

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4618552号
(P4618552)

(45) 発行日 平成23年1月26日 (2011. 1. 26)

(24) 登録日 平成22年11月5日 (2010. 11. 5)

(51) Int. Cl.

F 1

H 0 1 L 21/027 (2006. 01)

H 0 1 L 21/30 5 1 5 D

G 0 3 F 7/20 (2006. 01)

G 0 3 F 7/20 5 0 1

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2005-121096 (P2005-121096)
 (22) 出願日 平成17年4月19日 (2005. 4. 19)
 (65) 公開番号 特開2006-303094 (P2006-303094A)
 (43) 公開日 平成18年11月2日 (2006. 11. 2)
 審査請求日 平成20年2月12日 (2008. 2. 12)

(73) 特許権者 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
 (74) 代理人 100092897
 弁理士 大西 正悟
 (72) 発明者 中島 康晴
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
 式会社ニコン内
 (72) 発明者 大森 健雄
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
 式会社ニコン内
 (72) 発明者 広瀬 秀男
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
 式会社ニコン内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 紫外光学装置および光源装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

紫外線を透過させる窓部材を有した容器と、前記容器内に配設された光学系とを備え、
 前記窓部材を介して外部空間から前記光学系に紫外光を入射させ、前記光学系から前記
 窓部材を介して前記外部空間へ前記紫外線を出射させるように構成された紫外光学装置で
 あって、

前記窓部材は二酸化珪素を主成分とする材料から作られるとともに、前記外部空間に露
 出している前記窓部材の外面は、コーティングを施すことなく前記二酸化珪素を露出させ
 て構成したことを特徴とする紫外光学装置。

【請求項 2】

前記容器の内部がケミカルクリーンな状態に保持されていることを特徴とする請求項 1
 記載の紫外光学装置。

【請求項 3】

前記容器の内部が不活性ガスで満たされていることを特徴とする請求項 2 記載の紫外光
 学装置。

【請求項 4】

前記紫外光が深紫外光であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の紫外光
 学装置。

【請求項 5】

紫外線を照射する光源と、

前記紫外線を透過させる窓部材を有した容器と、
前記光源の最も近くに位置し、前記容器内に配設された光学系とを備え、
前記窓部材を介して外部空間から前記光学系に紫外光を入射させ、前記光学系から前記窓部材を介して前記外部空間へ前記紫外線を出射させるように構成された光源装置であって、

前記窓部材は二酸化珪素を主成分とする材料から作られるとともに、前記外部空間に露出している前記窓部材の外面は、コーティングを施すことなく前記二酸化珪素を露出させて構成したことを特徴とする光源装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、紫外光（特に、深紫外光）を用いた光学装置に関するもので、例えば、半導体検査装置の照明光学系、半導体露光装置の照明光学系等に適用できる紫外光学装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体素子を製造するフォトリソグラフィ工程では、フォトマスクのパターンを投影光学系を介して基板上に露光する縮小投影露光装置や、形成された回路を撮像光学系により撮像して検査する光学検査装置が使用されている。このような露光装置や検査装置に用いられる光源は、半導体集積回路の微細化に伴って短波長化が進んでおり、近年ではエキシマレーザ等の深紫外（DUV）光源が広く使用されている。

20

【0003】

深紫外光が空气中を浮遊している化学物質に照射されるとこの化学物質が活性化され、上記の露光装置や検査装置における光学系を構成するガラス部品の表面に析出付着することが知られている。特に、装置内の雰囲気中に含まれる有機珪素系ガスは深紫外光の照射を受けて酸素と反応し、ガラス部品の表面に二酸化珪素（ SiO_2 ）として析出してガラス部品の表面に曇りを生じさせ、光学系の照度低下、照度むらを発生させることが従来から知られている。

