

(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
2014 年 12 月 4 日(04.12.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/192523 A1

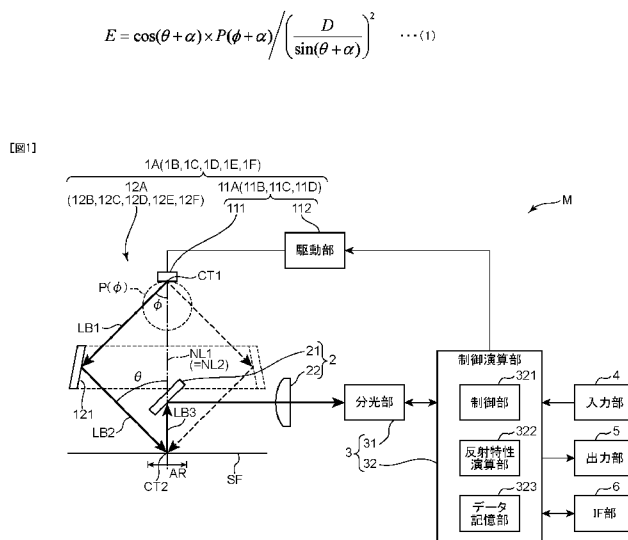
- (51) 国際特許分類:
G01J 3/10 (2006.01) **G01J 3/46** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/062633
- (22) 国際出願日: 2014 年 5 月 12 日(12.05.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-110748 2013 年 5 月 27 日(27.05.2013) JP
- (71) 出願人: コニカミノルタ株式会社(KONICA MINOLTA, INC.) [JP/JP]; 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 河野 利夫(KAWANO, Toshio); 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 2 号コニカミノルタ株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 小谷 悦司, 外(KOTANI, Etsuji et al.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島 2 丁目 2 番 2 号大阪中之島ビル 2 階 Osaka (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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: ILLUMINATION DEVICE AND REFLECTION CHARACTERISTICS MEASUREMENT DEVICE

(54) 発明の名称: 照明装置および反射特性測定装置



(57) Abstract: An illumination device and a reflection characteristics measurement device pertaining to the present invention are configured so as to use a formula (1) corresponding to any light distribution characteristics and any geometry, and guide a radiant flux among illumination light radiated from a light source, to a virtual illumination surface, said radiant flux having a radiant angle (ϕ) fulfilling conditions whereby a partial differentiation ($\partial E / \partial \alpha$) is 0 when $\alpha = 0$, said partial differentiation being relative to the illumination angle fluctuation (α) of the illumination intensity (E) of the virtual illumination surface indicated by formula (1).

(57) 要約: 本発明にかかる照明装置および反射特性測定装置は、任意の配光特性および任意のジオメトリに対応した次式(1);を用い、光源から放射された照明光のうち、この式(1)で表される仮想照明面の照度Eの照明角度変動 α に対する偏微分 $\partial E / \partial \alpha$ が $\alpha = 0$ の場合に0となる条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を、仮想照明面に導光するように構成される。

- 4 Input unit
5 Output unit
6 I/F unit
31 Spectroscopic unit
32 Control calculation unit
112 Drive unit
321 Control unit
322 Reflection characteristics calculation unit
323 Data storage unit



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：照明装置および反射特性測定装置

技術分野

[0001] 本発明は、例えば印刷色を校正するために色サンプルの反射特性を測定する反射特性測定装置に好適に用いられる、所定の照明光を照射する照明装置、および、該照明装置を用いた前記反射特性測定装置に関する。

背景技術

[0002] インクジェットカラープリンタ等における印刷色の校正では、まず、いわゆるカラーパッチがスキャナによってスキャンされ、可視域（400～700nm）における分光反射特性が測定される。前記カラーパッチは、校正の対象であるプリンタによって所定の入力情報に基づいて用紙に配列されて印刷された互いに色調および濃度の異なる多数（例えば数百）の色サンプルである。そして、この校正では、これら各色サンプルそれぞれに対し、この測定された色サンプルの反射特性測定値と、それが本来あるべき基準値との差異（ずれ）を無くすように行われる。

[0003] 前記分光反射特性の測定には、所定のジオメトリ、例えば、いわゆる45：0度のジオメトリの照明受光系が使用される。この45：0度のジオメトリの照明受光系は、試料面をその法線から45°の方向から照明する照明光学系と、試料面の反射光を法線方向から受光する受光光学系とを備える。一方、このような多数の色サンプルの配列を通常のスポット測定用の反射特性測定器で測定すると、各色サンプルを個々に測定する必要があるため、測定時間がかかり過ぎる。このため、通常、1次元的に配列した20から40程度の色サンプルを、手動あるいは自動的に走査することによって測定が行われる。このような反射特性測定は、例えば特許文献1に開示されている。

[0004] しかしながら、走査に伴う測定器と試料面との距離の変動によって、照明光による試料面の照度が変化し、結果的に測定値に誤差が生じる。このような距離変動による照度変化を抑制するために、例えば、特許文献2および特

許文献3に提案された技術がある。これら従来技術では、コサインエミッタやランベルトエミッタと称される光源が用いられる。そして、図13に示すように、配光特性がランベルト特性（コサイン特性）である光源S、すなわち面光源は、その配光の主軸Xと試料面SFの法線Nとを互いに平行させて、すなわち光源Sと試料面SFとを互いに平行させて配置され、さらに、前記法線Nと主軸Xとの距離D1が、光源Sと試料面SFを含む面との距離D2に等しくなるように配置される。これによって、試料面SFは、前記法線Nからの角度 $a = 45^\circ$ 方向の成分によって照明され、前記45:0度のジオメトリが実現される。

[0005] ここで、光源Sと試料面SFを含む面との距離が距離D2から距離 $D2 + d$ に変化し、光源Sと試料面における測定域の中心点Oとの距離Lが L' に変化し、角度 a が角度 a' に変化した場合における試料面SFにおける照度の変化を考える。光源Sと中心点Oとの距離Lは、 $D1 / \sin(a)$ である。光束密度は、距離Lの二乗に反比例するので、結局、 $\sin^2(a)$ に比例する。一方、ランベルト特性の光源Sが射出角 a に射出する光束密度は、 $\cos(a)$ に比例し、試料面SFに入射角 a で入射する光束密度も $\cos(a)$ に比例する。したがって、ランベルト特性の光源Sから中心点Oに入射する光束密度は、 $\sin^2(a) \cdot \cos^2(a)$ に比例し、結局、 $\sin^2(2 \cdot a)$ に比例する。この $\sin^2(2 \cdot a)$ は、 $a = 45^\circ$ で極大となり、微係数が0となるので、 $a = 45^\circ$ 近辺での a の変化に対する試料面SFにおける照度の変化率は、最小となる。これは、 $a = 45^\circ$ 近辺での光源Sと試料面SFを含む面との距離D2の変化に対する試料面SFにおける照度の変化率が最小となることを意味する。

[0006] 図14は、図13のジオメトリで、光源Sがランベルト特性の配光をもつ場合（◇）と、45°近傍で角度 a に依存せず、一様な配光をもつ場合（□）との、光源Sと試料面SFを含む面との距離変動に伴う照度変動を示すグラフである。横軸のx軸は、距離変化率を表し、その縦軸のy軸は、照度変化率を表している。この図14から理解されるように、ランベルト特性の光

源では、照度変動が大幅に抑えられている。例えば、 $D_2 = D_1 = 8 \text{ mm}$ で、2%の距離変動（0.16 mm）があったとすると、前記ランベルト特性でない場合では、照度は、1%変動し、その反射特性測定値の誤差は、1%程度となるが、ランベルト特性である場合では、誤差は、0.04%にすぎない。

[0007] ところで、上述の特許文献2および特許文献3に開示された従来技術では、光源Sは、ランベルト特性の配光特性を持つ光源に特定され、ジオメトリは、45:0度のジオメトリに特定されており、光源の自由度およびジオメトリの自由が限定されていた。また、光源Sから特定の角度で放射された光束のみを利用するので、試料面に照射される照明光の光量を増加することができない。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開2008-298579号公報

特許文献2：米国特許第7365843号明細書

特許文献3：米国特許第7433041号明細書

発明の概要

[0009] 本発明は、上述の事情に鑑みて為された発明であり、その目的は、任意の配光特性の光源を照明光の光源に用いることができ、任意のジオメトリに対応でき、試料面に照射される照明光の光量の増加を可能とする照明装置およびこの照明装置を用いた反射特性測定装置を提供することである。

[0010] 本発明にかかる照明装置および反射特性測定装置は、任意の配光特性および任意のジオメトリに対応した後述の式（1）を用い、光源から放射された照明光のうち、この式（1）で表される仮想照明面の照度Eの照明角度変動 α に対する偏微分 $\partial E / \partial \alpha$ が $\alpha = 0$ の場合に0となる条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を、仮想照明面に導光するように構成される。このため、本発明にかかる照明装置および反射特性測定装置は、任意の配光特性の光源を用い、任意のジオメトリを用いても、光源と仮想照明面を含む面との距離変

