

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2010年9月2日(02.09.2010)



(10) 国際公開番号
WO 2010/097880 A1

(51) 国際特許分類:

G01B 11/24 (2006.01) G01N 21/956 (2006.01)
G01B 11/06 (2006.01) G02B 21/16 (2006.01)
G01J 3/02 (2006.01) G11B 5/84 (2006.01)
G01N 21/95 (2006.01)

戸塚区吉田町292番地株式会社日立製作所
生産技術研究所内 Kanagawa (JP). 吉武康裕
(YOSHITAKE, Yasuhiro) [JP/JP]; 〒2440817 神奈川
県横浜市戸塚区吉田町292番地株式会社日
立製作所生産技術研究所内 Kanagawa (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2009/006963

(22) 国際出願日: 2009年12月17日(17.12.2009)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2009-044231 2009年2月26日(26.02.2009) JP

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株
式会社日立製作所(HITACHI, LTD.) [JP/JP]; 〒
1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 岡恵子
(OKA, Keiko) [JP/JP]; 〒2440817 神奈川県横浜市

(74) 代理人: ポレール特許業務法人(Polaire I.P.C.); 〒
1040032 東京都中央区八丁堀二丁目7番1号
Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL,
PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,
SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN,
ZA, ZM, ZW.

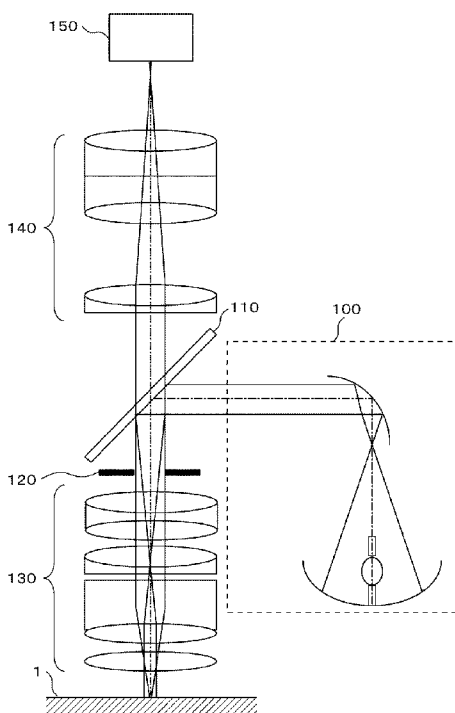
[続葉有]

(54) Title: DUV-UV BAND SPECTROSCOPIC OPTICAL SYSTEM AND SPECTROMETER USING SAME

(54) 発明の名称: DUV-UV帯域の分光光学系およびそれを用いた分光測定装置

[図1]

図1



(57) Abstract: Disclosed are a spectroscopic optical system and a spec-
trometer both enabling vertical illumination by means of an optical system
using only refractive lenses and enabling wide-band color correction in the
DUV-UV (190 to 400 nm) range. The spectroscopic optical system and
spectrometer each comprise a light source (100), a folding mirror (110), a
field stop (120), an object-side focusing lens system (130) for focusing light
onto a sample, an image-side focusing lens system (140) disposed on the image
forming plane of the object-side focusing lens system, and a spectroscope
(150) for dispersing regularly reflected light from the sample. The object-
side focusing lens system (130) and the image-side focusing lens system
(140) are each a spectroscopic optical system corrected with respect to col-
or in a broad band of wavelength from 190 to 400 nm and configured from
only refractive lenses enabling vertical illumination. The working distance
(WD) of each lens is set shorter than a predetermined distance, and the dou-
blet interval (D) is set longer than a predetermined distance.

(57) 要約: 分光光学系および分光測定装置において、屈折レ
ンズのみを用いた光学系により垂直照明を可能とし、かつD
UV-UV(190nm~400nm)領域の広帯域色補正
を行うことを可能とする。光源(100)、折り返しミ
ラー(110)、視野絞り(120)、及び試料上に集光さ
せる物体側集光レンズ系(130)と、該物体側集光レン
ズ系の結像面に配置される像側集光レンズ系(140)と、前
記試料からの正反射光を分光する分光器(150)とを有
し、前記物体側集光レンズ系(130)と、前記像側集光レ
ンズ系(140)は、波長190~400nmのブロードな
帯域で色補正され、かつ垂直照明可能な屈折型レンズのみで
構成される分光光学系であって、レンズのワーキングディス
タンス(WD)が、所定の距離以下で設定され、かつ各接合
レンズ間隔Dが、所定の距離以上で設定されている。



(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,

CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

D U V－U V帯域の分光光学系およびそれを用いた分光測定装置

技術分野

[0001] 本発明は、分光光学系および分光測定装置に関し、特に、垂直照明が可能な屈折レンズのみを用いた光学系配置により、深紫外光（D U V）から紫外光（U V）まで（190 nm～400 nm）の広帯域で色補正された、分光光学系および分光測定装置に関するものである。

背景技術

[0002] 試料面構造の欠陥検出においては、感度の高いD U V－U V（190 nm～400 nm）領域の広帯域波長を利用した分光測定が必要となってきた。このとき、レンズ系は、広帯域波長および複数波長を使用する場合は色補正されている必要がある。色補正には、反射型光学系あるいは屈折型光学系を用いる方法がある。

[0003] 反射型光学系では、シュヴァルツシルド型の色補正レンズ系を備えた紫外領域を対象とした分光光学系が、特開2005-127830号公報（特許文献1）に記載されている。

[0004] 屈折・回折型光学系では、回折光学素子を用いて、紫外域波長 λ とその2倍の波長 2λ に対して色補正されることを特徴とする光学系が、特開2008-90051号公報（特許文献2）に記載されている。

[0005] 屈折型光学系では、近紫外光での高解像観察や紫外蛍光共焦点を可能とするように、350 nm以上の近紫外から可視領域にわたって色補正され、焦点位置が一致していることを特徴とする近紫外対物レンズが、特許第3288441号公報（特許文献3）に記載されている。また、蛍石と石英をレンズ材料とし、波長200 nm程度の紫外から赤外領域に対して広帯域に色補正されていることを特徴とする結像用対物レンズが、特開昭61-90115号公報（特許文献4）に記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2005-127830号公報

特許文献2：特開2008-90051号公報

特許文献3：特許第3288441号公報

特許文献4：特開昭61-90115号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献1に記載されている光学系は、反射型のため広帯域色補正が可能であるが、反射型色補正光学系では、試料面への照明が斜入射となってしまう。斜入射照明は、試料面が静止している場合には問題ないが、試料面を回転させて試料全面を連続走査するような場合には問題となる。図3において、斜入射照明811の場合、連続走査のため試料面が上下に震動し（試料面1、1'）、走査対象位置がずれてしまう（走査対象位置821、831）という課題があった。

[0008] 一方、特許文献2乃至4に記載されている、屈折・回折型光学系および屈折型光学系は、垂直照明が可能な構成である。図4は、垂直照明の場合に試料面の上下震動による位置ずれが低減される状況を示す図である。図4において、垂直照明812の場合、連続走査のため試料面が上下に震動しても（試料面1、1'）、走査対象位置のずれは小さくなる（走査対象位置822、832）。しかし、特許文献2に記載されている屈折・回折型光学系は、紫外域波長 λ とその2倍の波長 2λ のみの2波長色補正であり、広帯域色補正に対応していないという課題があった。

[0009] 特許文献3に記載されている屈折型光学系は、試料面構造の欠陥検出において、感度の高い350nm以下の深紫外を含んだ色補正がなされていないという課題があった。

[0010] 特許文献4に記載されている屈折型光学系は、紫外領域で問題となる接合

レンズの接着について対応していないという課題があった。接合レンズ間の接着には、一般的にUV硬化剤（接着剤）が使用され、そこに紫外光を照射することでUV硬化剤が固められている。従って、UV硬化剤を使用した接合レンズで構成される屈折型光学系に対し、紫外光を照射しつづけると、UV硬化剤部が劣化する。このとき発生したガスがレンズ面に再付着することで、透過率が低下する。一方、レンズの接合部にUV硬化剤を使用せず、貼り合わせることで性能劣化を防ぐ方法もある。しかし、貼り合わせの場合、空気間隔が狭くなり、干渉による明暗のムラ（光量のムラ）が発生する。

[0011] 本発明の目的は、分光光学系およびそれを用いた分光測定装置において、試料面振動の影響が小さい垂直照明を可能とし、D UV-UV（190 nm～400 nm）広帯域の色補正を実現する光学系を提供することにある。

[0012] 本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

課題を解決するための手段

[0013] 本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を説明すれば、以下のとおりである。

[0014] 本発明の分光光学系は、光源、折り返しミラー、視野絞り、及び試料上を照明する物体側対物レンズ系からなる照明光学系と、該物体側対物レンズ系、該視野絞り、該折り返しミラー、及び該物体側の結像面に配置される像側集光レンズ系からなる検出光学系と、前記試料からの正反射光を分光する分光器とを有し、前記物体側対物レンズ系と、前記像側集光レンズ系は、波長190～400nmのブロードな帯域で色補正され、かつ屈折型レンズのみで構成される分光光学系であって、レンズのワーキングディスタンス（WD）が、 $WD \leq 10.0 \text{ mm}$ を満たすように設定されるものである。これにより、D UV-UV領域で色補正を行うことができる。

[0015] 本発明の分光光学系では、さらに、各接合レンズ間隔Dを、1回反射を考慮して、 $(\lambda_1 \cdot \lambda_2) / (4n\gamma) \leq D$ に設定している。

[0016] ここで、nは空気の屈折率、 γ は分光器分解能である。また、 λ_2 は検討波

長であり、検討する帯域波長の中で一番長波長を選択する。 λ_1 は検討波長 λ_2 の波長に分光器分解能 γ 分を足したものである。

[0017] これにより、干渉による明暗のムラ（光量のムラ）を発生させないようにすることができる。なお、多重反射を考慮する場合は、接合レンズ間隔Dを1.5倍する。