【0004】

このようなことから、従来では、光学系全体、もしくは光学系の主要部品を気密状態に構成されたチャンバー（容器）内に配設するとともに、このチャンバーの内部を窒素等の不活性ガスで充満する等してケミカルクリーンな状態とし、このようなガラス部品の表面の曇りの発生を防止することが知られている。例えば、特許文献1には光学系全体をチャンバー内に配設する例が開示されており、特許文献2には光学系の主要部品をチャンバー内に配設する例が開示されている。なお、光学系の主要部品をチャンバー内に配設する場合には、紫外光源はチャンバー外に設けられ、紫外光源から出射された紫外光束はチャンバーに設けられた窓部材を通して内部に配設された主要光学系部品に入射し、且つ主要光学系部品からの出射光（透過光、反射光等）は窓部材を介して外部に出射される。このため、窓部材はチャンバー内への空気の流入を防止できるようにチャンバー壁に一体に設けられ、且つ紫外光束を通過させる材料から作られる。

30

40

【特許文献1】特開2001-235430号公報

【特許文献2】特開平11-54852号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、光学系全体をチャンバー内に配設する場合には、光学系の大きさに応じたチャンバー容積が必要であり、上述の半導体露光装置や光学検査装置のような大型の光学系をチャンバー内に入れるにはチャンバーが大きくなりすぎて実用上その製作が難しいという問題がある。

【0006】

50

一方、主要光学系部品のみをチャンバー内に配設する構成の場合、窓部材の外表面は外気に触れるため、外表面に二酸化珪素 (SiO_2) が析出するのを避けることができない。特に、通常は窓部材の表面には反射防止膜が形成されているが、この反射防止膜の表面に二酸化珪素膜が析出すると反射防止膜の光学特性が変化し、窓部材の光透過率 (紫外光透過率) が変化 (低下) するという問題がある。特に、光透過率特性の変化が波長毎に相違する、すなわち、分光透過率の変化特性が波長毎に相違するという問題がある。このように光透過率特性が変化すると、光学装置としての性能が変化するため、二酸化珪素膜の析出に応じて光透過率特性が大きく変化する前に窓部材を交換する必要がある、窓部材を比較的短時間で交換しなければならないという問題があった。

【0007】

10

本発明はこのような問題に鑑みたもので、窓部材の外表面に二酸化珪素膜が析出した場合でも光透過率 (紫外光透過率) の変化 (低下) が小さく、且つ分光透過率の特性変化の波長毎の相違も小さくなる窓部材を有し、窓部材を交換することなく長期間の使用が可能となるような紫外光学装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

このようなことから本発明の紫外光学装置は、紫外線を透過させる窓部材を有した容器と、前記容器内に配設された光学系とを備え、前記窓部材を介して外部空間から前記光学系に紫外光を入射させ、前記光学系から前記窓部材を介して前記外部空間へ前記紫外線を出射させるように構成され、前記窓部材は二酸化珪素を主成分とする材料から作られるとともに、前記外部空間に露出している前記窓部材の外表面は、コーティングを施すことなく前記二酸化珪素を露出して形成される。

20

【0009】

そして、例えば容器の内部が不活性ガスで満たされるなどして、容器の内部がケミカルクリーンな状態に保持されているのが好ましい。また、窓部材の内表面に反射防止膜が形成されているのが好ましい。なお、本発明の紫外光学装置は、紫外光として深紫外光を用いる場合に適している。

【0010】

一方、本発明に係る光源装置は、紫外線を照射する光源と、前記紫外線を透過させる窓部材を有した容器と、前記光源の最も近くに位置し、前記容器内に配設された光学系とを備え、前記窓部材を介して外部空間から前記光学系に紫外光を入射させ、前記光学系から前記窓部材を介して前記外部空間へ前記紫外線を出射させるように構成され、前記窓部材は二酸化珪素を主成分とする材料から作られるとともに、前記外部空間に露出している前記窓部材の外表面は、コーティングを施すことなく前記二酸化珪素を露出して形成される。

30

【発明の効果】

【0011】

40

このような本発明の紫外光学装置によれば、窓部材の外表面はコーティングを施すことなく無垢の二酸化珪素 (SiO_2) が露出して形成されているので、この外表面に二酸化珪素 (SiO_2) が析出したとしても同一材料の層が形成されるだけであり、窓部材の光学的性能、特に光透過率の変化 (低下) が小さく、且つ分光透過率特性の分光毎の変化の相違も小さく押さえられる。この結果、長時間の使用においても窓部材を交換する必要がなくなり、紫外光学装置を、部品交換やメンテナンスを行なわなくても光学性能を低下させることなく長時間使用することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