動に伴う照度変動を抑制できる。そして、本発明にかかる照明装置および反射特性測定装置は、前記条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を複数用いることが可能であることから、仮想照明面に照射される照明光の光量の増加が可能となる。

[0011] 上記並びにその他の本発明の目的、特徴及び利点は、以下の詳細な記載と添付図面から明らかになるであろう。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施形態における反射特性測定装置の構成を示す図である。

[図2]図1に示す反射特性測定装置に用いられる第1態様の照明光学系の構成を示す図である。

[図3]図1に示す反射特性測定装置に用いられる第1態様の照明光学系を説明するための図である。

[図4] $\cos$ 特性の配光特性を持ち試料面から30mm離れた高さに位置する光源から放射される放射角度約57度の放射光束を用いて照明角度40度で試料面を照明する場合に、試料面の高さ変動と照度との関係を示す図である。

[図5] $\cos^2$ 特性の配光特性を持ち試料面から30mm離れた高さに位置する光源から放射される放射角度約26.6度の放射光束を用いて照明角度45度で試料面を照明する場合に、試料面の高さ変動と照度との関係を示す図である。

[図6]図1に示す反射特性測定装置に用いられる第2態様の照明光学系の構成を示す図である。

[図7]図1に示す反射特性測定装置に用いられる第3態様の照明光学系の構成を示す図である。

[図8]図1に示す反射特性測定装置に用いられる第4態様の照明光学系の構成を示す図である。

[図9]図1に示す反射特性測定装置に用いられる第5態様の照明光学系の構成を示す図である。

[図10]図1に示す反射特性測定装置に用いられる第6態様の照明光学系および第2態様の光源部の各構成を示す図である。

[図11]図1に示す反射特性測定装置に用いられる第3態様の光源部の構成を示す図である。

[図12]図1に示す反射特性測定装置に用いられる第4態様の光源部の構成を示す図である。

[図13]従来のランベルト特性の光源を用いた照明光学系の概念図である。

[図14]図13の照明光学系による測定距離変動による照度の変化を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明にかかる実施の一形態を図面に基づいて説明する。なお、各図において同一の符号を付した構成は、同一の構成であることを示し、適宜、その説明を省略する。また、本明細書において、総称する場合には添え字を省略した参照符号で示し、個別の構成を指す場合には添え字を付した参照符号で示す。

[0014] 図1は、実施形態における反射特性測定装置の構成を示す図である。図2は、図1に示す反射特性測定装置に用いられる第1態様の照明光学系の構成を示す図である。図3は、図1に示す反射特性測定装置に用いられる第1態様の照明光学系を説明するための図である。図4は、 $\cos$ 特性の配光特性を持ち試料面から30mm離れた高さに位置する光源から放射される放射角度約57度の放射光束を用いて照明角度40度で試料面を照明する場合に、試料面（測定中心）の高さ変動と照度との関係を示す図である。図5は、 $\cos^2$ 特性の配光特性を持ち試料面から30mm離れた高さに位置する光源から放射される放射角度約26.6度の放射光束を用いて照明角度45度で試料面を照明する場合に、試料面（測定中心）の高さ変動と照度との関係を示す図である。図4および図5において、横軸は、mm単位で表す高さ変動であり、横軸は、最大照度で規格化した照度である。

[0015] 本実施形態における反射特性測定装置は、測定対象である被測定試料の試

料面に照明光を照射し、前記試料面で反射された前記照明光の反射光における分光反射特性を測定する装置である。このような反射特性測定装置は、例えばカラープリンタに内蔵され、被測定試料の試料面となる用紙に所定の入力情報に基づいて印刷されたカラーパッチにおける各色サンプルの各分光反射特性を測定するために使用される。そして、前記カラープリンタは、各色サンプルそれぞれに対し、この測定された色サンプルの反射特性測定値と、それが本来あるべき基準値との差異（ずれ）を無くすように、校正される。このカラープリンタは、例えば本印刷前の印刷原稿を試し刷りして、色校正を行うために使用される。

[0016] このような反射特性測定装置Mは、例えば、図1に示すように、照明部1Aと、受光光学系2と、反射特性測定部3とを備え、さらに、図1に示す例では、入力部4と、出力部5と、インターフェース部（以下、「I/F部」と略記する。）6とを備える。これら照明部1、受光光学系2および反射特性測定部3は、図略の箱形の筐体に収納される。前記筐体には、照明部1Aによって照明光を照射し、被測定試料の試料面SFで反射した照明光の反射光を入射するための測定開口が、貫通開口するように形成される。被測定試料を測定する場合には、反射特性測定装置Mおよび被測定試料は、前記測定開口が被測定試料に臨むように、互いに配置される。好ましくは、反射特性測定装置Mおよび被測定試料は、前記測定開口に被測定試料を密着するように当接させて、互いに配置される。前記測定開口は、測定領域（照明領域）ARを規定し、被測定試料における前記測定開口に対応する表面が試料面SFとなる。被測定試料は、照明対象である被照明物の一例に対応し、試料面SFは、前記被照明物の照明面に照明光を照射する場合における前記照明面が配置される仮想照明面の一例に対応する。なお、前記開口面と試料面SFとが互いに平行で近接する場合に、前記測定開口の開口面が仮想照明面とされてもよい。

[0017] 照明部1Aは、被照明物の照明面に、本実施形態では被測定試料の試料面SFに、照明光を照射する装置であり、照明装置の一例に相当する。照明部

1 Aは、例えば、光源部 1 1 Aと、照明光学系 1 2 Aとを備える。

[0018] 光源部 1 1 Aは、光源 1 1 1と、駆動部 1 1 2とを備える。光源 1 1 1は、照明光を放射する装置であり、例えば、半導体発光素子（例えば発光ダイオード等）等である。光源 1 1 1は、発光面の第 1 中心点 C T 1を通る前記発光面の第 1 法線 N L 1からの放射角度 ϕ に依存する輝度 P (ϕ) で表される配光特性を持つ。すなわち、光源 1 1 1の配光特性は、いわゆるランベルト特性であってもよいが、必ずしもランベルト特性である必要はなく、任意であってよい。光源 1 1 1は、駆動部 1 1 2に接続され、駆動部 1 1 2から給電され、その発光が制御される。駆動部 1 1 2は、制御演算部 3 2に接続され、制御演算部 3 2の制御に従って光源 1 1 1を駆動し、光源 1 1 1の発光を制御する回路である。

[0019] 照明光学系 1 2 Aは、被照明物の照明面に前記照明光を照射する場合における前記照明面が配置される仮想照明面に、本実施形態では上述のように試料面 S Fに、光源 1 1 1から放射された照明光を導光する光学系である。照明光学系 1 2 Aは、例えば、本実施形態では、1 個の第 1 反射鏡 1 2 1を備え、光源 1 1 1から放射された照明光のうち、所定の条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を前記 1 個の第 1 反射鏡 1 2 1で折り曲げて試料面 S F（仮想照明面）に導光する。第 1 反射鏡 1 2 1は、例えば、平面鏡、円錐鏡の一部または全部、円筒鏡の一部または全部等である。

[0020] 前記所定の条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束は、次のように規定される。本実施形態における反射特性測定装置 Mおよびこれに実装された照明部 1 Aの目的は、光源 1 1 1と試料面 S F（仮想照明面）との距離変動、すなわち、試料面 S Fの位置変動に伴う照度変動を抑制することである。

[0021] 本実施形態では、光源 1 1 1から放射された照明光は、上述のように、第 1 反射鏡 1 2 1の反射によって折り曲げられて試料面 S Fに導光されるが、図 2 および図 3 に示すように、照明光学系 1 2 Aを介せずに照明光を光源 1 1 1から試料面 S Fに照射する場合を考える。すなわち、図 2 に破線で示すように、試料面 S Fに照射される光束の延長線上であって、第 1 反射鏡 1 2

1の反射面から光源111に至る光路長と等距離な位置（第1反射鏡121による光源111の虚像位置）に、光源111'が、光源111に代え、配置されていると考える。このような場合が図3に示されている。光源111'を含む図3に示す光学系は、光源111を含む図2に実線で示す光学系と光学的に等価である。