[0018] 本発明の分光光学系は、さらに、照射光学系は試料を垂直に照射するものである。そのため、高速・連続検査時のデフォーカスによる位置ずれが低減される。

[0019] 本発明の分光測定装置は、前記の分光光学系と、試料を搭載し、試料の位置を前記分光光学系に対して相対的に移動させることができるステージ部と、分光器および前記ステージ部の動作を制御する制御部と、前記分光器において検出した分光強度分布に基づいて前記試料に形成されたパターンの形状または形状異常を検出するデータ処理部とを有する構成である。

[0020] 本発明の分光測定装置は、さらに、前記データ処理部は、前記試料における異なるパターン形状に対して予め算出した分光反射率の波長依存性のグラフを格納するデータベースを有し、前記分光器において検出した分光強度分布に基づいて、前記試料について測定した分光反射率の波長依存性のグラフを取得し、前記データベースに格納されている分光反射率の波長依存性のグラフから、前記試料について測定した分光反射率の波長依存性のグラフと一致するものを、分光反射率の波形の比較により選定することによって、前記試料に形成されたパターン形状を特定するものである。なお、パターン形状には、膜厚も含まれる。

発明の効果

[0021] 本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を説明すれば以下のとおりである。

[0022] 本発明によれば、DUV-UV（190nm～400nm）広帯域の色補正を行うことができる。また、干渉による明暗のムラ（光量のムラ）の発生を防止することができる。また、垂直照明が可能となり、従来の反射型光学

系の斜入射照明において課題であった、高速・連続検査時のデフォーカスによる位置ずれが低減される。これらにより、試料面構造の欠陥検出において、感度の高いDUV-UV（190nm～400nm）領域において、高速かつ高精度な分光測定（構造および膜厚測定等）が可能となる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の一実施の形態である分光光学系の構成例を示した図である。

[図2]（a）は本発明の一実施の形態における試料として用いるパターンドメディアを模式的に示した斜視図であり、（b）、（c）は、パターンドメディアにおけるデータ部とサーボ部のパターンの例を拡大して示した平面図である。

[図3]斜入射照明の場合に試料面の上下震動により位置ずれが発生する状況を示す図である。

[図4]垂直落射照明の場合に試料面の上下震動による位置ずれが低減される状況を示す図である。

[図5]色収差補正の原理と照明幅算出方法について説明する図である。

[図6]照明幅算出方法について説明する図である。

[図7]（a）は、レンズとそれを梱包する鏡筒を考慮したワーキングディスタンス（WD）を示した図である。（b）は、ワーキングディスタンス（WD）と色ずれ（ Δx ）の関係を示した図である。

[図8]2枚のレンズの空気間隔Dにより発生する、干渉の明暗のムラ（光量のムラ）の原理を示した図である。

[図9]（a）は、2枚のレンズの空気間隔Dを0～0.5 μm とした場合の模式図を示した図である。（b）は、波長199.50～200.50nmに対し、空気間隔Dを0～0.5 μm 変化させたときの透過光率のシミュレーション結果を示したグラフである。

[図10]（a）は、2枚のレンズの空気間隔Dを30～30.1 μm とした場合の模式図を示した図である。（b）は、波長199.50～200.50nmに対し、空気間隔Dを30～30.1 μm 変化させたときの透過光率のシミュレ

ーション結果を示したグラフである。

[図11] (a) は、分光器分解能 $\gamma = 0.3 \text{ nm}$ 、波長 400 nm における透過光率に対する Peak to Valley 値を、空気間隔 D ごとにプロットしたグラフである。(b) は、分光器分解能 $\gamma = 1.0 \text{ nm}$ 、波長 400 nm における透過光率に対する Peak to Valley 値を、空気間隔 D ごとにプロットしたグラフである。

[図12] 本発明の一実施の形態である分光光学系を用いたハードディスク検査装置の構成例を示した図である。

[図13] 本発明の一実施の形態におけるデータ処理部での処理の概要について説明した図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において、同一部には原則として同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

実施例 1

[0025] まず、図 1、図 2 を用いて、本発明の一実施の形態である分光光学系について説明する。

[0026] 図 1 は、本発明の一実施の形態である分光光学系の構成例を示した図である。分光光学系は、照明光学系と検出光学系とから構成される。

[0027] 照明光学系は、照明光を照射する光源 100 と、折り返し部材 110 と、視野絞り 120 と、物体側対物レンズ系 130 を介して、ステージ上の試料 1 に垂直照明する構造である。

[0028] 同様に、検出光学系は、物体側対物レンズ系 130 と、視野絞り 120 と、折り返しミラー 110 と、物体側の結像面に配置される像側集光レンズ系 140 を介し、試料面 1 からの正反射光を分光する分光器 150 に垂直照明する構造である。尚、試料面 1 と分光器 150 の入射面は、共役関係にある。

[0029] 図 2 (a) は、試料 1 として用いるパターンドメディアを模式的に示した斜視図である。パターンドメディア 2000 は、ディスク上に磁性粒子が人

工的に規則正しく並べられた記録媒体であり、例えば、ハードディスク装置などに用いられる磁気記憶媒体である。パターンドメディア2000の表面には、例えば、ユーザデータを書き込むデータ部2100と、バースト信号、アドレス、プリアンプルなどを含む、トラッキング制御やデータアクセス制御のためのサーボ部2200とが存在する。図2(a)では、ディスク面におけるデータ部2100とサーボ部2200の配置を模式的に線で示している。

[0030] 図2(b)は、図2(a)のパターンドメディア2000におけるデータ部2100とサーボ部2200のパターンの例を拡大して示した平面図である。図2(b)のサーボ部2210では、凹凸加工を施した基板の凸部上の磁性薄膜パターンが、パターンドメディア2000のサーボパターンに対応している。また、サーボ部2210には、トラッキング制御を行うためのバースト信号2220が含まれている。一方、データ部2110には、周方向に連続したトラックを形成する磁性薄膜が凹部によって分離された状態で形成されている。このタイプのパターンドメディア2000は、ディスクリーントラックメディアと呼ばれている。

[0031] 図2(c)も同様に、図2(a)のパターンドメディア2000におけるデータ部2100とサーボ部2200のパターンの例を拡大して示した平面図である。図2(c)のデータ部2120では、データビットを形成する磁性薄膜が凹部によって分離された状態で形成されている。このタイプのパターンドメディア2000はビットパターンドメディアと呼ばれている。

[0032] データ部2100とサーボ部2200は分離する必要がある。理由は、データ部2100に照明光を照射し、分光波形を検出して試料面を検査するような場合、サーボ部2200に照明光スポットがかかると正確な分光波形が検出できなくなるためである。特に、図3で示すような斜入射照明の場合、パターンドメディア2000のデータ部2100の全面を連続走査する場合には、試料1の試料面が上下に震動し、その結果、走査対象位置821、831がずれ、サーボ部2200にかかる可能性が高くなる。

[0033] 次に、図 5 ～ 図 7 を用いて分光光学系の色収差補正の原理について説明する。

[0034] まず、図 5 を用いて、色収差を補正する光学系の原理について説明する。レンズ系で異なる色の光を一点に収斂させるような物点の色消しは、式（1）で表すことができる。

[0035] [数1]

$$\Delta s = \left(\frac{s_N}{h_N} \right)^2 \sum_{i=1}^N \cdot \frac{h_i^2 \phi_i}{\nu_i} \quad \dots(1)$$

[0036] ここで、図 5 に示すように、レンズ枚数を N 、各レンズの周縁光線 850 の高さを h_i 、最終レンズの周縁光線の高さを h_N 、最終レンズ面から物体面までの距離を s_N 、各レンズの屈折力及びアッベ数を ϕ_i 、 ν_i と置く。また、各レンズ面の屈折力 ϕ_i は、レンズ面の曲率半径 r とその両側の屈折率 $n(\lambda)$ 差により、アッベ数 ν_i は、中心波長 λ_0 、短波長 λ_1 、長波長 λ_2 の屈折率により求められる。これにより色収差 ΔS が導かれる。

[0037] さらに、各レンズの周縁光線の高さ h_i は最終レンズの周縁光線の高さ h_N とほぼ等しく、概略平行光となる。これにより、式（1）は以下の式（2）で表される。

[0038] [数2]

$$\Delta s = (s_N)^2 \sum_{i=1}^N \cdot \frac{\phi_i}{\nu_i} \quad (h_i \doteq h_N) \quad \dots(2)$$

[0039] 色収差を低減するためには、 ΔS を低減すればよい。従って、 $\sum (\phi_i / \nu_i)$ 、あるいは最終レンズ面から物体面までの距離 s_N を低減することにより色収差を低減することができる。前者は、各レンズの曲率半径、厚み、間隔を調整することで、低減が可能である。一方、後者は、レンズのワーキングディスタンス（WD）を小さくすることで、低減が可能である。

[0040] 図 7 に試料 1 とレンズ 910 の面間隔（WD）を減少させたときの色ずれを示す。

[0041] 色ずれとは、光軸に垂直な面 S_0 における各波長の照明幅 854 差である。

図5と6に示すように、面S0における各波長の照明幅854差の算出方法は、以下である。

[0042] まず、光線追跡で光軸に垂直な面S0における最外結像スポット851の位置852とRMS値853を算出する。

[0043] 次に、照明幅854は、結像スポット851の位置852とRMS値853をもとに、以下の式(3)で表される。

[0044] [数3]

$$X\lambda = 2 \cdot x + P\lambda \quad \dots(3)$$

[0045] ここで $X\lambda$ は照明幅、 x と $P\lambda$ はそれぞれ結像スポットの位置とRMS値である。

[0046] 以上を、各波長に対して行う。

[0047] 最後、色ずれは、各波長の照明幅854をもとに、以下の式(4)で表される。

[0048] [数4]

$$\Delta x = \frac{\text{Max.}(X\lambda) - \text{Min.}(X\lambda)}{2 \times \text{Ave.}(X\lambda)} \times 100(\%) \quad \dots(4)$$

[0049] ここで Δx は各波長の色ずれ(%)、 $\text{Max.}(X\lambda)$ は各波長 λ のうち最大の照明幅、 $\text{Min.}(X\lambda)$ は各波長 λ のうち最小の照明幅、 $\text{Ave.}(X\lambda)$ は各波長 λ の平均照明幅を示す。このとき、波長の色ずれは片側で評価するため2で割っている。

