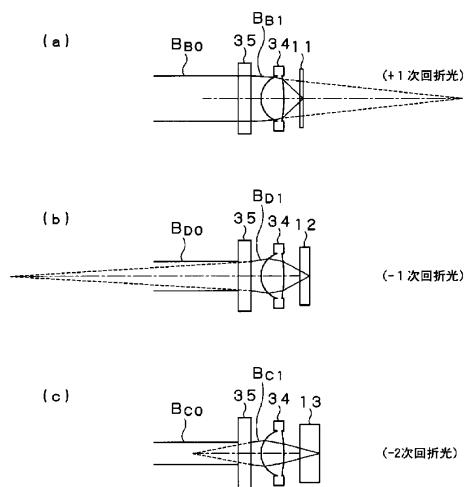
(1)



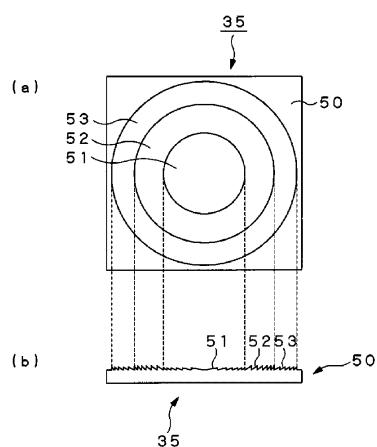
(2)



