

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4341332号
(P4341332)

(45) 発行日 平成21年10月7日(2009.10.7)

(24) 登録日 平成21年7月17日(2009.7.17)

(51) Int. Cl.	F I	
GO2B 5/18 (2006.01)	GO2B 5/18	
GO2B 5/28 (2006.01)	GO2B 5/28	
GO2B 5/30 (2006.01)	GO2B 5/30	
GO2B 13/00 (2006.01)	GO2B 13/00	
G11B 7/135 (2006.01)	G11B 7/135	A

請求項の数 12 (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2003-276076 (P2003-276076)	(73) 特許権者	000000044 旭硝子株式会社 東京都千代田区有楽町一丁目12番1号
(22) 出願日	平成15年7月17日(2003.7.17)	(74) 代理人	100105647 弁理士 小栗 昌平
(65) 公開番号	特開2004-219977 (P2004-219977A)	(74) 代理人	100105474 弁理士 本多 弘徳
(43) 公開日	平成16年8月5日(2004.8.5)	(74) 代理人	100108589 弁理士 市川 利光
審査請求日	平成18年6月7日(2006.6.7)	(72) 発明者	大井 好晴 福島県郡山市待池台1-8 郡山西部第二 工業団地 旭硝子郡山電材株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2002-223085 (P2002-223085)	(72) 発明者	村川 真弘 神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番 地 旭硝子株式会社内
(32) 優先日	平成14年7月31日(2002.7.31)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2002-248835 (P2002-248835)		
(32) 優先日	平成14年8月28日(2002.8.28)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2002-251911 (P2002-251911)		
(32) 優先日	平成14年8月29日(2002.8.29)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ヘッド装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

410nm波長帯である波長₁の光と、650nm波長帯である波長₂の光と、780nm波長帯である波長₃の光を出射する光源と、

前記光源から出射された光を光記録媒体に集光する対物レンズと、
集光されて前記光記録媒体により反射された光を検出する光検出器と、を備える光ヘッド装置であって、

前記光源から前記光記録媒体との間に至る光路中に前記波長₂の光の透過波面、または前記波長₂の光の透過波面および前記波長₃の光の透過波面を変化させる機能を有する位相補正素子が配置され、

前記位相補正素子は、DVD用の前記波長₂の光の開口数NA₂の領域に第1の位相補正層と、前記波長₁の直線偏光の入射光に対して / 2 の奇数倍の複屈折位相差を発生させて円偏光に変換する第1の位相板と、が一体化されて形成されており、

前記第1の位相補正層は、断面形状が鋸歯状の形状または鋸歯状の各凸部が階段形状によって近似された形状で、かつ入射光の光学軸に対し回転対称性を有する凹凸部を備え、

前記開口数NA₂の領域を含むHD用の前記波長₁の光の開口数NA₁(NA₁>NA₂)の領域に入射する前記波長₁の光は、偏光状態に関わらず透過波面が不変であり、
前記開口数NA₂の領域に入射する前記波長₂の光、または前記波長₂の光およびCD用の前記波長₃の光の開口数NA₃(NA₂>NA₃)の領域に入射する前記波長₃の光の透過波面を変化させる機能を有することを特徴とする光ヘッド装置。

【請求項2】

前記第1の位相補正層は、屈折率波長分散が異なる第1の透光性材料と第2の透光性材料を備え、前記波長 λ_1 の光に対する前記第1の透光性材料と前記第2の透光性材料との屈折率差がゼロであるとともに前記波長 λ_2 の光および前記波長 λ_3 の光に対する前記第1の透光性材料と前記第2の透光性材料との屈折率差が有限の値であって、

前記凹凸部は、前記第1の透光性材料からなり、前記凹凸部の少なくとも凹部に前記第2の透光性材料が形成され、

前記凹凸部の各凸部の高さを d とし、前記波長 λ_2 の光に対する前記第1の透光性材料と前記第2の透光性材料との屈折率差を n とすると、次式、

$$\lambda_2 / 2 \leq n \times d \leq \lambda_3$$

を満たす請求項1に記載の光ヘッド装置。

10

【請求項3】

前記第1の位相補正層は、前記凹凸部の断面形状が階段形状によって近似され、階段形状の各段の凸部と凹部を透過する前記波長 λ_1 の光の位相差が4の自然数倍である請求項1に記載の光ヘッド装置。

【請求項4】

前記第1の位相板は、前記波長 λ_1 と前記波長 λ_2 の中間波長 $\lambda_c = (\lambda_1 + \lambda_2) / 2$ の光に対する複屈折位相差が $\pi/2$ である2枚の位相板をそれらの光軸のなす角度が $57 \pm 5^\circ$ となるように積層され、

少なくとも前記波長 λ_1 の直線偏光および前記波長 λ_2 の直線偏光に対して $\pi/2$ の奇数倍の複屈折位相差を発生させて円偏光に変換する請求項1から3のいずれか1項に記載の光ヘッド装置。

20

【請求項5】

前記位相補正素子は、前記開口数 NA_3 ($NA_2 > NA_3$)の領域に第2の位相補正層が形成されており、

前記第2の位相補正層は常光屈折率 n_o および異常光屈折率 n_e ($n_e > n_o$)である屈折率楕円体の光軸が一方向に揃った複屈折材料層を備え、

前記複屈折材料層は、断面形状が鋸歯状の各凸部が階段形状によって近似された形状で、かつ入射光の光学軸に対し回転対称性を有する凹凸部を備え、

前記凹凸部の少なくとも凹部に前記常光屈折率 n_o または前記異常光屈折率 n_e とほぼ等しい屈折率 n_s の均質屈折率透明材料が形成され、

30

前記第2の位相補正層の凹凸部の各段の凸部と凹部を透過する前記波長 λ_1 の異常光偏光または常光偏光の位相差が2の奇数倍である請求項3に記載の光ヘッド装置。

【請求項6】

前記第1の位相板は、前記波長 λ_1 の直線偏光に対して $\pi/2$ の奇数倍の複屈折位相差を発生させて円偏光に変換し、前記波長 λ_2 の直線偏光および前記波長 λ_3 の直線偏光に対して π の奇数倍の複屈折位相差を発生させて偏波面を回転する機能を有する請求項5に記載の光ヘッド装置。

【請求項7】

前記第1の位相板は、前記波長 λ_1 に対する複屈折位相差が $\pi/2$ と π である2枚の位相板をそれらの光軸のなす角度が $45 \pm 5^\circ$ となるように積層された構成からなる請求項6に記載の光ヘッド装置。

40

【請求項8】

前記位相補正素子は、前記第1の位相補正層と、前記第1の位相板と、第2の位相板とを備え、

前記第1の位相補正層は、前記凹凸部が常光屈折率 n_o および異常光屈折率 n_e ($n_e > n_o$)である屈折率楕円体の光軸が一方向に揃った複屈折材料層であり、前記凹凸部の少なくとも凹部は、前記常光屈折率 n_o または前記異常光屈折率 n_e とほぼ等しい屈折率 n_s の均質屈折率透明材料が形成された構造を有する、第1の偏光性位相補正層と第2の偏光性位相補正層を備え、

50

前記第1の位相板は、前記波長₁の光に対して / 2の奇数倍の複屈折位相差を発生させて円偏光に変換し、前記波長₂の直線偏光および前記₃の直線偏光に対してはの奇数倍の複屈折位相差を発生させて偏波面を回転する機能を有し、

前記第2の位相板は、前記波長₁の直線偏光に対しての偶数倍の複屈折位相差を発生させて偏光状態を変えず、前記波長₂の直線偏光および前記波長₃の直線偏光に対してはの奇数倍の複屈折位相差を発生させて偏波面を90°回転する機能を有し、

前記第1の位相板、前記第1の偏光性位相補正層、前記第2の位相板、前記第2の偏光性位相補正層の順番に配置され一体化されていることを特徴とする請求項1に記載の光ヘッド装置。

【請求項9】

前記位相補正素子の前記開口数 NA_1 の円形領域から前記開口数 NA_3 ($NA_1 > NA_2 > NA_3$)の円形領域を差し引いて得られる円環領域に、前記波長₁の光および前記波長₂の光を透過し、前記波長₃の光を反射する多層膜フィルタ、または、前記波長₁の光および前記波長₂の光を透過し、前記波長₃の光を回折する、断面形状が矩形で、前記波長₁の光に対する凸部と凹部との位相差が10°である回折格子が形成されている請求項5から8のいずれか1項に記載の光ヘッド装置。

【請求項10】

前記波長₁の光に対して、前記円環領域を透過する光と、前記開口数 NA_3 の前記円形領域を透過する光との位相差が2°の整数倍である請求項9に記載の光ヘッド装置。

【請求項11】

前記位相補正素子の前記開口数 NA_1 の円形領域から前記開口数 NA_2 の円形領域を差し引いて得られる第1の円環領域に、前記波長₁の光を透過し前記波長₂の光および前記波長₃の光を回折する、断面形状が凹凸状で、前記波長₁の光に対する凸部と凹部との位相差が2°である回折格子が形成され、

前記位相補正素子の前記開口数 NA_2 の円形領域から前記開口数 NA_3 の円形領域を差し引いて得られる第2の円環領域に、前記波長₁の光および前記波長₂の光を透過し前記波長₃の光を反射する多層膜フィルタ、または、前記波長₁の光および前記波長₂の光を透過し前記波長₃の光を回折する、断面形状が矩形で、前記波長₁の光に対する凸部と凹部との位相差が10°である回折格子が形成されている請求項5から8のいずれか1項に記載の光ヘッド装置。

【請求項12】

前記波長₁の光に対して、前記第1の円環領域を透過する光と前記開口数 NA_3 の前記円形領域を透過する光との位相差および、前記波長₁の光に対して、前記第2の円環領域を透過する光と前記開口数 NA_3 の前記円形領域を透過する光との位相差が2°の整数倍である請求項11に記載の光ヘッド装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、位相補正素子および光ヘッド装置に関し、特に使用波長の異なる3種の光記録媒体への情報の記録および/または再生に使用する光ヘッド装置に搭載する位相補正素子およびその光ヘッド装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近時、周知のように、情報を記録および/または再生する光記録媒体及びこの光記録媒体に情報を記録および/または再生することができる光ヘッド装置が各種開発され使用されている。

このうち、CD用の光記録媒体(以後、「光ディスク」という)は、情報記録面保護用のカバー厚が1.2mmの光ディスクであり、情報の記録および/または再生のために、光源として780nm波長帯の半導体レーザとNA(開口数)が0.44から0.51までの対物レンズが使用される。

10

20

30

40

50

【0003】

一方、DVD用の光ディスクは、カバー厚が0.6mmの光ディスクであり、情報の記録および/または再生には、光源として650nm波長帯の半導体レーザとNAが0.60から0.65までの対物レンズが使用される。

【0004】

さらに、記録情報量を増大させるため、光源として410nm波長帯の半導体レーザとNAが0.85の対物レンズを使用する、カバー厚が0.1mmの光ディスクが提案されている。以下、410nm波長帯の半導体レーザで使用する光ディスクを特にHD用の光ディスクという。

【0005】

ここで、 $\lambda_1 = 410\text{nm}$ 波長帯の光とは波長が略390nmから略430nmまでの光、 $\lambda_2 = 650\text{nm}$ 波長帯の光とは波長が略630nmから略680nmまでの光、 $\lambda_3 = 780\text{nm}$ 波長帯の光とは波長が略760nmから略820nmまでの光のことを示す。

【0006】

また、以下ではHD、DVDおよびCDに対して用いる対物レンズの開口数NAをそれぞれ NA_1 、 NA_2 、 NA_3 とし、 NA_1 は0.85程度、 NA_2 は0.60から0.65程度、 NA_3 は0.44から0.51程度の値のものを用いている。

また、複屈折材料の常光偏光と異常光偏光に対する常光屈折率と異常光屈折率の相違に起因して生じる位相差を「複屈折位相差」と呼称し、屈折率の偏光依存性によらない光路長差に対応した通常の位相差と用語を区別して用いる。また、「位相差」をラディアン(rad)単位で記すが、波長単位で表すときは「波長位相差」と呼称する。

【0007】

ところで、CD用とDVD用とHD用の3種の光ディスクでは、互いにカバー厚および使用波長が異なる。このため、情報を記録および/または再生する光ヘッド装置において、仮にいずれか一種の光ディスク用に設計された対物レンズを取付け、これらの光ディスクを互換的に使用してそこに情報を記録および/または再生しようとする場合、例えばこの光ヘッド装置を前述の光ディスクとは別の種類の光ディスクへの記録および/または再生に用いると、大きな球面収差が発生し、情報の記録および/または再生ができない問題があった。

【0008】

そこで、この光ヘッド装置において、単一の対物レンズを用いてカバー厚の異なる光ディスクの情報の記録および/または再生を行うため、発生する球面収差を低減する種々の方式が提案されている。(例えば、特許文献1、2参照)。

【0009】

従来例1として、基板の周辺部に屈折率の異なる透明誘電体膜が積層された多層膜フィルタまたは回折格子が形成され、一方の波長の光は透過し他方の波長の光は反射または回折してNAを切り換える開口制限素子が特許文献1に提案されている。

DVD用の波長 λ_2 の光を透過し、CD用の波長 λ_3 の光を反射する従来の開口制限素子1000の断面図の例を図20に示す。透光性基板(ガラス基板)1100の表面で、開口数 NA_2 の円形領域から開口数 NA_3 の円形領域を差し引いて得られる円環領域(中間領域)に、多層膜フィルタ1200が形成され、波長 λ_2 の入射光を透過し波長 λ_3 の入射光を透過しない開口制限素子となっている。

【0010】

ここで、開口数 NA_3 の円形領域と多層膜フィルタ1200が形成された円環領域で、波長 λ_2 の透過光の位相がそろうように、円環領域の多層膜フィルタ1200に位相調整用の位相補償膜1300が形成されている。

このような開口制限素子1000を対物レンズと一体で用い、対物レンズにより情報記録面に集光される光束のNAをDVDおよびCDの波長の相違に応じて切り換えることにより、光ディスクのカバー厚の相違に起因して発生する球面収差を低減する光ヘッド装置

10

20

30

40

50

を構成できる。ここでは、対物レンズに対する波長 λ_3 の入射光を発散光とすることにより、残留する球面収差を低減している。

【0011】

従来例2として、開口制限素子に加えて、同心円状の干渉縞パターンを有しその断面形状が階段状になされている開口制限付ホログラム光学素子からなり、第一の波長の光を透過するとともにそれと異なる第二の波長の光を回折して球面収差を発生し、対物レンズの有する球面収差を打ち消す位相補正素子が特許文献2に提案されている。

【0012】

また、CDやDVDなどの光ディスクにおける光記録媒体の情報の記録および/または再生を行う光ヘッド装置において、光源である半導体レーザーからの出射光は対物レンズにより光記録媒体上に集光され、光記録媒体で反射された戻り光はビームスプリッタにより光検出器である受光素子へ導かれ、光記録媒体の情報が電気信号に変換される構成となっている。

ここで、半導体レーザーの出射光を光ディスクの光記録媒体に効率よく集光し、光記録媒体からの信号光を光検出器で効率よく検出するため、偏光ビームスプリッタを用いることが有効である。偏光ビームスプリッタは、光源から出射した特定方向の偏波面の直線偏光を往路で透過し、光記録媒体で反射し往路と直交する偏波面となった直線偏光を復路で反射または回折して、光の進行方向を光検出器へと切り変えることができる。ここで、復路の偏波面を往路と直交する直線偏光とするために、入射光の波長に対し複屈折位相差が $\pi/2$ である位相板 ($1/4$ 波長板) が用いられ、偏光ビームスプリッタと光記録媒体の光路中に配置されている。

【0013】

【特許文献1】特許第2713257号公報

【特許文献2】特許第2725653号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

しかしながら、前記従来例1および2に示すように、単一の対物レンズを用いて2種の光ディスクの情報の記録および/または再生に対応可能な開口制限素子または位相補正素子はあるものの、HD、DVDおよびCDの3種の光ディスクの情報の記録および/または再生に対応可能な3波長用の位相補正素子が存在しないため、単一の対物レンズを用いてこれら3種の光ディスクの情報の記録および/または再生は困難であった。

【0015】

また、前記従来例1の開口制限素子をHD、DVDおよびCDの3種の光ディスクに対応した互換素子として用いる場合、図20に示す開口制限素子1000に対して、HDの開口数 NA_1 の円形領域からDVDの開口数 NA_2 (ただし、 $NA_1 > NA_2$) の円形領域を差し引いて得られる第1の円環領域に、波長 λ_1 の入射光を透過し波長 λ_2 および波長 λ_3 の入射光を透過しない波長選択フィルタの機能を付加する必要がある。また、同様にDVDの開口数 NA_2 の円形領域からCDの開口数 NA_3 (ただし、 $NA_2 > NA_3$) の円形領域を差し引いて得られる第2の円環領域に、波長 λ_1 および波長 λ_2 の入射光を透過し波長 λ_3 の入射光を透過しない波長選択フィルタの機能を付加する必要がある。また、開口数 NA_3 の円形領域は、波長 λ_1 、波長 λ_2 および波長 λ_3 の入射光を全て透過する機能が必要である。