[0022] このような図2および図3において、照明光学系12Aを介せずに、第1反射鏡121による光源111の虚像位置に位置する光源111'からの照明光を試料面SF（仮想照明面）に照射する場合における第1中心点CT1と試料面SF（仮想照明面）における照明領域ARの第2中心点CT2を通る試料面SF（仮想照明面）の第2法線NL2との間の水平距離がD（ $D_1 = D$ ）とされ、試料面SF（仮想照明面）に照射される照明光の第2法線NL2からの照明角度が θ とされ、第1中心点CT1と試料面SF（仮想照明面）との間の垂直距離が $D / \tan \theta$ （ $D_2 = D / \tan \theta$ ）とされ、第2法線NL2に沿った試料面SF（仮想照明面）の位置変動dに伴う照明角度 θ の照明角度変動が α とされる。この場合に、試料面SF（仮想照明面）の照度Eは、次式（1）によって表される。

[0023] [数1]

$$E = \cos(\theta + \alpha) \times P(\phi + \alpha) / \left(\frac{D}{\sin(\theta + \alpha)} \right)^2 \quad \dots (1)$$

[0024] このような式（1）で表される照度Eにおいて、試料面SF（仮想照明面）に位置変動d（高さ変動）が生じてても試料面SF（仮想照明面）の照度Eの変化を小さくするためには、照明角度変動 α が0の場合に（ $\alpha = 0$ ）、照度Eの照明角度変動 α に対する偏微分 $\partial E / \partial \alpha$ が0となる条件（ $\partial E / \partial \alpha = 0$ ）を満たす放射角度 ϕ の放射光束を、光源111'から試料面SF（仮想照明面）に導光すればよい。

[0025] すなわち、照明光学系12Aは、光源111から放射された照明光のうち、式（1）で表される試料面SF（仮想照明面）の照度Eの照明角度変動 α

に対する偏微分 $\partial E / \partial \alpha$ が $\alpha = 0$ の場合に 0 となる条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を、試料面 S F（仮想照明面）に導光するように構成される。

なお、上記条件は、 $\theta = 45$ 度を除いて用いられてもよい。

[0026] 例えば、一例として、試料面 S F から 30 mm 離れた高さに位置する光源 1 1 1' が $\cos$ 特性の配光特性を持ち、照明角度 $\theta = 40$ 度で試料面 S F を照明する場合では、前記条件を満たす放射角度 ϕ は、約 57 度である。このような条件の下、第 2 法線 N L 2 に沿った試料面 S F の位置変動 d と照度 E との関係は、図 4 に示すようになり、位置変動 d が 0 の場合 ($\alpha = 0$) で極大値を持つ上に凸な曲線となっている。

[0027] また例えば、他の一例として、試料面 S F から 30 mm 離れた高さに位置する光源 1 1 1' が $\cos^2$ 特性の配光特性を持ち、照明角度 $\theta = 45$ 度で試料面 S F を照明する場合では、前記条件を満たす放射角度 ϕ は、約 26.6 度である。試料面 S F の前記位置変動 d と照度 E との関係は、図 5 に示すようになり、位置変動 d が 0 の場合 ($\alpha = 0$) で極大値を持つ上に凸な曲線となっている。

[0028] なお、このような前記条件を満たす複数の放射角度 ϕ_n の各放射光束を、試料面 S F（仮想照明面）に導光するように、照明光学系 1 2 A を構成することで、試料面 S F（仮想照明面）に照射される照明光の光量の増加が可能となる。

[0029] 受光光学系 2 は、試料面 S F で反射した照明光の反射光を反射特性測定部 3 における後述の分光部 3 1 へ導光する光学系である。受光光学系 2 は、本実施形態では、例えば、反射鏡 2 1 と、対物レンズ 2 2 とを備える。この受光光学系 2 の反射鏡 2 1 は、入射光を反射する光学素子であり、試料面 S F における照明領域 A R の第 2 中心点 C T 2 を通る試料面 S F の第 2 法線 N L 2 上に、すなわち、前記測定開口における開口面の中心点を通る前記開口面の法線の上に、配置され、反射光の光路を 90 度曲げる。対物レンズ 2 2 は、試料面 S F から反射鏡 2 1 を介して入射された照明光の反射光を集光し、分光部 3 1 に入射させる光学素子である。

[0030] 反射特性測定部 3 は、受光光学系 2 で導光された前記照明光の反射光における所定の反射特性を測定する装置である。反射特性測定部 3 は、本実施形態では、例えば、分光部 3 1 と、制御演算部 3 2 とを備える。

[0031] 分光部 3 1 は、前記照明光の反射光を分光し、各波長ごとの強度に関するデータ（分光データ）を出力する装置である。分光部 3 1 は、例えば、矩形状の入射スリットを形成した入射スリット板と、入射スリットを介して入射された前記照明光の反射光を各波長ごとに分光して反射する凹面回折格子と、分光方向（回折方向）に沿って配列された複数の光電変換素子を持ち、前記凹面回折格子によって分光反射された前記照明光の反射光を前記複数の光電変換素子それぞれで受光して光電変換することによって前記分光データを生成する検出部とを備える。分光部 3 1 は、制御演算部 3 2 に接続され、前記分光データを制御演算部 3 2 へ出力する。

[0032] 制御演算部 3 2 は、反射特性測定装置 M の各部を当該各部の機能に応じてそれぞれ制御し、反射特性を求めるものである。制御演算部 3 2 は、例えば、CPU (Central Processing Unit)、この CPU によって実行される種々のプログラムやその実行に必要なデータ等を予め記憶する ROM (Read Only Memory) や EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) 等の不揮発性記憶素子、この CPU のいわゆるワーキングメモリとなる RAM (Random Access Memory) 等の揮発性記憶素子およびその周辺回路等を備えたマイクロコンピュータによって構成される。なお、制御演算部 3 2 は、分光部 3 1 から出力される分光データ等を記憶するために、例えばハードディスク等の比較的大容量の記憶装置をさらに備えてもよい。そして、制御演算部 3 2 には、プログラムを実行することによって、機能的に、制御部 3 2 1、反射特性演算部 3 2 2 およびデータ記憶部 3 2 3 が構成される。

[0033] 制御部 3 2 1 は、被測定試料の反射特性を求めるために、反射特性測定装置 M の各部を当該各部の機能に応じてそれぞれ制御するものである。反射特

性演算部 3 2 2 は、分光部 3 1 の分光データに基づいて分光反射特性を求めるものである。データ記憶部 3 2 3 は、分光部 3 1 の分光データや、反射特性演算部 3 2 2 で求めた分光反射特性のデータ等を保存するものである。

[0034] 入力部 4 は、制御演算部 3 2 に接続され、例えば、被測定試料の測定開始を指示するコマンド等の各種コマンド、および、例えば被測定試料における識別子の入力等の各種データを反射特性測定装置 M に入力する機器であり、例えば、キーボードやマウス等である。出力部 5 は、制御演算部 3 2 に接続され、入力部 4 から入力されたコマンドやデータ、および、反射特性演算部 3 2 2 で求められた被測定試料の分光反射特性を出力する機器であり、例えば C R T ディスプレイ、L C D および有機 E L ディスプレイ等の表示装置やプリンタ等の印刷装置等である。I F 部 6 は、制御演算部 3 2 に接続され、外部機器との間でデータの入出力を行う回路であり、例えば、シリアル通信方式である R S - 2 3 2 C のインターフェース回路、B l u e t o o t h (登録商標) 規格を用いたインターフェース回路、I r D A (I n f r a r e d D a t a A s s c o i a t i o n) 規格等の赤外線通信を行うインターフェース回路、および、U S B (U n i v e r s a l S e r i a l B u s) 規格を用いたインターフェース回路等である。

[0035] このような反射特性測定装置 M では、被測定試料を測定する場合には、まず、前記測定開口に被測定試料を臨ませて、反射特性測定装置 M および被測定試料が、互いに配置される。そして、測定が開始される。測定が開始されると、制御演算部 3 2 の制御部 3 2 1 は、駆動部 1 1 2 を介して光源 1 1 1 を駆動し、光源 1 1 1 に照明光を発光させる。光源 1 1 1 から放射された照明光は、照明光学系 1 2 A に入射され、照明光学系 1 2 A によって試料面 S F に導光される。

[0036] この際に、照明光学系 1 2 A が上述のように構成されているため、照明光学系 1 2 A は、光源 1 1 1 から放射された照明光のうち、上述の式 (1) で表される試料面 S F の照度 E の照明角度変動 α に対する偏微分 $\partial E / \partial \alpha$ が $\alpha = 0$ の場合に 0 となる条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束のみを、試料面

S F（仮想照明面）に導光する。

[0037] そして、試料面 S F で反射された照明光の反射光は、受光光学系 2 の反射鏡 2 1 および対物レンズ 2 2 を介して、分光部 3 1 に導光される。分光部 3 1 は、前記照明光の反射光を分光し、分光データを生成し、この生成した分光データを制御演算部 3 2 へ出力する。ここで、測定中に、試料面 S F に位置変動 d が生じて、照明光学系 1 2 A が上述のように構成されているので、試料面 S F の照度 E の変化は、小さい。このため、分光部 3 1 は、より安定的に、そして、より高精度に、測定でき、誤差のより少ない分光データを生成できる。