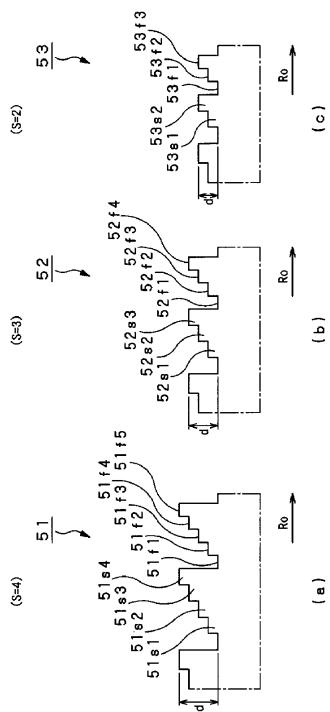
【図3】



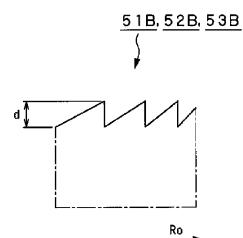
【図4】



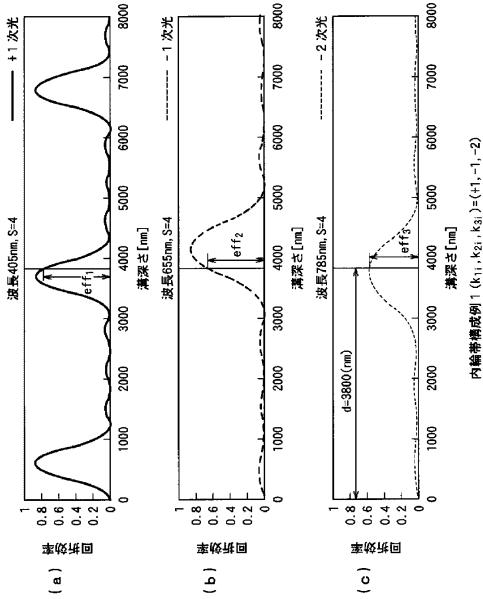
【図5】



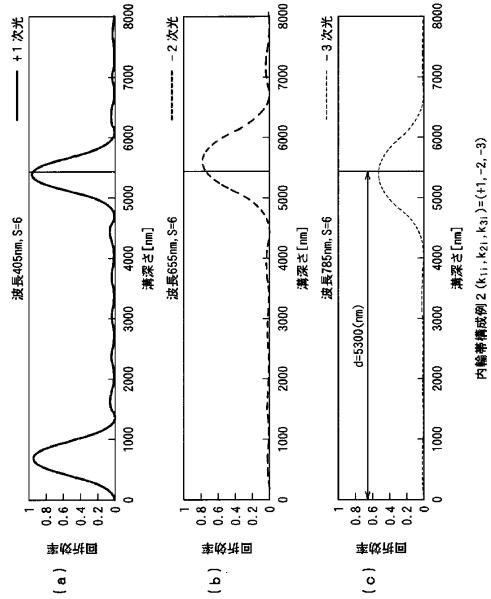
【図6】



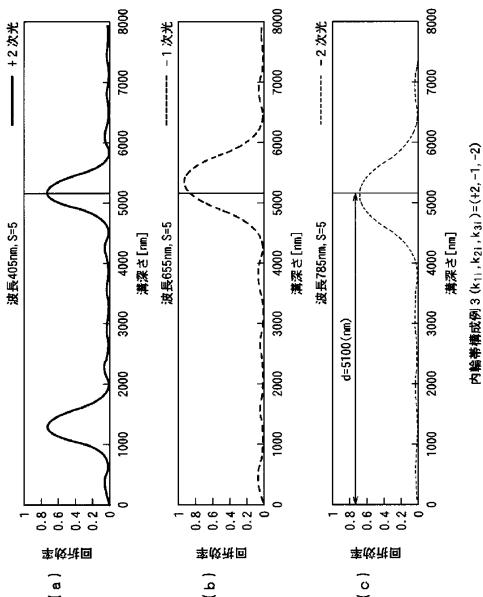
【図7】



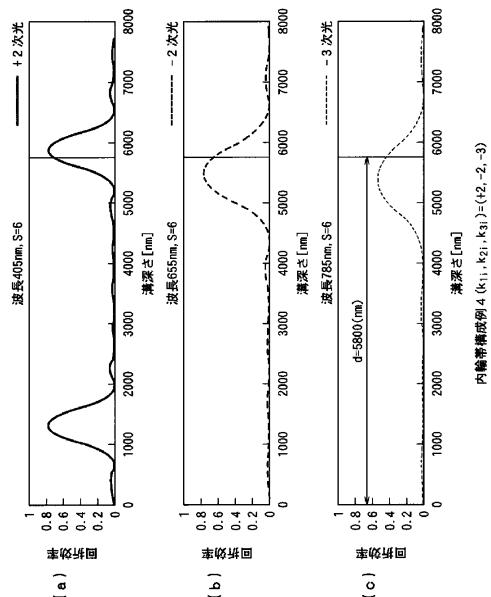
【図8】



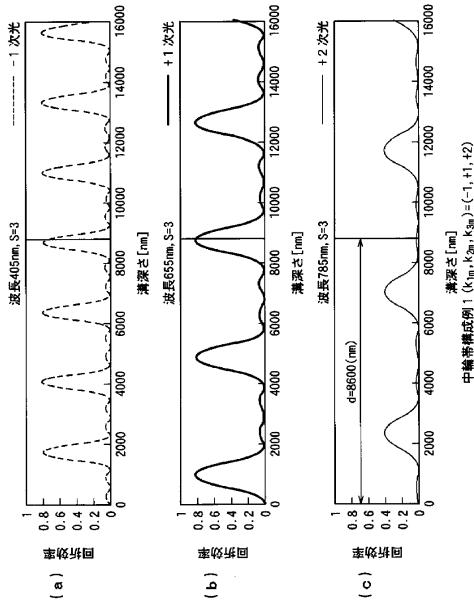
【図9】



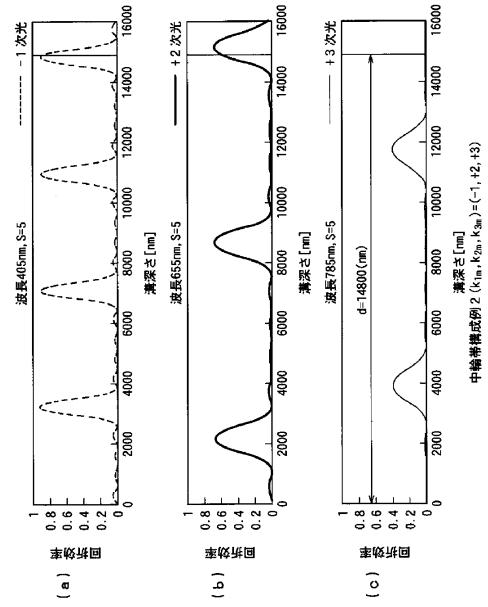
【図10】



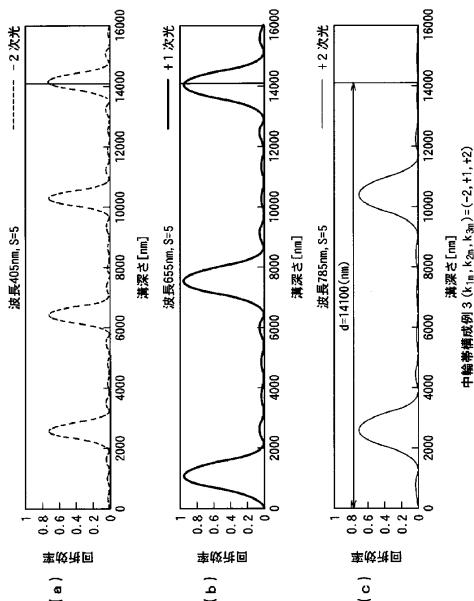
【図 1 1】

中縫帶構成例1 (k_{1n}, k_{2n}, k_{3n})=(-1, +1, +2)

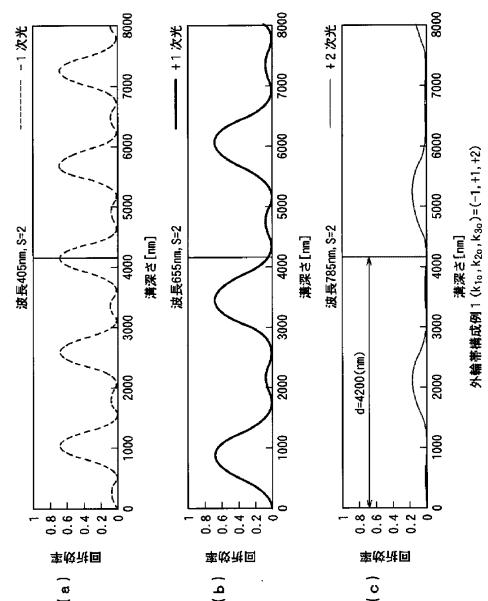
【図 1 2】

中縫帶構成例2 (k_{1n}, k_{2n}, k_{3n})=(-1, +2, +3)

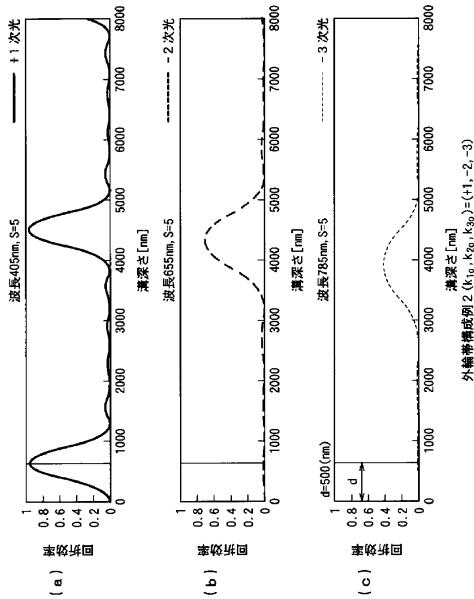
【図 1 3】

中縫帶構成例3 (k_{1n}, k_{2n}, k_{3n})=(-2, +1, +2)

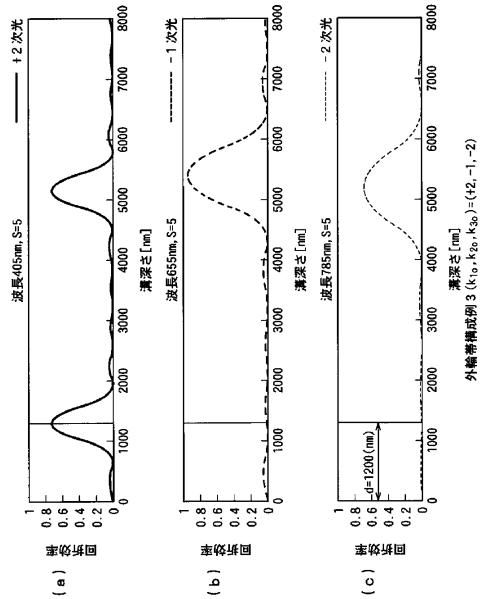
【図 1 4】

外縫帶構成例1 (k_{1o}, k_{2o}, k_{3o})=(-1, +1, +2)