【0016】

そこで、この波長選択フィルタとして、多層膜フィルタを用いる従来技術の適用では、第1の円環領域と第2の円環領域にそれぞれ分光透過率の異なる多層膜を領域分割して成膜する必要があり、極めて複雑なプロセスとなり、開口数 NA_1 の全面において波長 λ_1 の入射光に対する透過波面収差の劣化しない開口制限素子を安定して作製することが難しかった。

さらに、波長 λ_1 に対する複屈折位相差が $\pi/2$ であるとともに、波長 λ_2 および波長

10

20

30

40

50

3の波長に対して位相補正素子としての特性劣化を招くことのない位相板が一体化された位相補正素子が求められていた。

【0017】

本発明は、上記欠点を解決するためになされたものであり、HD用の単一の対物レンズを用いてHD、DVDおよびCDの3種の光ディスクの情報の記録および/または再生に対応可能な位相補正素子および光ヘッド装置の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0018】

本発明は、410nm波長帯である波長 λ_1 の光と、650nm波長帯である波長 λ_2 の光と、780nm波長帯である波長 λ_3 の光を出射する光源と、前記光源から出射された光を光記録媒体に集光する対物レンズと、集光されて前記光記録媒体により反射された光を検出する光検出器と、を備える光ヘッド装置であって、前記光源から前記光記録媒体との間に至る光路中に前記波長 λ_2 の光の透過波面、または前記波長 λ_2 の光の透過波面および前記波長 λ_3 の光の透過波面を変化させる機能を有する位相補正素子が配置され、前記位相補正素子は、DVD用の前記波長 λ_2 の光の開口数 NA_2 の領域に第1の位相補正層と、前記波長 λ_1 の直線偏光の入射光に対して $\pi/2$ の奇数倍の複屈折位相差を発生させて円偏光に変換する第1の位相板と、が一体化されて形成されており、前記第1の位相補正層は、断面形状が鋸歯状の形状または鋸歯状の各凸部が階段形状によって近似された形状で、かつ入射光の光学軸に対し回転対称性を有する凹凸部を備え、前記開口数 NA_2 の領域を含むHD用の前記波長 λ_1 の光の開口数 NA_1 ($NA_1 > NA_2$)の領域に入射する前記波長 λ_1 の光は、偏光状態に関わらず透過波面が不変であり、前記開口数 NA_2 の領域に入射する前記波長 λ_2 の光、または前記波長 λ_2 の光およびCD用の前記波長 λ_3 の光の開口数 NA_3 ($NA_2 > NA_3$)の領域に入射する前記波長 λ_3 の光の透過波面を変化させる機能を有することを特徴とする光ヘッド装置を提供する。

【0019】

さらに、前記第1の位相補正層は、屈折率波長分散が異なる第1の透光性材料と第2の透光性材料を備え、前記波長 λ_1 の光に対する前記第1の透光性材料と前記第2の透光性材料との屈折率差がゼロであるととも前記波長 λ_2 の光および前記波長 λ_3 の光に対する前記第1の透光性材料と前記第2の透光性材料との屈折率差が有限の値であって、前記凹凸部は、前記第1の透光性材料からなり、前記凹凸部の少なくとも凹部に前記第2の透光性材料が形成され、前記凹凸部の各凸部の高さを d とし、前記波長 λ_2 の光に対する前記第1の透光性材料と前記第2の透光性材料との屈折率差を n とすると、次式、 $\lambda_2 / 2 - n \times d$ が λ_3 を満たす上記の光ヘッド装置を提供する。

【0020】

さらに、前記第1の位相補正層は、前記凹凸部の断面形状が階段形状によって近似され、階段形状の各段の凸部と凹部を透過する前記波長 λ_1 の光の位相差が 4π の自然数倍である上記の光ヘッド装置を提供する。

【0021】

さらに、前記第1の位相板は、前記波長 λ_1 と前記波長 λ_2 の中間波長 $\lambda_c = (\lambda_1 + \lambda_2) / 2$ の光に対する複屈折位相差が π と $\pi/2$ である2枚の位相板をそれらの光軸のなす角度が $57 \pm 5^\circ$ となるように積層され、少なくとも前記波長 λ_1 の直線偏光および前記波長 λ_2 の直線偏光に対して $\pi/2$ の奇数倍の複屈折位相差を発生させて円偏光に変換する上記の光ヘッド装置を提供する。

【0022】

さらに、前記位相補正素子は、前記開口数 NA_3 ($NA_2 > NA_3$)の領域に第2の位相補正層が形成されており、前記第2の位相補正層は常光屈折率 n_o および異常光屈折率 n_e ($n_e > n_o$)である屈折率楕円体の光軸が一方に揃った複屈折材料層を備え、前記複屈折材料層は、断面形状が鋸歯状の各凸部が階段形状によって近似された形状で、かつ入射光の光学軸に対し回転対称性を有する凹凸部を備え、前記凹凸部の少なくとも凹部に前記常光屈折率 n_o または前記異常光屈折率 n_e とほぼ等しい屈折率 n_s の均質屈折率

10

20

30

40

50

透明材料が形成され、前記第2の位相補正層の凹凸部の各段の凸部と凹部を透過する前記波長 λ_1 の異常光偏光または常光偏光の位相差が2の奇数倍である上記の光ヘッド装置を提供する。

【0023】

さらに、前記第1の位相板は、前記波長 λ_1 の直線偏光に対して $\pi/2$ の奇数倍の複屈折位相差を発生させて円偏光に変換し、前記波長 λ_2 の直線偏光および前記波長 λ_3 の直線偏光に対して π の奇数倍の複屈折位相差を発生させて偏波面を回転する機能を有する上記の光ヘッド装置を提供する。

【0024】

さらに、前記第1の位相板は、前記波長 λ_1 に対する複屈折位相差が $\pi/2$ と π である2枚の位相板をそれらの光軸のなす角度が $45 \pm 5^\circ$ となるように積層された構成からなる上記の光ヘッド装置を提供する。

【0025】

さらに、前記位相補正素子は、前記第1の位相補正層と、前記第1の位相板と、第2の位相板と、を備え、前記第1の位相補正層は、前記凹凸部が常光屈折率 n_o および異常光屈折率 n_e ($n_o < n_e$)である屈折率楕円体の光軸が一方向に揃った複屈折材料層であり、前記凹凸部の少なくとも凹部は、前記常光屈折率 n_o または前記異常光屈折率 n_e とほぼ等しい屈折率 n_s の均質屈折率透明材料が形成された構造を有する、第1の偏光性位相補正層と第2の偏光性位相補正層を備え、前記第1の位相板は、前記波長 λ_1 の光に対して $\pi/2$ の奇数倍の複屈折位相差を発生させて円偏光に変換し、前記波長 λ_2 の直線偏光および前記 λ_3 の直線偏光に対しては π の奇数倍の複屈折位相差を発生させて偏波面を回転する機能を有し、前記第2の位相板は、前記波長 λ_1 の直線偏光に対して π の偶数倍の複屈折位相差を発生させて偏光状態を変えず、前記波長 λ_2 の直線偏光および前記波長 λ_3 の直線偏光に対しては π の奇数倍の複屈折位相差を発生させて偏波面を 90° 回転する機能を有し、前記第1の位相板、前記第1の偏光性位相補正層、前記第2の位相板、前記第2の偏光性位相補正層の順番に配置され一体化されていることを特徴とする上記の光ヘッド装置を提供する。

【0026】

さらに、前記位相補正素子の前記開口数 NA_1 の円形領域から前記開口数 NA_3 ($NA_1 > NA_2 > NA_3$)の円形領域を差し引いて得られる円環領域に、前記波長 λ_1 の光および前記波長 λ_2 の光を透過し、前記波長 λ_3 の光を反射する多層膜フィルタ、または、前記波長 λ_1 の光および前記波長 λ_2 の光を透過し、前記波長 λ_3 の光を回折する、断面形状が矩形で、前記波長 λ_1 の光に対する凸部と凹部との位相差が π である回折格子が形成されている上記の光ヘッド装置を提供する。

【0027】

さらに、前記波長 λ_1 の光に対して、前記円環領域を透過する光と、前記開口数 NA_3 の前記円形領域を透過する光との位相差が2の整数倍である上記の光ヘッド装置を提供する。

【0028】

さらに、前記位相補正素子の前記開口数 NA_1 の円形領域から前記開口数 NA_2 の円形領域を差し引いて得られる第1の円環領域に、前記波長 λ_1 の光を透過し前記波長 λ_2 の光および前記波長 λ_3 の光を回折する、断面形状が凹凸状で、前記波長 λ_1 の光に対する凸部と凹部との位相差が π である回折格子が形成され、前記位相補正素子の前記開口数 NA_2 の円形領域から前記開口数 NA_3 の円形領域を差し引いて得られる第2の円環領域に、前記波長 λ_1 の光および前記波長 λ_2 の光を透過し前記波長 λ_3 の光を反射する多層膜フィルタ、または、前記波長 λ_1 の光および前記波長 λ_2 の光を透過し前記波長 λ_3 の光を回折する、断面形状が矩形で、前記波長 λ_1 の光に対する凸部と凹部との位相差が π である回折格子が形成されている上記の光ヘッド装置を提供する。

【0029】

さらに、前記波長 λ_1 の光に対して、前記第1の円環領域を透過する光と前記開口数 NA_3

10

20

30

40

50

A₃の前記円形領域を透過する光との位相差および、前記波長 λ_1 の光に対して、前記第2の円環領域を透過する光と前記開口数NA₃の前記円形領域を透過する光との位相差が2の整数倍である上記の光ヘッド装置を提供する。

【発明の効果】

【0030】

本発明の位相補正素子を用いることにより、波長 λ_1 の透過波面は不変のまま、波長 λ_2 あるいは波長 λ_3 の透過波面を補正できる。また、波長 λ_1 で1/4波長板の機能を有する第1の位相板が一体化されているため、位相補正素子を往復した波長 λ_1 の直線偏光は直交する直線偏光に変換される。その結果、位相補正素子を波長 λ_1 でHD用の光ディスクに最適設計されたHD用対物レンズと一体で光ヘッド装置に搭載することにより、使用波長およびカバー厚のそれぞれ異なるHD用、DVD用およびCD用の光ディスクに対して

10

も安定した情報の記録および/または再生ができる。

【0031】

また、偏光ビームスプリッタが搭載された本発明の光ヘッド装置に用いることにより、波長 λ_1 の光に対して往路および復路の光利用効率が向上し、半導体レーザ光源の消費電力を削減でき、高速な記録および/または再生ができる。また、半導体レーザ光源の発振を不安定にする戻り光が減少するため、半導体レーザの発振が安定し、信頼性の高い記録および/または再生用の光ヘッド装置となる。また、対物レンズと光ディスクとの間隔を確保できるため、記録および/または再生時のフォーカスサーボなどの安定性を向上できる。したがって、光学特性に優れ、小型軽量化に適した光ヘッド装置を提供できる。

20

【0032】

また、位相補正素子中の第1の位相補正層に屈折率波長分散の異なる材料を用いることにより、入射光の偏光に依存しない波面収差補正ができる。また、位相補正素子中の第1の位相補正層を1段の位相差が波長 λ_1 の2倍に相当する階段形状格子とすることにより、波長 λ_2 の波面収差を独立に補正できる。

さらに、2波長用または3波長用の1/4波長板を用いることにより、DVDおよびCDの波長においても、高い光利用効率が得やすいとともに信頼性の高い記録および/または再生用の光ヘッド装置となる。

【0033】

また、位相補正素子中の第2の位相補正層に複屈折の異なる材料を用い、異常光偏光に対する1段の位相差が波長 λ_1 に相当する階段形状格子とし、3波長の入射偏光を規定することにより、波長 λ_3 の波面収差を独立に補正できる。さらに、前記波長 λ_2 の波面収差を独立に補正できる第1の位相補正層と、波長 λ_1 で1/4波長板の機能を有しかつ波長 λ_2 および波長 λ_3 で1/2波長板の機能を有する第1の位相板を一体化した位相補正素子とすることにより、DVDおよびCDの波面収差を独立に補正できる。

30

【0034】

また、波長 λ_1 で1/4波長板の機能を有し、かつ波長 λ_2 および波長 λ_3 で1/2波長板の機能を有する前記の第1の位相板と、波長 λ_1 の透過光の偏光は不変で波長 λ_2 および波長 λ_3 に対し偏波面を90°回転する1/2波長板の機能を有する第2の位相板と、複屈折材料と均質屈折率材料からなる偏光性位相補正層を2層用いることにより、DVDおよびCDの波面収差補正ができる。複屈折材料として複屈折の大きな高分子液晶を用いることにより、位相補正層の厚さを薄くできるとともに、鋸歯状の凹凸形状を精度良く加工できるため、正確で光利用効率の効率的な高い波面収差補正ができる。

40

【0035】

また、開口数NA₁から開口数NA₃を差し引いた円環領域に、波長 λ_1 および波長 λ_2 の光のみを直進透過する多層膜フィルタあるいは回折格子を形成してCD用の波長 λ_3 の光束に対する開口制限とすることにより、安定したCDの波面収差補正ができる。

【0036】

さらに、開口数NA₁から開口数NA₂を差し引いた第1の円環領域に、波長 λ_1 の光のみを直進透過する回折格子を形成してDVD用の波長 λ_2 の光束に対する開口制限素子と

50

することにより、安定したDVDの波面収差補正ができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0037】

以下、添付図面を参照して本発明の実施形態を説明する。

【0038】

[第1の実施形態]

本発明の第1の実施形態に係る第1の位相補正素子の構成例について、図1に断面図を、図2に平面図を示す。

本実施形態に係る第1の位相補正素子100は、開口数 NA_2 の領域に形成された第1の位相補正層10Aと第1の位相板30Aとを備えて構成される。

10

【0039】

第1の位相補正層10Aは、HD用の光ディスクに対応する位相補正素子の開口数 NA_1 の有効径内で、DVD用の光ディスクに対応する開口数 NA_2 の領域に形成されていて、その断面形状が鋸歯状（いわゆるブレード回折格子型）あるいは鋸歯状の各凸部が階段形状格子によって近似されており、かつ入射光の光学軸に関して回転対称性を有する鋸歯状の凹凸部からなるように加工された屈折率 n_A の透光性材料（第1の透光性材料）1Aと、その凹凸部の少なくとも凹部に屈折率 n_B の透光性材料（第2の透光性材料）1Bが充填された構成からなる。

【0040】

図1では、第1の位相補正層10Aが、透光性基板5および6に挟持された構成例を示すが、透光性基板5の表面に形成されてその凹部には充填物が無い構成でもよい。この第1の位相補正層10Aは、位相補正素子平面内の開口数 NA_1 の領域に入射する波長 λ_1 の光の透過波面は不変だが、波長 λ_2 、または波長 λ_2 および波長 λ_3 の光の透過波面を変化させる、波長選択性の位相補正層とすることにより、ブレード回折格子の空間的形状分布に応じて透過波面変化を生成できる。

20

位相補正層の波長選択性機能は、透光性材料1Aと透光性材料1Bの屈折率波長依存性の相違、屈折率偏光依存性の相違、あるいは階段格子の加工段差の位相差波長依存性などを利用することにより発現する。

【0041】

また、第1の位相補正素子100には、波長 λ_1 に対し複屈折位相差が $\pi/2$ の奇数倍となる第1の位相板30Aが透光性基板5と透光性基板6とに挟まれ一体化されている。第1の位相板30Aとしては複屈折性を有する材料であればいずれでもよい。例えば、高分子液晶、水晶などの光学結晶や、一軸延伸により複屈折性が発現するポリカーボネートなどでもよい。高分子液晶は複屈折が比較的大きな値で、 $50\mu\text{m}$ 以下の薄膜を平坦性の優れたガラスなどの透光性基板に挟持し、均一かつ大面積に作製できるため、位相板として好ましい。

30

【0042】

第1の位相板30Aの光軸と 45° の角度をなす偏波面で波長 λ_1 の直線偏光が入射し、第1の位相板30Aを往復することにより、偏波面が直交する直線偏光に変換される。

第1の位相板30Aは、複屈折材料の単層でもよいし、2層以上積層した構成や、透光性基板を2枚以上用いその間に高分子液晶膜を挟持した構成でもよい。複屈折波長依存性を複屈折材料によって制御する、あるいは位相板を積層することにより複屈折位相差の波長依存性を制御できる。例えば、3波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の入射光に対して $1/4$ 波長板として作用する位相板や、波長 λ_1 の入射光に対して $1/4$ 波長板として作用するとともに波長 λ_2 および波長 λ_3 の入射光に対して $1/2$ 波長板として作用する位相板とすることもできる。

40

【0043】

したがって、本実施形態の位相補正素子を用いることにより、HD用の対物レンズをDVDまたはCDに用いたとき発生する波面収差を補正できる。また、波長 λ_1 の直線偏光の入射光を透過しそれと直交する偏波面の直線偏光の入射光を反射または回折する偏光ビ

50

ームスプリッタ (P B S) が搭載された光ヘッド装置における位相補正素子として用いることにより、光利用効率の高い光学系となるとともに、半導体レーザー光源の発振が安定するため、信頼性の高い記録および/または再生用の光ヘッド装置となる。

【 0 0 4 4 】

[第 2 の実施形態]