[0050] 面間隔(WD)を減少させ、上記で算出した各波長の色ずれをプロットしたものが図6(b)のシミュレーション結果である。その結果、 $WD \leq 10.0\text{mm}$ にすることで、色ずれを10%以下にすることができる。このとき、 $WD \leq 10.0\text{mm}$ の下限は、鏡筒920など、実装による制限値となる。また、 $WD \geq 10.0\text{mm}$ の場合、色ずれが極端に大きくなる。

[0051] 次に、図8～図11を用いて、UV硬化剤(接着剤)不使用時における、レンズの貼り合わせや薄いスペーサ挿入により発生する、干渉による明暗のム

ラ（光量のムラ）について検討する。

[0052] 図8に示すように、第一レンズ930の表面に対し、入射角 θ で入射する光線960には、第二レンズ950を透過する光961と反射する光970がある。特に、反射する光970は、第一レンズ930を透過した後、第二レンズ950と、第一レンズ930の表面で反射し、第二レンズ950を透過する。従って、透過する光961と反射する光970では空気間隔D980に応じて光路長差が生じる。このとき、干渉により生じる明暗のムラ（光量のムラ）は、多重反射の場合、式（5）により表される。

[0053] [数5]

$$I = (E_t)^2 = (E_{t1} + E_{t2} + E_{t3} + \dots)^2 \quad \dots(5)$$

[0054] ここで、Iは強度、Etは透過光振幅、Et1は第二レンズ950を透過する光961の振幅、Et2は第二レンズ950と、第一レンズ930の表面で反射（1回反射）し、第二レンズ950を透過する光970の振幅である。多重反射の場合、透過光振幅Et3、Et4と続く。

[0055] 2光束の干渉について考える場合、第二レンズ950を透過する光961と反射する光970は式（6）で示す光路長差 Δ を持つ。

[0056] [数6]

$$\Delta = 2nD \cos \theta \quad \dots(6)$$

[0057] ここで、空気の屈折率をn、空気間隔をD、入射角度を θ とする。

[0058] また、第二レンズ950を透過する光961と反射する光970の間には π の位相差 δ が生じ、式（7）で表すことができる。

[0059] [数7]

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta + \pi \quad \dots(7)$$

[0060] ここで、 Δ は光路長差、 λ は波長である。

[0061] 式（5）、式（7）を用いて、2光束干渉の式（8）を求めることができる。

[0062] [数8]

$$I = (E_t)^2 = (E_{t1} + E_{t2})^2 = E_{t1}^2 + E_{t2}^2 + 2E_{t1}E_{t2} \cos \delta \quad \dots(8)$$

[0063] I は 2 光束干渉の透過光強度、 E_t は透過光振幅、 E_{t1} は第二レンズ 950 を透過する光 961 の振幅、 E_{t2} は第二レンズ 950 と、第一レンズ 930 の表面で反射（2 回反射）し、第二レンズ 950 を透過する光 970 の振幅である。干渉により生じる明暗のムラ（光量のムラ）の程度は、位相差 δ に依存する。

[0064] 式（6）で示す光路長差 Δ は、 π の位相差をもつことから、干渉により生じる明暗を、式（9）のように表せる。

[0065] [数9]

$$\Delta = 2nD \cos \theta = 2m \cdot \frac{\lambda_1}{2} = (2m+1) \cdot \frac{\lambda_2}{2} \quad \dots(9)$$

[0066] ここで、波長 λ_2 は検討波長であり、 λ_1 は検討波長 λ_2 の波長に分光器分解能 γ 分を足したものである。さらに、波長 λ_2 は検討する帯域波長の中で一番長波長を選択する。これは、長波長になるほど D の値が大きくなるためである。

[0067] 式（9）より、式（10）、式（11）、式（12）を導くことができる。

[0068] [数10]

$$2m \cdot \frac{\lambda_1}{2} = (2m+1) \cdot \frac{\lambda_2}{2} \quad \dots(10)$$

[0069] [数11]

$$2m \cdot (\lambda_1 - \lambda_2) = \lambda_2 \quad \dots(11)$$

[0070] [数12]

$$\gamma = \lambda_1 - \lambda_2 = \frac{\lambda_2}{2m} \quad \dots(12)$$

[0071] ここで、波長 λ_1 と λ_2 の差は、分光器分解能 γ とすることができる。分光器分解能 γ と整数値 m は、反比例の関係にある。

式（１２）を式（９）に代入し、空気間隔Dを求める式（１３）が導かれる。

[0072] [数13]

$$D = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{4n\gamma \cos \theta} \quad \dots(13)$$

[0073] 分光器分解能 γ と空気間隔Dは、反比例の関係にある。従って、分光器分解能 γ が大きい場合、空気間隔Dは小さくなる。一方、分光器の分解能 γ が小さい場合、空気間隔Dは大きくなる。

[0074] 例えば、分光器分解能 γ が1.0nmである場合の空気間隔Dを検討する。波長帯域は200～400nmとする。また、分光器分解能 γ が1.0nmであることから、検討波長を(1)200±0.25、0.50nm、(2)300±0.25、0.50nm、(3)400±0.25、0.50nmとし、各波長の空気間隔Dにおける透過光率を検討する。

[0075] 図9（a）に示すように、第一レンズ930、第二レンズ950と空気層940からなる構造を仮定する。第一レンズ930の表面に対し、入射角 θ で入射する光線960には、第二レンズ950を透過する光961と第一レンズ930と、第二レンズ950の表面で反射し、透過する光970がある。この2つの光に対し、空気間隔D980を0～0.5 μ m変化させたときの透過光率を検討する。ここで、各波長は、(1)200nm、(2)300nm、(3)400nmである。

[0076] 図9（b）は、波長(1)200nmに対し、空気間隔D980を0～0.5 μ m変化させたときの透過光率のシミュレーション結果である。図9（b）に示される、透過光率波形の波長は、それぞれ199.50nm、199.75nm、200.00nm、200.25nm、200.50nmとそれぞれの平均990である。その結果、空気間隔D980が0～0.5 μ mと小さい場合、全ての波長の波形位相が一致し、平均990すると明暗のムラ（光量のムラ）が発生することがわかる。これは、空気間隔D980が小さく、透過する光960と反射を経て透過する光970との間に光路長差がほとんど生じず、お互いに打ち消しあう作用が働かないためである。

[0077] 図10（a）の2つの光に対し、空気間隔D980'を30～30.1 μ m変化させたときの透過光率を検討する。ここで、各波長は、(1)200nm、(2)300nm、(3)

400nmである。

[0078] 図10(b)は、波長(1)200nmに対し、空気間隔 D 980'を $30\mu\text{m}$ に拵げ、 $30\sim 30.1\mu\text{m}$ 変化させたときの透過光率のシミュレーション結果である。図10(b)に示される、透過光率波形の波長は、それぞれ199.50nm、199.75nm、200.00nm、200.25nm、200.50nmとそれぞれの平均990'である。その結果、空気間隔 D 980'が $30\sim 30.1\mu\text{m}$ と大きい場合、各波長の波形位相がずれ、平均990'すると明暗のムラ(光量のムラ)が均一化されていることがわかる。これは、空気間隔 D 980'が大きく、透過する光960'と反射を経て透過する光970'との間に光路長差が生じ、お互いに打ち消しあう作用が働くためである。

[0079] 波長 $\lambda_1=401\text{nm}$ 、波長 $\lambda_2=400\text{nm}$ 、分光器分解能 $\gamma=1.0\text{nm}$ 、入射角度 $\theta=0^\circ$ (垂直入射)、空気の屈折率 n がほぼ1に等しい、とした場合、式(13)から空気間隔 D は、 $D\geq 40.1\mu\text{m}$ を満たす必要がある。一方、 $D\geq 40.1\mu\text{m}$ を満たさない場合、透過する光960と反射を経て透過する光970との間に光路長差がほとんど生じず、お互いに打ち消しあう作用が働かないため、明暗のムラ(光量のムラ)が発生する。

[0080] 図11(a)は、分光器分解能 $\gamma=0.3\text{nm}$ 、波長400nmの場合の透過光率波形に対するPeak to Valley値999を、空気間隔 D ごとにプロットしたグラフである。

[0081] 図11(b)は、分光器分解能 $\gamma=1.0\text{nm}$ 、波長400nmの場合の透過光率波形に対するPeak to Valley値999'を、空気間隔 D ごとにプロットしたグラフである。

[0082] 分光器分解能 γ が0.3nmの場合、空気間隔 D は、式(13)から $D\geq 133.4\mu\text{m}$ を満たす必要がある。一方、 $D\geq 133.4\mu\text{m}$ を満たさない場合、透過する光960と反射を経て透過する光970との間に光路長差がほとんど生じず、お互いに打ち消しあう作用が働かないため、明暗のムラ(光量のムラ)が発生する。

[0083] 図11に示すシミュレーション結果1040、1040'と、式(13)

による結果 1050, 1050' に不一致が生じる。これは、実際、多重反射しているのに対し、式 (13) が1回反射のみしか考慮していないためである。式 (13) で算出される空気間隔Dを1.5倍 1060, 1060' する必要がある。

実施例 2

[0084] 以下では、本実施の形態の分光光学系を用いた分光測定装置の例であるハードディスク検査装置について説明する。図12は、本実施の形態の分光光学系を用いたハードディスク検査装置の構成例を示した図である。

[0085] ハードディスク検査装置は、試料1に照明光を照射し、試料1からの正反射光を分光検出する分光光学系200と、検査対象である試料1を搭載し、試料1上の任意の位置で分光検出できるように、試料1の位置を分光光学系200に対して相対的に移動させることができるステージ部300と、分光器150やステージ部300の動作を制御する制御部400と、分光器150において検出した分光波形のデータに基づいて試料1に形成されたパターンの形状または形状異常を検出するデータ処理部500とで構成される。

[0086] 分光光学系200は、図1に示した分光光学系と同様の構成である。このとき、分光器150の入射口位置を結像位置としておくと、入射口の大きさによって試料1において分光検出する領域の大きさを制御することができる。例えば、入射口の大きさを $\phi 400\mu\text{m}$ とし、結像面での倍率を8倍とすると、分光検出領域の大きさは検査対象ディスク（試料1）上で $\phi 50\mu\text{m}$ となる。