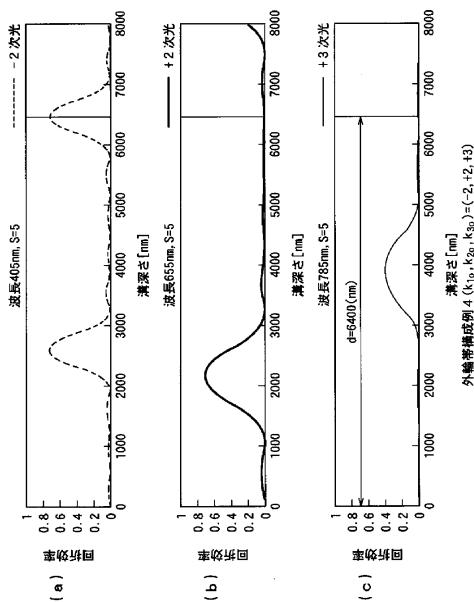
【図15】

外輪帶構成例2 (k_{10}, k_{20}, k_{30}) = (+1, -2, -3)

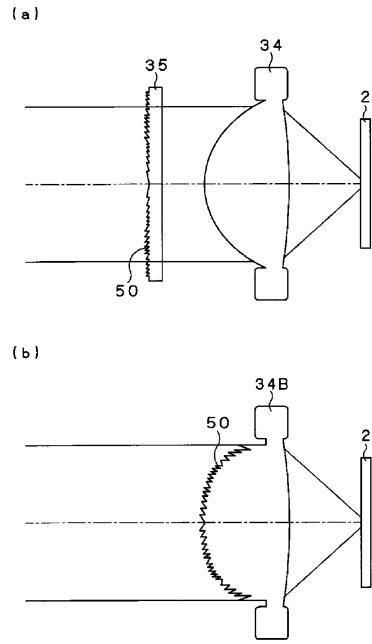
【図16】

外輪帶構成例3 (k_{10}, k_{20}, k_{30}) = (+2, -1, -2)

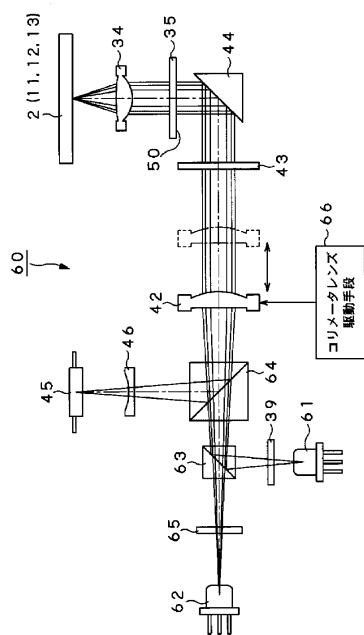
【図17】

外輪帶構成例4 (k_{10}, k_{20}, k_{30}) = (-2, +2, +3)