以下、図面を参照して本発明の最適な実施形態について説明する。まず、図1に本発明

50

の紫外光学装置の第1の実施形態を示している。この装置は、気密性を有するチャンバー（容器）10の内部に、レンズ30、ビームスプリッタ40、フィルタ50といった主要光学部材を配設して構成されている。なお、これら主要光学部材を通して延びる光軸上に位置して第1～第3窓部材20、21、22が、チャンバー10の壁15に形成された開口に気密状態を保つように接合配設されている。このため、チャンバー10の内部空間Bは、壁15の開口部に第1～第3窓部材20、21、22を一体に有して構成されたチャンバー10により気密状態に保たれて外部空間Aから隔離されている。

【0013】

この光学装置においては、図示しない紫外光源から矢印を有した一点鎖線で示す方向（矢印の方向）に紫外光（波長が約400nm以下の光）、特に深紫外光（波長が約300nm以下の光）が照射される。このため、外部空間Aに設けられた図示しない紫外光源から出射された深紫外光は、まず第1窓部材20を透過してレンズ30に入射してこれを透過し、ビームスプリッタ40により図中上方に反射される光と右方に透過される光とに分けられて、それぞれ第2窓部材21および第3窓部材22を透過して外部空間Aに出射される。

10

【0014】

チャンバー10の内部空間Bは、有機珪素系ガスの発生源となる媒質を用いない、いわゆるケミカルクリーンな状態に保たれている。このため、第1窓部材20を透過した深紫外光がチャンバー10の内部空間B内を通過するときに二酸化珪素（ SiO_2 ）が析出することがなく、チャンバー10内に配設された主要光学部品（すなわち、レンズ30、ビームスプリッタ40、フィルタ50）の表面に二酸化珪素（ SiO_2 ）の層が析出形成することがない。

20

【0015】

第1～第3窓部材20、21、22を代表して、第1窓部材20およびその周囲を拡大して図2に示している。この図から分かるように、第1窓部材20は壁15の開口16に気密接合されて配設されている。第1窓部材20は合成石英（ SiO_2 ）から作られた平行平板ガラスからなり、外部空間Aに露出する外面20aと、内部空間Bに露出する内面20bとを有し、外面20aはコーティングを施すことなく無垢の二酸化珪素（ SiO_2 ）が露出して形成されている。上述のように内部空間Bの内部はケミカルクリーンな状態に保たれているので、第1窓部材20の内面20bに二酸化珪素（ SiO_2 ）の層が析出形成されることがない。これは、第2および第3窓部材21、22についても同様である。

30

【0016】

しかしながら、第1窓部材20の外面20aは外部空間Aに露出しており、深紫外光束が外部空間Aを通過するときに外部空間A中に含まれる有機珪素系ガスが深紫外光の照射を受けて酸素と反応し、外面20aに二酸化珪素（ SiO_2 ）の層が析出形成される。ところが、第1窓部材20の外面20aはコーティングを施すことなく無垢の二酸化珪素（ SiO_2 ）が露出しているため、外面20aに二酸化珪素（ SiO_2 ）の層が析出形成されても、第1窓部材20が外面20aにおいて僅かに厚みを増すだけのことであり、第1窓部材20の光学特性、特に紫外光透過特性はほとんど変化することがない。当然ながら、分光透過率の特性変化が分光毎に相違することもない。このことは、第2および第3窓部材21、22についても同様である。

40

【0017】

このため、第1～第3窓部材20、21、22を長時間使用しても光学性能の変化が小さく、この紫外光学装置を、部品交換やメンテナンスを行なわなくても光学性能を低下させることなく長時間使用することが可能である。

【0018】

ここで、この実施形態の第1窓部材20を用いた場合と、従来のように第1窓部材20の外面20aに反射防止膜を形成した場合とで、外面20aに二酸化珪素（ SiO_2 ）の層が析出形成されたときにおける紫外光透過特性の変化をシミュレーションした結果を図3および図4を参照して説明する。