[0038] 制御演算部 3 2 の制御部 3 2 1 は、この分光データを必要に応じてデータ記憶部 3 2 3 に保存する。制御演算部 3 2 の反射特性演算部 3 2 2 は、この分光データに基づいて被測定試料の分光反射特性を求める。制御演算部 3 2 の制御部 3 2 1 は、この求めた被測定試料の分光反射特性を出力部 5 に出力する。また、制御部 3 2 1 は、必要に応じて、被測定試料の分光反射特性をデータ記憶部 3 2 3 に保存し、また必要に応じて、被測定試料の分光反射特性を I F 部へ出力する。

[0039] 以上説明したように、本実施形態における反射特性測定装置 M および照明部 1 A は、任意の配光特性および任意のジオメトリに対応した上述の式 (1) を用い、光源 1 1 1 から放射された照明光のうち、この式 (1) で表される試料面 S F（仮想照明面）の照度 E の照明角度変動 α に対する偏微分 $\partial E / \partial \alpha$ が $\alpha = 0$ の場合に 0 となる条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を、試料面 S F（仮想照明面）に導光するように構成された照明光学系 1 2 A を備える。このため、本実施形態における反射特性測定装置 M および照明部 1 A は、任意の配光特性の光源 1 1 1 を用い、任意のジオメトリを用いても、光源 1 1 1 と試料面 S F（仮想照明面）を含む面との距離変動 d に伴う照度変動を抑制できる。そして、本実施形態における反射特性測定装置 M および照明部 1 A は、前記条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を複数用いることが可能であることから、試料面 S F（仮想照明面）に照射される照明光の光量の

増加が可能となる。

[0040] また、本実施形態における反射特性測定装置Mおよび照明部1Aは、光源111からの放射光束を折り曲げる第1反射鏡121を備えるので、照明角度 θ 、放射角度 ϕ および光源111の第1中心点CT1から試料面SF（仮想照明面）の第2中心点CT2までの光路長を維持して第1反射鏡121で光源111からの放射光束を折り曲げることにより、光源111と試料面SF（仮想照明面）を含む面との距離変動dに伴う照度変動を抑制しつつ、試料面SF（仮想照明面）に対する光源111の配置位置の自由が増し、小型化が可能となる。図2に示す例では、第1反射鏡121によって水平方向の大きさが小さくできる。

[0041] なお、上述の実施形態において、第1態様の照明光学系12Aに代え、次の第2ないし第6態様のうちのいずれかの照明光学系12B～12Fが用いられてもよい。

[0042] 図6は、図1に示す反射特性測定装置に用いられる第2態様の照明光学系の構成を示す図である。図7は、図1に示す反射特性測定装置に用いられる第3態様の照明光学系の構成を示す図である。図8は、図1に示す反射特性測定装置に用いられる第4態様の照明光学系の構成を示す図である。図9は、図1に示す反射特性測定装置に用いられる第5態様の照明光学系の構成を示す図である。図10は、図1に示す反射特性測定装置に用いられる第6態様の照明光学系および第2態様の光源部の各構成を示す図である。

[0043] 上述の第1態様の照明部1Aにおける第1態様の照明光学系12Aは、1個の第1反射鏡121で光源111から放射された照明光のうちの上述の前記条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を折り曲げて試料面SF（仮想照明面）に導光したが、第2態様の照明部1Bにおける第2態様の照明光学系12Bは、複数の第1反射鏡を備え、光源111から放射された照明光のうちの上述の条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を前記複数の第1反射鏡で折り曲げて試料面SF（仮想照明面）に導光するものである。

[0044] この第2態様の照明部1Bは、光源111の配置位置を除き第1態様の照

明部 1 A と同様の光源部 1 1 A と、第 2 態様の照明光学系 1 2 B を備え、第 2 態様の照明光学系 1 2 B は、例えば、図 6 に示すように、第 1 反射鏡 1 2 2 a と、第 1 反射鏡 1 2 2 b とを備える。

[0045] 第 1 態様の照明部 1 A では、光源 1 1 1 は、試料面 S F に向かう方向に照明光を放射するように、すなわち、その発光面を試料面 S F に対向するように、配置されたが、第 2 態様の照明部 1 B では、光源 1 1 1 は、図 6 に示すように、試料面 S F の上方であって、試料面 S F に向かう前記方向とは逆方向に照明光を放射するように、すなわち、発光面の背面を試料面 S F に対向するように、配置される。つまり、発光面の背面が試料面 S F に臨む。

[0046] 第 1 反射鏡 1 2 2 a は、試料面 S F に向かう前記方向とは逆方向に放射された照明光を第 1 反射鏡 1 2 2 b の反射面に向けて反射する反射鏡であり、例えば、平面鏡等である。第 1 反射鏡 1 2 2 b は、第 1 反射鏡 1 2 2 a を介して光源 1 1 1 から照射された照明光を試料面 S F に向けて反射する反射鏡であり、例えば、平面鏡等である。これら第 1 反射鏡 1 2 2 a および第 1 反射鏡 1 2 2 b では、各反射面の各角度は、光源 1 1 1 から放射された照明光のうちの前記条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を試料面 S F に導光する角度に調整される。

[0047] この第 2 態様の照明部 1 B では、第 1 反射鏡 1 2 2 a が無い場合には、光源 1 1 1 は、図 6 に一点鎖線で示すように、第 1 反射鏡 1 2 2 b に入射される光束（入射光束）の延長線上であって、第 1 反射鏡 1 2 2 b の反射面から光源 1 1 1 に至る光路長と等距離な位置に配置されることになり、さらに、第 1 反射鏡 1 2 2 b が無い場合には、光源 1 1 1 は、図 6 に破線で示すように、試料面 S F（仮想照明面）に照射される光束の延長線上であって、第 1 反射鏡 1 2 2 b の反射面から図 6 に一点鎖線で示す上述の位置の光源 1 1 1 に至る光路長と等距離な位置に配置されることになる。したがって、この第 2 態様の照明部 1 B は、第 1 態様の照明部 1 A と光学的に等価である。図 6 に示す例では、図 2 と同様に、第 2 態様の照明光学系 1 2 B は、試料面 S F から 30 mm 離れた高さに位置する光源 1 1 1' が cos 特性の配光特性を

持ち、前記条件を満たす放射角度 $\phi = \text{約 } 5 \sim 7 \text{ 度}$ の光束の照明光を照明角度 $\theta = 40 \text{ 度}$ で試料面 S F を照明する光学系である。

[0048] このような第2態様の照明部 1 B は、複数の第1反射鏡（第1反射鏡 1 2 2 a、第1反射鏡 1 2 2 b）を備えるので、さらに、試料面 S F（仮想照明面）に対する光源 1 1 1 の配置位置の自由が増し、小型化が可能となる。図 6 に示す例では、図 2 と比較すると分かるように、第2態様の照明部 1 B では、第1態様の照明部 1 A に較べて、光源 1 1 1 の配置位置が試料面 S F により近接するので、第2法線 N L 2 に沿った方向（高さ方向）の長さが短い（高さが低い）。

[0049] また、第1態様の照明部 1 A における第1態様の照明光学系 1 2 A は、光源 1 1 1 から放射された照明光のうちの上述の前記条件を満たす1個の放射角度 ϕ の放射光束を試料面 S F（仮想照明面）に導光したが、第3および第4態様の照明部 1 C、1 D における第3および第4態様の照明光学系 1 2 C、1 2 D は、光源 1 1 1 から放射された照明光のうちの前記条件を満たす複数 n の放射角度 ϕ_n の各放射光束を試料面 S F（仮想照明面）に導光するものである。図 7 に示す第3態様の照明部 1 C における第3態様の照明光学系 1 2 C は、前記条件を満たす2個の放射角度 ϕ_1 、 ϕ_2 の各放射光束を試料面 S F に導光し、そして、図 8 に示す第4態様の照明部 1 D における第4態様の照明光学系 1 2 D は、前記条件を満たす3個の放射角度 ϕ_1 、 ϕ_2 、 ϕ_3 の各放射光束を試料面 S F に導光する。

[0050] この第3態様の照明部 1 C は、光源 1 1 1 の配置位置を除き第1態様の照明部 1 A と同様の光源部 1 1 A と、第3態様の照明光学系 1 2 C を備え、第3態様の照明光学系 1 2 C は、例えば、図 7 に示すように、第1 C 反射鏡 1 2 3 a と、第1反射鏡 1 2 3 b とを備える。

[0051] 第3態様の照明部 1 C では、光源 1 1 1 は、図 7 に示すように、前記第2法線 N L 2 と前記第1法線 N L 1 とを互いに一致させた場合における前記第2法線 N L 2（前記第1法線 N L 1）上の位置に配置される。そして、光源 1 1 1 は、第1態様の照明部 1 A における光源 1 1 1 と同様に、発光面が試