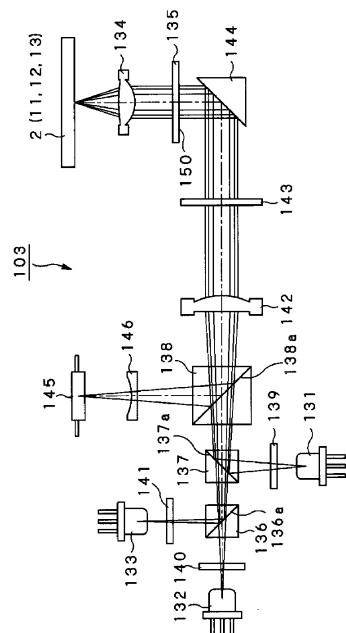
【図18】



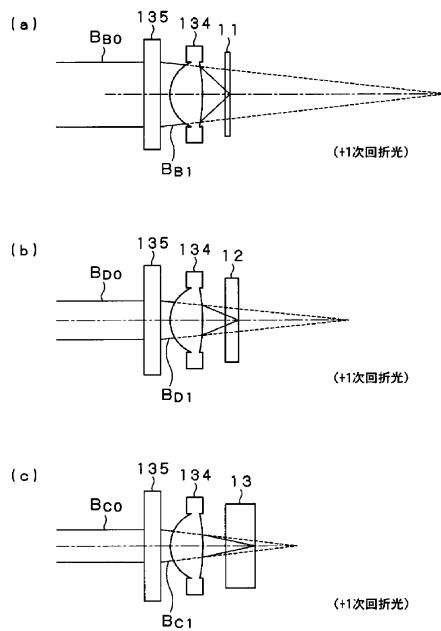
【図19】



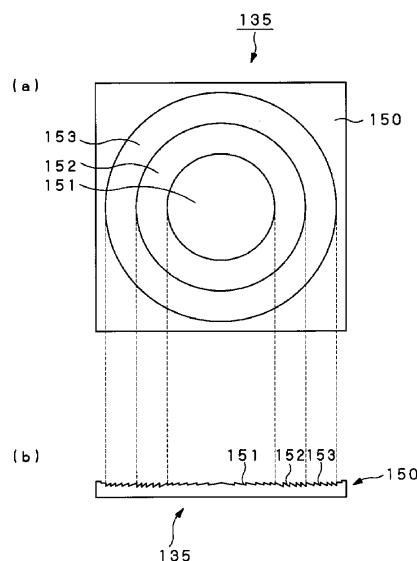
【図20】



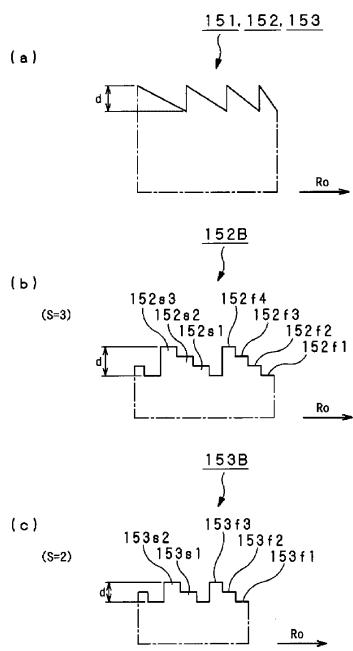
【図21】



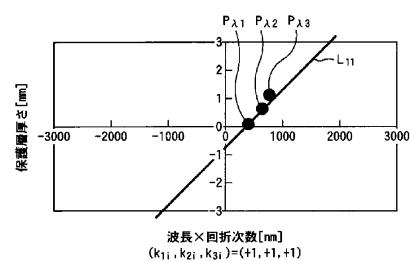
【図22】



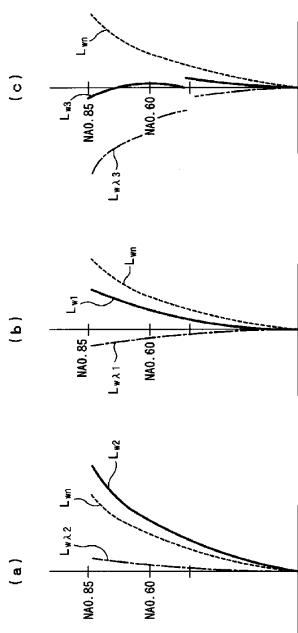
【図23】



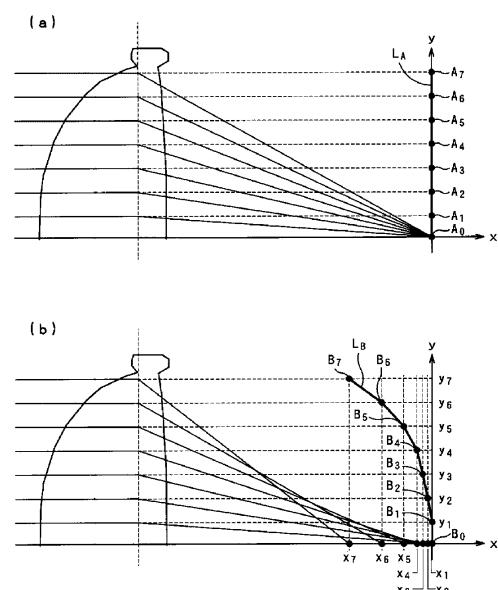
【図24】



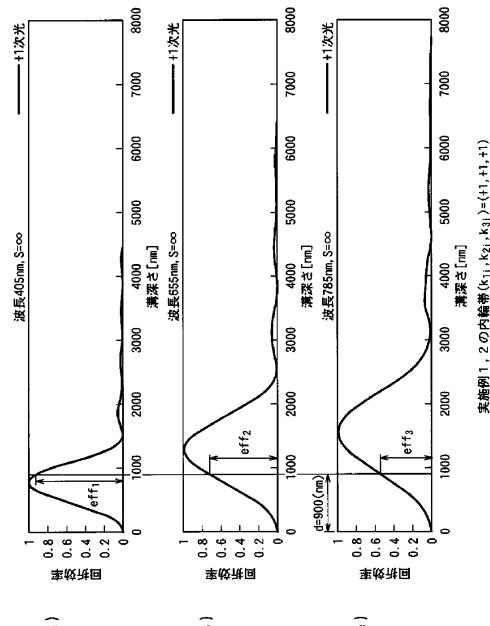
【図25】



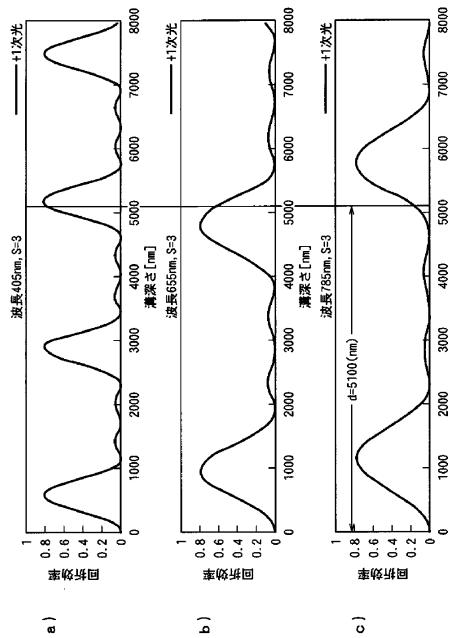
【図26】



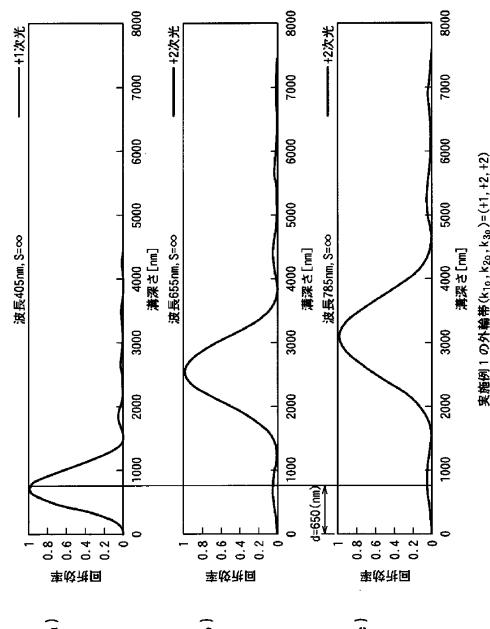
【図27】

実施例1の内輪帶(k_{11}, k_{21}, k_{31})=(+1,+1,+1)

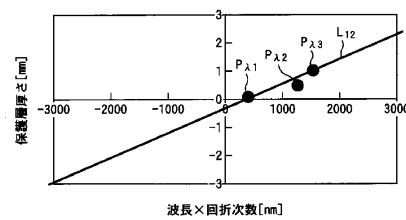
【図28】

実施例1の中輪帶(k_{10}, k_{20}, k_{30})=(-1,+1,+1)

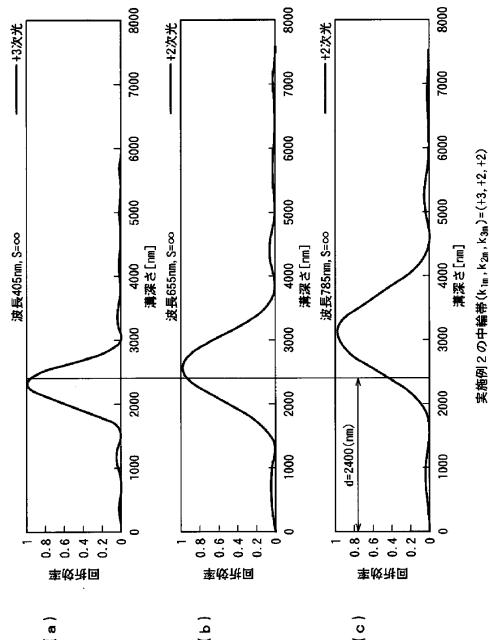
【図29】

実施例1の外輪帶(k_{10}, k_{20}, k_{30})=(-1,+2,+2)