[0087] 上述したように、400nm付近の波長を利用しようとする場合、適用できる光学素子等は限られたものとなる。光源100には、波長190nm付近以上の光を射出するキセノンランプや重水素ランプ等を用いることができる。ただし、試料1によっては波長400nm程度以上でも十分性能を発揮できる場合もあり、その場合はハロゲンランプ等の可視光から赤外光の光を射出する光源100を用いてもよい。

[0088] 最後に、本実施の形態のハードディスク検査装置におけるステージ部30

0、制御部400、データ処理部500について説明する。図12において、ステージ部300は、試料1の試料面と平行な方向に移動するXステージ301と、試料101の試料面に垂直な方向に移動するZステージ302および試料1のディスク（パターンドメディア2000）を回転させる θ ステージ303によって構成される。Zステージ302は、分光光学系200のフォーカス位置に試料1を移動させるためのものであり、Xステージ301と θ ステージ303は、試料1の任意の位置に分光光学系200を移動させるためのものである。

[0089] 試料1の任意の位置に分光光学系200を移動させる方法として、XYステージを用いてもよい。試料1がディスクであり試料面におけるパターンも同心円状または同心円上に形成されている場合、X θ ステージの方が適している。さらに、ディスク表面全面を高速に検査することを目的とした場合、XYステージよりもX θ ステージの方が単純な動作となるためより適している。よって、本実施の形態のハードディスク検査装置では、Xステージ301と θ ステージ303によるX θ ステージの構成をとっている。

[0090] 図13は、データ処理部500での処理の概要について説明した図である。データ処理部500は、大きく分けて次の二つの処理を実行する。一つは分光反射率の算出であり、もう一つはパターン形状・欠陥検出処理である。上述の通り、本実施の形態のハードディスク検査装置では、試料1表面の分光反射率に基づいて試料1のパターン形状・欠陥を検出するものである。

[0091] 分光光学系200で検出が可能なのは、試料1表面の分光強度分布である。そこで、予め異なるパターン形状510を有する試料1に対して光学シミュレーションを行い、算出された分光反射率の波長依存性のグラフ511をデータベース513に格納しておく。次に、パターンが繰り返し形成された試料1に光源100からの照明光を、分光光学系200を通して照射し、試料面からの正反射光を分光器150で受光する。

[0092] データ処理部500では、分光器150で検出された分光強度分布に基づいて分光反射率の波長依存性のグラフ512を得る。最後に、データベース

5 1 3に格納されている、光学シミュレーションによって算出された分光反射率の波長依存性のグラフ5 1 1から、測定によって得られた分光反射率の波長依存性のグラフ5 1 2と近似するものを、分光反射率の波形比較5 1 4によって選定することで、試料1の形状を特定することができる。

[0093] 以上のように、本実施の形態の分光光学系200によれば、光源100、折り返しミラー110、視野絞り120、及び試料1上を照明させる物体側対物レンズ系130からなる照明光学系と、物体側対物レンズ系130、視野絞り120、折り返しミラー110、及び試料1上の結像面に配置される像側集光レンズ系140からなる検出光学系と、試料1からの正反射光を分光する分光器150から構成される。そして、物体側対物レンズ系130と像側集光レンズ系140は、深紫外から紫外光までの波長190nm～400nmの広帯域で色補正され、かつ屈折型レンズのみで構成される。

[0094] そして、レンズのワーキングディスタンス(WD)を $WD \leq 10.0\text{mm}$ で設定することにより、色ずれ低減が可能になる。

[0095] また、各接合レンズ間隔Dを $(\lambda_1 \cdot \lambda_2) / (4n\gamma) \leq D$ で設定することにより、干渉による明暗のムラ（光量のムラ）の発生抑制が可能になる。

[0096] また、垂直落射照明とすることで、反射型光学系の斜入射照明において課題であった、デフォーカスによる位置ずれが低減される。さらに、広帯域色補正により、波長毎の照明位置が一致し、高精度な分光測定（構造や膜厚測定等）が可能となる。

[0097] 以上、本発明者によってなされた発明を実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。

[0098] 例えば、本実施の形態の分光光学系200および分光測定装置では、分光測定により、パターンドメディア2000の表面のパターン形状・欠陥を検出する構成となっているが、試料1はパターンドメディア2000に限られず、表面に構造やパターンを有する試料1であれば、その構造をデータ処理

部500での分光反射率のマッチングによって検出することが可能である。
また、試料1の表面の構造に限らず、分光測定による薄膜の膜厚測定等にも用いることができる。

産業上の利用可能性

[0099] 本発明の分光光学系および分光測定装置は、半導体やパターンドメディア検査装置、分光測定による薄膜の膜厚測定装置等、屈折レンズを用いた光学系により広帯域色補正を行う分光光学系および分光測定装置に利用可能である。

符号の説明

[0100] 1, 1' …試料、100…光源、110…折り返し部材、120…視野絞り、130…物体側対物レンズ系、140…像側集光レンズ系、150…分光器、200…分光光学系、300…ステージ部、301…Xステージ、302…Zステージ、303… θ ステージ、400…制御部、500…データ処理部、510…パターン形状、511…シミュレーションにより算出された分光反射率の波長依存性グラフ、512…検出された分光強度分布に基づく分光反射率の波長依存性グラフ、513…データベース、514…分光反射率の波形比較、811…斜入射照明、812…垂直照明、821, 822…デフォーカス前の走査対象位置、831, 832…デフォーカス後の走査対象位置、850…周縁光線、851…最外結像スポット、852…最外結像スポットの位置 x 、853…最外結像スポットのRMS値 P_λ 、854…照明幅 X_λ 、910…レンズ、920…鏡筒、930, 930' …第一レンズ、940, 940' …空気、950, 950' …第二レンズ、960, 960' …入射光、961, 961' …第二レンズ透過光、970, 970' …第一及び第二レンズ面反射光、980, 980' …空気間隔 D 、990…波長199.50nm、199.75nm、200.00nm、200.25nm、200.50nmの透過光率波形、および波長199.50~200.50nmの透過光率波形の平均、990' …波長199.50~200.50nmの透過光率波形の平均、991' …波長199.50nmの透過光率波形、992

' ...波長 199.75 nm の透過光率波形、993' ...波長 200.00 nm の透過光率波形、994' ...波長 200.25 nm の透過光率波形、995' ...波長 200.50 nm の透過光率波形、1040 ...波長 399.85 ~ 400.1 nm の透過光率波形の平均に対する Peak to Valley 値の空気間隔ごとのプロット、1040' ...波長 399.50 ~ 400.50 nm の透過光率波形の平均に対する Peak to Valley 値の空気間隔ごとのプロット、2000 ...パターンメディア、2100 ~ 2120 ...データ部、2200 ~ 2210 ...サーボ部、2220 ...バースト信号用パターン。

請求の範囲

[請求項1] 光源、折り返しミラー、視野絞り、及び試料上を照明する物体側対物レンズ系からなる照明光学系と、該物体側対物レンズ系、該視野絞り、該折り返しミラー、及び該物体側の結像面に配置される像側集光レンズ系からなる検出光学系と、前記試料からの正反射光を分光する分光器とを有し、

前記物体側対物レンズ系と、前記像側集光レンズ系は、波長190～400nmのブロードな帯域で色補正され、かつ屈折型レンズのみで構成される分光光学系であって、

レンズのワーキングディスタンス（WD）が、次の式（1）を満たすように設定されることを特徴とする分光光学系。

$$(1) \quad WD \leq 10.0 \text{ mm}$$

[請求項2] 請求項1に記載の分光光学系において、さらに、

各接合レンズ間隔Dが、次の式（2）を満たすように設定されることを特徴とする分光光学系。

$$(2) \quad (\lambda_1 \cdot \lambda_2) / (4 n \gamma) \leq D$$

ただし、nは空気の屈折率、 γ は分光器分解能である。また、 λ_2 は検討波長であり、検討する帯域波長の中で一番長波長を選択する。 λ_1 は検討波長 λ_2 の波長に分光器分解能 γ 分を足したものである。