料面 S F と対向するように、配置される。

[0052] 第 1 反射鏡 1 2 3 a は、第 1 反射鏡 1 2 1 と同様に、光源 1 1 1 から放射された照明光のうち、前記条件を満たす第 1 放射角度 $\phi 1$ の放射光束を折り曲げて試料面 S F に導光するものである。第 1 反射鏡 1 2 3 b は、第 1 反射鏡 1 2 1 と同様に、光源 1 1 1 から放射された照明光のうち、前記条件を満たす第 1 放射角度 $\phi 1$ と異なる第 2 放射角度 $\phi 2$ の放射光束を折り曲げて試料面 S F に導光するものである。

[0053] 図 7 に示す例では、第 3 態様の照明光学系 1 2 C は、試料面 S F から 3 0 mm 離れた高さに位置する光源 1 1 1' が c o s 特性の配光特性を持ち、前記条件を満たす放射角度 $\phi 1 =$ 約 5 2. 9 度の光束の照明光を照明角度 $\theta =$ 4 2 度で試料面 S F を照明するとともに、前記条件を満たす放射角度 $\phi 2 =$ 約 3 4. 5 度の光束の照明光を照明角度 $\theta =$ 4 8 度で試料面 S F を照明する光学系である。

[0054] このような第 3 態様の照明部 1 C は、前記条件を満たす 2 個の放射角度 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ の各放射光束を試料面 S F（仮想照明面）に導光するので、第 1 および第 2 態様の照明部 1 A、1 B に較べて、試料面 S F（仮想照明面）に照射される照明光の光量を増加できる。

[0055] 第 4 態様の照明部 1 D は、光源 1 1 1 の配置位置を除き第 1 態様の照明部 1 A と同様の光源部 1 1 A と、第 4 態様の照明光学系 1 2 D を備え、第 4 態様の照明光学系 1 2 D は、例えば、図 8 に示すように、第 1 反射鏡 1 2 4 a と、第 1 F 反射鏡 1 2 4 b とを備える。

[0056] 第 4 態様の照明部 1 D では、光源 1 1 1 は、図 8 に示すように、前記第 2 法線 N L 2 と前記第 1 法線 N L 1 とを互いに一致させた場合における前記第 2 法線 N L 2（前記第 1 法線 N L 1）上の位置に配置される。そして、光源 1 1 1 は、第 2 態様の照明部 1 B における光源 1 1 1 と同様に、発光面の背面を試料面 S F と対向するように、配置される。

[0057] 第 1 反射鏡 1 2 4 a は、試料面 S F に向かう前記方向とは逆方向に放射された照明光を第 1 反射鏡 1 2 4 b の反射面に向けて反射する反射鏡である。

第1反射鏡124aは、概略、階段状に反射面を形成した反射鏡である。第1反射鏡124aは、前記条件を満たす3個の放射角度 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ 、 $\phi 3$ の各放射光束を第1反射鏡124bの反射面に向けて反射するために、光源111の発光面に平行な面に対し角度の異なる第1ないし第3反射面を備える。第1反射鏡124bは、第1反射鏡124aを介して光源111から照射された照明光を試料面SFに向けて反射する反射鏡であり、例えば、平面鏡等である。これら第1反射鏡124aおよび第1反射鏡124bでは、各反射面の各角度は、光源111から放射された照明光のうちの前記条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を試料面SFに導光する角度に調整される。すなわち、第1反射鏡124aの第1反射面は、前記条件を満たす1個の放射角度 $\phi 1$ の放射光束を第1反射鏡124bの反射面を介して試料面SFに導光するように形成される。第1反射鏡124aの第2反射面は、前記条件を満たす1個の放射角度 $\phi 2$ の放射光束を第1反射鏡124bの反射面を介して試料面SFに導光するように形成される。第1反射鏡124aの第3反射面は、前記条件を満たす1個の放射角度 $\phi 3$ の放射光束を第1反射鏡124bの反射面を介して試料面SFに導光するように形成される。

[0058] 図8に示す例では、第4態様の照明光学系12Dは、試料面SFから30mm離れた高さに位置する光源111'がcos特性の配光特性を持ち、前記条件を満たす放射角度 $\phi 1 = \text{約} 52.9^\circ$ の光束の照明光を照明角度 $\theta = 42^\circ$ で試料面SFを照明し、前記条件を満たす放射角度 $\phi 2 = \text{約} 45^\circ$ の光束の照明光を照明角度 $\theta = 45^\circ$ で試料面SFを照明し、そして、前記条件を満たす放射角度 $\phi 3 = \text{約} 34.5^\circ$ の光束の照明光を照明角度 $\theta = 48^\circ$ で試料面SFを照明する光学系である。

[0059] このような第4態様の照明部1Dは、前記条件を満たす3個の放射角度 $\phi 1$ 、 $\phi 2$ 、 $\phi 3$ の各放射光束を試料面SF（仮想照明面）に導光するので、第3態様の照明部1Cに較べて、試料面SF（仮想照明面）に照射される照明光の光量を増加できる。

[0060] また、45:0度のジオメトリでは、JIS規格（Japanese I

Industrial Standardsにより、照明角度は、45度±数度の範囲が許容されている。上述の第3および第4態様の照明部1C、1Dは、この許容範囲の照明角度が採用されている。すなわち、これら第3および第4態様の照明部1C、1Dにおける第3および第4態様の照明光学系12C、12Dは、所定の規格に従った所定のジオメトリであり、前記ジオメトリに対し前記規格で許容されている許容角度範囲内における複数の照明角度 θ で試料面SF（仮想照明面）を照射するように、光源111から複数の放射角度 ϕ でそれぞれ放射された複数の放射光束をそれぞれ反射する複数の第3反射鏡を含むものである。第3態様の照明光学系12Cにおける第1反射鏡123aおよび第1反射鏡123bは、前記複数の第3反射鏡の一例に相当する。ここで、第1反射鏡123aと第1反射鏡123bは別体として説明されているが、変形例として、複数角度の反射面を持つ1つの反射鏡として構成されていてもよい。また、第4態様の照明光学系12Dにおける第1反射鏡124aおよび第1反射鏡124bも、前記複数の第3反射鏡の一例に相当する。なお、上述では、45:0度のジオメトリの例を説明したが、これに限定されるものではなく、他のジオメトリも採用することができる。

[0061] また、上述の第1ないし第4態様の照明部1A～1Dにおける第1ないし第4態様の照明光学系12A～12Dは、上述の前記条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を1個の方位（箇所）から試料面SF（仮想照明面）に照射したが、第5および第6態様の照明部1E、1Fは、複数の方位（箇所）から前記条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を試料面SF（仮想照明面）へ照射するものである。

[0062] このような複数の方位から上述の前記条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を試料面SFへ照射する構成は、第1ないし第4照明光学系12A～12Dに含まれる反射鏡を、適宜な角度に調整した円錐鏡、円筒鏡および複数の平面鏡のいずれかに代えることによって、上述の第1ないし第4態様の照明部1A～1Dに対し、適用することができるが、ここでは、代表的に、第4態

様の照明部 1 D に適用した場合を、第 5 態様の照明部 1 E として説明し、そして、他の例を第 6 態様の照明部 1 F として説明する。なお、図 1 には、上述の複数の方位から前記条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を試料面 S F へ照射する前記構成を第 1 態様の照明部 1 A に適用する場合に、第 1 反射鏡 1 2 1 を円錐鏡で構成した場合が破線で示されている。

[0063] 第 5 態様の照明部 1 E は、光源 1 1 1 の配置位置を除き第 1 態様の照明部 1 A と同様の光源部 1 1 A と、第 5 態様の照明光学系 1 2 E を備え、第 5 態様の照明光学系 1 2 E は、例えば、図 9 に示すように、第 1 反射鏡 1 2 5 a と、第 1 反射鏡 1 2 5 b とを備える。

[0064] 第 5 態様の照明部 1 E では、光源 1 1 1 は、図 9 に示すように、前記第 2 法線 N L 2 と前記第 1 法線 N L 1 とを互いに一致させた場合における前記第 2 法線 N L 2 (前記第 1 法線 N L 1) 上の位置に配置される。そして、光源 1 1 1 は、第 2 態様の照明部 1 B における光源 1 1 1 と同様に、発光面の背面を試料面 S F に対向するように、配置される。