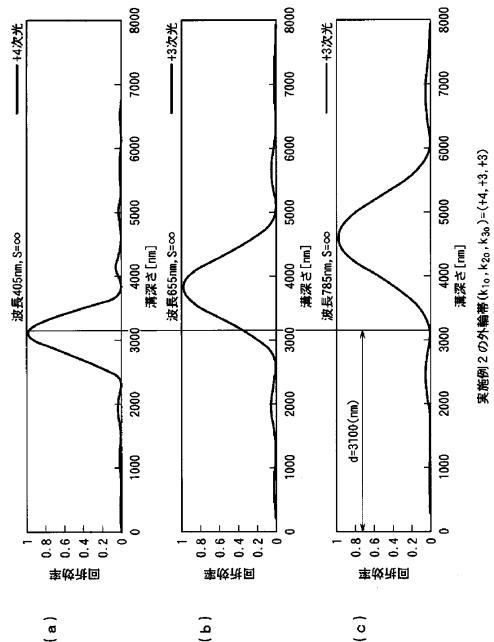
【図30】

実施例1の外輪帶におけるフレア化
(k_{10}, k_{20}, k_{30})=(-1,+2,+2)

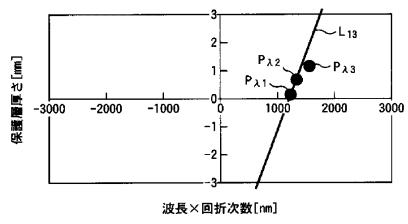
【図31】



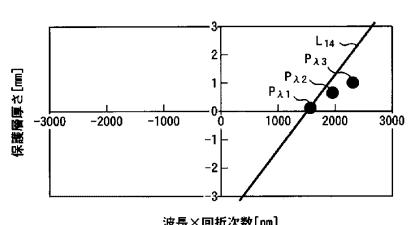
【図32】



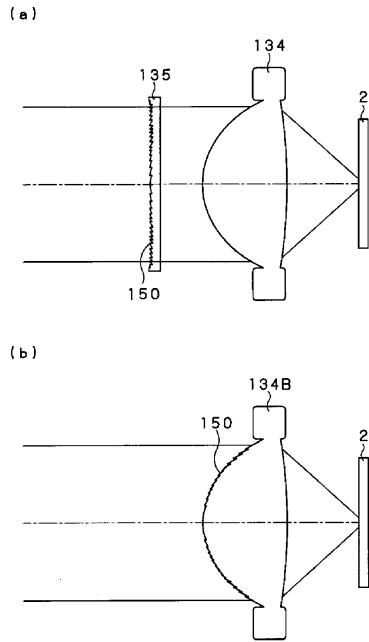
【図33】



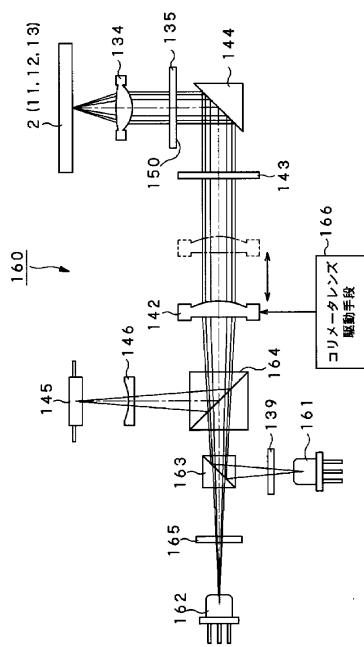
【図34】



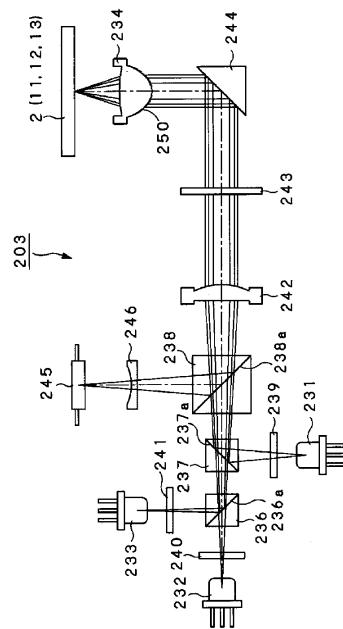
【図35】



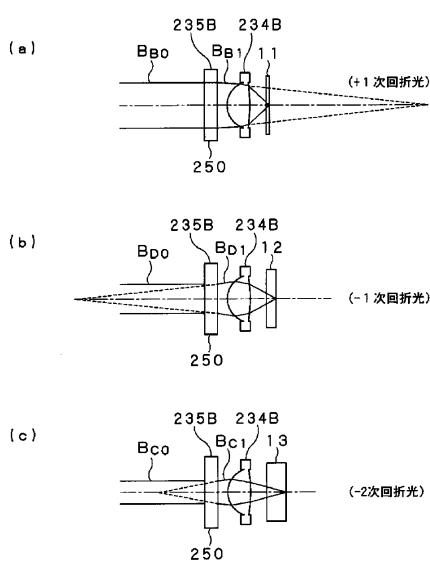
【図36】



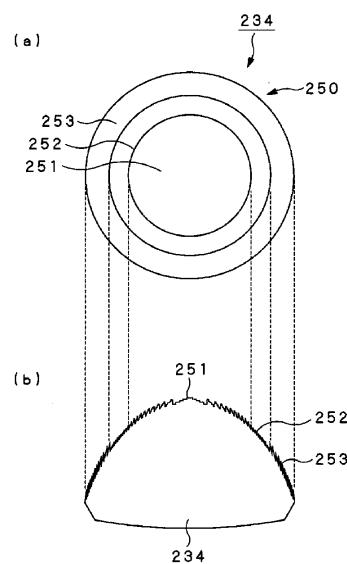
【図37】



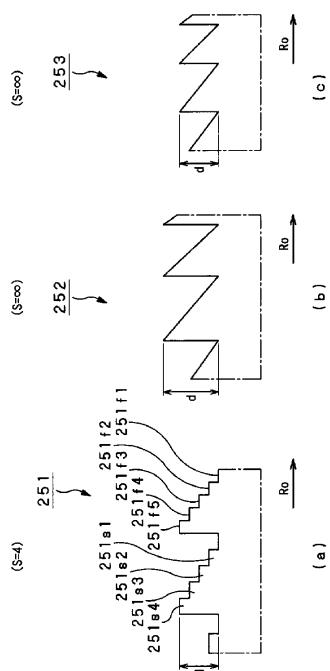
【図38】



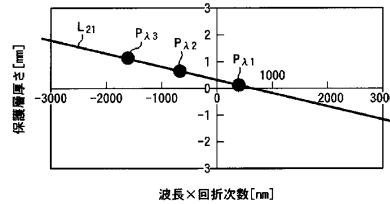
【図39】



【図40】

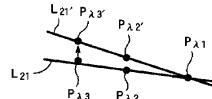


【図41】

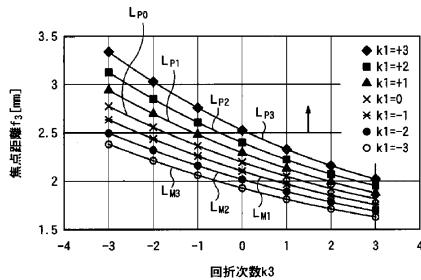


実施例1の内輪帶の球面補正可能性
($k_{11}, k_{21}, k_{31} = (+1, -1, -2)$)