次に、図 1 において、屈折率波長分散が異なる透光性材料、つまり第 1 の透光性材料 1 A と第 2 の透光性材料 1 B からなり、その屈折率差 n が波長 λ_1 で略ゼロであるとともに波長 λ_2 および波長 λ_3 では有限の値となる屈折率波長分散性を有する第 1 の位相補正層 1 0 B と、第 1 の位相板 3 0 B とを備えた第 2 の位相補正素子 2 0 0 について、以下に説明する。なお、この第 1 の位相板 3 0 B は、第 1 の位相補正素子 1 0 0 での第 1 の位相板 3 0 A と同じ構成である。

10

【 0 0 4 5 】

透光性材料 1 A と透光性材料 1 B は、可視波長域の屈折率波長分散の差が大きな 2 種の材料であって、波長 λ_1 で屈折率値が等しく、波長 λ_1 、 λ_2 および λ_3 で透明であれば、それ以外の波長で光吸収があってもよい。透光性材料 1 A と透光性材料 1 B はガラスなどの無機材料でもよいし、プラスチックレンズや光学樹脂として用いられる有機材料でもよい。屈折率波長分散を調整するために無機材料あるいは有機材料中に微粒子を分散させた複合材料でもよい。

【 0 0 4 6 】

図 3 は D V D 用または C D 用の光ディスクにおける透過光の波面収差を示すグラフである。図 3 において、(A) は本実施形態の第 2 の位相補正素子 2 0 0 を用いたときに本素子が発生する波面収差を示し、(B) は第 2 の位相補正素子 2 0 0 を用いないときに発生している波面収差を示す。

20

【 0 0 4 7 】

図 3 の (B) は、 $\lambda_1 = 410 \text{ nm}$ 波長帯でカバー厚 0.1 mm の H D 用の光ディスクに対して良好な収差となるよう設計された開口数 NA_1 の H D 用対物レンズを、 $\lambda_2 = 650 \text{ nm}$ 波長帯でカバー厚 0.6 mm の D V D 用の光ディスクに開口数 NA_2 で用いたときに、発生する波面収差の一例を示したグラフである。ここでは球面収差にパワー (倍率) 成分が付加された波面収差を示し、横軸は開口径に対応した開口数 NA であり、縦軸は光学軸上の光線 ($NA = 0$) に対する各 NA 値での光線の光学的距離差を使用波長単位で示す波長位相差の断面を表す。この波面収差は、実際にはほぼ軸対称の 3 次元形状で、略放物面状の分布をなす。

30

【 0 0 4 8 】

図 3 において、水平方向の複数本の点線は波長 λ_2 の整数倍の等位相波面を示し、横線の各間隔は波長 λ_2 となっている。図 3 の (B) に示す波面収差から波長 λ_2 の整数倍を差し引いた波長位相差で、 λ_2 以下の波面収差が補正すべき波面収差である。図 3 の (A) は、上記 λ_2 以下の波面収差を補正するように本発明の第 2 の位相補正素子 2 0 0 における第 1 の位相補正層 1 0 B を使用して発生する波面収差を示したもので、中心から外周に向かって鋸歯の底面の幅が狭くなる同心円状になっている。

【 0 0 4 9 】

40

また、第 1 の位相補正層 1 0 B における鋸歯状の凹凸部の断面形状に加工された透光性材料 1 A は、図 1 および図 2 に示す鋸歯断面からなるフレネルレンズ形状とするが、この形状は次のようにして決定される。

すなわち、図 3 の (B) に示す断面形状が略放物線状で 3 次元的には略放物面状の波面収差を、開口数 NA_2 の円形領域において波長 λ_2 の間隔ごとに輪切りにして得られ複数の輪帯から、透光性材料 1 A の各凸部の輪帯半径が決まる。

これらの輪帯を波面収差がゼロの平面 (図 3 において紙面に垂直な面) 上に、 $NA = 0$ の軸の回りに同心円状に並べると、これらの輪帯の高さは全て λ_2 となる。すなわち、波長 λ_2 で透光性材料 1 A と透光性材料 1 B の凹凸部の光路長差が λ_2 となるように透光性材料 1 A を加工する。

50

波長 λ_2 において $n_A > n_B$ の場合、透光性材料 1 A の断面形状は図 1 の 1 A に相当する鋸歯状となるように加工する。

また、波長 λ_2 において $n_A < n_B$ の場合、紙面と垂直な面に対し面对称形状である図 3 の (A) に相当する断面形状に、透光性材料 1 A を加工すればよい。

【 0 0 5 0 】

波面収差 λ_2 に相当する輪帯をなす透光性材料 1 A からなる鋸歯状の各凸部の高さ d は、波長 λ_2 における透光性材料 1 A と透光性材料 1 B の屈折率差 n を用いて $d = \lambda_2 / n$ で記述される。鋸歯状の各凸部を階段形状によって近似した場合、

$\lambda_2 / 2 \leq n \times d \leq \lambda_2$
を満たす高さ d の範囲とすればよい。

10

また、波長 λ_2 と波長 λ_3 に対して収差補正するためには、

$\lambda_2 / 2 \leq n \times d \leq \lambda_3$
を満たす高さ d の範囲とすればよい。

また、

$\lambda_2 \leq n \times d \leq \lambda_3$
を満たす高さ d がさらに好ましい。

【 0 0 5 1 】

ここで、第 2 の位相補正素子 2 0 0 に波長 λ_1 の光が入射するとき、波長 λ_1 における透光性材料 1 A と透光性材料 1 B の屈折率差 n がゼロのため、透過波面は変化しない。一方、波長 λ_2 の入射光に対して屈折率差 n は有限のため、鋸歯状の各凸部の高さ d に応じて波長単位の位相差 $n \times d / \lambda_2$ が生じ、図 3 の (B) に示す波面収差を補正する図 3 の (A) に示す透過波面変化が生じる。また、波長 λ_3 の入射光に対しても屈折率差 n は有限のため、鋸歯状の各凸部の高さ d に応じて波長単位の位相差 $n \times d / \lambda_3$ が生じ、図 3 の (A) に類似した透過波面変化が生じる。すなわち、凹レンズに相当するパワーを有する透過波面となる。

20

波長 λ_2 および波長 λ_3 に対して、位相補正素子が凹レンズの作用を有することにより、光ディスクと対物レンズの間隔を拡大できるため、記録および/または再生において光ヘッド装置の安定性が向上する。

【 0 0 5 2 】

なお、同じ HD 用対物レンズを $\lambda_3 = 780 \text{ nm}$ 波長帯でカバー厚 1.2 mm の CD 用の光ディスクに開口数 NA_3 で用いたときに発生する波面収差は、第 2 の位相補正素子 2 0 0 を用いただけでは完全には補正されないが、位相補正素子 2 0 0 および対物レンズに対して波長 λ_3 の入射光を波長 λ_2 に比較して若干発散光とすることにより、良好な波面収差補正ができる。

30

また、波長 λ_2 および波長 λ_3 の入射光をどちらも若干発散光としたとき発生する波長 λ_2 および波長 λ_3 の波面収差を補正するように第 1 の位相補正層 1 0 B を加工することもできる。波長 λ_2 と波長 λ_3 の光を出射する半導体レーザが 1 つのパッケージ内に集積化された 2 波長レーザを光源とし、共通のコリメータレンズを用いて 2 波長の光を対物レンズに同程度の発散光として入射させる光ヘッド装置において、このような性能を備えた位相補正素子 2 0 0 を用いることが有効である。

40

【 0 0 5 3 】

したがって、第 2 の位相補正素子 2 0 0 を用いることにより、波長 λ_2 および波長 λ_3 の入射光の偏光状態にかかわらず波長 λ_1 との波長の相違のみで収差補正ができるため、波長 λ_2 および波長 λ_3 に対する第 1 の位相板 3 0 B の制約が少ない。

【 0 0 5 4 】

[第 3 の実施形態]

次に、図 4 に本発明の他の実施形態に係る第 3 の位相補正素子 3 0 0 の構成を断面図に示す。なお、平面図は図 2 と同じものである。

本実施形態に係る位相補正素子 3 0 0 は、ガラスなどの透光性基板 5 の表面で開口数 NA_2 の領域に形成された第 1 の位相補正層 1 0 C と、ガラスなどの透光性基板 6 の片面に

50

形成された第1の位相板30Cとを備えて構成される。この第1の位相板30Cは、第1の位相補正素子100での第1の位相板30Aと同じ構成である。

【0055】

ここで、前述の第2の実施形態の第1の位相補正層10Bと同様、第1の位相補正層10Cは波長 λ_2 の入射光に対して図3の(A)に相当する波面収差を発生し、第3の位相補正素子300を用いないときに発生する図3の(B)に示す波面収差を補正する。この第1の位相補正層10Cは、ガラスなどの透光性基板5の表面で開口数NA₂の領域に、断面形状が鋸歯状(いわゆるブレード回折格子型)に形成したものであり、鋸歯状の各凸部(凹凸部)が階段形状格子によって近似された均質材料からなる多段の階段形状のブレード回折格子で構成されている。なお、この凹凸部は、光学軸に関して回転対称性を有する形状に形成されている。

10

【0056】

ここで、階段形状格子の各段における屈折率nの均質材料の透過光と空気の透過光との位相差が、波長 λ_1 に対して略4の自然数倍としている。 $\lambda_1 = 410\text{nm}$ 波長帯および $\lambda_3 = 780\text{nm}$ 波長帯の場合、均質材料の屈折率波長分散を考慮すると、前記位相差は、波長 λ_1 に対して略4の自然数倍とすれば波長 λ_3 に対しては略2の自然数倍となる。したがって、鋸歯状の各凸部をこのような階段形状格子によって近似することにより、波長 λ_1 および波長 λ_3 に対しては入射光の偏光状態にかかわらず透過波面は変化することなく透過するが、波長 λ_2 の入射光に対しては透過波面が変化する波長選択性の第1の位相補正層10Cとなる。

20

【0057】

また、第1の位相補正層10Cにおける鋸歯状の凹凸部の形状は、図2および図4に示す階段形状格子からなるフレネルレンズ形状とするが、この形状は前述の第1の位相補正層10Bと同様にして決定される。

【0058】

図4において、(N+1)レベル(すなわちN段)の階段形状格子の高さd_NをN等分した1段の高さd_{N1}の光路差(n-1)×d_{N1}がCD用の光ディスクの $\lambda_3 = 780\text{nm}$ 波長帯の自然数倍となるようにしている。例えば(n-1)×d_{N1}= λ_3 のとき、このように階段形状に加工された第1の位相補正層10Cに、波長 λ_2 の光が入射した場合を考える。この場合、透過光波面の位相は、

30

$$2\pi \times (n-1) \times d_{N1} / \lambda_2 = 2\pi \times (\lambda_3 / \lambda_2) \\ = 2\pi \times 1.22$$

となり、階段形状格子の1段につき実効的に0.22波長分だけ透過波面が遅れることになる。したがって、鋸歯状の断面形状をN=3から5の階段形状格子に近似することにより、DVD用の光ディスクの透過波面のみを補正する第1の位相補正層10Cとなる。

【0059】

図5は、第1の位相補正層10Cの波面収差補正作用を示す波面収差の部分拡大図である。図5において、階段形状格子の1段の高さd_{N1}に対応した補正光路差a、すなわち

$$a = \{ (n-1) \times d_{N1} \} - \lambda_2$$

を単位に、1波長 λ_2 分の波面収差をaで分割することにより近似的に波面収差を補正している。なお、図5では5レベル(4段)の階段形状格子による収差補正例を示している。第1の位相補正層10Cは、透光性基板5の表面を直接階段形状格子に微細加工してもよいし、所望の膜厚に成膜した層を加工してもよい。

40

【0060】

したがって、第3の位相補正素子300では、第1の位相補正層10Cに使用する材料に制約が少なく済むとともに、空気との屈折率差が大きいため加工量が比較的少なく加工しやすいといった長所がある。

【0061】

[第4の実施形態]

次に、図6に本発明の第4の実施形態に係る第4の位相補正素子400の構成例を断面

50

図に示す。なお、平面図は図2と同じものである。

この実施形態の位相補正素子400では、第1の位相板としてリタレーション値の異なった複屈折材料からなる2種の位相板3Aと3Bをそれらの光軸が所定の角度をなすよう積層した第1の位相板30Dを用いている。なお、図6では第1の位相補正層10Dとして、第2の実施形態を示す図1の第2の位相補正素子200における第1の位相補正層10Bと同じ位相補正層を用いた場合を示すが、第3の実施形態の第3の位相補正素子300で用いられた第1の位相補正層10Cとしてもよい。

【0062】

第1の位相板30Dを構成する位相板3Aと3Bは、例えば、高分子液晶、水晶などの光学結晶や、一軸延伸により複屈折性が発現するポリカーボネートなどの複屈折性を有する材料から形成されている。この位相板3Aと3Bは、光軸およびリタレーション値の異なる高分子液晶膜を透光性基板6上に積層する、あるいは、透光性基板6上に形成された高分子液晶膜からなる位相板3Bに接着剤を用いてポリカーボネートからなる位相板3Aを接着してもよい。また、透光性基板6の代わりに水晶からなる位相板3Bを用い、その上に高分子液晶膜からなる位相板3Aを形成してもよい。

10

【0063】

位相補正層10D側から位相板3A、位相板3Bの順に配置し、波長 λ の直線偏光入射光の偏波面に対する位相板3A、3Bの進相軸の角度を θ_A および θ_B とし、それぞれのリタレーション値を R_A 、 R_B とすると、積層位相板の透過光の偏光状態を表すストークス行列成分の S_3 は、次の(1)式で記述される。

20

【0064】

【数1】

$$S_3 = \sin(\delta_A) \times [\sin(2\theta_A) - \{1 - \cos(\delta_B)\} \\ \times \sin(2\theta_B) \times \cos\{2(\theta_B - \theta_A)\}] \\ + \cos(\delta_A) \times \sin(\delta_B) \times \sin(2\theta_B) \\ \dots (1)$$

【0065】

ただし、 θ_A および θ_B は、波長 λ における位相板3Aと3Bの複屈折位相差を示し、

$$\theta_A = 2R_A / \lambda, \\ \theta_B = 2R_B / \lambda$$

と表される。

30

【0066】

また、透過光の直線偏光性を表す楕円率 ϵ （楕円偏光の長軸振幅に対する短軸振幅の比）は S_3 を用いて、次式、

$$\epsilon = \tan\{0.5 \times \sin^{-1}(S_3)\}$$

で記述される。

【0067】

したがって、第1の位相板30Dが、例えば、3波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の入射光に対して1/4波長板として作用するように、複屈折位相差が $\lambda/2$ の奇数倍となる位相板とするためには、3波長に対して θ が1すなわち S_3 が1に近い値となるよう θ_A 、 θ_B 、 R_A 、 R_B を決めればよい。

40

【0068】

例えば、波長 λ_1 と波長 λ_2 の中間波長 $\lambda_C = (\lambda_1 + \lambda_2) / 2$ に対して、複屈折位相差 δ_A すなわち1/2波長板相当の位相板3Aと、複屈折位相差 $\delta_B / 2$ すなわち1/4波長板相当の位相板3Bを、それぞれの進相軸のなす角度 $|\theta_B - \theta_A|$ が $57 \pm 5^\circ$ となるよう積層する。

進相軸の角度としては、 $\theta_A = 17 \pm 5^\circ$ および $\theta_B = 74 \pm 5^\circ$ 、または $\theta_A = 74 \pm$

50

5° および $\theta_B = 17 \pm 5^\circ$ とする。

第1の位相板30Dをこのような積層位相板とすることにより、 $\lambda_1 = 410\text{ nm}$ 波長帯、 $\lambda_2 = 650\text{ nm}$ 波長帯および $\lambda_3 = 780\text{ nm}$ 波長帯の直線偏光に対して、略 $\lambda/2$ の複屈折位相差を発生させて円偏光に変換する3波長用の $1/4$ 波長板となる。

【0069】

なお、上記の第1の位相板30Dを構成する位相板3Aと位相板3Bの積層構成は一例であって、必ずしも上記の θ_A 、 θ_B 、 R_A 、 R_B の数値範囲に限定されるものではない。用いる複屈折材料によって複屈折量の波長依存性が異なるため、波長ごとの偏光変換の目的に応じて(1)式で記述される所望のS3となるよう、 θ_A 、 θ_B 、 R_A 、 R_B を調整すればよい。

【0070】

このような第1の位相板30Dが一体化された本発明の第4の位相補正素子400を用いることにより、波長 λ_1 のみならず波長 λ_2 および波長 λ_3 の入射光に対しても $1/4$ 波長板として機能する。

このため、使用波長の異なる3種の光記録媒体の情報の記録および/または再生に使用する光ヘッド装置にこの第4の位相補正素子400を搭載した場合、偏光ビームスプリッタと併用して光利用効率の高い光記録媒体の記録および/または再生ができる。また、偏光ビームスプリッタを用いない場合でも、光記録媒体からの反射戻り光は第1の位相板30Dを往復することにより半導体レーザ光源の出射光の偏波面と直交する直線偏光となってレーザ発光点に入射するため、半導体レーザの発振に影響を与えず安定した出射光強度が得られ、信頼性の高い安定した記録および/または再生が実現する。

【0071】

[第5の実施形態]

次に、本発明の第5の実施形態に係る第5の位相補正素子500の構成例について、図7に断面図を、図8に平面図を示す。なお、図8(a)は第1の位相補正層10Eが形成された側から、図8(b)はその反対側から見た外観を示す。