[0065] 第 1 反射鏡 1 2 5 a は、試料面 S F に向かう前記方向とは逆方向に放射された照明光を第 1 反射鏡 1 2 5 b の反射面に向けて反射する反射鏡である。第 1 反射鏡 1 2 5 a は、概略、階段状に反射面を形成した環状板状 (リング板状) の反射鏡である。第 1 反射鏡 1 2 5 a は、前記条件を満たす 3 個の放射角度 ϕ_1 、 ϕ_2 、 ϕ_3 の各放射光束を第 1 反射鏡 1 2 5 b の反射面に向けて反射するために、光源 1 1 1 の発光面に平行な面に対し角度の異なる環状の第 1 ないし第 3 反射面を備える。第 1 反射鏡 1 2 5 b は、第 1 反射鏡 1 2 5 a を介して光源 1 1 1 から照射された照明光を試料面 S F に向けて反射する反射鏡である。第 1 反射鏡 1 2 5 b は、その反射面と前記条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束の光線との交点から、第 2 法線 N L 2 に下ろした前記反射面の垂線を半径とした円周上に配置された 1 または複数の第 2 反射鏡を含み、照明光学系 1 2 E は、前記 1 または複数の第 2 反射鏡によって前記円周上の複数の箇所から前記条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を試料面 S F (仮想照明面) へ照射する。第 1 反射鏡 1 2 5 b は、前記円周上の複数の箇所

に配置された複数の平面鏡であってもよいが、図9に示す例では、円筒鏡である。そして、これら第1反射鏡125aおよび第1反射鏡125bでは、各反射面の各角度は、光源111から放射された照明光のうちの前記条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を試料面SFに導光する角度に調整される。すなわち、第1反射鏡125bが円筒鏡であるので、第1反射鏡125aの第1反射面は、環状であり、前記条件を満たす1個の放射角度 ϕ_1 の放射光束を第1反射鏡125bの反射面を介して試料面SFに導光するように形成される。同様に、第1反射鏡125aの第2反射面は、環状であり、前記条件を満たす1個の放射角度 ϕ_2 の放射光束を第1反射鏡125bの反射面を介して試料面SFに導光するように形成される。同様に、第1反射鏡125aの第3反射面は、前記条件を満たす1個の放射角度 ϕ_3 の放射光束を第1反射鏡125bの反射面を介して試料面SFに導光するように形成される。なお、第1反射鏡125bは、円錐鏡であってもよく、円錐鏡における反射面の角度（第2法線NL2に対する角度）に応じて、第1反射鏡125aの3つの反射面の角度（光源111の発光面に平行な面に対する角度）が適宜に調整される。

[0066] このような第5態様の照明部1Eは、光源111が第2法線上の位置に配置され、小型化される。また、このような第5態様の照明部1Eは、第2反射鏡としての第1反射鏡125bを備え、前記円周上の複数の箇所（方位）から前記条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を試料面SF（仮想照明面）へ照射するので、試料面SF（仮想照明面）に照射される照明光の光量を増加できる。

[0067] なお、この第5態様の照明光学系12Eにおける第1反射鏡125aおよび第1反射鏡125bの組み合わせも、前記複数の第3反射鏡の一例に相当する。

[0068] 第6態様の照明部1Fは、第2態様の光源部1Bと、第6態様の照明光学系12Fを備える。

[0069] 第2態様の光源部11Bは、白色光を内部に放射する図略の光源を持つ積

分球 1 1 3 と、第 1 態様の光源部 1 1 A と同様な駆動部 1 1 2 とを備える。積分球 1 1 3 は、駆動部 1 1 2 の駆動によって前記図略の光源から発光された白色光の多重拡散反射によって生成された、cos 特性を持った拡散光を放射する。積分球 1 1 3 は、図 10 に示すように、前記第 2 法線 NL 2 と前記第 1 法線 NL 1 とを互いに一致させた場合における前記第 2 法線 NL 2 （前記第 1 法線 NL 1 ）上の位置に配置される。そして、積分球 1 1 3 は、第 1 態様の照明部 1 A における光源 1 1 1 と同様に、前記拡散光が放射される放射面を試料面 SF に対向するように、配置される。

[0070] 第 6 態様の照明光学系 1 2 F は、例えば、図 10 に示すように、第 1 反射鏡 1 2 6 a と、第 1 反射鏡 1 2 6 b と、第 1 反射鏡 1 2 6 c とを備える。第 1 反射鏡 1 2 6 a は、試料面 SF に向かう方向に積分球 1 1 3 から放射された拡散光を前記方向とは逆方向に、第 1 反射鏡 1 2 6 b の反射面に向けて反射する反射鏡である。第 1 反射鏡 1 2 6 a は、概略、環状板状（リング板状）の反射鏡である。第 1 反射鏡 1 2 6 b は、第 5 態様の照明光学系 1 2 E における第 1 反射鏡 1 2 5 a と同様な反射鏡であり、図 10 に示す例では、積分球 1 1 3 の外周面に形成されている。第 1 反射鏡 1 2 6 c は、第 5 態様の照明光学系 1 2 E における第 1 反射鏡 1 2 5 b と同様な反射鏡である。

[0071] このような第 6 態様の照明部 1 F は、第 2 反射鏡としての第 1 反射鏡 1 2 6 c を備え、前記円周上の複数の箇所（方位）から前記条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を試料面 SF（仮想照明面）へ照射するので、試料面 SF（仮想照明面）に照射される照明光の光量を増加できる。

[0072] なお、この第 6 態様の照明光学系 1 2 F における第 1 反射鏡 1 2 6 a および第 1 反射鏡 1 2 6 b、第 1 反射鏡 1 2 6 c の組み合わせも、前記複数の第 3 反射鏡の一例に相当する。

[0073] また、これら上述の実施形態において、第 1 態様の光源部 1 1 A や第 2 態様の光源部 1 1 B に代え、次の第 3 態様の照明部 1 1 C または第 4 態様の照明部 1 1 D が用いられてもよい。

[0074] 図 11 は、図 1 に示す反射特性測定装置に用いられる第 3 態様の光源部の

構成を示す図である。図 1 2 は、図 1 に示す反射特性測定装置に用いられる第 4 態様の光源部の構成を示す図である。

[0075] 第 3 および第 4 態様の光源部 1 1 C、1 1 D は、cos 特性の配光特性に持つ 2 次光源である。このような第 3 態様の光源部 1 1 C は、図 1 1 に示すように、発光ダイオード等の光源 1 1 4 a と、均等拡散面、好ましくは完全拡散面を持つ 2 次光源板 1 1 4 c と、光源 1 1 4 a から放射された光を 2 次光源板 1 1 4 c に導光する例えば集光レンズ等の光学系 1 1 4 b とを備える。これら光源 1 1 4 a、光学系 1 1 4 b および 2 次光源板 1 1 4 c は、2 次光源板 1 1 4 c における前記均等拡散面（または前記完全拡散面）の法線を光軸としてこの順で配置される。2 次光源板 1 1 4 c は、例えば、基板の一主面上に、例えば硫酸バリウム等の白色拡散反射層を形成したものである。このような第 3 態様の光源部 1 1 C では、光源 1 1 4 a から放射された光は、光学系 1 1 4 b によって導光され、2 次光源板 1 1 4 c の均等拡散面（または完全拡散面）に入射され、cos 特性の配光特性で前記均等拡散面（または完全拡散面）から再放射される。このような第 3 態様の光源部 1 1 C は、2 次光源となる 2 次光源板 1 1 4 c の完全拡散面が第 1 態様の光源部 1 1 A における光源 1 1 1 の発光面とされ、上述の第 1 ないし第 5 態様の照明部 1 A ~ 1 E における光源部 1 1 A に代え、用いられる。

[0076] また、この第 4 態様の光源部 1 1 D は、図 1 2 に示すように、白色光を放射する例えばハロゲンランプ等の光源 1 1 5 a と、いわゆる積分球を半球状にした半球体 1 1 5 b と、半球体 1 1 5 b の開口面と同内径で半球体 1 1 5 b の前記開口面における周縁から延設された円筒状の円筒体 1 1 5 c と、円筒体 1 1 5 c の開口面を閉塞し所定の射出スリット 1 1 5 e を開口形成した蓋体 1 1 5 d とを備える。光源 1 1 5 a は、半球体 1 1 5 b の内部に前記白色光を放射するように、半球体 1 1 5 b の前記開口面に対向する半球体 1 1 5 b の頂部に配設される。半球体 1 1 5 b の内面、円筒体 1 1 5 c の内面および蓋体 1 1 5 d の内面には、完全拡散反射するように、例えば硫酸バリウム等の白色拡散反射層が形成される。射出スリット 1 1 5 e は、試料面 S F

に対して垂直な円筒体 1 1 5 c の内面を 2 次光源として所定の放射角度、例えば 4 5 度の放射光束を照明光として射出するように、環状（リング状）に蓋体 1 1 5 d に開口形成される。このような第 4 態様の光源部 1 1 D では、光源 1 1 5 a から放射された白色光は、半球体 1 1 5 b、円筒体 1 1 5 c および蓋体 1 1 5 d の各内面に形成された白色拡散反射層によってその内部で多重拡散反射することで拡散光となる。そして、この拡散光は、射出スリット 1 1 5 e によって、試料面 S F に対して垂直な円筒体 1 1 5 c の内面を 2 次光源として放射角度 4 5 度の放射光束を照明光として射出する。