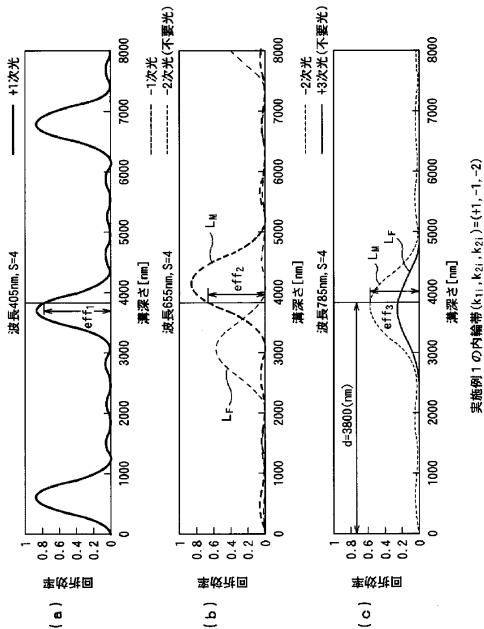
【図42】



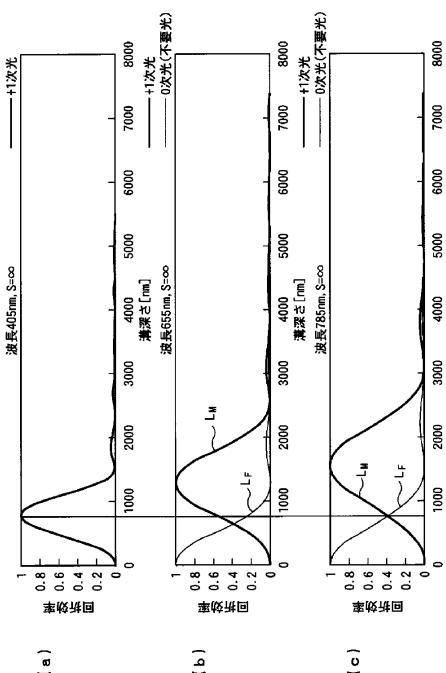
【図43】



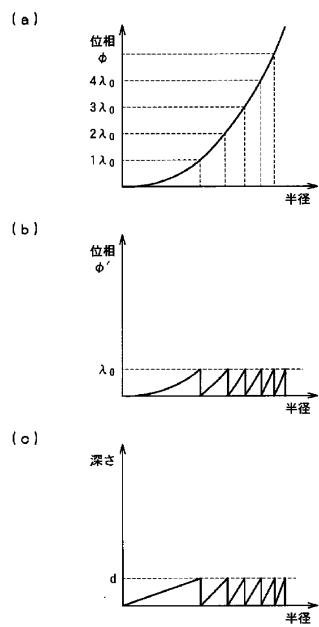
【図44】



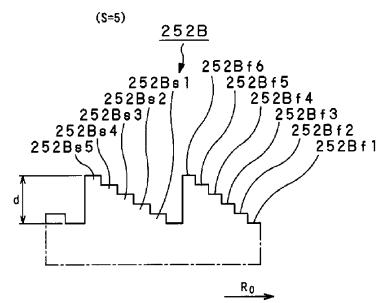
【図45】



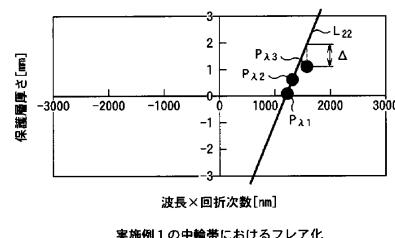
【図46】



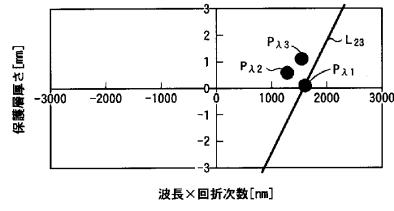
【図47】



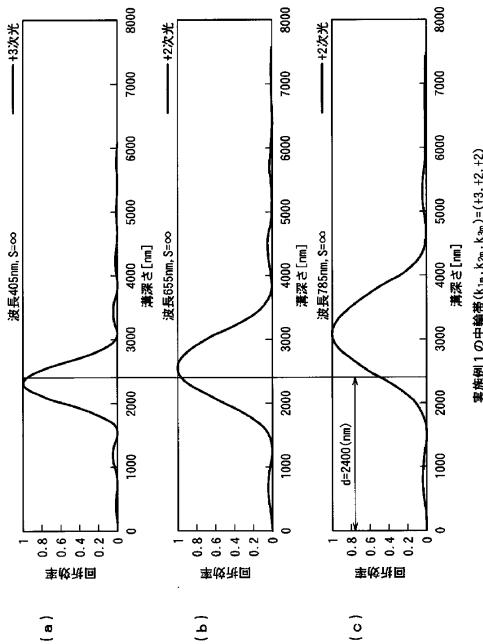
【図48】



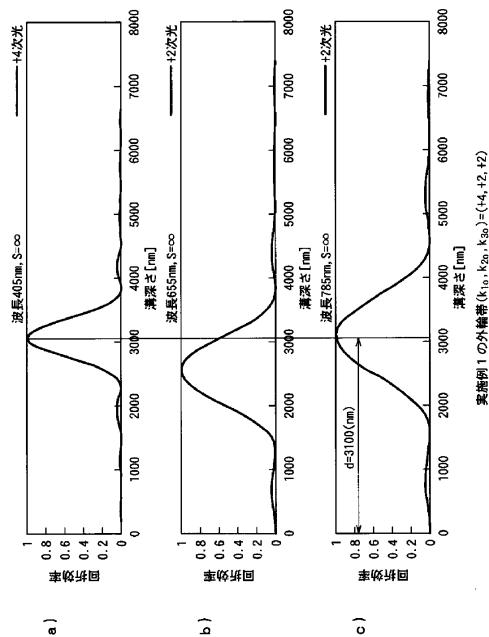
【図49】



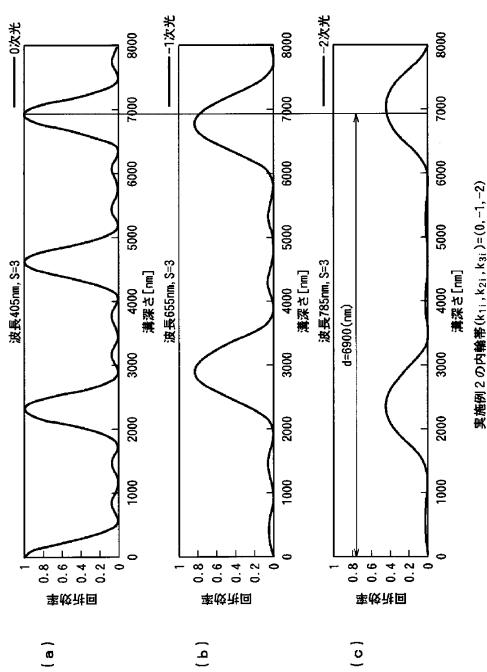
【図50】



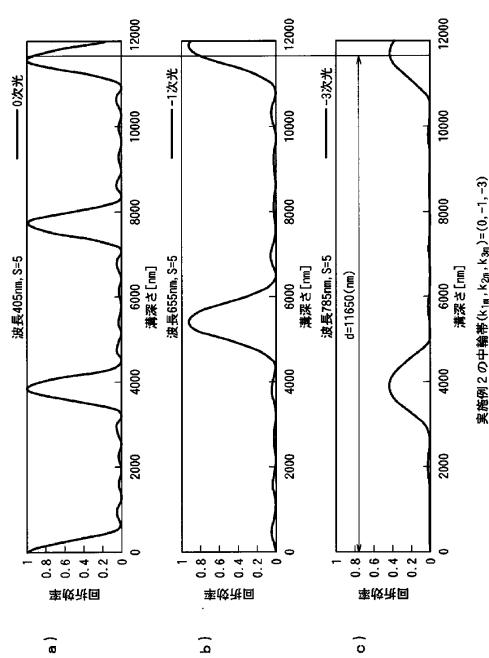
【図5.1】



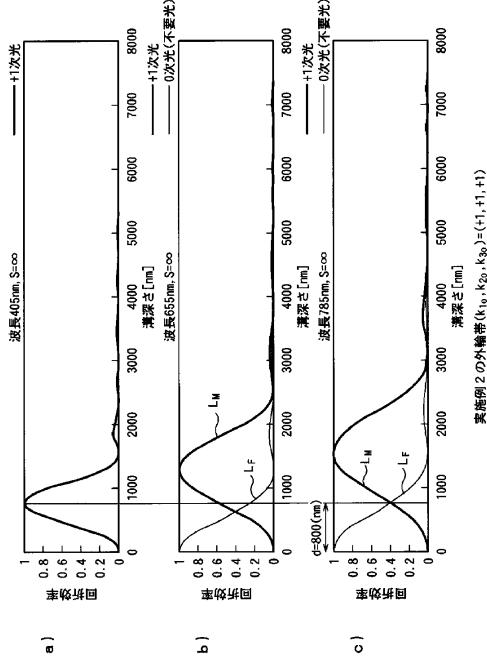