[請求項3] 請求項1に記載の分光光学系において、

前記光源は、深紫外から可視光の光を射出するものであることを特徴とする分光光学系。

[請求項4] 請求項1に記載の分光光学系において、

前記照明光学系は、試料を垂直に照射するものであることを特徴とする分光光学系。

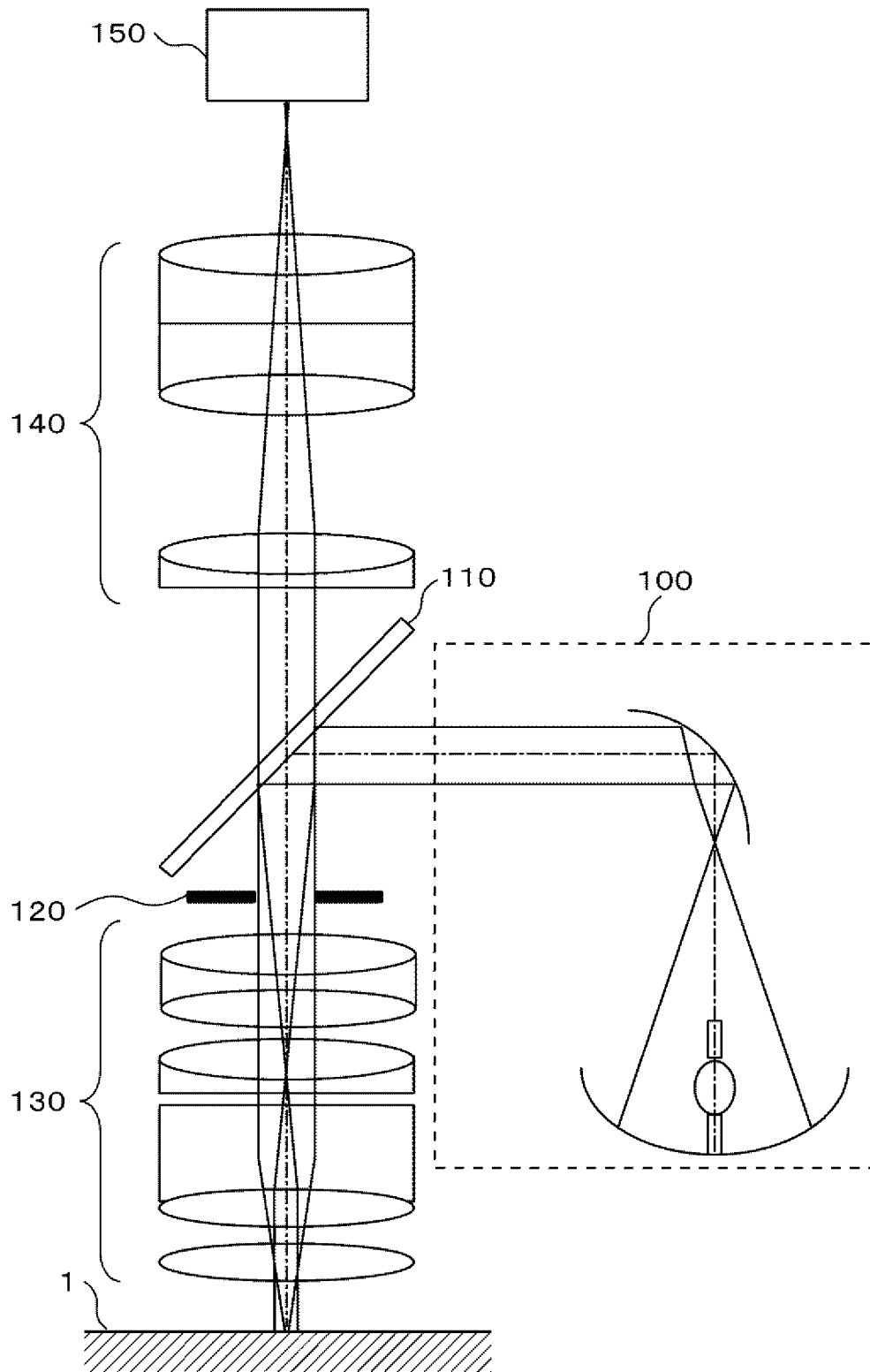
[請求項5] 請求項1に記載の分光光学系において、

前記物体側照明光学系と、前記像側検出光学系は、蛍石と石英からなる屈折型レンズのみで構成されることを特徴とする分光光学系。

- [請求項6] 請求項2記載の分光光学系において、
各接合レンズ間隔Dは、多重反射を考慮して、次の式(3)を満たすように設定されていることを特徴とする分光光学系。
- $$(3) \quad 1.5 \cdot (\lambda_1 \cdot \lambda_2) / (4n\gamma) \leq D$$
- [請求項7] 請求項1に記載の分光光学系と、
前記試料を搭載し、前記試料の位置を前記分光光学系に対して相対的に移動させることができるステージ部と、
前記分光器および前記ステージ部の動作を制御する制御部と、
前記分光器において検出した分光強度分布に基づいて前記試料に形成されたパターンの形状または形状異常を検出するデータ処理部とを有する構成であることを特徴とする分光測定装置。
- [請求項8] 請求項7に記載の分光測定装置において、
前記ステージ部は、前記分光光学系によって前記試料の全面が連続走査されるように、前記試料を移動させることを特徴とする分光測定装置。
- [請求項9] 請求項7に記載の分光測定装置において、
前記データ処理部は、前記試料における異なるパターン形状に対して予め算出した分光反射率の波長依存性のグラフを格納するデータベースを有し、
前記分光器において検出した分光強度分布に基づいて、前記試料について測定した分光反射率の波長依存性のグラフを取得し、
前記データベースに格納されている分光反射率の波長依存性のグラフから、前記試料について測定した分光反射率の波長依存性のグラフと一致するものを、分光反射率の波形の比較により選定することによって、前記試料に形成されたパターン形状を特定することを特徴とする分光測定装置。
- [請求項10] 請求項9記載の分光測定装置において、
前記パターン形状に膜厚を含むことを特徴とする分光測定装置。

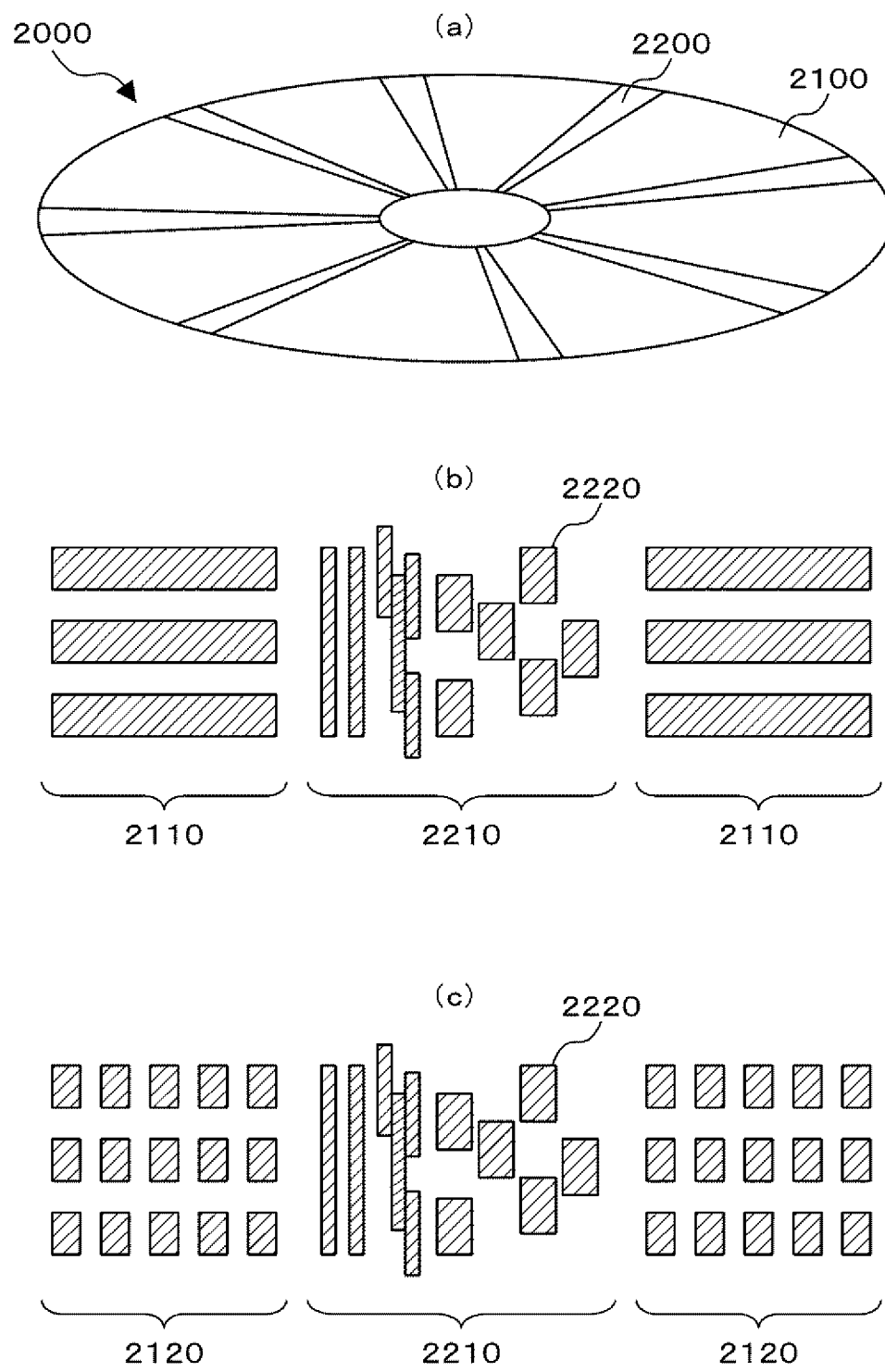
[図1]

図 1



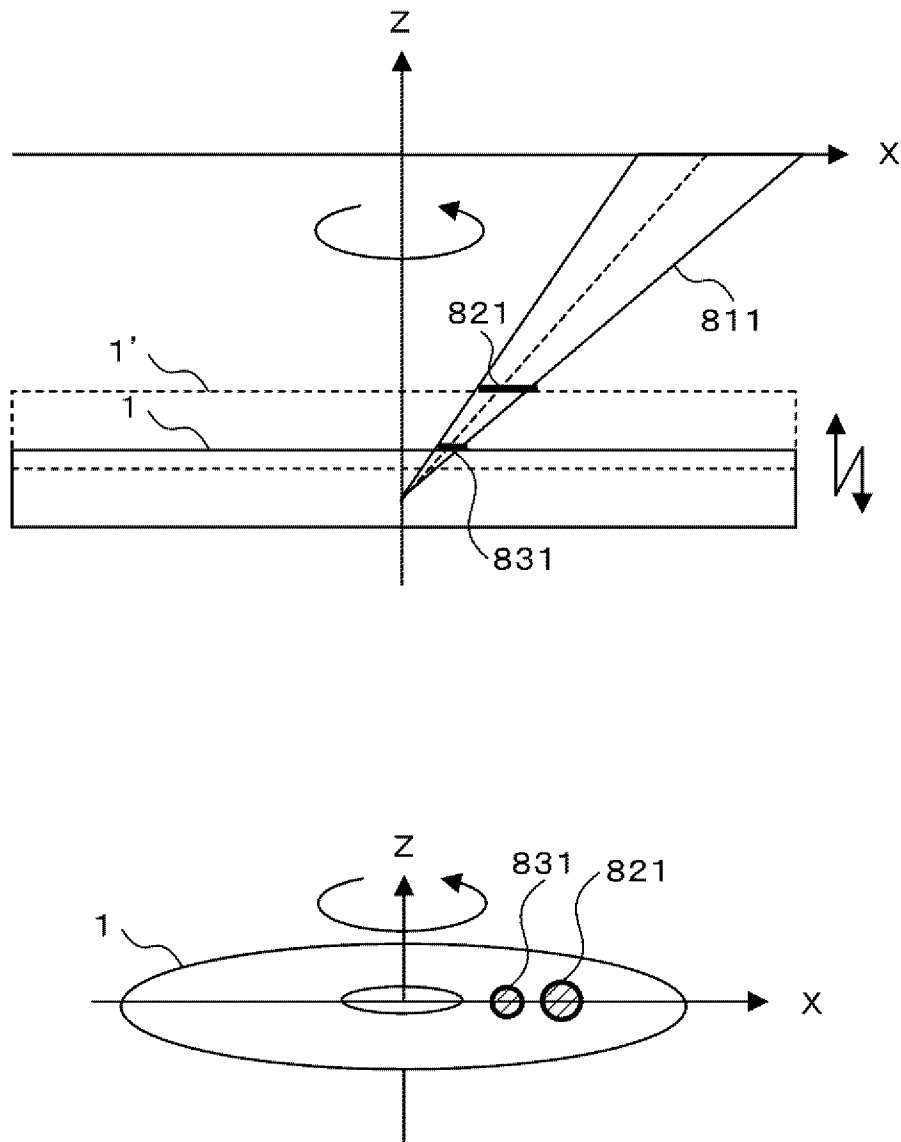
[図2]