[0077] 以上で説明した第 1 反射鏡、第 2 反射鏡、第 3 反射鏡の定義は、それぞれ以下のとおりである。

[0078] 第 1 反射鏡は、上述で説明した照明光学系の各態様において、光源から放射された照明光のうち上述の前記条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を受光し、これを反射して折り曲げ試料面 S F（仮想照明面）に導光する 1 または複数の反射鏡のことである。

[0079] 第 2 反射鏡は、その反射面と光源から放射された照明光のうち前記条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束の光線との交点から、前記第 2 法線 N L 2 に下した垂線を半径とした円周上に配置された 1 または複数の反射鏡のことであり、前記第 1 反射鏡の一部で構成される。

[0080] 第 3 反射鏡は、複数の照明角度 θ で試料面 S F（仮想試料面）を照射するように、光源から複数の放射角度 ϕ でそれぞれ放射された複数の放射光束をそれぞれ反射する 1 または複数の反射鏡のことであり、前記第 1 反射鏡の一部で構成される。

[0081] 本明細書は、上記のように様々な態様の技術を開示しているが、そのうち主な技術を以下に纏める。

[0082] 一態様にかかる照明装置は、発光面の第 1 中心点を通る前記発光面の第 1 法線からの放射角度 ϕ に依存する輝度 $P(\phi)$ で表される配光特性で照明光を放射する光源と、照明対象である被照明物の照明面に前記照明光を照射する場合における前記照明面が配置される仮想照明面に、前記光源から放射さ

れた照明光を導光する照明光学系とを備え、前記照明光学系は、1または複数の第1反射鏡を備え、前記第1反射鏡による前記光源の虚像位置からの前記照明光を前記仮想照明面に照射する場合における前記第1中心点と前記仮想照明面の照明領域の第2中心点を通る前記仮想照明面の第2法線との間の水平距離を D とし、前記仮想照明面に照射される前記照明光の前記第2法線からの照明角度を θ とし、前記第1中心点と前記仮想照明面との間の垂直距離を $D / \tan \theta$ とし、前記第2法線に沿った前記仮想照明面の位置変動に伴う前記照明角度 θ の照明角度変動を α とした場合に、前記光源から放射された照明光のうち、上述の式(1)で表される前記仮想照明面の照度 E の前記照明角度変動 α に対する偏微分 $\partial E / \partial \alpha$ が $\alpha = 0$ の場合に0となる条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を、前記1または複数の第1反射鏡で折り曲げて前記仮想照明面に導光する。

[0083] このような照明装置は、任意の配光特性および任意のジオメトリに対応した式(1)を用い、光源から放射された照明光のうち、この式(1)で表される仮想照明面の照度 E の照明角度変動 α に対する偏微分 $\partial E / \partial \alpha$ が $\alpha = 0$ の場合に0となる条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を、仮想照明面に導光するように構成された照明光学系を備える。このため、上記照明装置は、任意の配光特性の光源を用い、任意のジオメトリを用いても、光源と仮想照明面を含む面との距離変動に伴う照度変動を抑制できる。そして、上記照明装置は、前記条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を複数用いることが可能であることから、仮想照明面に照射される照明光の光量の増加が可能となる。

[0084] そして、上述の照明装置において、前記照明光学系は、1または複数の第1反射鏡を備え、前記放射角度 ϕ の前記放射光束を前記1または複数の第1反射鏡で折り曲げて前記仮想照明面に導光する。このため、上記照明装置は、前記放射角度 ϕ の前記放射光束を折り曲げる1または複数の第1反射鏡を備えるので、仮想照明面に対する光源の配置位置の自由が増し、小型化が可能となる。

[0085] 他の一態様では、上述の照明装置において、前記光源は、前記第1法線お

よび前記第2法線を互いに一致させた前記第2法線上の位置に配置され、前記1または複数の第1反射鏡は、反射面と前記放射角度 ϕ の前記放射光束の光線との交点から、前記第2法線に下ろした垂線を半径とした円周上に配置された1または複数の第2反射鏡を含み、前記照明光学系では、前記円周上の複数の箇所において、前記1または複数の第2反射鏡が前記放射角度 ϕ の前記放射光束を反射する。また、好ましくは、上述の照明装置において、前記1または複数の第2反射鏡は、円錐鏡、円筒鏡および平面鏡のうちのいずれかである。

[0086] このような照明装置は、光源が第2法線上の位置に配置され、小型化される。また、このような照明装置は、前記1または複数の第2反射鏡を備え、前記1または複数の第2反射鏡によって前記円周上の複数の箇所（方位）から放射角度 ϕ の放射光束を仮想照明面へ照射するので、仮想照明面に照射される照明光の光量を増加できる。

[0087] 他の一態様では、これら上述の照明装置において、前記1または複数の第1反射鏡は、複数の照明角度 θ で前記仮想照明面を照射するように、前記光源から複数の放射角度 ϕ でそれぞれ放射された複数の放射光束をそれぞれ反射する1または複数の第3反射鏡を含む。

[0088] このような照明装置は、前記1または複数の第3反射鏡を備えるので、仮想照明面に照射される照明光の光量を増加できる。

[0089] 他の一態様では、これら上述の照明装置において、前記1または複数の第3反射鏡は、階段状に複数の反射面を形成した反射鏡を含む。

[0090] そして、他の一態様にかかる反射特性測定装置は、測定対象である被測定試料の試料面に照明光を照射する照明部と、前記試料面で反射した前記照明光の反射光を導光する受光光学系と、前記受光光学系で導光された前記照明光の反射光における所定の反射特性を測定する反射特性測定部とを備え、前記照明部は、前記被測定試料を前記被照明物とし、前記試料面を前記仮想照明面とした上述のいずれかの照明装置である。

[0091] このような反射特性測定装置は、上述のいずれかの照明装置を用いるので

、任意の配光特性の光源を用い、任意のジオメトリを用いても、光源と試料面を含む面との距離変動に伴う照度変動を抑制できる。そして、上記反射特性測定装置は、前記条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を複数用いることが可能であることから、試料面に照射される照明光の光量の増加が可能となる。

[0092] この出願は、2013年5月27日に出願された日本国特許出願特願2013-110748を基礎とするものであり、その内容は、本願に含まれるものである。

[0093] 本発明を表現するために、上述において図面を参照しながら実施形態を通して本発明を適切且つ十分に説明したが、当業者であれば上述の実施形態を変更および／または改良することは容易に為し得ることであると認識すべきである。したがって、当業者が実施する変更形態または改良形態が、請求の範囲に記載された請求項の権利範囲を離脱するレベルのものでない限り、当該変更形態または当該改良形態は、当該請求項の権利範囲に包括されると解釈される。

産業上の利用可能性

[0094] 本発明によれば、照明装置および反射特性測定装置を提供できる。

請求の範囲

[請求項1] 発光面の第1中心点を通る前記発光面の第1法線からの放射角度 ϕ に依存する輝度 $P(\phi)$ で表される配光特性で照明光を放射する光源と、

照明対象である被照明物の照明面に前記照明光を照射する場合における前記照明面が配置される仮想照明面に、前記光源から放射された照明光を導光する照明光学系とを備え、

前記照明光学系は、1または複数の第1反射鏡を備え、前記第1反射鏡による前記光源の虚像位置からの前記照明光を前記仮想照明面に照射する場合における前記第1中心点と前記仮想照明面の照明領域の第2中心点を通る前記仮想照明面の第2法線との間の水平距離を D とし、前記仮想照明面に照射される前記照明光の前記第2法線からの照明角度を θ とし、前記第1中心点と前記仮想照明面との間の垂直距離を $D/\tan\theta$ とし、前記第2法線に沿った前記仮想照明面の位置変動に伴う前記照明角度 θ の照明角度変動を α とした場合に、前記光源から放射された照明光のうち、下記式(1)で表される前記仮想照明面の照度 E の前記照明角度変動 α に対する偏微分 $\partial E/\partial \alpha$ が $\alpha=0$ の場合に0となる条件を満たす放射角度 ϕ の放射光束を、前記1または複数の第1反射鏡で折り曲げて前記仮想照明面に導光する、

照明装置。

[数1]

$$E = \cos(\theta + \alpha) \times P(\phi + \alpha) / \left(\frac{D}{\sin(\theta + \alpha)} \right)^2 \quad \dots (1)$$