【図5.2】

実施例1の外輪帶 (k_{10}, k_{20}, k_{30}) = (-4, +2, +2)

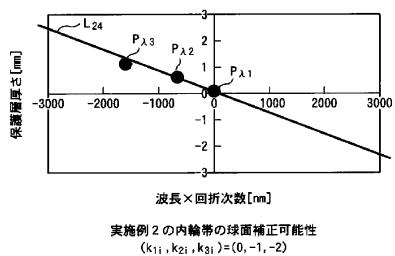
【図5.3】



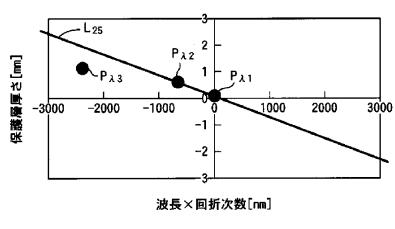
【図5.4】

実施例2の外輪帶 (k_{10}, k_{20}, k_{30}) = (+1, +1, +1)

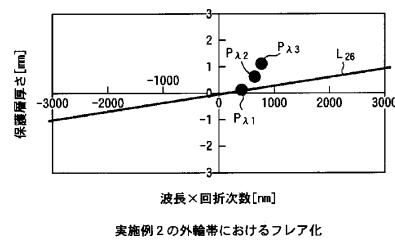
【図 5 5】



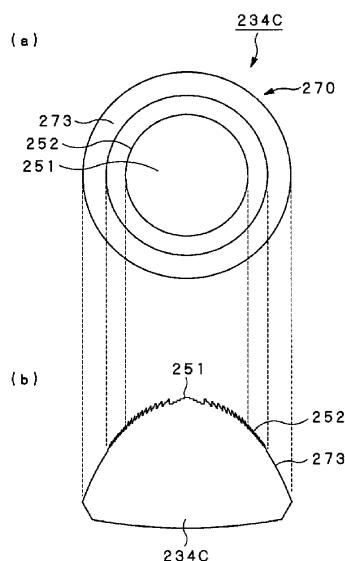
【図 5 6】



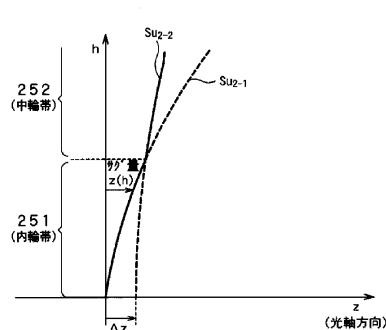
【図 5 7】



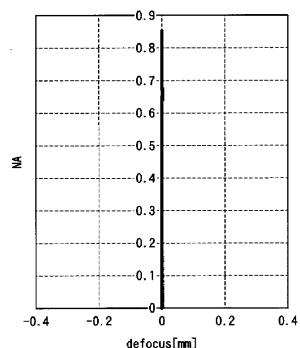
【図 5 8】



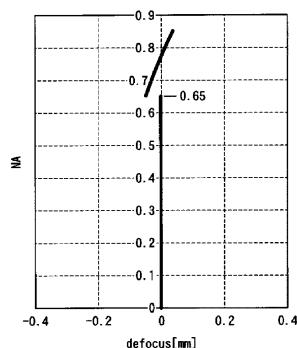
【図 5 9】



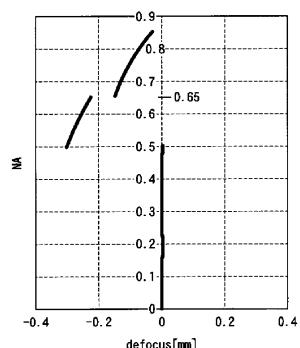
【図 6 0】

実施例3の縦収差図
(第1の光ディスク)