本実施形態に係る位相補正素子500は、第3の位相補正素子300と同様に透光性基板5の表面で開口数 NA_2 の領域に第1の位相補正層10Eが形成され、さらに透光性基板5の他方の面で開口数 NA_3 の領域に第2の位相補正層20Eが形成され、第1の位相板30Eが一体化されている。なお、第1の位相補正層10Eは、第3の実施形態の第1の位相補正層10Cと同じ構成である。

【0072】

はじめに、第2の位相補正層20Eについて以下に詳細に説明する

開口数 NA_1 のHD用対物レンズを、 $\lambda_3 = 780\text{ nm}$ 波長帯でカバー厚 1.2 mm のCD用の光ディスクに開口数 NA_3 で用いたとき発生する球面収差にパワー成分が付加された波面収差は、図3の(B)に相当する。この波面収差を第2の位相補正層20Eを用いて補正する方法は、第1の位相補正層10Aおよび10Cについて前述した手順と同様である。

【0073】

第2の位相補正層20Eは、ガラスなどの透光性基板5の開口数 NA_3 の領域に、常光屈折率 n_o および異常光屈折率 n_e ($n_e > n_o$)の複屈折材料層である高分子液晶層を形成してなる。ここでは、液晶モノマーの溶液を透光性基板上の配向処理の施された配向膜上に塗布し、液晶分子の配向ベクトル(分子配向軸)を基板と平行面内の特定方向に揃うように配向させた後、紫外線などの光を照射して重合硬化させて高分子液晶層とする。

【0074】

上記高分子液晶層を、断面形状が鋸歯状(いわゆるブレード回折格子型)であって、鋸歯状の各凸部が階段形状格子によって近似された多段の階段形状のブレード回折格子2Aで、かつ光学軸に関して回転対称性を有する形状の凹凸部となるよう加工する。すなわち、中心から外周に向かって鋸歯の底面の幅が狭くなるように同心円状に凹凸部を形成する。そして、形成した高分子液晶層の凹凸部の少なくとも凹部に、常光屈折率 n_o とほ

10

20

30

40

50

ば等しい屈折率 n_s の均質屈折率透明材料 2 B を充填し、第 2 の位相補正層 2 0 E とする。すなわち、高分子液晶の凹凸部からなる階段形状のブレード回折格子 2 A を形成した透光性基板 5 と第 1 の位相板 3 0 E との間に、均質屈折率透明材料 2 B の充填材を充填する。

【 0 0 7 5 】

この第 2 の位相補正層 2 0 E は、波長 λ_1 および波長 λ_2 を常光偏光の入射光とし、波長 λ_3 を異常光偏光の入射光として使用する。このようにすることにより、波長 λ_1 および波長 λ_2 に対しては透過波面が不変で、波長 λ_3 に対してのみを発生した波面収差を補正する透過波面変化が生じる第 2 の位相補正層 2 0 E が得られる。

【 0 0 7 6 】

ここで、階段形状のブレード回折格子 2 A の各段における異常光屈折率 n_e の高分子液晶層の透過光と、屈折率 n_s の均質屈折率透明材料 2 B の透過光との位相差が、波長 λ_1 に対して略 2 の奇数倍としている。鋸歯状の各凸部をこのような階段形状格子によって近似することにより、波長 λ_1 の異常光偏光に対しても透過波面は変化することなく透過するが、波長 λ_3 の異常光偏光に対しては透過波面が変化する波長選択性の機能を有する第 2 の位相補正層 2 0 E となる。

【 0 0 7 7 】

また、第 2 の位相補正層 2 0 E における鋸歯状の凹凸部の断面形状は、 $n_e > n_o$ の場合は、図 7 および図 8 (b) に示す階段形状格子からなるフレネルレンズ形状とするが、 $n_e < n_o$ の場合は、階段形状格子の凹凸を逆にする。

この形状は次のようにして決定される。すなわち、図 3 の (B) に示す断面形状が略放物線状で 3 次元的には略放物面状の波面収差を、開口数 NA_3 の円形領域において波長 λ_3 の間隔ごとに輪切りして得られる複数の輪帯から、ブレード回折格子 2 A の各凸部の輪帯半径が決まる。これら輪帯を波面収差がゼロの平面 (図 3 において紙面に垂直な面) 上に、 $NA = 0$ の軸の回りに同心円状に並べると、これら輪帯の高さは全て λ_3 であり、断面形状は鋸歯状となる。

【 0 0 7 8 】

次に、図 7 において、($M + 1$) レベル (すなわち M 段) の階段形状格子の高さ d_M を M 等分した 1 段の高さ d_{M1} の光路差 $(n_e - n_s) \times d_{M1}$ が HD 用の光ディスクの $\lambda_1 = 410 \text{ nm}$ 波長帯の奇数倍となるようにしている。

例えば $(n_e - n_s) \times d_{M1} = \lambda_1$ のとき、このような階段形状に加工された第 2 の位相補正層 2 0 E に波長 λ_3 の光が入射した場合を考える。この場合、透過光波面の位相は、

$$2 \times (n_e - n_s) \times d_{M1} / \lambda_3 = 2 \times (\lambda_1 / \lambda_3) = 2 \times 0.52$$

となり、階段形状格子の 1 段につき実効的に 0.52 波長分だけ透過波面が遅れることになる。

【 0 0 7 9 】

実際には、高分子液晶層および均質屈折率透明材料の屈折率波長分散を考慮すると、透過波面の遅れ量はこれより小さな値となるため、鋸歯状の断面形状を $M = 1$ または $M = 2$ の階段形状格子に近似することにより、CD 用の光ディスクの異常光偏光の透過波面を補正する第 2 の位相補正層 2 0 E となる。なお、波長 λ_2 の入射光を常光偏光とすることにより、高分子液晶の常光屈折率 n_o と均質屈折率透明材料の屈折率 n_s がほぼ一致するため、第 2 の位相補正層 2 0 E によって透過波面変化を受けず透過する。

【 0 0 8 0 】

図 9 は、波長 λ_3 に対する第 2 の位相補正層 2 0 E の波面収差補正作用を示す波面収差の部分拡大図である。図 9 において、階段形状格子の 1 段の高さ d_{M1} に対応した補正光路差 b 、すなわち

$$b = (n_e - n_s) \times d_{M1}$$

を単位に、1 波長 λ_3 分の波面収差を b で分割することにより、近似的に波面収差を補正している。なお、図 9 では 3 レベル (2 段) の階段形状格子による収差補正例を示してい

10

20

30

40

50

る。

【0081】

上記説明は、複屈折材料層である高分子液晶層の常光屈折率 n_o が均質屈折率透明材料の屈折率 n_s に等しい場合だが、異常光屈折率 n_e と n_s が等しい場合は異常光偏光と常光偏光を入れ替えて考え、高分子液晶層の階段形状格子も発生した波面収差を補正するように加工すれば同様の機能が得られる。

なお、上記においては、複屈折材料層として、高分子液晶を用いた例を示したが、複屈折性を有する材料であればいずれでもよい。例えば、水晶、二オブ酸リチウムなどの光学結晶や、一軸延伸により複屈折性が発現するポリカーボネートなどの有機物材料などでもよい。そして、この複屈折材料は、屈折率楕円体の光軸が一方向に揃っている。高分子液晶などでは、分子配向軸がこれに対応している。

10

【0082】

また、この第5の位相補正素子500には、波長 λ_1 および波長 λ_3 の透過光に波面収差変化を与えず、波長 λ_2 の透過光のみに波面収差補正する波面収差変化を与える第1の位相補正層10Eも形成されている。

【0083】

したがって、HD用の対物レンズを波長 λ_2 および開口数 NA_2 でDVD用の光ディスクに用いたときに発生する波面収差を第1の位相補正層10Eで、また波長 λ_3 および開口数 NA_3 でCD用の光ディスクに用いたときに発生する波面収差を第2の位相補正層20Eで、それぞれ独立に補正できる。

20

【0084】

即ち、この第5の位相補正素子500に用いられる第2の位相補正層20Eは、波長 λ_1 に対してその偏光状態にかかわらず透過波面を変化させない。一方、波長 λ_2 および波長 λ_3 に対しては、常光偏光の透過波面の変化は生じないが、異常光偏光の透過波面は階段形状のブレード回折格子2Aの形状に応じて変化する。

したがって、第5の位相補正素子500を対物レンズと一体で光ヘッド装置に搭載して用いた場合、光源から光ディスクへと光伝搬する往路の波長 λ_2 および波長 λ_3 の入射光の偏光をそれぞれ常光偏光と異常光偏光にすれば、第2の位相補正層20Eにおいて、波長 λ_3 の入射光のみ所望の波面収差が補正されるよう透過波面が変化する。

30

【0085】

しかし、光ディスクで反射されて位相補正素子500に復路で入射する光は、第1の位相板30Eを往復するため、通常、往路の偏光状態と異なる。波長 λ_2 の異常光偏光成分が発生すると、第2の位相補正層20Eの透過波面が変化し波面収差を発生させる。また、波長 λ_3 の常光偏光成分が発生すると、波面収差を補正する透過波面変化が第2の位相補正層20Eで生じないため、もとの波面収差が残留する。その結果、復路で光検出器の受光面に信号光を充分集光できない問題が生じる。

【0086】

例えば、第1の位相板として波長 λ_1 の複屈折位相差が $\lambda/2$ となる従来の $1/4$ 波長板を用いる場合、波長 λ_2 および波長 λ_3 に対してこの位相板を往復後に $\lambda/2$ 程度の複屈折位相差が残留し、波面収差を発生する偏光成分が生じる。

40

【0087】

そこで、このような問題を解決するため、 $\lambda_1 = 410$ nm 波長帯の直線偏光に対しては略 $\lambda/2$ の奇数倍の複屈折位相差を発生させて円偏光に変換し、 $\lambda_2 = 650$ nm 波長帯および $\lambda_3 = 780$ nm 波長帯の直線偏光に対しては略 λ の奇数倍の複屈折位相差を発生させて偏波面を回転させる本実施形態の第1の位相板30Eを用いる。その構成例について、図7に示す断面図を用いて説明する。

【0088】

この第1の位相板30Eは、第2の位相補正層20E側から位相板3C、位相板3Dの順にリタレーション値の異なった複屈折材料からなる2種の位相板3Cと3Dを配置した2層構成である場合、波長 λ の直線偏光入射光の偏波面に対する位相板3Cと3Dの光軸

50

の角度を θ_c および θ_d とし、それぞれのリタレーション値を R_c 、 R_d とすると、前述の (1) 式で記述される積層波長板の透過光のストークス行列成分である S_3 から算出される楕円率 ϵ が、波長 λ_1 に対しては略 1 で、波長 λ_2 および波長 λ_3 に対しては 0.1 以下となるよう θ_c 、 θ_d 、 R_c 、 R_d を決めればよい。

【0089】

具体的には、波長 λ_1 に対して、複屈折位相差 $\Delta n_c \cdot d_c / 2$ すなわち 1/4 波長板相当の位相板 3C と、複屈折位相差 $\Delta n_d \cdot d_d$ すなわち 1/2 波長板相当の位相板 3D を、それぞれの光軸のなす角度 $|\theta_d - \theta_c|$ が $45 \pm 5^\circ$ となるよう積層する。位相板 3C の光軸角度としては $\theta_c = 45 \pm 5^\circ$ とする。このような積層位相板とすることにより、所望の 3 波長用の第 1 の位相板 30E が得られえる。

10

【0090】

したがって、第 5 の位相補正素子 500 において第 1 の位相板 30E を往復後には、波長 λ_1 の常光偏光は異常光偏光となり、波長 λ_2 の常光偏光は常光偏光のまま、波長 λ_3 の異常光偏光は異常光偏光のままである。その結果、往路および復路において、波長 λ_1 の透過波面は不変で、波長 λ_2 の透過波面は第 1 の位相補正層 10E のみで補正され、波長 λ_3 の透過波面は第 2 の位相補正層 20E のみで補正される。

【0091】

[第 6 の実施形態]

次に、本発明の第 6 の実施形態に係る第 6 の位相補正素子 600 の構成例について、図 10 に断面図を示す。

20

本実施形態に係る位相補正素子 600 は、 $\lambda_1 = 410 \text{ nm}$ 波長帯の直線偏光に対しては略 $\lambda_1 / 2$ の奇数倍の複屈折位相差を発生させて円偏光に変換し、 $\lambda_2 = 650 \text{ nm}$ 波長帯および $\lambda_3 = 780 \text{ nm}$ 波長帯の直線偏光に対しては略 λ_2 の奇数倍の複屈折位相差を発生させて偏波面を回転する第 1 の位相板 30F と、 $\lambda_1 = 410 \text{ nm}$ 波長帯の直線偏光に対しては略 λ_1 の偶数倍の複屈折位相差を発生させて偏光状態を変えず、 $\lambda_2 = 650 \text{ nm}$ 波長帯および $\lambda_3 = 780 \text{ nm}$ 波長帯の直線偏光に対しては略 λ_2 の奇数倍の複屈折位相差を発生させて偏波面を略 90° 回転する第 2 の位相板 40F と、第 1 の偏光性位相補正層 10F₁ および第 2 の偏光性位相補正層 10F₂ とからなり、第 1 の位相板 30F と、第 1 の偏光性位相補正層 10F₁、第 2 の位相板 40F、第 2 の偏光性位相補正層 10F₂ の順番に配置された構成となっている。なお、符号 51 および 52 は偏光性位相補正層 10F₂ および 10F₁ が形成された透光性基板である。

30

【0092】

ガラスなどの透光性基板 52 および 51 の開口数 NA_2 の領域には、常光屈折率 n_o および異常光屈折率 n_e で光軸が一方向に揃った複屈折材料である高分子液晶層が形成されている。この高分子液晶層は、断面形状が鋸歯状、または鋸歯状の各凸部が階段形状格子によって近似されており、かつ光学軸に関して回転対称性を有する鋸歯状の凹凸部からなるように加工された鋸歯状格子 1D および 1F で構成している。高分子液晶層の凹凸部の少なくとも凹部には、常光屈折率 n_o とほぼ等しい屈折率 n_s の均質屈折率透明材料 1E および 1G を充填している。

これにより、鋸歯状格子 1D および均質屈折率透明材料 1E で第 1 の偏光性位相補正層 10F₁ を構成するとともに、鋸歯状格子 1F および均質屈折率透明材料 1G で第 2 の偏光性位相補正層 10F₂ を構成する。

40

【0093】

図 10 に示すように、同心円格子パターンを中心軸側に、鋸歯状格子 1F では鋸歯の斜面が向き、鋸歯状格子 1D では鋸歯の垂直面が向いている。したがって、 $n_e > n_o$ の場合は、異常光偏光の平面波が入射したとき、鋸歯状格子 1F の透過波面は発散球面波となり、鋸歯状格子 1D の透過波面は収束球面波となり、それぞれ凹レンズと凸レンズの作用を有する。

また、偏光性位相補正層 10F₁ と 10F₂ において、鋸歯状格子 1D および 1F に加工された高分子液晶の配向方向はそろっており、常光偏光に対して透過波面は変化しないが

50

、異常光偏光に対しては鋸歯状の凹凸形状分布に応じて透過波面が変化する。

なお、 $n_e < n_o$ の場合は、鋸歯状格子1 Fおよび1 Dの凹凸を逆に加工すればよい。また、 $n_e = n_s$ の場合は、異常光偏光と常光偏光を入れ替えて考え、鋸歯状格子1 Fおよび1 Dの凹凸は、 $n_e < n_o$ では図10に示すように加工し、 $n_e > n_o$ では逆に加工すれば同様の機能が得られる。

【0094】

したがって、HD用の対物レンズを、波長 λ_2 および開口数 NA_2 でDVD用の光ディスクに用いたとき、あるいは波長 λ_3 および開口数 NA_3 でCD用の光ディスクに用いたときに発生する図3の(B)に示す波面収差は、波長 λ_2 および波長 λ_3 の異常光偏光の入射光に対して、偏光性位相補正層10 F₂の透過光に発生する波面収差が図3の(A)に相当するようにより高分子液晶層1 Fを加工することにより、補正できる。これは、図1に示す第2の位相補正素子200において第1の位相補正層10 Bで補正する場合と同様である。

10

【0095】

一方、第1の位相板30 Fは、第5の位相補正素子500に用いられた第1の位相板30 Eと同等の構成および機能であり、波長 λ_1 の直線偏光に対しては1/4波長板として作用し円偏光に変換し、波長 λ_2 および波長 λ_3 の直線偏光に対しては1/2波長板として作用し偏波面を回転する。

また、第2の位相板40 Fは、波長 λ_1 に対しては入射光の偏光状態を保ったまま出射し、波長 λ_2 および波長 λ_3 の直線偏光に対しては偏波面を略90°回転する1/2波長板として作用する。

20

【0096】

第2の位相板40 Fの具体的な構成は、波長 λ_1 に対して複屈折位相差が何れも略1波長相当の略2の位相板3 Eと位相板3 Fが、それぞれの光軸が略45°の角度をなすように積層されている。すなわち、位相板3 E、3 Fの波長 λ_1 に対する複屈折位相差を δ_E および δ_F とし、入射光の偏波面に対する進相軸の角度を θ_E および θ_F とすると、

$$\theta_E = \theta_F \pm 2$$

および

$$|\theta_F - \theta_E| = 45 \pm 5^\circ$$

としている。

【0097】

光源からの出射光が光ディスクに集光される往路において、 $\lambda_1 = 410 \text{ nm}$ 波長帯の直線偏光は、第2の偏光性位相補正層10 F₂に常光偏光として入射し、回折されることなく直進透過し、第2の位相板40 Fを常光偏光のまま透過するため、第1の偏光性位相補正層10 F₁でも回折されることなく直進透過し、第1の位相板30 Fを透過して円偏光となる。