図 2



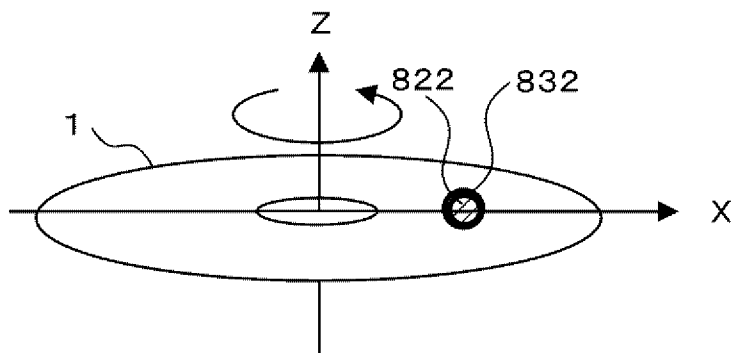
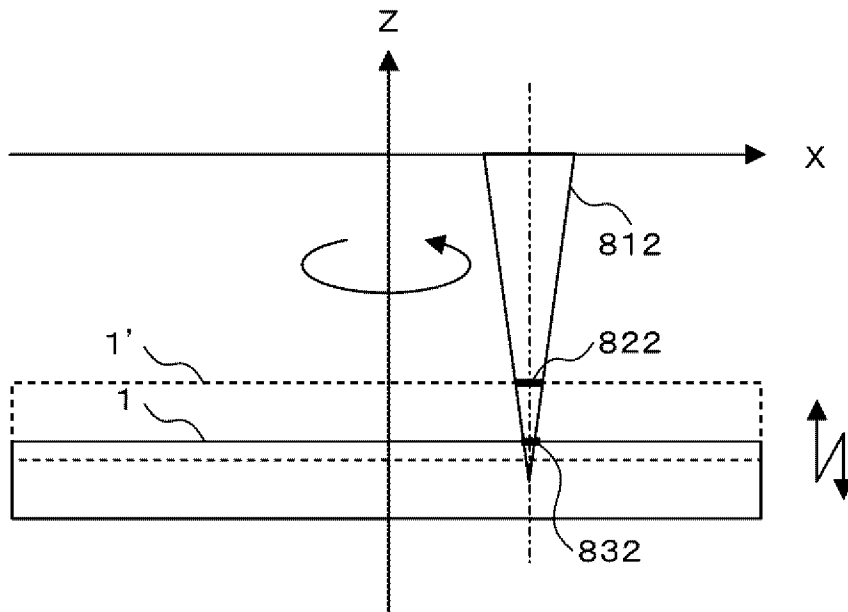
[図3]

図 3



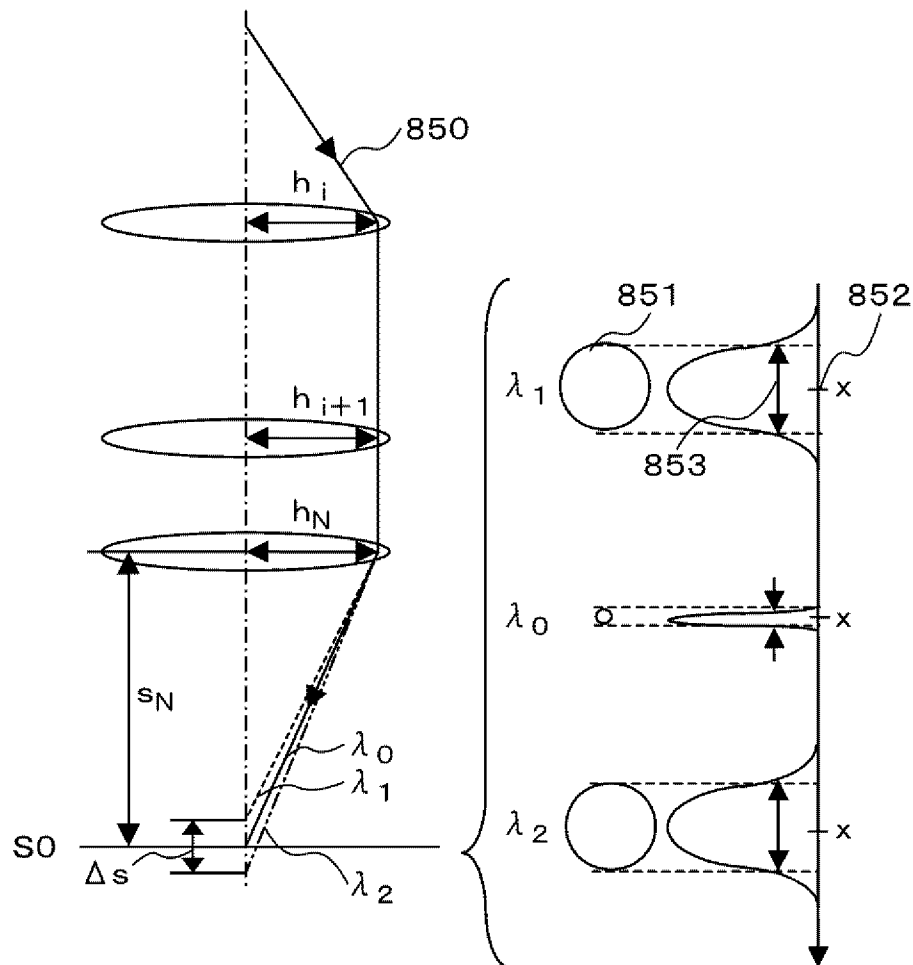
[図4]

図 4



[図5]

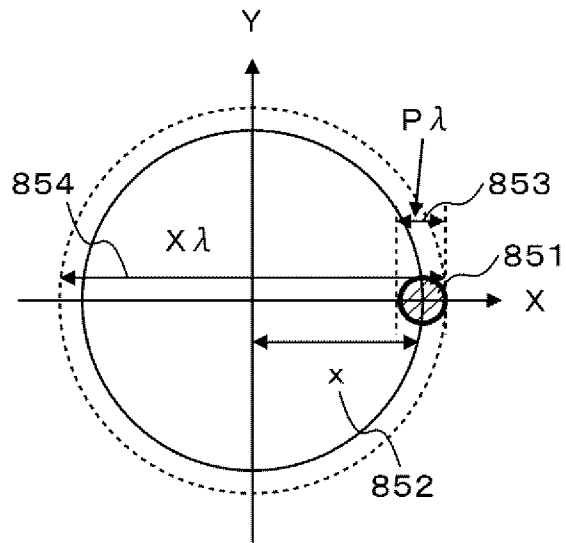
図 5



- レンズ枚数: N
- 各レンズの周縁光線の高さ: h_i
- 最終レンズの周縁光線の高さ: h_N
- 最終レンズ面から物体面までの距離: s_N
- 各レンズの屈折力, アッベ数: ϕ_i, ν_i

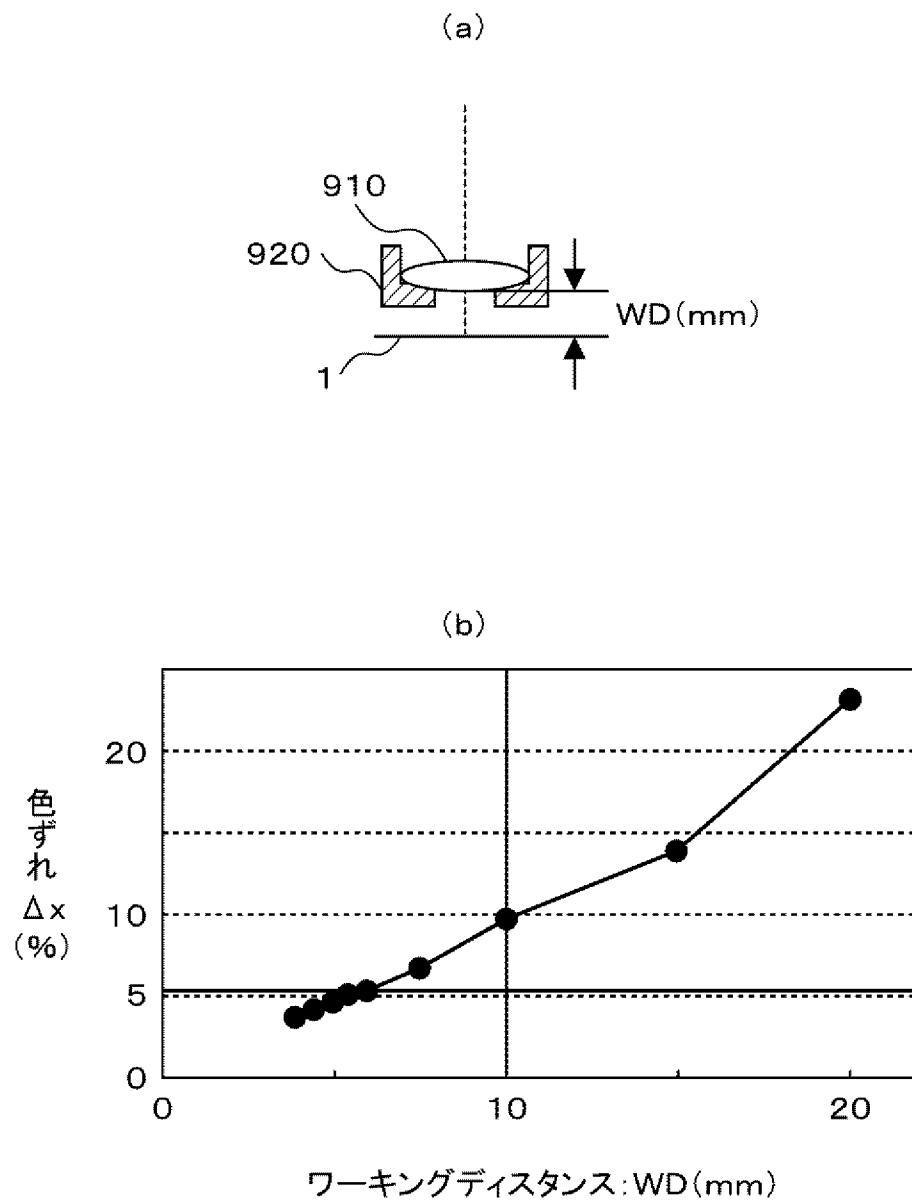
[図6]