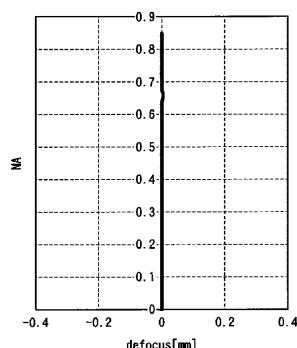
【図 6 1】

実施例3の縦収差図
(第2の光ディスク)

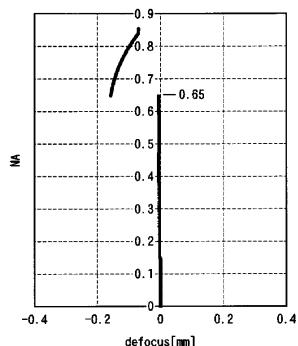
【図 6 2】

実施例3の縦収差図
(第3の光ディスク)

【図 6 3】

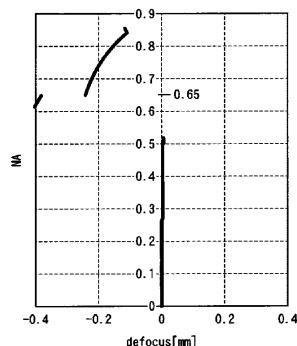
実施例4の縦収差図
(第1の光ディスク)

【図 6 4】



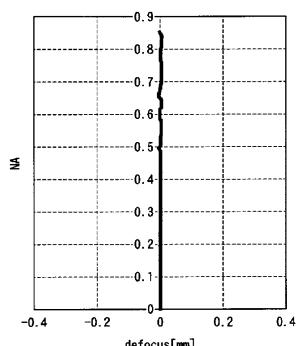
実施例 4 の縦収差図
(第 2 の光ディスク)

【図 6 5】



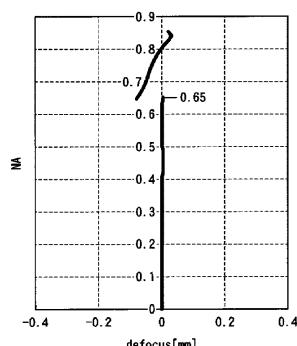
実施例 4 の縦収差図
(第 3 の光ディスク)

【図 6 6】



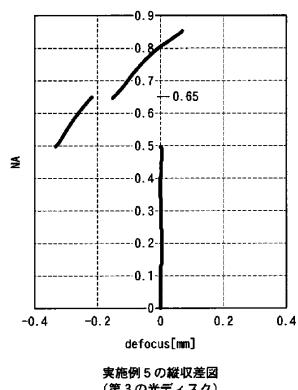
実施例 5 の縦収差図
(第 1 の光ディスク)

【図 6 7】

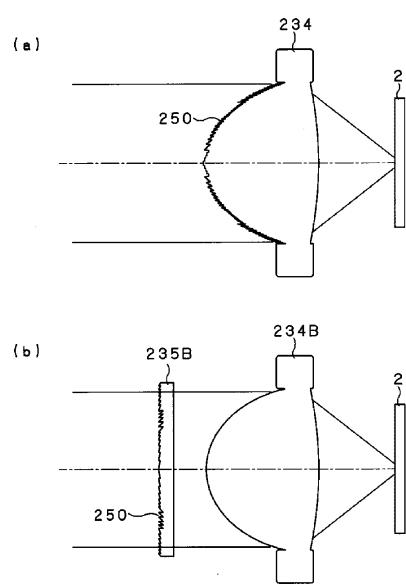


実施例 5 の縦収差図
(第 2 の光ディスク)

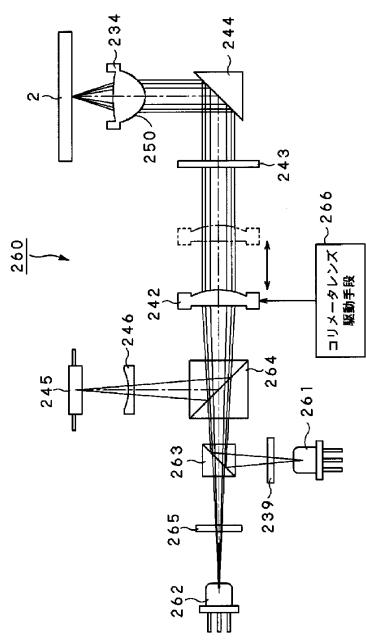
【図 6 8】



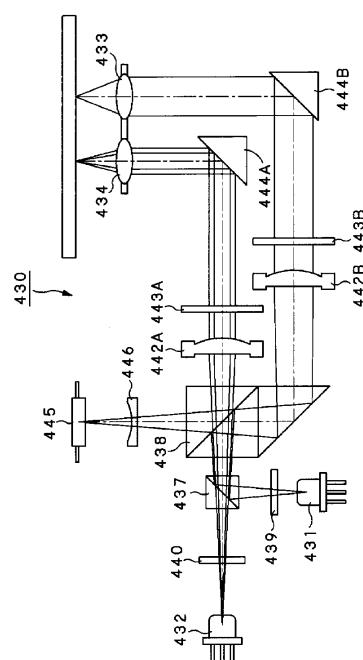
【図 6 9】



【図 7 0】



【図 7 1】



フロントページの続き

(72)発明者 安井 利文
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

(72)発明者 遊馬 嘉人
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

(72)発明者 高橋 一幸
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

(72)発明者 金田 一賢
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

審査官 中野 浩昌

(56)参考文献 特開2003-288733(JP,A)
特開2004-362732(JP,A)
特開2004-079146(JP,A)
特開2004-362626(JP,A)
特開2005-032411(JP,A)
国際公開第2006/040902(WO,A1)
国際公開第2007/013346(WO,A1)
国際公開第2005/091280(WO,A1)
国際公開第2006/046465(WO,A1)
特開2007-294029(JP,A)
特開2009-059407(JP,A)
国際公開第2008/007553(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 11 B 7 / 12 - 7 / 22