30

【0098】

また、 $\lambda_2 = 650 \text{ nm}$ 波長帯および $\lambda_3 = 780 \text{ nm}$ 波長帯の直線偏光は、第2の偏光性位相補正層10 F₂に異常光偏光として入射し、回折されて第2の位相板40 Fを透過し常光偏光となり、第1の偏光性位相補正層10 F₁で回折されることなく直進透過し、第1の位相板30 Fで偏波面が回転して透過する。

40

【0099】

ここで、第2の偏光位相補正層10 F₂に形成されたブレード回折格子は、波長 λ_2 および波長 λ_3 の異常光偏光に対して、1次回折光の回折効率が高くなるよう、格子の断面が鋸歯状のブレード格子形状で格子凹凸部の透過波面の位相差が波長 λ_2 および波長 λ_3 の1波長程度とすることが好ましい。さらに、このブレード回折格子は、1次回折光が光ヘッド装置において発生する球面収差を補正するように同心円輪帯形状の格子パターンが形成されている。

【0100】

一方、光ディスクにより反射されて光検出器に集光される復路において、波長 λ_1 の直線偏光は、第1の位相板30 Fを往復して異常光偏光となって第1の偏光性位相補正層1

50

0 F₁に入射し、回折された後、第2の位相板40Fを異常光偏光のまま透過し、第2の偏光性位相補正層10F₂で再び回折される。

また、波長₂および波長₃の光は、第1の位相板30Fで偏波面が回転して元の常光偏光となり、第1の偏光性位相補正層10F₁で回折されることなく直進透過し、第2の位相板40Fを透過して異常光偏光となり、第2の偏光性位相補正層10F₂により往路と同じように回折される。

【0101】

ここで、第2の偏光位相補正層10F₂は、波長₂および波長₃の異常光偏光に対して1次回折効率が高くなるよう形成されているため、波長₁の異常光偏光に対しては主に2次回折光が発生する。

したがって、復路で波長₁の異常光偏光に対して第1の偏光位相補正層10F₁で発生する収束透過波面の回折光と、第2の偏光位相補正層10F₂により発生する発散透過波面の2次回折光との多重回折により、往路における位相補正素子600の入射光と同じ波面状態となるように、第1の偏光位相補正層10F₁のブレード回折格子のパターンが形成されている。このとき、第1の偏光位相補正層10F₁による波長₁の回折光の回折次数は1次でも2次でもよいが、同心円格子パターンを中心軸に対する回折方向は第2の偏光位相補正層10F₂と逆向きである。

【0102】

このような本実施形態の位相補正素子600の構成とすることにより、波長₁の常光偏光の入射光に対しては往路および復路において透過波面は不変で、往復後に入射光と直交する異常光偏光に変換する。

一方、波長₂および波長₃の異常光偏光の入射光に対しては往路および復路において波面収差を補正するように透過波面が変化する機能が得られる。すなわち、第2の偏光位相補正層10F₂と第2の位相板40Fと第1の偏光位相補正層10F₁の組み合わせで、第2の位相補正素子200における第1の位相補正層10Bと同じ機能が得られる。

【0103】

このような本発明の上記した第1から第6の位相補正素子100から600を、HD、DVDおよびCDの3種の光ディスクに対応した互換素子として光ヘッド装置に搭載して用いる場合、波長₁、₂および₃それぞれの入射光束を開口数NA₁、NA₂およびNA₃に制限する開口制限素子を併用することが好ましい。この開口制限素子は、本発明の位相補正素子とは別に配置してもよいが、位相補正素子に開口制限機能を一体化することで小型軽量化し、取付け位置調整が不要となるため、好ましい。

【0104】

また、本発明の位相補正素子において、DVDの開口数NA₂に対応した領域に形成された第1の位相補正層により透過波面が変化する波長₂の光束は、球面収差補正成分に加えて大きなパワー成分が透過波面に付与されていると、開口数NA₂より外周域の光束とは異なる対物レンズの焦点面に集光される。すなわち、開口数NA₂の光束が光ディスクの情報記録面へ集光される時、外周域の光束は情報記録面へ集光されないため、光ヘッド装置の光検出器で信号光として検知されず、結果的に第1の位相補正層が波長₂の入射光に対して開口数NA₂の開口制限機能を持つことになる。

【0105】

同様に、図7に示す第5の位相補正素子500において、CDの開口数NA₃に対応した領域に形成された第2の位相補正層20Eにより透過波面が変化する波長₃の光束は、大きなパワー成分が透過波面に付与されていると、開口数NA₃より外周域の光束とは異なる対物レンズの焦点面に集光される。すなわち、光ヘッド装置の光検出器で信号光として検知されず、結果的に第2の位相補正層20Eが波長₃の入射光に対して開口数NA₃の開口制限機能を持つことになる。

【0106】

第1の位相補正層および第2の位相補正層に大きなパワー成分を発生する機能がある場合、位相補正素子に新たに開口制限機能を付加する必要はない。

10

20

30

40

50

しかし、透過波面に位相補正層により付与されたパワー成分が少なく、所定の開口数より外周域の光束が光検出器に迷光となって入射する場合、安定した記録および/または再生ができない。特に、開口数 NA_2 に対応した領域に第1の位相補正層のみが形成された位相補正素子の場合、波長 λ_3 の CD の光束を開口数 NA_3 に制限する開口制限機能を設けることが好ましい。

次に、本発明の位相補正素子に一体化して用いる開口制限について種々の実施形態を説明する。

【0107】

[第7の実施形態]

本発明の第7の実施形態に係る第7の位相補正素子700の断面図を図11に、平面図を図12に示す。

10

透光性基板5の表面で、開口数 NA_1 の円形領域と NA_2 の円形領域との差からなる第1の円環領域 (A_1) に、断面形状が矩形の凹凸状で、凹部と凸部の長さ比が1:1で、その波長位相差が波長 λ_1 に相当する回折格子91を形成している。これにより、凹部と凸部の波長位相差が波長 λ_2 および波長 λ_3 の略1/2となるため、波長 λ_1 の入射光は直進透過し、波長 λ_2 および波長 λ_3 の入射光は回折されて直進透過光が30%以下となる開口制限機能が発現する。同様の波長選択機能は、凹部と凸部の波長位相差が波長 λ_1 の略整数倍でかつ波長 λ_2 および波長 λ_3 に対して非整数倍好ましくは1/2の奇数倍に近い値であれば発現する。

【0108】

20

さらに、透光性基板5の表面の開口数 NA_2 の円形領域と NA_3 の円形領域との差からなる第2の円環領域 (A_2) には、相対的に高屈折率の透明誘電体膜 (図示せず) と相対的に低屈折率の透明誘電体膜 (図示せず) を、各膜の光学的膜厚が波長オーダで交互に積層された構造の多層膜フィルタ92が形成されている。

この多層膜フィルタ4Aは、波長 λ_1 および波長 λ_2 の光を90%以上透過し、波長 λ_3 の光を70%以上反射するように、2種類の透明誘電体の屈折率、層数および各層の膜厚が従来の多層膜フィルタ設計手法により設定される。高屈折率の透明誘電体膜としては TiO_2 、 Ta_2O_5 、 Nb_2O_5 、 ZrO_2 などが用いられ、低屈折率の透明誘電体膜としては SiO_2 、 MgF_2 などが用いられる。

【0109】

30

透光性基板5の表面をこのような構造とすることにより、波長 λ_1 の入射光は開口数 NA_1 の領域を直進透過し、波長 λ_2 の入射光は開口数 NA_2 の領域を直進透過し、波長 λ_3 の入射光は開口数 NA_3 の領域を直進透過する波長選択性の開口制限基板5Aが得られる。なお、この第7の位相補正素子700では、開口制限基板5A以外は第1から第6の位相補正素子いずれかの構成としてもよい。図11では、第4の位相補正素子400の構成を用いた場合を示す。

【0110】

ここで、開口制限基板5Aの開口数 NA_1 の領域 (内部は全て含む) を透過した波長 λ_1 の光の波面が変化しないように、また、開口数 NA_2 の領域 (内部は全て含む) を透過した波長 λ_2 の光の波面が変化しないように、開口制限基板5A表面の第1の円環領域 (A_1) と第2の円環領域 (A_2) と円形領域 (A_3) の内の少なくとも一つの領域には、位相調整用の段差が加工されていることが好ましい。

40

位相調整用の段差は、透光性基板5を直接加工する場合と、透光性基板5の表面に透光性誘電体膜を成膜した後で加工する場合とがある。いずれも、円形領域 (A_3) は波長 λ_1 、 λ_2 および λ_3 の入射光を透過するよう反射防止膜8などを形成して反射防止機能を付与することが好ましい。

【0111】

次に、図11の開口制限基板5Aについて、その断面図を部分的に拡大した図13を用いて具体的に説明する。

図13は透光性基板5の表面を加工して、円形領域 (A_3) 表面との段差間隔が d_3 とな

50

る円環領域 (A_2) の表面 (S_0 面) を位相調整用の段差面として加工する例を示す。

円環領域 (A_1) には、断面形状が凹凸状の回折格子 9 1 が形成されており、この凹部の表面を S_1 とし、 S_0 と S_1 との間隔を d_1 とする。また、凹凸状の回折格子 9 1 の凸部の表面を S_4 とし、 S_0 と S_4 との間隔を d_4 とする。また、円環領域 (A_2) のみに多層膜フィルタ 9 2 が形成されており、この多層膜フィルタ 9 2 表面を S_2 面とし、 S_0 と S_2 との間隔すなわち多層膜フィルタ 9 2 の膜厚を d_2 とする。

【0112】

このとき、開口数 NA_1 の領域を直進透過する波長 λ_1 の入射光の透過波面が変化して波面収差の発生を起さないようにするため、円環領域 (A_1) と円環領域 (A_2) と円形領域 (A_3) の各領域を透過する波長 λ_1 の透過光の波長位相差が波長 λ_1 の整数倍となるようにする。

10

また、開口数 NA_2 の領域を直進透過する波長 λ_2 の入射光の透過波面が変化して波面収差の発生を起さないようにするため、円環領域 (A_2) と円形領域 (A_3) の各領域を透過する波長 λ_2 の透過光の波長位相差が波長 λ_2 の整数倍となるようにする。

【0113】

空気と接する円環領域 (A_1) の回折格子 9 1 は、凹部と凸部の波長位相差が波長 λ_1 になるよう、屈折率 n の凸部の凹凸深さが $(d_4 - d_1) = \lambda_1 / (n - 1)$ となるように加工されており、波長 λ_1 の入射光は回折されることなく直進透過し、回折格子 9 1 の凹部と凸部の透過波面はそろっている。

【0114】

20

したがって、円環領域 (A_1) の S_0 面と S_1 または S_4 面の光路長と、円形領域 (A_3) の S_0 面と S_3 面の光路長との差に起因して発生する波長 λ_1 の透過光の波長位相差が、波長 λ_1 の整数倍となるようにすればよい。

【0115】

その結果、波長 λ_1 の透過光に対して円環領域 (A_1) と円形領域 (A_3) の位相差は発生しないため、円環領域 (A_2) と円形領域 (A_3) の波長 λ_1 および波長 λ_2 の透過光に対する位相差についてのみ調整すればよい。

【0116】

円環領域 (A_2) の総膜厚 d_2 の多層膜フィルタ 9 2 を平均屈折率 n_M の均一層と見なし、多層膜フィルタ 9 2 内部の屈折率の異なる膜界面での多重反射に伴う光路長の増大も平均屈折率 n_M で考慮すると、円環領域 (A_2) と円形領域 (A_3) における S_0 面を基準にした S_2 と S_3 面までの光路長 L_2 と L_3 は、次の (2) 式と (3) 式で記述される。

30

【0117】

【数 2】

$$L_2 = n_M \cdot d_2 + (d_3 - d_2) \quad \dots (2)$$

$$L_3 = n_3 \cdot d_3 \quad \dots (3)$$

【0118】

ここで、 n_3 は円形領域 (A_3) における反射防止膜 8 なども含めた S_0 面と S_3 面間の平均屈折率を示す。

40

【0119】

したがって、 $(L_2 - L_3)$ の波長位相差が波長 λ_1 の略整数倍かつ波長 λ_2 の略整数倍となるよう、多層膜フィルタ 9 2 の構成 (総膜厚 d_2 および平均屈折率 n_M) および円形領域 (A_3) の構成 (総厚 d_3 および平均屈折率 n_3) の関係を満たす S_0 面から S_3 面を加工することにより、 NA_2 領域における波長 λ_1 および波長 λ_2 の光の透過波面は変化することがなくなり、開口制限基板 5 A による波面収差は発生しない。その結果、光ヘッド装置の対物レンズと一体で第 7 の位相補正素子 7 0 0 を用いた場合、HD および DVD 用の光ディスクの情報記録面へ入射光を効率よく集光できる。

【0120】

50

また、同一構成の多層膜フィルタを円環領域 (A_1) および円環領域 (A_2) に形成した後、円環領域 (A_1) にのみ回折格子 9 1 を加工してもよい。

また、上記した実施形態では、位相調整用の段差を透光性基板 5 の円環領域 (A_2) 表面を加工して形成したが、透光性基板 5 の表面の円環領域 (A_1) と円形領域 (A_3) のみに、 $d_1 = d_3$ となるよう透光性誘電体膜を成膜して位相調整用の段差としてもよい。

ここで、回折格子 9 1 は、円環領域 (A_1) の透光性誘電体膜上に屈折率 n の凸部が凹凸深さ $(d_4 - d_1) = \lambda_1 / (n - 1)$ となるように加工する。

【0121】

なお、円形領域 (A_3) に位相調整用の透光性誘電体膜を成膜する場合、低屈折率誘電体および高屈折率誘電体の混合物または化合物からなる単層の中間屈折率誘電体を用いることが好ましい。中間屈折率誘電体の屈折率を調整することにより、透光性誘電体膜と多層膜フィルタ 9 2 を同じ膜厚にできる ($d_2 = d_3$) ため、その表面にさらに位相補正層などが加工できる。

【0122】

ここで、回折格子 9 1 の平面パターンは、透過光の光学軸を中心に 2 回の回転対称性がないように設計される。例えば図 1 2 では、Y 軸対称な 2 分割格子パターンとしており、光学軸の回りに 2 回の回転対称性を有しない。2 分割格子パターンは同心円形状や格子ピッチが分布していてもよい。

このような格子パターンとすることにより、往路で回折格子 9 1 により回折された光が、光ディスクの情報記録面で反射された後、復路で回折格子 9 1 により再び回折され、光ディスクの記録情報の信号光と同じ光路を通り光検出器の受光面に入射することを回避できる。その結果、実質的な円環領域 (A_1) の波長選択性の開口制限機能が得られる。

【0123】

また、円環領域 (A_2) に形成された多層膜フィルタ 9 2 の代わりに、波長 λ_1 と波長 λ_2 の光を透過し、波長 λ_3 の光を回折する波長選択性の回折格子 9 3 が形成された開口制限基板 5 B を用いた第 7 の実施形態の変形例に係る位相補正素子 8 0 0 の断面図を図 1 4 に示す。

断面形状が凹凸状で、凹部と凸部の長さ比が 1 : 1 で、その波長位相差が波長 λ_1 の略 5 倍に相当する回折格子 9 3 を形成することにより、波長位相差が波長 λ_2 の略 3 倍、波長 λ_3 の略 2.5 倍となるため、波長 λ_1 および波長 λ_2 の入射光は直進透過し、波長 λ_3 の入射光は回折されて直進透過光が 30% 以下となる開口制限機能が発現する。

同様の波長選択機能は、凹部と凸部の波長位相差が波長 λ_1 および波長 λ_2 の略整数倍かつ波長 λ_3 に対して非整数倍好ましくは 1 / 2 の奇数倍に近い値であれば発現する。

【0124】

波長 λ_1 および波長 λ_2 の透過光に対する回折格子 9 3 の凸部と円形領域 (A_3) の位相差が波長 λ_1 および波長 λ_2 の整数倍であれば、波面収差は発生しない。図 1 4 に示すように、円環領域 (A_1) に回折格子 9 1 を、円環領域 (A_2) に回折格子 9 3 を格子凸部の面がそろった透光性基板 5 の表面を直接加工することにより、開口制限基板 5 B における NA_1 領域の波長 λ_1 の透過光および NA_2 領域の波長 λ_2 の透過光は透過波面が変化せず波面収差は発生しない。

【0125】

位相補正素子 7 0 0 および 8 0 0 では、円環領域 (A_1) と円環領域 (A_2) に波長選択性の異なる 2 種の開口制限機能を形成している例を示したが、第 1 の位相補正層が波長 λ_2 に対して開口数を NA_2 に制限する機能を有する場合、円環領域 (A_2) のみあるいは円環領域 (A_1) および円環領域 (A_2) に、多層膜フィルタ 9 2 または回折格子 9 3 を形成してもよい。また、開口制限機能を透光性基板 5 の表面に形成する例を示したが、透光性基板 6 の表面、または位相補正素子内部に形成してもよい。