図 6



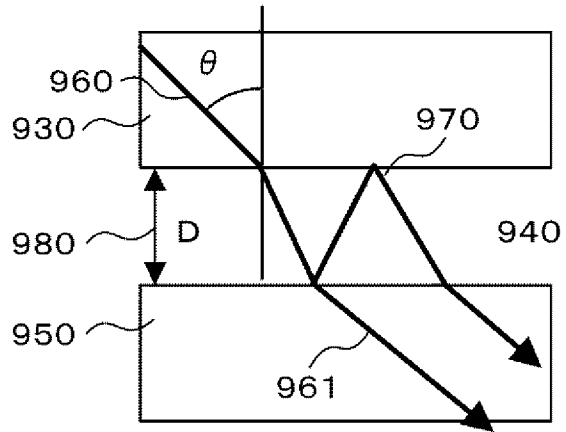
[図7]

図 7



[図8]

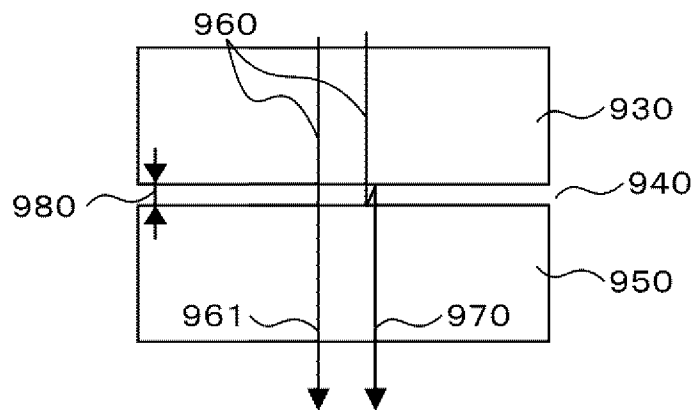
図 8



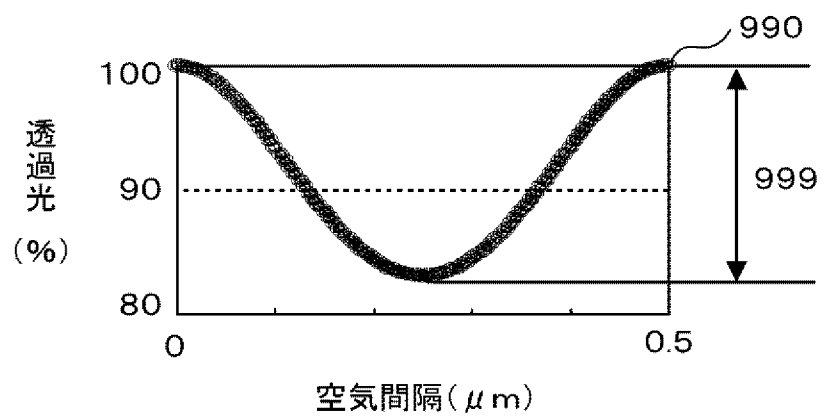
[図9]

図 9

(a)



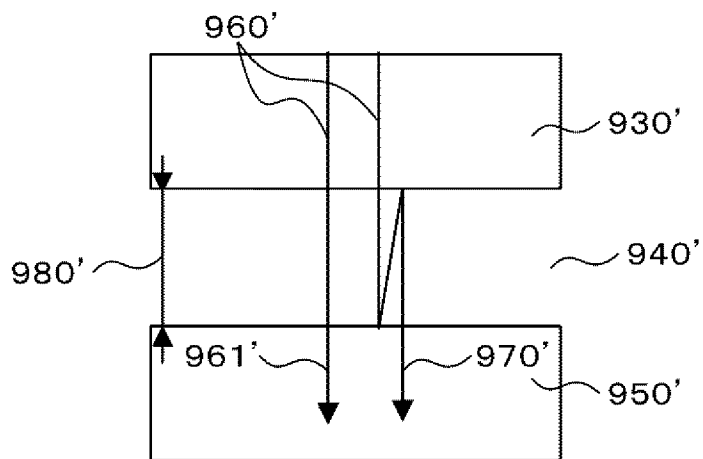
(b)



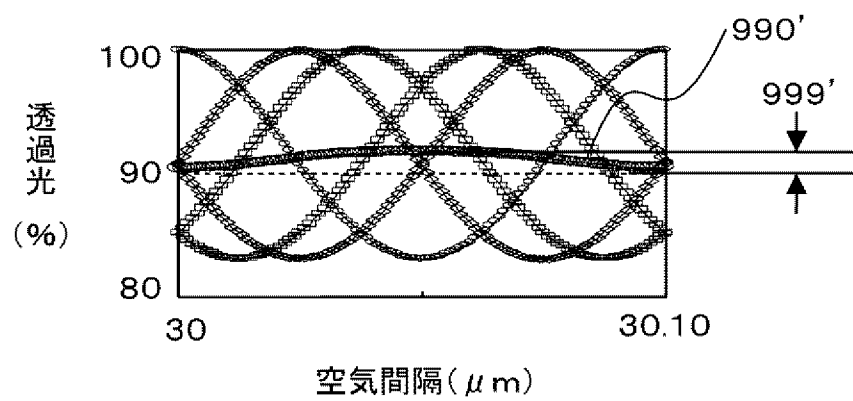
[図10]

図 10

(a)



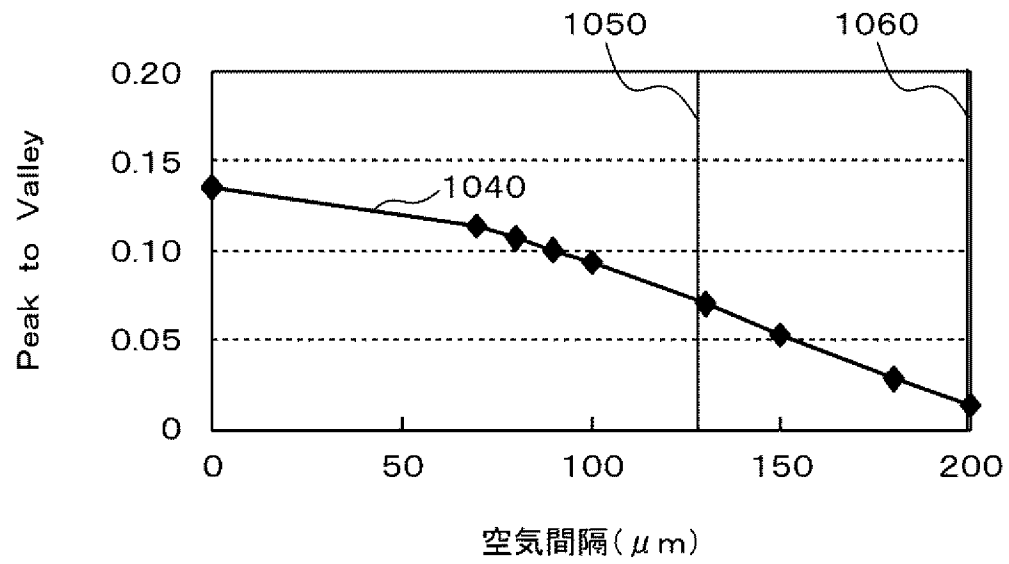
(b)



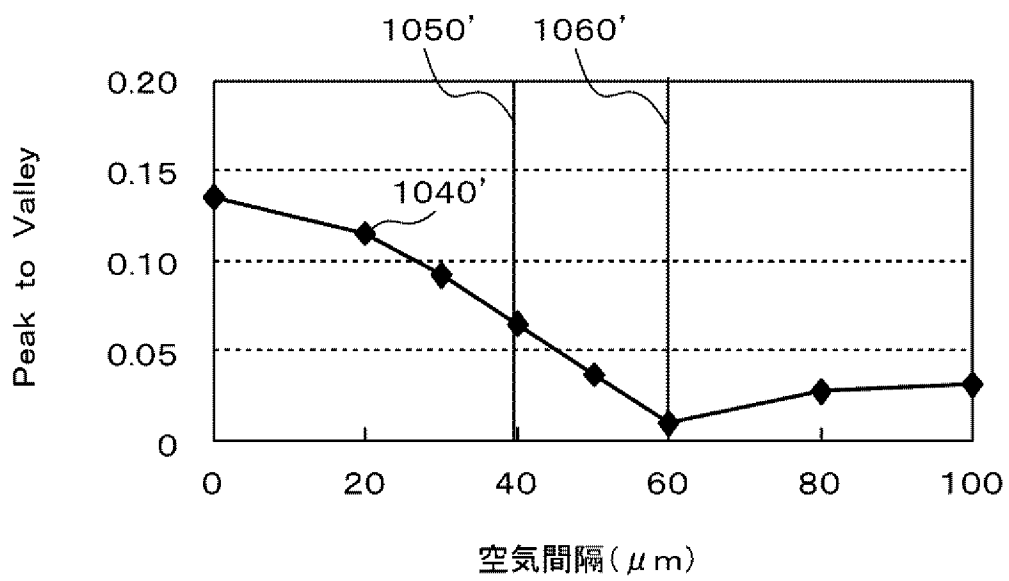
[図11]