50

【0019】

まず、図3には従来の構成、すなわち外面に反射防止膜を施した窓部材を用いた場合での波長毎の光透過率を示している。この窓部材では、外面の二酸化珪素(SiO_2)の層が析出形成されていないときには、反射防止膜により反射が押さえられて波長約250~400nmの紫外光の全ての波長領域において高い透過率を有している。この図3には、外面に1000nmの二酸化珪素(SiO_2)の層が析出形成された場合と、5000nmの二酸化珪素(SiO_2)の層が析出形成された場合とを示しており、図示のように二酸化珪素(SiO_2)の層が析出形成されると光透過率が大きく変化する。特に、波長毎の光透過率特性、すなわち分光透過率特性の変化が分光波長毎に大きく相違している。

【0020】

このように外面に反射防止膜を有した窓部材を用いると、外面に二酸化珪素(SiO_2)の層が析出形成されるに従って光透過率特性が大きく変化(低下)し、且つ分光透過率特性の変化が分光波長毎に大きく相違することになり、紫外光学装置の光学特性が変化するため、窓部材を短時間で交換する必要がある。

【0021】

一方、図4には本発明の構成、すなわち外面に反射防止膜等のコーティングを施すことなく無垢の二酸化珪素(SiO_2)を露出させて構成した窓部材を用いた場合での波長毎の光透過率を示している。この窓部材では、外面の二酸化珪素(SiO_2)の層が析出形成されていないときには、反射防止膜が無い光学透過率は上記従来の窓部材より若干(数%)低い、波長約250~400nmの深紫外光の全ての波長領域においてほぼ一定の高い透過率を有している。この図4にも、外面に1000nmの二酸化珪素(SiO_2)の層が析出形成された場合と、5000nmの二酸化珪素(SiO_2)の層が析出形成された場合とを示しており、図示のように二酸化珪素(SiO_2)の層が析出形成されても光透過率の変化は小さく、分光透過率特性の変化も小さい。このため、本発明の窓部材を用いれば、これを長時間使用しても光学性能の変化(低下)が小さく、紫外光学装置を、部品交換やメンテナンスを行わなくても光学性能を低下させることなく長時間使用することが可能である。

【0022】

なお、図1および図2に示す紫外光学装置において、第1~第3窓部材20, 21, 22の内面(内部空間Bに露出する面)には、二酸化珪素(SiO_2)の層が析出形成されることがないため、反射防止膜を形成することが望ましい。内面に反射防止膜を施したときの反射率は1%程度であるのに対して、反射防止膜を施さない無垢の状態での反射率は4%程度であり、約3%程度の光量アップを図ることができる。

【0023】

また、本実施形態においては、チャンバー10の内部空間Bは有機珪素系ガスの発生源となる媒質を用いないケミカルクリーンな状態に保たれているが、チャンバー10内に窒素ガス、ヘリウムガス等の不活性ガスを充填させてケミカルクリーンな状態を作り出しても良い。この場合、チャンバー内部に不活性ガスをリーク無しに完全に閉じこめておくことは難しいため、チャンバー内部のガス置換率をセンサによりモニタリングし、随時不活性ガスを補充供給する装置を設ける必要がある。

【0024】

次に、本発明の第2の実施形態について、図5~図7を参照して説明する。この実施形態は、本発明に係る紫外光学装置をウエハ外観検査装置に適用した場合の形態である。まず、図5にウエハ外観検査装置の全体構成を示す模式図を示している。この検査装置は、検査対象であるウエハWを載置するウエハ載置台220と、検査用の光を作り出す光源装置100と、この光源装置からの光を導いて先端部205から出射させる光ファイバ200と、先端部205から放射された光を受けるとともにこれを平行光束として反射させて載置台220上に載置されたウエハWの上に照射させる第1ミラー210と、ウエハWに照射されて出てくる反射光もしくは回折光を受けるとともにこれを集光させて反射させる第2ミラー211と、第2ミラー211から反射されてくる光を集光する集光レンズ23

10

20

30

40

50

0と、集光レンズ230により集光された光を受けてウエハWの表面の像を撮像するCCDカメラ240と、CCDカメラ240からの画像信号を受けてウエハWの表面の撮像画像からウエハWの良否を判定する画像処理装置250とを有して構成される。

【0025】

この検査装置を構成する光源装置100の内部の光学系の構成を図6に示している。光源装置100は光源としての水銀ランプ160を有し、水銀ランプ160から発光する広帯域波長の光束は、チャンバー110内にレンズ130を配設して構成される光学装置に入射する。この光学装置を図7に拡大して示しており、断面上において直交する2辺の壁に設けられた第1および第2窓部材120, 121と、斜辺となる壁に設けられたダイクロイックミラー140とを一体に有したチャンバー110内にレンズ130が配設されて