位相補正素子 7 0 0 において、円環領域 (A_1) にも開口数 NA_2 の領域に形成された第 1 の位相補正層 1 0 B と同じ透光性材料 1 A を用いて断面が矩形状で格子ピッチの細かな矩形回折格子を形成し、波長 λ_2 および波長 λ_3 の入射光を回折させることにより開口制

10

20

30

40

50

限機能が得られる。この場合、矩形回折格子の凸部の高さを位相補正層 10B における鋸歯状格子の透光性材料 1A の略半分とすればよい。

【0126】

また、位相補正素子 300 および 500 において、透光性基板 5 の表面の円環領域 (A_1) にも、開口数 NA_2 の領域に形成された第 1 の位相補正層 10C、10E と同じように、断面が矩形状で格子ピッチの細かな矩形回折格子を形成し、波長 λ_2 および波長 λ_3 の入射光を回折させることにより開口制限機能が得られる。この場合、矩形回折格子の凸部の高さは階段形状格子である位相補正層 10C、10E の 1 段の高さ d_{N1} とすればよい。

【0127】

また、位相補正素子 500 において、円環領域 (A_1) と円環領域 (A_2) にも開口数 NA_3 の領域に形成された第 2 の位相補正層 20E と同じ高分子液晶を用いて断面が矩形状で格子ピッチの細かな矩形回折格子を形成し、波長 λ_3 の異常光偏光の入射光を回折させることにより、開口制限機能が得られる。この場合、矩形回折格子の凸部の高さは階段形状格子である位相補正層 20E の 1 段の高さ d_{M1} とすればよい。

【0128】

[第 8 の実施形態]

第 1 ないし第 7 の実施形態で得られた本発明に係る位相補正素子を搭載した光ヘッド装置の構成例を、図 15 から図 18 を用いて説明する。

図 15 は第 1 の実施形態に係る第 1 の位相補正素子 100 を搭載した光ヘッド装置を示す構成図である。なお、この位相補正素子 100 は、前記した第 1 の位相補正素子 100 に限らず、第 1 から第 7 の位相補正素子の何れでもよい。

また、図 16 から図 18 の各 (a)、(b)、(c) は、それぞれ位相補正素子へ 3 種の波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の光が入射したときの光束と波面を示す断面図である。図 16 は第 7 の位相補正素子 700 の場合、図 17 は第 5 の位相補正素子 500 の場合、図 18 は第 6 の位相補正素子 600 において円環領域 (A_1) と円環領域 (A_2) に波長 λ_1 と波長 λ_2 の光を透過し波長 λ_3 の光を反射する多層膜フィルタ (図略) が形成された位相補正素子 900 の場合を示す。

【0129】

光ヘッド装置には、図 15 に示すように、HD 用の光ディスクに使用する $\lambda_1 = 410$ nm 波長帯の光を発生する半導体レーザ 14A と、DVD 用の光ディスクに使用する $\lambda_2 = 650$ nm 波長帯の光を発生する半導体レーザ 14B と、CD 用の光ディスクに使用する $\lambda_3 = 780$ nm 波長帯の光を発生する半導体レーザ 14C とを備えているとともに、波長 λ_1 の光を受光する光検出器 15A と、波長 λ_2 の光を受光する光検出器 15B と、波長 λ_3 の光を受光する光検出器 15C とを備えている。

さらに、この光ヘッド装置には、波長 λ_1 の光の光路中に、偏光ビームスプリッタ 19 と、合波プリズム 17 と、コリメータレンズ 13 と、前述の位相補正素子 100 と、対物レンズ 12 とが配設されている。

また、この光ヘッド装置には、波長 λ_2 の光の光路中に、ホログラムビームスプリッタ 16B と、合波プリズム 18 とが配設され、合波プリズム 17 に至るように構成されるとともに、波長 λ_3 の光の光路中には、ホログラムビームスプリッタ 16C が配設され、合波プリズム 18 に至るように構成されている。

【0130】

(1) 上記構成において、半導体レーザ 14A から放射された波長 λ_1 の光は、偏光ビームスプリッタ 19 で反射され、合波プリズム 17 を透過し、コリメータレンズ 13 により平行光となり、常光偏光として位相補正素子 100 に入射する。さらに、波長 λ_1 に対して $1/4$ 波長板として作用する位相補正素子 100 内の第 1 の位相板により円偏光に変換され、図 16 から図 18 の (a) に示すように、位相補正素子 100 を直進透過する。そして、開口数 $NA_1 = 0.85$ に相当する光束が HD 用の光ディスク D_1 に対応して設計された対物レンズ 12 により光ディスク D_1 (HD 用の光ディスク) の情報記録面へ集光される。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 1 】

光ディスクD₁の情報記録面で反射した波長 λ_1 の信号光は、元の経路を経て位相補正素子100内の第1の位相板により異常光偏光に変換され、位相補正素子100を直進透過し、合波プリズム17および偏光ビームスプリッタ19を透過して光検出器15Aの受光面へ効率よく集光され、電気信号に変換される。

【 0 1 3 2 】

(II)また、半導体レーザー14Bから放射された波長 λ_2 の光は、その半分以上がホログラムビームスプリッタ16Bを透過し、合波プリズム18を透過し、合波プリズム17で反射された後、コリメータレンズ13により集光され平行光となり、位相補正素子100に入射する。さらに、位相補正素子100において、開口数 $NA_2 = 0.60$ に相当する光束は、位相補正素子100内の第1の位相補正層により、光ディスクのカバー厚の相違に起因して発生する波面収差を補正するとともに凹レンズに相当するパワーを有するように、透過波面が図16から図18の(b)に示すように変換される。そして、この位相補正素子100を透過した光束が対物レンズ12により光ディスクD₂(この場合、DV用光ディスク)の情報記録面へ集光される。

10

【 0 1 3 3 】

光ディスクD₂の情報記録面で反射した波長 λ_2 の信号光は、元の経路を経て、一部がホログラムビームスプリッタ16Bにより回折されて光検出器15Bの受光面へ集光され、電気信号に変換される。

【 0 1 3 4 】

(III)また、半導体レーザー14Cから放射された波長 λ_3 の光は、その半分以上がホログラムビームスプリッタ16Cを透過し、合波プリズム18および合波プリズム17で反射され、コリメータレンズ13により集光され略平行光となり位相補正素子100に入射する。さらに、位相補正素子100内の開口数 $NA_3 = 0.45$ に相当する光束は、位相補正素子内の第1または第2の位相補正層により光ディスクのカバー厚の相違に起因して発生する波面収差を補正するとともに凹レンズに相当するパワーを有するように、透過波面が図16から図18の(c)に示すように変換される。そして、この位相補正素子100を透過した光束が対物レンズ12により光ディスクD₃(この場合、CD用の光ディスク)の情報記録面へ集光される。

20

【 0 1 3 5 】

光ディスクD₃の情報記録面で反射した波長 λ_3 の信号光は、元の経路を経て、一部がホログラムビームスプリッタ16Cにより回折されて光検出器15Cの受光面へ集光され、電気信号に変換される。

30

【 0 1 3 6 】

図11に示す位相補正素子700において、偏光依存性がない第1の位相補正層10Gを用いているため、波長 λ_2 の入射光の偏光状態に関係なく収差補正ができる。また、波長 λ_1 、波長 λ_2 および波長 λ_3 の入射光に対して1/4波長板として機能する第1の位相板30D(図6参照)を用いることにより、位相板を往復した光を、入射光と偏波面が直交する直線偏光に変換できる。

【 0 1 3 7 】

また、ホログラムビームスプリッタ16Bあるいは16Cとして、常光偏光を透過し異常光偏光を回折する偏光ホログラムビームスプリッタを用いれば、光利用効率が向上する。あるいは、半導体レーザーの発光点に発振光と同じ偏波面の光が戻らないため、レーザー発振が安定し信頼性の高い記録および/または再生もできる。

40

【 0 1 3 8 】

図7に示す位相補正素子500において、往路および復路で波長 λ_2 を常光偏光とすると、第1の位相補正層10Eにより波長 λ_2 の入射光に対し波面収差補正が達成できる。

また、図18に示す位相補正素子900において、往路および復路で波長 λ_2 を異常光偏光とすると、第2の偏光性位相補正層10F₂(図10参照)により、波長 λ_2 の入射光に対し波面収差補正が達成できる。

50

図7に示す位相補正素子500において、往路および復路で波長 λ_3 を異常光偏光とすると、第2の位相補正層20Eにより、波長 λ_3 の入射光に対し波面収差補正が達成できる。

【0139】

また、図11に示す位相補正素子700および図18に示す位相補正素子900では、第1の位相補正層10Gまたは第2の偏光性位相補正層10F₂(図10参照)により、波長 λ_3 の入射光に対しても往路と復路で収差補正機能が生じるが、球面収差が残留するため、位相補正素子および対物レンズに対して波長 λ_3 の入射光を若干発散光とすることにより良好な波面収差補正ができる。あるいは、位相補正素子および対物レンズに対して波長 λ_2 および波長 λ_3 の入射光を同程度の発散光とし、位相補正層が両方の波長に対して波面収差補正ができるように形成することもできる。なお、位相補正素子900では第2の偏光性位相補正層10F₂で収差補正されるように波長 λ_3 の入射光を波長 λ_2 と同じ異常光偏光としている。

10

【0140】

また、カバー厚0.1mmで $\lambda_1 = 410$ nm波長帯のHD用の光ディスク用に設計された対物レンズをDVDおよびCD用の光ディスクに用いる場合、対物レンズと光ディスクの間隔を確保するために、位相補正層に球面収差補正成分に加えて凹レンズ作用を有するパワー成分が付加された透過波面となるよう位相補正層の格子パターンとすることが好ましい。

【0141】

なお、図11に示す位相補正素子700では、回折格子91が波長 λ_2 の入射光を開口数 $NA_2 = 0.60$ に制限し、回折格子91と多層膜フィルタ92が波長 λ_3 の入射光を開口数 $NA_3 = 0.45$ に制限している例を示す。

20

また、図7に示す位相補正素子500では、第1の位相補正層10Eが波長 λ_2 の入射光を開口数 $NA_2 = 0.60$ に制限し、第2の位相補正層20Eが波長 λ_3 の入射光を開口数 $NA_3 = 0.45$ に制限している例を示す。

一方、図18に示す位相補正素子900では、第2の偏光性位相補正層10F₂(図10参照)が波長 λ_2 の入射光を開口数 $NA_2 = 0.60$ に制限し、多層膜フィルタ92(図11参照。ただし、円環領域(A₁)および(A₂)に形成されている。)が波長 λ_3 の入射光を開口数 $NA_3 = 0.45$ に制限している例を示す。

30

【0142】

したがって、本発明の実施形態に示した第1から8の位相補正素子を用いることにより、カバー厚が0.1mmのHD用の光ディスクに対応して設計された対物レンズ12をカバー厚が0.6mmのDVD用の光ディスクおよびカバー厚が1.2mmのCD用の光ディスクの記録および/または再生に用いた場合に発生する波面収差を補正できる。このため、半導体レーザから出射した光を安定して光ディスクの情報記録面へ集光し、HD、DVDおよびCDの3種の光ディスクに対する記録および/または再生が実現できる。

【0143】

また、図16から図18に示すように、位相補正素子透過後に波長 λ_2 および波長 λ_3 の光が発散光となるよう位相補正層を加工することにより、図15の点線で示す光路のように、対物レンズ12とDVDおよびCDの光ディスクD₂、D₃との間隔(作動距離)を拡げることができる。作動距離を大きくとることによって、対物レンズ12と位相補正素子(100~900)をアクチュエータ(図示せず)に搭載してフォーカスサーボを起動させたときの安定性が向上する。

40

【0144】

なお、上記実施形態では、 $\lambda_1 = 410$ nm波長帯でカバー厚が0.1mmのHD用の光ディスクD₁に対応して開口数 $NA_1 = 0.85$ で設計されたHD用対物レンズ12を前提としたが、カバー厚が0.6mmのHD用の光ディスクD₁に対応して開口数 $NA_1 = 0.65$ 程度で設計されたHD用対物レンズを用いて、DVD用の光ディスクD₂およびCD用の光ディスクD₃の記録および/または再生に必要な位相補正素子を提供するこ

50

ともできる。

【0145】

この場合、HD用とDVD用の光ディスク D_1 、 D_2 は、カバー厚および対物レンズの開口数は同程度のため、使用波長の相違に起因した光学材料（特に対物レンズ）の屈折率波長分散に伴い発生する球面収差を補正すればよい。また、 $\lambda_1 = 410\text{ nm}$ 波長帯と $\lambda_2 = 650\text{ nm}$ 波長帯の開口数 NA_1 と NA_2 を同程度とすれば、開口制限機能は波長 λ_1 と波長 λ_2 を透過し $\lambda_3 = 780\text{ nm}$ 波長帯を透過しない多層膜フィルタ92または回折格子93のみでよい。

また、HDの開口数がDVDの開口数と同程度のため、対物レンズとDVD用およびCD用の光ディスクとの間隔を拡げる必要はない。したがって、位相補正素子に大きなパワー成分をもった透過波面に変換する凹レンズ機能は不要で、球面収差成分を補正すればよい。

10

【0146】

上記開口数 $NA_1 = 0.65$ 程度のHD用対物レンズをDVD用の光ディスク D_2 に波長 λ_2 および開口数 NA_2 で用いたとき発生する球面収差を位相補正素子により補正する場合、作製する位相補正層は、図4に示す第3の位相補正素子300において用いられる第1の位相補正層10Cと同じである。

この位相補正素子300では、図3の(B)に示す大きなパワー成分を含む球面収差を補正するため、多段の階段形状断面のブレード回折格子からなるフレネルレンズ形状であったが、補正すべき波面収差が球面収差のみでその大きさが1波長以内の場合も、図5

20

に示した波面収差補正法にて多段の階段形状のパターンを決定すればよい。

【0147】

なお、球面収差を階段形状のパターンで補正する場合、透過波面に高次収差成分が残留する。このような高次収差を低減するために、第2の位相補正素子200（図1参照）において用いられた第1の位相補正層10Bを構成する屈折率波長分散材料を高次波面収差が補正される形状に加工し、第1の位相補正層10C（図4参照）と併用すればよい。また、図10に示す第6の位相補正素子600において用いられた偏光性位相補正層を構成する高分子液晶を、高次波面収差が補正される形状に加工し、第1の位相補正層10Cと併用してもよい。

【0148】

30

上記開口数 $NA_1 = 0.65$ 程度のHD用対物レンズをCD用の光ディスク D_3 に波長 λ_3 および開口数 NA_3 で用いたとき発生する球面収差を補正する方法は、対物レンズへの入射光を発散光とする、あるいは図7に示す第5の位相補正素子500において用いられる第2の位相補正層20Eと同様の位相補正層を用いればよい。なお、波長 λ_3 の光束を開口数 NA_3 に規定する開口制限として、図11に示す第7の位相補正素子700で用いられる多層膜フィルタ92あるいは図14に示す第8の位相補正素子800で用いられる回折格子93を、開口数 NA_3 の外周域に形成すればよい。

【実施例】

【0149】

「例1」

40

本発明に係る前記の第7の位相補正素子700の実施例を、図11（断面図）と図12（平面図）を用いて説明する。

【0150】

この第7の位相補正素子700を作製するには、

(1)はじめに、屈折率 $n = 1.47$ のガラス基板5（透光性基板5）の表面で、開口数 $NA_1 = 0.85$ の円形領域から開口数 $NA_2 = 0.60$ の円形領域を差し引いて得られる円環領域（ A_1 ）に、断面の凹凸の深さが 862 nm で、凹部と凸部の長さの比が1:1で平面形状が直線状の回折格子91を、Y軸対称になるようにY軸に対して $\pm 45^\circ$ 傾斜した2分割パターンとしてエッチング加工する。

【0151】

50

(2)次に、回折格子91が加工された面の全面に $\lambda_1 = 410\text{nm}$ 波長帯、 $\lambda_2 = 650\text{nm}$ 波長帯および $\lambda_3 = 780\text{nm}$ 波長帯の光に対する反射防止膜8として、 SiO_2 と TiO_2 からなる4層反射防止膜8(図13参照)を成膜するが、その構成を表1に示す。このとき、反射防止膜8の光路長(屈折率×膜厚)は、波長 λ_1 で331nm、波長 λ_2 で322nmである。

【0152】

【表1】

層	材料	屈折率(波長)		膜厚
		(405nm)	(660nm)	
周囲	空気	1.0	1.0	
1	SiO_2	1.470	1.456	123.9nm
2	TiO_2	2.530	2.271	11.4nm
3	SiO_2	1.470	1.456	57.8nm
4	TiO_2	2.530	2.271	14.0nm
基板	石英	1.470	1.456	

10

20

30

【0153】

【表 2】

層	材料	屈折率(波長)		膜厚
		(405nm)	(660nm)	
周囲	空気	1.0		
1	SiO ₂	1.470	1.456	73.1nm
2	Ta ₂ O ₅	2.195	2.131	103.3nm
3	SiO ₂	1.470	1.456	121.3nm
4	Ta ₂ O ₅	2.195	2.131	89.5nm
5	SiO ₂	1.470	1.456	162.6nm
6	Ta ₂ O ₅	2.195	2.131	98.8nm
7	SiO ₂	1.470	1.456	123.9nm
8	Ta ₂ O ₅	2.195	2.131	89.4nm
9	SiO ₂	1.470	1.456	141.8nm
10	Ta ₂ O ₅	2.195	2.131	94.0nm
11	SiO ₂	1.470	1.456	169.2nm
12	Ta ₂ O ₅	2.195	2.131	97.5nm
基板	石英	1.470	1.456	