図 1 1

(a)

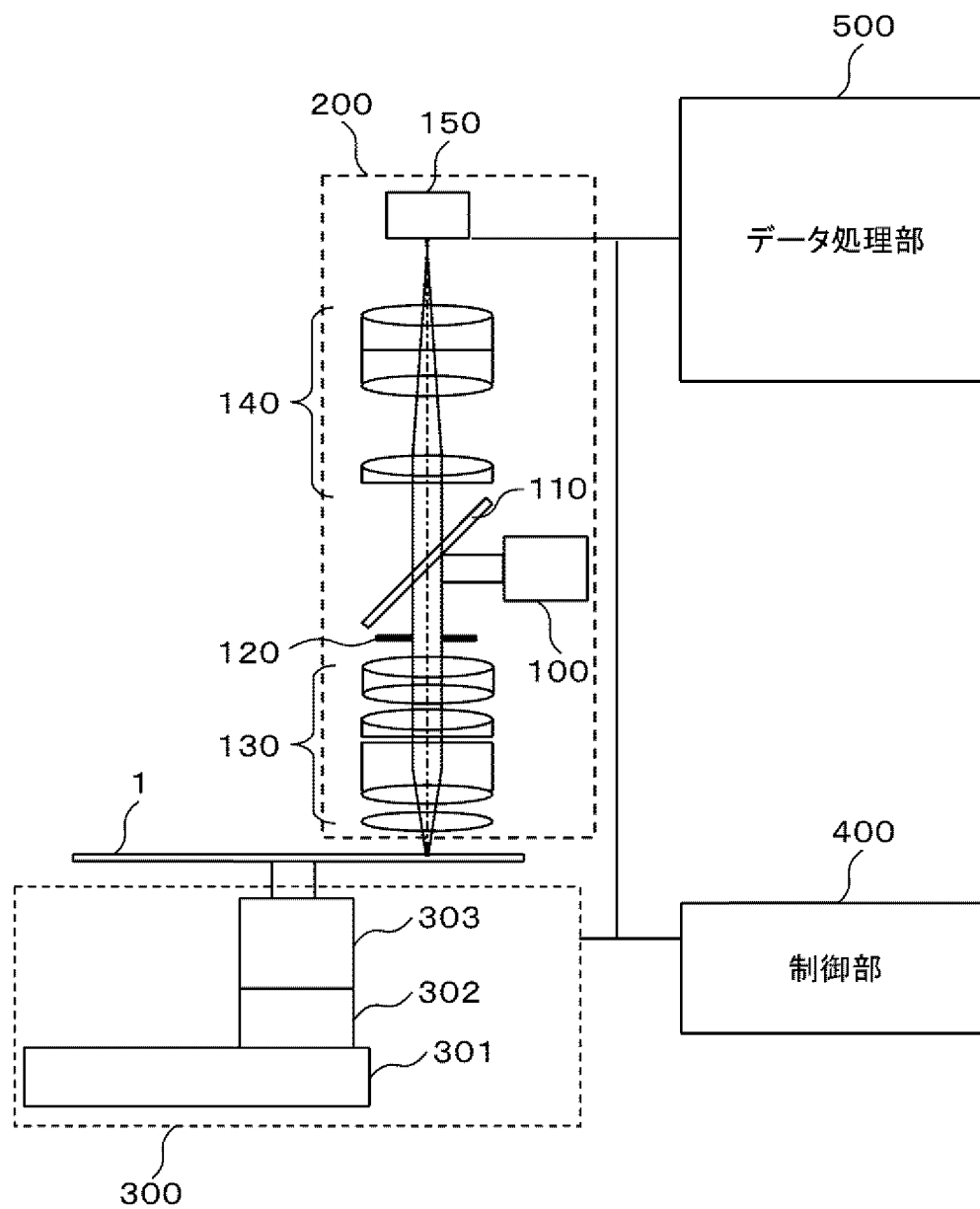


(b)



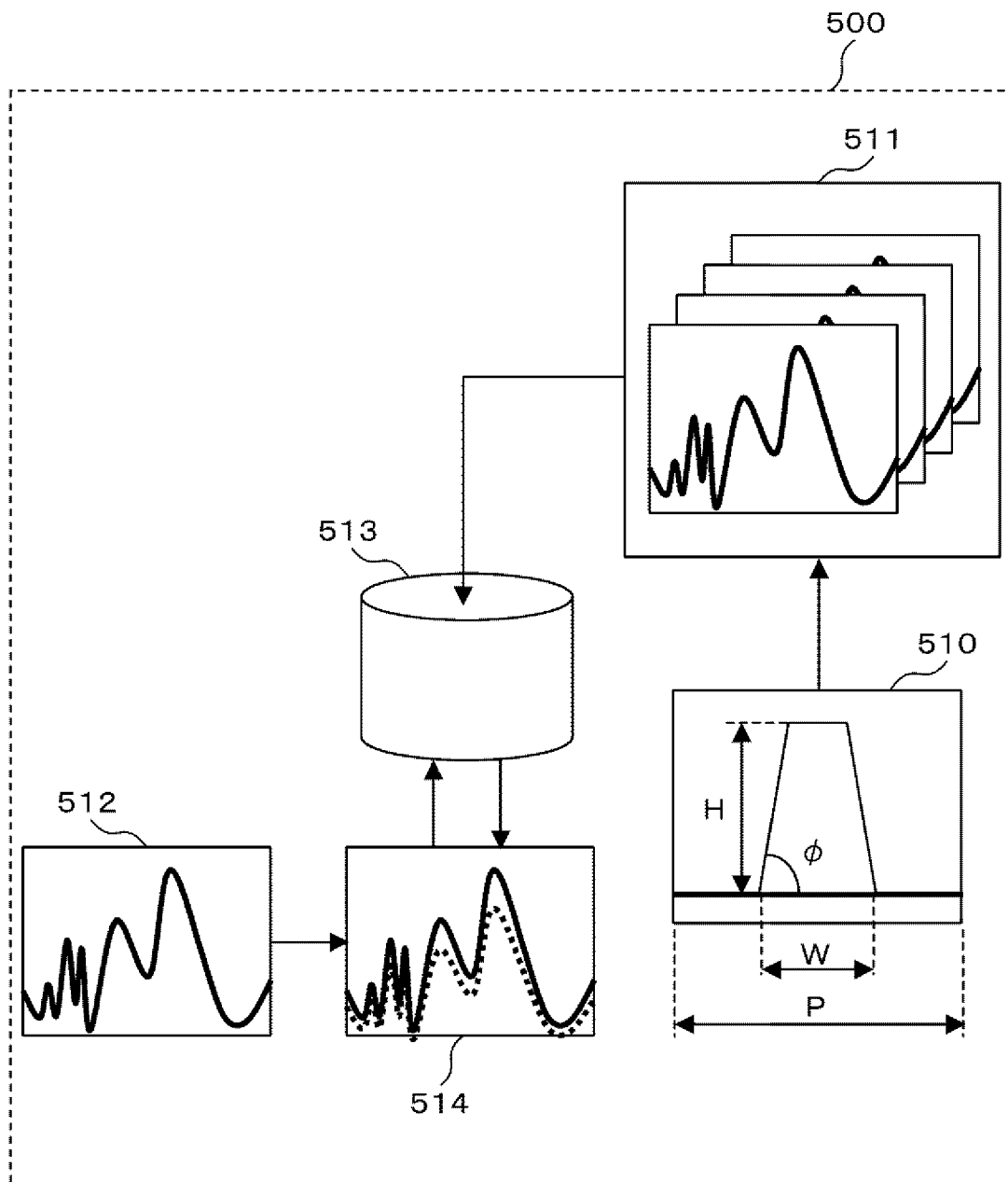
[図12]

図 1 2



[図13]

図 13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/006963

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B11/24(2006.01)i, G01B11/06(2006.01)i, G01J3/02(2006.01)i, G01N21/95
(2006.01)i, G01N21/956(2006.01)i, G02B21/16(2006.01)i, G11B5/84(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01B11/24, G01B11/06, G01J3/02, G01N21/95, G01N21/956, G02B21/16,
G11B5/84

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2003-527636 A (KLA-Tencor Technologies Corp.), 16 September 2003 (16.09.2003), paragraphs [0013] to [0018], [0022] to [0025], [0035], [0036], [0044]; fig. 1 to 5 & WO 2001/069298 A1 & US 6362923 B1	1, 3-5, 7-10 2, 6
Y	JP 2005-127830 A (Hitachi, Ltd.), 19 May 2005 (19.05.2005), paragraphs [0005], [0006], [0029] to [0057]; fig. 1 to 4 & WO 2005/040719 A1	1, 3-5, 7-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
03 February, 2010 (03.02.10)

Date of mailing of the international search report
16 February, 2010 (16.02.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/006963

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-354556 A (Nikon Corp.), 16 December 2004 (16.12.2004), paragraphs [0017] to [0023], [0067] to [0071]; fig. 2, 8 (Family: none)	1, 3-5, 7-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01B11/24(2006.01)i, G01B11/06(2006.01)i, G01J3/02(2006.01)i, G01N21/95(2006.01)i, G01N21/956(2006.01)i, G02B21/16(2006.01)i, G11B5/84(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01B11/24, G01B11/06, G01J3/02, G01N21/95, G01N21/956, G02B21/16, G11B5/84

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2003-527636 A（ケーエルエーテンカー テクノロジース コーポレーション）2003.09.16, 段落13-18, 22-25, 35, 36, 44、図1-5 & WO 2001/069298 A1 & US 6362923 B1	1, 3-5, 7-10 2, 6
Y	JP 2005-127830 A（株式会社日立製作所）2005.05.19 段落5, 6, 29-57, 図1-4 & WO 2005/040719 A1	1, 3-5, 7-10
Y	JP 2004-354556 A（株式会社ニコン）2004.12.16 段落17-23, 67-71、図2, 8（ファミリーなし）	1, 3-5, 7-10

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 3 . 0 2 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

1 6 . 0 2 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

後藤 昌夫

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

2 S

3 1 0 3