10

【0026】

水銀ランプ160からの光束は第1窓部材120を通過してレンズ130に照射され、レンズ130により平行光束とされて第1ダイクロイックミラー140に照射される。第1ダイクロイックミラー140は紫外光を反射し、可視光を透過させるように構成されており、可視光はダイクロイックミラー140を透過してそのまま外部に出射され、紫外光は第1ダイクロイックミラー140において反射されて第2窓部材121を通過して外部に出射される。

【0027】

第1ダイクロイックミラー140を透過して外部に出射された可視光はその光軸上に配設された第1全反射ミラー180により反射された後、所望の輝線スペクトルのみを通過させる第1波長選択フィルタ151を通過して波長選択がなされるとともに第2ダイクロイックミラー141に入射される。第1ダイクロイックミラー140も紫外光を反射し、可視光を透過させるように構成されており、第2ダイクロイックミラー141に入射した可視光はNDフィルタ190を通過して光量調整された後、レンズ131により光ファイバ200の入射端面に集光される。

20

【0028】

一方、ダイクロイックミラー140において反射されて第2窓部材121を通過して外部に出射された紫外光は、その光軸上に配設された所望の輝線スペクトルのみを通過させる第2波長選択フィルタ150を通過して波長選択が行われた後、第2全反射ミラー181

30

【0029】

なお、第1反射ミラー180と第1波長選択フィルタ151との間に可視光の光路を開閉する第1シャッター171が設けられ、第2窓部材121と第2波長選択フィルタ150との間に紫外光の光路を開閉する第2シャッター170が設けられており、これらシャッター171, 170は連動し、いずれか一方のみの光路を開放するようになっている。このため、シャッター171, 170により可視光および紫外光を選択的に光ファイバ200の入射端面に集光させることができる。

40

【0030】

以上のように構成した第2の実施形態に係るウエハ外観検査装置においては、装置内部において水銀ランプ160に最も近く位置して特に強い紫外光の照射を受けるレンズ130をチャンバー110内に配置し、且つ紫外光を反射させる第1ダイクロイックミラー140をチャンバー110の壁に一体に配設してその反射面をチャンバー110の内部空間に露出させている。チャンバー110の内部空間は有機珪素系ガスの発生源となる媒質を用いない構成としたり、窒素ガスを充満させたりしてケミカルクリーンな状態に保たれており、チャンバー110内での二酸化珪素(SiO_2)の析出形成が起きないようにしている。

【0031】

50

この結果、レンズ 130 の表面への二酸化珪素 (SiO_2) の析出が防止でき、第 1 および第 2 窓部材 120, 121 の内面への二酸化珪素 (SiO_2) の析出が防止でき、これらの光透過効率の変化を抑制できる。第 1 および第 2 窓部材 120, 121 は合成石英 (SiO_2) から作られた平行平板ガラスからなり、その外面はコーティングを施すことなく無垢の二酸化珪素 (SiO_2) が露出して形成されている。この場合、第 1 実施形態で説明したように、外部空間に含まれる有機珪素系ガスが深紫外光の照射を受けて酸素と反応し、外面に二酸化珪素 (SiO_2) の層が析出形成されるが、外面はコーティングを施すことなく無垢の二酸化珪素 (SiO_2) が露出しているため、外面に二酸化珪素 (SiO_2) の層が析出形成されても、第 1 および第 2 窓部材 120, 121 が外面において僅かに厚みを増すだけのことであり、その光学特性、特に紫外光透過特性はほとんど変化することがなく、分光透過率の特性変化が分光毎に相違することもない。なお、第 1 および第 2 窓部材 120, 121 の内面には反射防止膜を形成するのが好ましい。