【0154】

(3)次に、ガラス基板5(透光性基板5)の表面で、開口数 $NA_2 = 0.60$ の円形領域から開口数 NA_3 の円形領域を差し引いて得られる円環領域(A_2)に、波長 λ_1 と波長 λ_2 の光を90%以上透過し、波長 λ_3 の光を70%以上反射する多層膜フィルタ92として、高屈折率の透明誘電体膜 Ta_2O_5 と低屈折率の透明誘電体膜 SiO_2 を交互に12層積層するが、その構成を表2に示す。このとき、多層膜フィルタ92の総膜厚 d_2 は1364nmで、光路長は波長 λ_1 で2420nm、波長 λ_2 で2373nmである。

【0155】

このような多層膜フィルタ92をガラス基板5の円環領域(A_2)に形成するとき、円

10

20

30

40

50

形領域 (A_3) と位相差が生じないように、多層膜フィルタ 9 2 を成膜する前にあらかじめガラス基板 5 の円環領域 (A_2) をエッチング加工して位相調整用の段差を形成する。具体的には、図 1 3 の円形領域 (A_3) の表面 S_3 に対して、反射防止膜 8 の膜厚 2 0 7 nm を含みガラス基板 5 を深さ 2 1 8 7 nm となるように加工する。

【 0 1 5 6 】

このとき、波長 λ_1 の入射光に対して、円形領域 (A_3) における S_0 面と S_3 面間の光路長 (L_3) は (3) 式で記載され、エッチング加工したガラス基板 5 と反射防止膜 8 との光路長の和であり、 $L_3 = 3 2 4 2$ nm である。

【 0 1 5 7 】

一方、円環領域 (A_2) における S_0 面と S_3 面間の光路長 (L_2) は (2) 式で算出され、多層膜フィルタ 9 2 の光路長 2 4 2 0 nm (= 1.774×1364 nm) と、円形領域 (A_3) との間に生じた S_2 面と S_3 面間の空気層の光路長 8 2 3 nm の和であり、 $L_2 = 3 2 4 3$ nm となり、ほぼ $L_2 = L_3$ である。

【 0 1 5 8 】

したがって、波長 λ_1 の入射光に対して開口制限基板 5 A の円環領域 (A_1) と円形領域 (A_3) で位相差は生じないため、開口数 NA_1 の全領域において入射光と同じ透過波面が得られる。

また、波長 λ_2 の入射光に対しても同様に、円形領域 (A_3) における S_0 面と S_3 面間の光路長 L_3 は $L_3 = 3 1 9 7$ nm、円環領域 (A_2) における S_0 面と S_3 面間の光路長 L_2 は $L_2 = 3 2 0 5$ nm となり、ほぼ $L_2 = L_3$ のため、波長 λ_2 の入射光に対しても開口制限基板 5 A の開口数 NA_2 の全領域において入射光と同じ透過波面が得られる。

【 0 1 5 9 】

このようにして得られる本実施例の開口制限基板 5 A の分光透過率を図 1 9 に示す。円環領域 (A_1) に形成される回折格子 9 1 の分光透過率を (a) で、円環領域 (A_2) に形成される多層膜フィルタ 9 2 の分光透過率を (b) で、円形領域 (A_3) に形成された反射防止膜 8 の分光透過率を (c) で示す。

【 0 1 6 0 】

(4) 次に、開口制限機能が形成されたガラス基板 5 の反対側の面に、屈折率 n_A の透光性材料として SiN と SiO₂ の混合組成からなる SiON 膜を、膜厚 3 2 μ m となるように成膜する。そして、図 1 1 に示す様な鋸歯断面からなるフレネルレンズ形状に加工し、第 1 の位相補正層 1 0 G を構成する透光性材料 1 A とする。さらに、その凹部に屈折率 n_B の透光性材料 1 B として高屈折率透明プラスチック材料を用い、充填および固化して第 1 の位相補正層 1 0 G とする。

【 0 1 6 1 】

このとき、透光性材料 1 A (SiON) と透光性材料 1 B (高屈折率プラスチック材料) の屈折率は、波長 λ_1 では略等しく、波長 λ_2 では 0 . 0 2 0 の屈折率差が生じ、波長 λ_3 では 0 . 0 2 3 の屈折率差が生じる。したがって、第 1 の位相補正層 1 0 G は、波長 λ_1 の入射光に対して透過波面は不変だが、波長 λ_2 および波長 λ_3 の入射光に対して透過波面が変化する。鋸歯の凹凸部の段差は波長 λ_2 と波長 λ_3 の中間波長に対して略 1 波長の位相差に相当するため、波長 λ_2 および波長 λ_3 で 1 次回折光が最大となる。

なお、第 1 の位相補正層 1 0 G は、波長 λ_2 および波長 λ_3 で透光性材料 1 A が透光性材料 1 B に比べ屈折率が大きいため、図 1 1 に示す断面形状となっている。

【 0 1 6 2 】

(5) 次に、ガラス基板 6 の片面にポリイミドを塗布し、X 軸と 1 6 3 ° の角度をなす方向に配向処理を施した後、アクリル系の液晶モノマーの溶液を塗布し、紫外光を照射することで重合硬化させ、進相軸が X 軸と 7 3 ° の角度をなす方向にそろった複屈折性材料の高分子液晶膜からなる位相板 3 B を形成する。ここで、波長 λ_2 と波長 λ_3 の中間波長に相当する波長 5 2 0 nm に対する位相板 3 B のリタレーション値は 1 3 0 nm で略 1 / 4 波長に相当する。なお、角度は図 1 2 において時計と反対回りを正方向とする。

【 0 1 6 3 】

10

20

30

40

50

さらに、位相板 3 A として延伸により複屈折性が発現したポリカーボネート製の有機物薄膜を用い、接着剤を用いて位相板 3 B に積層するとともに位相補正層 1 に接着固定する。波長 520 nm に対する位相板 3 A のリタレーション値は 260 nm で略 1/2 波長に相当し、その進相軸を X 軸と 17° の角度をなす方向とする。すなわち、位相板 3 A と位相板 3 B の進相軸は 56° の角度をなす。

このようにして位相板 3 A と位相板 3 B が積層されてなる第 1 の位相板 30 G を作製する。

【0164】

このようにして作製した第 7 の位相補正素子 700 によれば、第 1 の位相板 30 G に、X 軸方向に偏波面を有する波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 の光が開口制限基板 5 A 側から入射すると、何れも楕円率が 0.9 以上の円偏光となって出射し、3 波長で 1/4 波長板相当の機能が得られる。

【0165】

「例 2」

次に、本発明に係る前記の第 5 の位相補正素子 500 の実施例を、図 7 (断面図) と図 8 (平面図) を用いて説明する。

【0166】

(1) 3 つの波長 $\lambda_1 = 405 \text{ nm}$ 、 $\lambda_2 = 655 \text{ nm}$ 、 $\lambda_3 = 790 \text{ nm}$ に対する屈折率が、1.470、1.456、1.454 であるガラス基板 5 (透光性基板) の表面で、開口数 $NA_2 = 0.60$ の領域を直接エッチング加工し、光学軸に関して回転対称性を有する輪帯状の凹凸部形状 (フレネルレンズ形状) で断面形状が鋸歯状で 5 レベル (4 段) の階段形状格子によって近似された階段状のブレード回折格子からなる第 1 の位相補正層 10 E を形成する。

【0167】

ここで、階段形状格子 1 段の高さ d_{N1} を $1.723 \mu\text{m}$ とし、空気との光路差が波長 λ_1 に対して $2 \times \lambda_1$ となっている。このとき、波長 λ_2 に対しては $1.2 \times \lambda_2$ 、すなわち $0.2 \times \lambda_2$ 相当となり、波長 λ_3 に対しては約 λ_3 となっている。したがって、5 レベル (4 段) の階段形状格子に入射する波長 λ_1 および波長 λ_3 の透過波面は変化しないが、波長 λ_2 の透過波面は階段形状格子の輪帯分布に応じて変化する。

【0168】

各階段形状格子の輪帯半径は、波長 λ_1 でカバー厚 0.1 mm の HD 用の光ディスクに対して良好な収差となるよう設計された $NA_1 = 0.85$ の HD 用対物レンズを、波長 λ_2 でカバー厚 0.6 mm の DVD 用の光ディスクに $NA_2 = 0.60$ で用いたとき発生する透過波面収差を補正するように決定する。

【0169】

(2) 次に、第 1 の位相補正層 10 E が形成されたガラス基板 5 の反対側の面に、実施例 1 の位相板 3 B と同様の作成法で、進相軸が X 軸に方向にそろった常光屈折率 n_o および異常光屈折率 n_s の高分子液晶層を形成する。さらに、フォトリソグラフィと反応性イオンエッチングにより、開口数 $NA_3 = 0.45$ の領域に、光学軸に関して回転対称性を有する輪帯状の凹凸部形状 (フレネルレンズ形状) で、断面形状が鋸歯状で 3 レベル (2 段) の階段形状格子によって近似された階段形状のブレード回折格子 2 A を加工し、その凹部に常光屈折率 n_o とほぼ等しい屈折率 n_s の均質屈折率透明材料 2 B を充填して第 2 の位相補正層 20 E とする。

【0170】

ここで、3 つの波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 に対する屈折率差 ($n_o - n_s$) は、0.277、0.213、0.200 であり、階段形状格子 1 段の高さ d_{M1} を $1.462 \mu\text{m}$ とする。この場合、異常光偏光に対して、高分子液晶層からなる階段形状のブレード回折格子 2 A の 1 段の均質屈折率透明材料 2 B との光路長差が波長 λ_1 に対しては λ_1 となり、波長 λ_3 に対しては $0.37 \times \lambda_3$ となっている。したがって、第 2 の位相補正層 20 E に入射する常光偏光の透過波面は波長に関わらず変化せず、また波長 λ_1 の透過波面は入射偏光に

10

20

30

40

50

関わらず変化しない。一方、波長 λ_3 の異常光偏光入射光の透過波面は階段形状格子の輪帯分布に応じて変化する。

【0171】

各階段形状格子の輪帯半径は、対物レンズを波長 λ_3 でカバー厚 1.2 mm のCD用の光ディスクに $\text{NA}_3 = 0.45$ で用いたときに発生する透過波面収差を補正するように決定する。

【0172】

(3)次に、ガラス基板6の片面に実施例1の位相板3Bと同様の作成法で、進相軸がX軸方向にそろった高分子液晶膜からなる位相板3Dを形成する。ここで、波長 λ_1 に対する位相板3Dのリタレーション値は 203 nm で略 $1/2$ 波長に相当する。さらに、実施例1の位相板3Aと同様に、位相板3Cとしてポリカーボネート製の有機物薄膜を用い、接着剤を用いて位相板3Dに積層するとともに位相補正層20Eに接着固定する。波長 λ_1 に対する位相板3Cのリタレーション値は 102 nm で略 $1/4$ 波長に相当し、その進相軸をX軸と 45° の角度をなす方向とする。すなわち、位相板3Cと位相板3Dの進相軸は 45° の角度をなす。このようにして位相板3Cと位相板3Dが積層されてなる第1の位相板30Eを作製する。

10

【0173】

このようにして作製した第5の位相補正素子500によれば、第1の位相板30Eに、X軸方向に偏波面を有する波長 λ_1 の光が透光性基板5側から入射すると、楕円率が 0.9 以上の円偏光となって出射し、 $1/4$ 波長板相当の機能が得られる。また、Y軸方向に偏波面を有する波長 λ_2 および波長 λ_3 の光が入射すると、各々の偏波面が回転した直線偏光に変換され、 $1/2$ 波長板相当の機能が得られる。

20

【0174】

したがって、波長 λ_2 の常光偏光入射光が第1の位相板30Eを往復するとともに常光偏光となり、復路においても第2の位相補正層20Eで透過波面変化なく直進透過する。また、波長 λ_3 の異常光偏光入射光が第1の位相板30Eを往復するとともに異常光偏光となり、復路においても第2の位相補正層20Eで透過波面が変化し波面収差補正作用が発現する。

なお、第1の位相補正層10Eを透過する波長 λ_2 の NA_2 領域の常光偏光および第2の位相補正層20Eを透過する波長 λ_3 の NA_3 領域の異常光偏光はパワー成分を含む透過波面となるため、所定の開口領域以外の透過光と集光面が異なり、開口領域外に開口制限機能を設けなくともよい。

30

【0175】

「例3」

本発明に係る前記の第6の位相補正素子600の実施例を、図10(断面図)を用いて説明する。

【0176】

(1)ガラス基板51(透光性基板)の円環領域(A_1)および円環領域(A_2)に実施例1の多層膜フィルタ92と同じ多層膜フィルタ(図示せず)を形成する。

また、ガラス基板6(透光性基板)の片面に形成する位相板3Dと位相板3Cを積層してなる第1の位相板30Fは、実施例2において用いられた第1の位相板30E(図7)と同じであるため、説明を省略する。

40

【0177】

(2)ガラス基板52の片面に、実施例1の位相板3Bと同様の作成法で、進相軸がX軸と 70° の角度をなす方向にそろった高分子液晶膜からなる位相板3Fを形成する。ここで、波長 λ_1 に対する位相板3Fのリタレーション値は 405 nm で略 1 波長に相当する。さらに、実施例1の位相板3Aと同様に、位相板3Eとしてポリカーボネート製の有機物薄膜を用い、均質屈折率透明材料1Gを接着剤として用いて位相板3Fに積層するとともに第2の偏光性位相補正層10F₂の高分子液晶からなるブレード回折格子1Fの凹部に充填し、接着固定する。

50

【0178】

波長₁に対する位相板3Eのリタレーション値は405nmで略1波長に相当し、その進相軸をX軸と25°の角度をなす方向とする。すなわち、位相板3Eと位相板3Fの進相軸は45°の角度をなす。このようにして、位相板3Eと位相板3Fが積層されてなる第2の位相板40Fを作製する。

【0179】

第2の位相板40Fに、X軸方向に偏波面を有する波長₁の光が入射すると、出射偏光は変わらない。また、Y軸方向に偏波面を有する波長₂および波長₃の光が入射すると、各々の偏波面が略90°回転したX軸方向の直線偏光に変換され、1/2波長板相当の機能が得られる。

10

【0180】

この第6の位相補正素子600中の第2の偏光性位相補正層10F₂と第1の偏光性位相補正層10F₁は何れも、実施例2の第2の位相補正層20Eと同様の作製法で、ガラス基板51と52の片面に進相軸がX軸方向にそろった常光屈折率 $n_o = 1.55$ および異常光屈折率 $n_e = 1.70$ の高分子液晶層を形成する。

【0181】

(3)さらに、フォトリソグラフィと反応性イオンエッチングにより、開口数 $NA_2 = 0.60$ の領域に、光学軸に関して回転対称性を有する輪帯状の凹凸部形状(フレネルレンズ形状)で、断面形状が鋸歯状のブレード回折格子1Fおよび1Dを加工し、その凹部に常光屈折率 n_o とほぼ等しい屈折率 n_s の均質屈折率透明材料1Gおよび1Eを充填して、第2の偏光性位相補正層10F₂および第1の偏光性位相補正層10F₁とする。なお、図10に示すように、ブレード回折格子1Fと1Dは、鋸歯断面の斜面が同心円格子パターンを中心軸に対して逆向に加工されている。

20

【0182】

高分子液晶からなる鋸歯状のブレード回折格子1Dおよび1Fに常光偏光が入射した場合、高分子液晶と均質屈折率透明材料との屈折率差がないため透過波面は変化しない。一方、異常光偏光が入射した場合、高分子液晶と均質屈折率透明材料との屈折率差約0.15が生じ、鋸歯状のブレード回折格子の形状に応じた透過波面の変化が生じる。

【0183】

実施例2の第2の位相補正層20Eでは、3レベル(2段)の階段形状のブレード回折格子2Aとしたが、ブレード回折格子1Dおよび1Fでは鋸歯全体の凹凸段差が波長₂および波長₃の異常光に対して略1波長の位相差に相当する高分子液晶の膜厚としていた点異なる。その結果、波長₂および波長₃で1次回折光が最大となる。このとき、波長₁の異常光に対しては2次回折光が最大となる。

30

【0184】

「例4」

このようにして作製された位相補正素子、例えば第6の位相補正素子600と対物レンズ12をアクチュエータ(図示せず)に一体化し、図15に示す光ヘッド装置に搭載する。

【0185】

この光ヘッド装置をDVD用およびCD用の光ディスクの記録および/または再生に用いるとき、対物レンズのみでは発生した波面収差が補正されるとともに、対物レンズと光ディスクとの間隔を確保することができる。その結果、安定してHD用、DVD用およびCD用の3種の光ディスクの記録および/または再生が実現できる。

40

また、波長₁の常光偏光入射光が、位相補正素子、例えば第6の位相補正素子600を往復することで、位相板30Fにより直交化した偏光方向の異常光偏光出射光に変換されるため、偏光ビームスプリッタ19と併用することにより光検出器15Aで効率よく信号光を検出できる。