10

【0032】

また、第 1 ダイクロイックミラー 140 は窓部材を兼用する構成であるが、紫外光を反射する内面はケミカルクリーンな状態であり、内面に二酸化珪素 (SiO_2) の層が析出形成されることはない。一方、外部雰囲気露出する外面からは可視光が透過して出射する構成であり、この外面に二酸化珪素 (SiO_2) の層が析出形成されることは少ない。また、第 1 ダイクロイックミラー 140 は主成分を二酸化珪素 (SiO_2) とする基板を用いており、内面に紫外光を反射し可視光を透過させる多層膜コーティングを施しているが外面には無垢の二酸化珪素 (SiO_2) が露出している。このため、外面に二酸化珪素 (SiO_2) の層が析出形成されても、その光学的特性、特に光透過率が変化することは少ない。

20

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る紫外光学装置を示す断面図である。

【図 2】上記紫外光学装置の第 1 窓部材の周辺を示す断面図である。

【図 3】窓部材の外面に反射防止膜を施した場合（従来の窓部材の場合）において、外面に二酸化珪素 (SiO_2) の層が析出形成されたときにおける紫外光透過特性の変化をシミュレーションした結果を示すグラフである。

【図 4】窓部材の外面に無垢の二酸化珪素が露出する場合（本発明の窓部材の場合）において、外面に二酸化珪素 (SiO_2) の層が析出形成されたときにおける紫外光透過特性の変化をシミュレーションした結果を示すグラフである。

30

【図 5】本発明の第 2 実施形態に係る紫外光学装置（ウエハ外観検査装置）の全体構成を示す模式図である。

【図 6】このウエハ外観検査装置を構成する光源装置の内部の光学系の構成を示す側断面図である。

【図 7】この光源装置に用いられる紫外光学装置の構成を示す側断面図である。

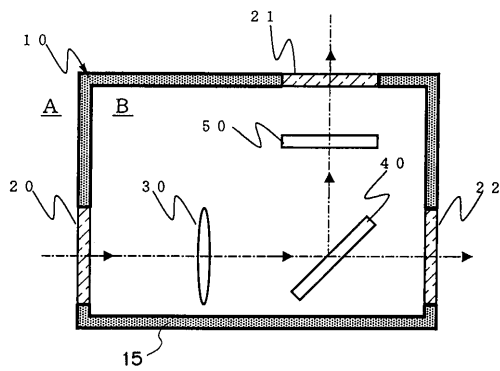
【符号の説明】

【0034】

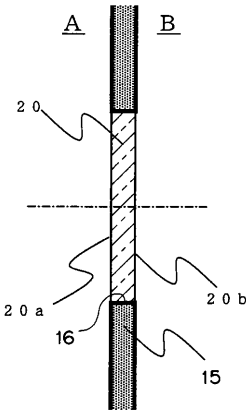
- 10 チャンバー（容器）
- 20, 21, 22 第 1～第 3 窓部材
- 30 レンズ（主要光学部材）
- 40 ビームスプリッタ（主要光学部材）
- 50 フィルタ（主要光学部材）

40

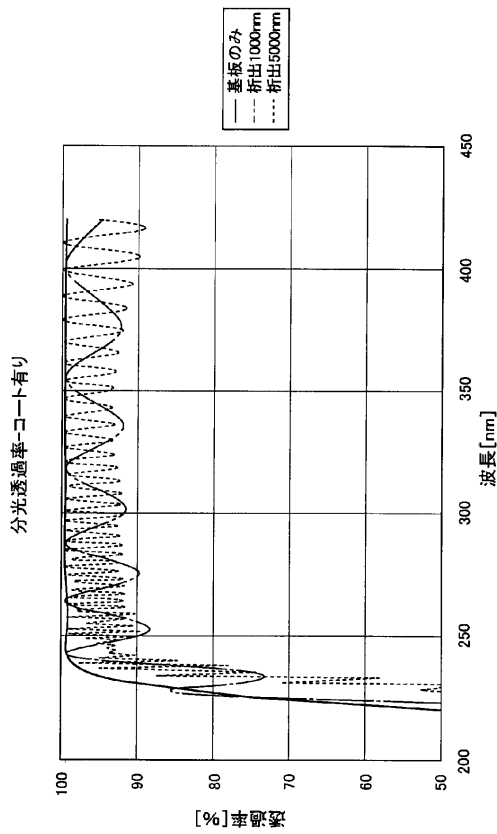
【図 1】



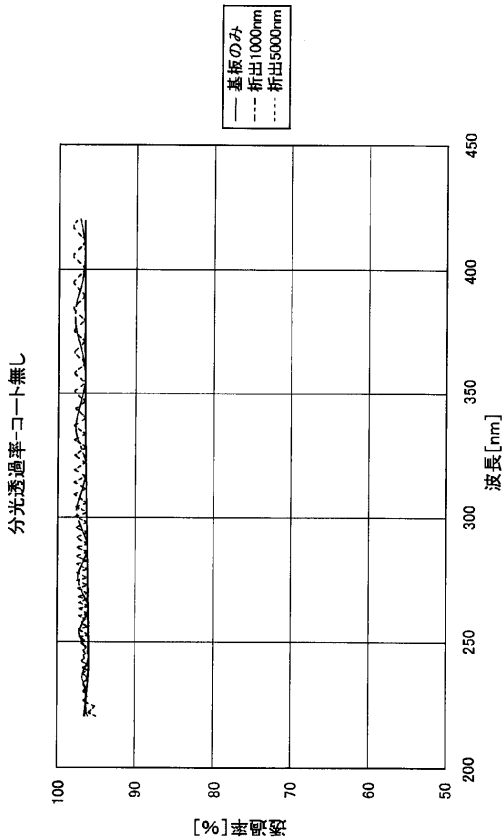
【図 2】



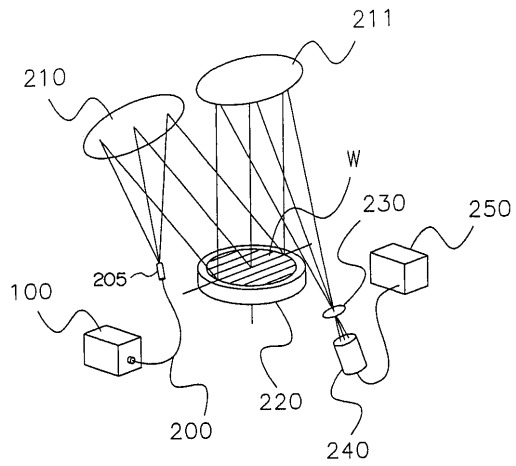
【図 3】



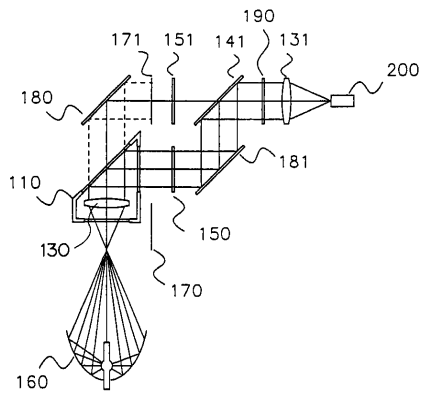
【図 4】



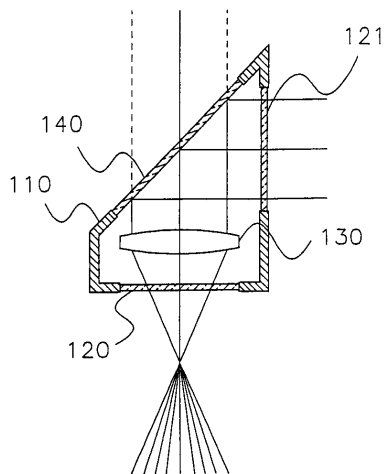
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

審査官 佐野 浩樹

- (56)参考文献 特開平 1 1 - 0 5 4 8 5 2 (J P , A)
特開昭 6 3 - 2 9 3 4 3 0 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 0 9 5 6 5 2 (J P , A)
特開平 0 7 - 0 2 9 8 0 4 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 2 8 1 0 5 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 M 1 1 / 0 0 - 1 1 / 0 8 、
G 0 1 N 2 1 / 0 0 - 2 1 / 0 1 、 2 1 / 1 7 - 2 1 / 6 1 、
G 0 2 B 1 / 1 0 - 1 / 1 2 、 6 / 2 6 、
6 / 3 0 - 6 / 3 4 、 6 / 4 2 、
G 0 3 F 7 / 2 0 - 7 / 2 4 、 9 / 0 0 - 9 / 0 2 、
H 0 1 L 2 1 / 0 2 7、 2 1 / 3 0