【産業上の利用可能性】

【0186】

50

本発明の位相補正素子は、波長₁の透過波面は不変のまま、波長₂あるいは波長₃の透過波面を補正でき、また、波長₁で1/4波長板の機能を有する第1の位相板が一体化されているため、位相補正素子を往復した波長₁の直線偏光は直交する直線偏光に変換される効果を有し、波長₁でHD用の光ディスクに最適設計されたHD用対物レンズと一体で搭載することにより、使用波長およびカバー厚のそれぞれ異なるHD用、DVD用およびCD用の光ディスクに対しても安定した情報の記録および/または再生ができる光ヘッド装置用等の位相補正素子として有用である。

【図面の簡単な説明】

【0187】

【図1】本発明の第1および第2の実施形態に係る位相補正素子の構成を示す断面図。 10

【図2】本発明の第1および第2の実施形態に係る位相補正素子の構成を示す平面図。

【図3】DVD用またはCD用の光ディスクにおける透過光の波面収差を示すグラフであり、(A)は本発明の位相補正素子により生成される波面収差、(B)はDVD用またはCD用の光ディスクにおける透過光の波面収差。

【図4】本発明の第3の実施形態に係る位相補正素子の構成を示す断面図。

【図5】第3の実施形態に係る位相補正素子の第1の位相補正層の波面収差補正作用を示す波面収差の部分拡大図。

【図6】本発明の第4の実施形態に係る位相補正素子の構成を示す断面図。

【図7】本発明の第5の実施形態に係る位相補正素子の構成を示す断面図。

【図8】本発明の第5の実施形態に係る位相補正素子の構成を示す平面図。 20

【図9】第5の実施形態に係る位相補正素子の第2の位相補正層の波面収差補正作用を示す波面収差の部分拡大図。

【図10】本発明の第6の実施形態に係る位相補正素子の構成を示す断面図。

【図11】本発明の第7の実施形態に係る位相補正素子の構成を示す断面図。

【図12】本発明の第7の実施形態に係る位相補正素子の構成を示す平面図。

【図13】図11および図12に示す第7の位相補正素子の開口制限基板の加工面の位置関係を示す拡大断面図。

【図14】本発明の第7の実施形態の変形例に係る位相補正素子の構成を示す断面図。

【図15】第8の実施形態に係る位相補正素子を搭載した光ヘッド装置を示す構成図。

【図16】第8の実施形態に係る位相補正素子へ3種の波長の光が入射したときの光束と波面を示す断面図であり、(a)は波長₁の光、(b)は波長₂の光、(c)は波長₃の光。 30

【図17】第8の実施形態に係る位相補正素子へ3種の波長の光が入射したときの光束と波面を示す断面図であり、(a)は波長₁の光、(b)は波長₂の光、(c)は波長₃の光。

【図18】第8の実施形態に係る位相補正素子へ3種の波長の光が入射したときの光束と波面を示す断面図であり、(a)は波長₁の光、(b)は波長₂の光、(c)は波長₃の光。

【図19】図12に示す開口制限基板の各領域の分光透過率であって、(a)は第1の円環領域(A₁)、(b)は第2の円環領域(A₂)、(c)は円形領域(A₃)での分光透過率を示すグラフ。 40

【図20】従来の開口制限素子の構成を示す断面図。

【符号の説明】

【0188】

1 A：屈折率n_Aの透光性材料（第1の透光性材料）

1 B：屈折率n_Bの透光性材料（第2の透光性材料）

1 D、1 F：高分子液晶からなる鋸歯状格子

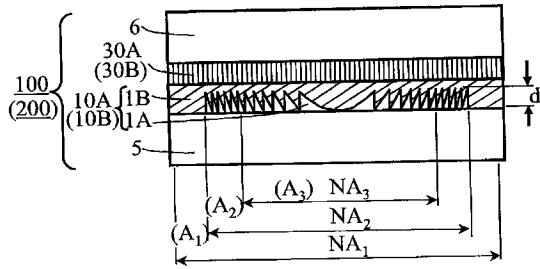
1 E、1 G：均質屈折率透明材料（充填材）

1 0 A、1 0 B、1 0 C、1 0 D、1 0 E、1 0 G：第1の位相補正層

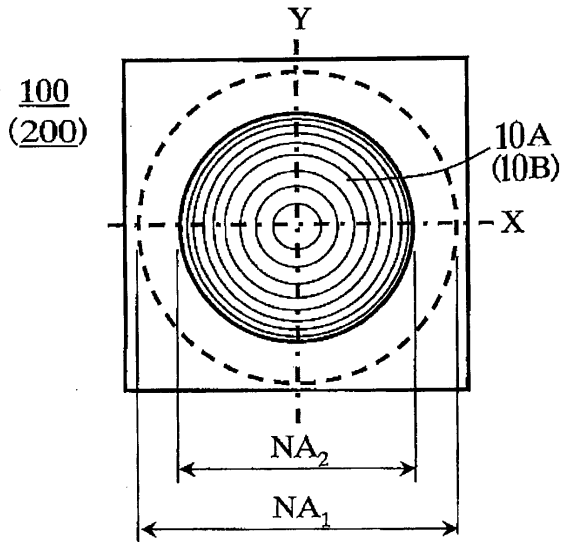
1 0 F₁：第1の偏光性位相補正層 50

1 0 F ₂ : 第 2 の偏光性位相補正層	
2 A : 階段形状のブレード回折格子	
2 B : 均質屈折率透明材料 (充填材)	
2 0 E : 第 2 の位相補正層	
3 A ~ 3 F : 位相板	
3 0 A ~ 3 0 G : 第 1 の位相板	
4 0 F : 第 2 の位相板	
5、5 1、5 2 : 透光性基板	
1 0 0 0 : 開口制限素子	
1 1 0 0 : 透光性基板	10
1 2 0 0 : 多層膜フィルタ	
1 3 0 0 : 位相補償膜	
5 A、5 B : 開口制限基板	
6 : 透光性基板	
8 : 反射防止膜	
9 2 : 多層膜フィルタ	
9 1、9 3 : 回折格子	
1 2 : 対物レンズ	
1 3 : コリメータレンズ	
1 4 A : 半導体レーザ (HD用 ; $\lambda_1 = 410 \text{ nm}$)	20
1 4 B : 半導体レーザ (DVD用 ; $\lambda_2 = 650 \text{ nm}$)	
1 4 C : 半導体レーザ (CD用 ; $\lambda_3 = 780 \text{ nm}$)	
1 5 A、1 5 B、1 5 C : 光検出器	
1 6 B、1 6 C : ホログラムビームスプリッタ	
1 7、1 8 : 合波プリズム	
1 9 : 偏光ビームスプリッタ	
1 0 0 ~ 9 0 0 : 位相補正素子	
A ₁ : (第 1 の) 円環領域、	
A ₂ : (第 2 の) 円環領域	
A ₃ : 円形領域	30
D ₁ : 光ディスク (HD用)	
D ₂ : 光ディスク (DVD用)	
D ₃ : 光ディスク (CD用)	

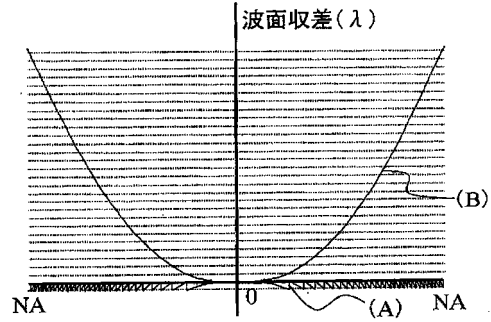
【図1】



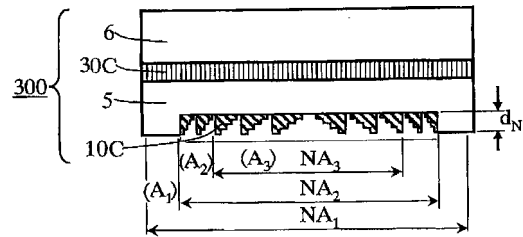
【図2】



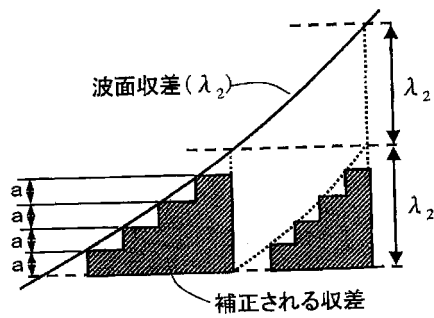
【図3】



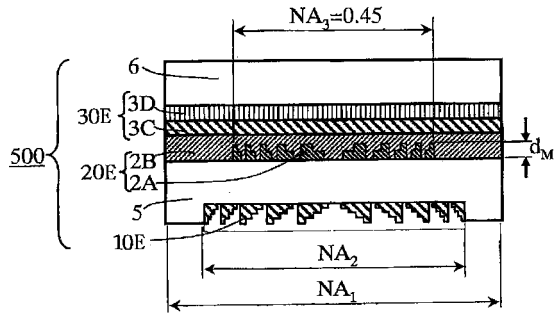
【図4】



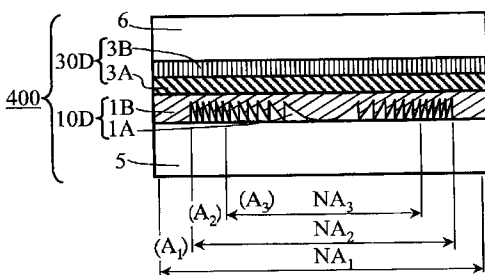
【図5】



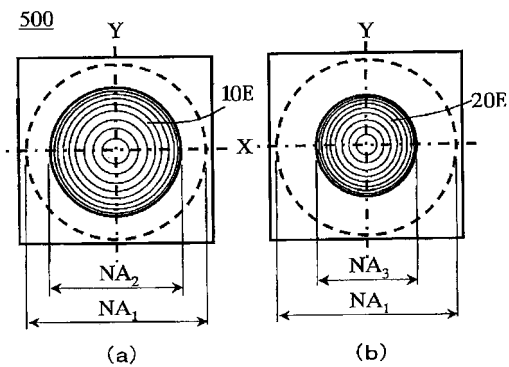
【図7】



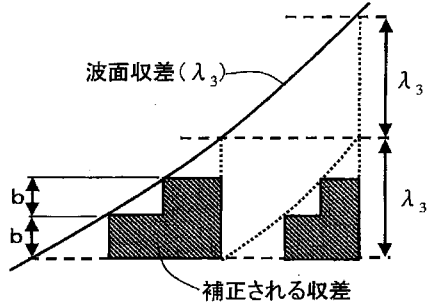
【図6】



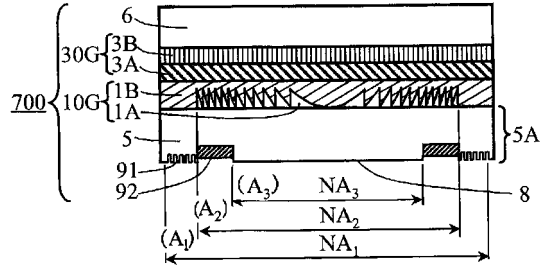
【図8】



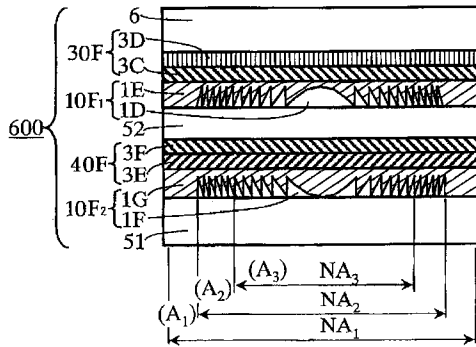
【図9】



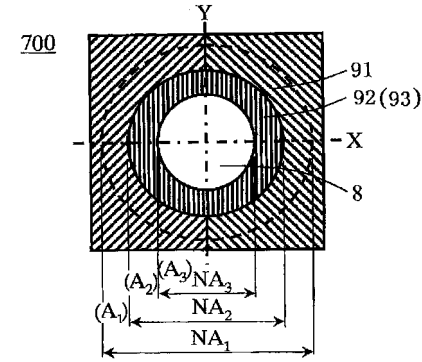
【図11】



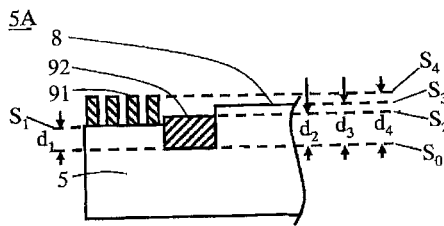
【図10】



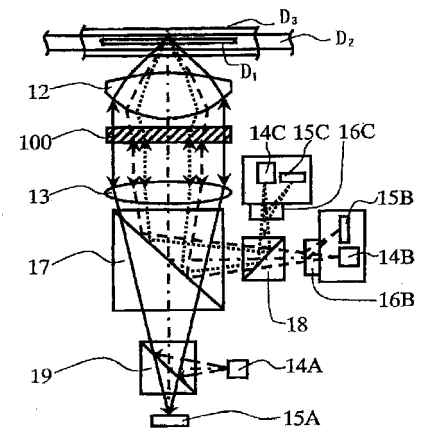
【図12】



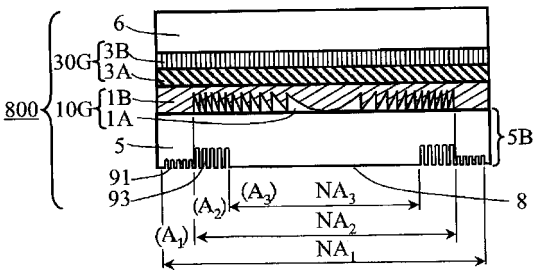
【図13】



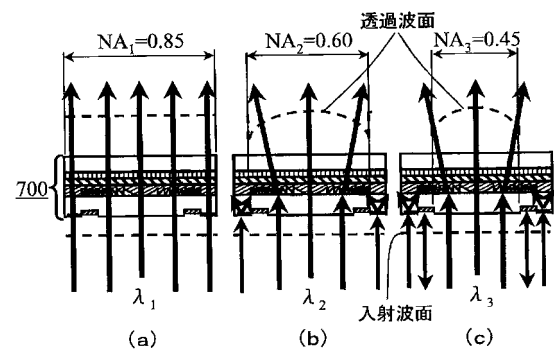
【図15】



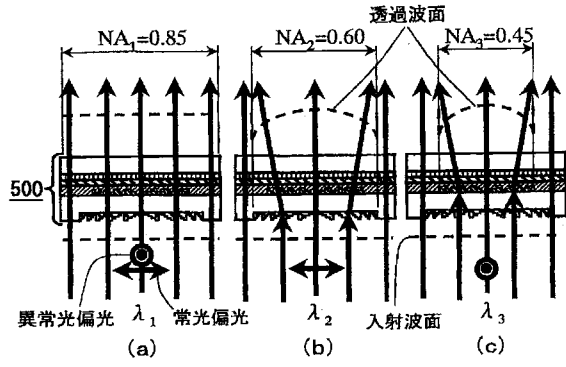
【図14】



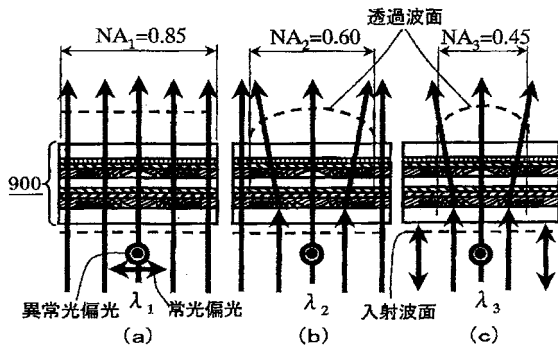
【図16】



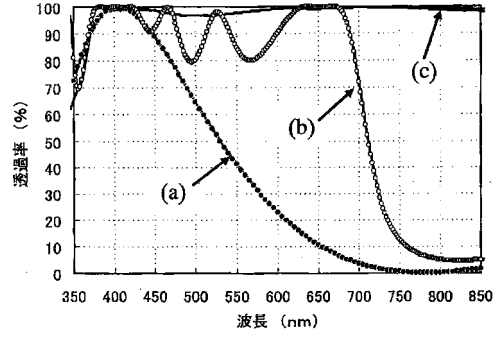
【圖 17】



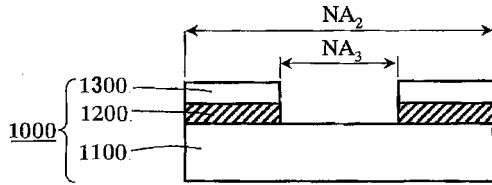
【圖 18】



【圖 19】



【圖 20】



フロントページの続き

(31)優先権主張番号 特願2002-295731(P2002-295731)

(32)優先日 平成14年10月9日(2002.10.9)

(33)優先権主張国 日本国(JP)

(31)優先権主張番号 特願2002-372435(P2002-372435)

(32)優先日 平成14年12月24日(2002.12.24)

(33)優先権主張国 日本国(JP)

(72)発明者 宮村 賢郎

福島県郡山市待池台1-8 郡山西部第二工業団地 旭硝子郡山電材株式会社内

(72)発明者 佐藤 弘昌

福島県郡山市待池台1-8 郡山西部第二工業団地 旭硝子郡山電材株式会社内

審査官 大橋 憲

(56)参考文献 特開平07-098431(JP,A)

特開2002-174711(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 5/18

G02B 5/28

G02B 5/30

G02B 13/00

G11B 7/135