[請求項2] 前記光源は、前記第1法線および前記第2法線を互いに一致させた前記第2法線上の位置に配置され、

前記1または複数の第1反射鏡は、反射面と前記放射角度 ϕ の前記放射光束の光線との交点から、前記第2法線に下ろした垂線を半径と

した円周上に配置された 1 または複数の第 2 反射鏡を含み、

前記照明光学系では、前記円周上の複数の箇所において、前記 1 または複数の第 2 反射鏡が前記放射角度 ϕ の前記放射光束を反射する、
請求項 1 に記載の照明装置。

[請求項 3] 前記 1 または複数の第 2 反射鏡は、円錐鏡、円筒鏡および平面鏡のうちのいずれかである、

請求項 2 に記載の照明装置。

[請求項 4] 前記 1 または複数の第 1 反射鏡は、複数の照明角度 θ で前記仮想照明面を照射するように、前記光源から複数の放射角度 ϕ でそれぞれ放射された複数の放射光束をそれぞれ反射する 1 または複数の第 3 反射鏡を含む、

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の照明装置。

[請求項 5] 前記 1 または複数の第 3 反射鏡は、階段状に複数の反射面を形成した反射鏡を含む、

請求項 4 に記載の照明装置。

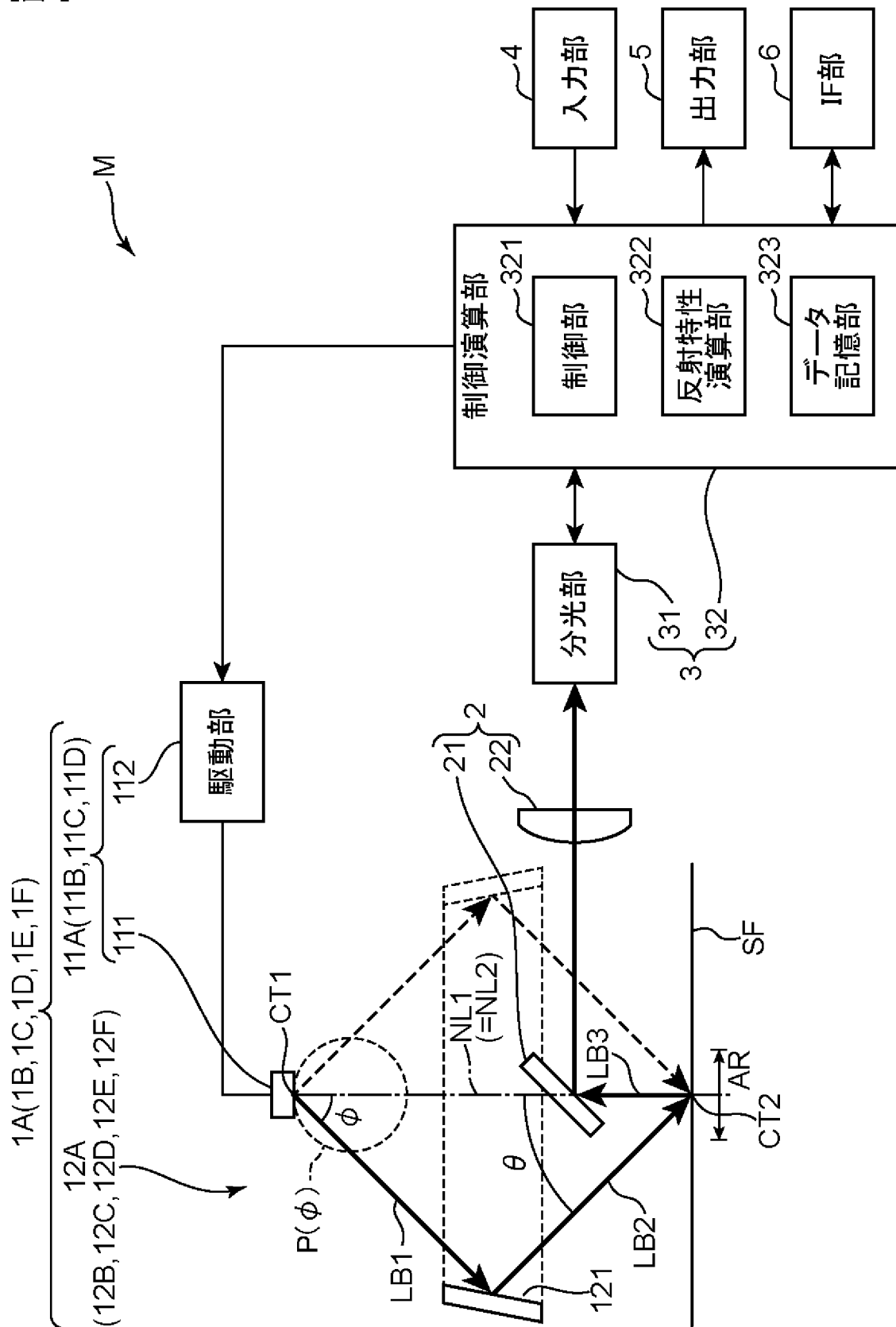
[請求項 6] 測定対象である被測定試料の試料面に照明光を照射する照明部と、
前記試料面で反射した前記照明光の反射光を導光する受光光学系と、

前記受光光学系で導光された前記照明光の反射光における所定の反射特性を測定する反射特性測定部とを備え、

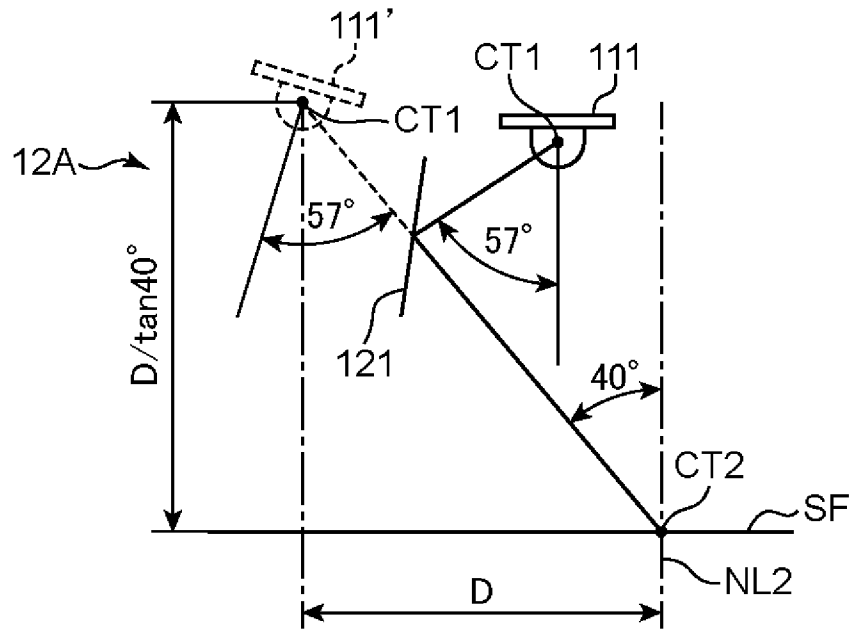
前記照明部は、前記被測定試料を前記被照明物とし、前記試料面を前記仮想照明面とした請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の照明装置である、

反射特性測定装置。

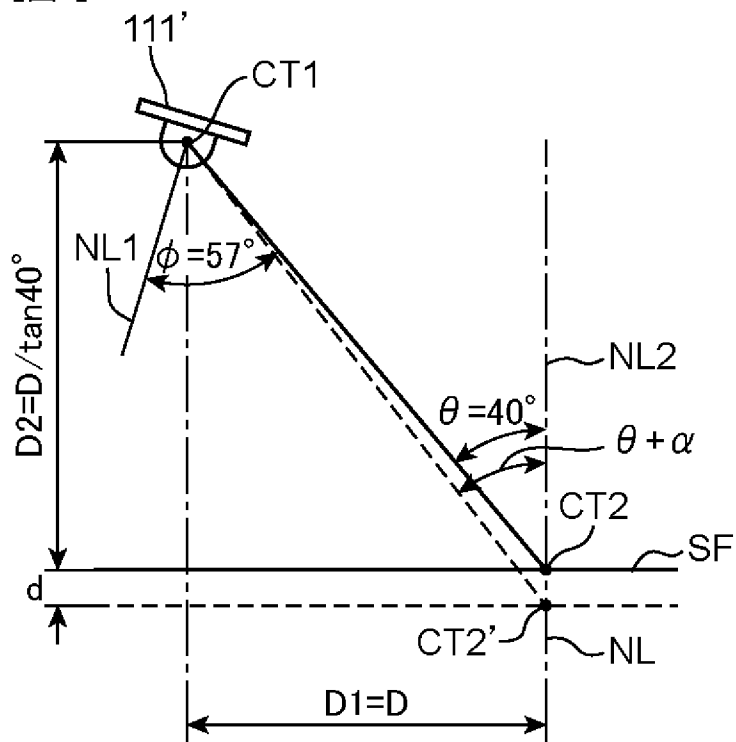
[図1]



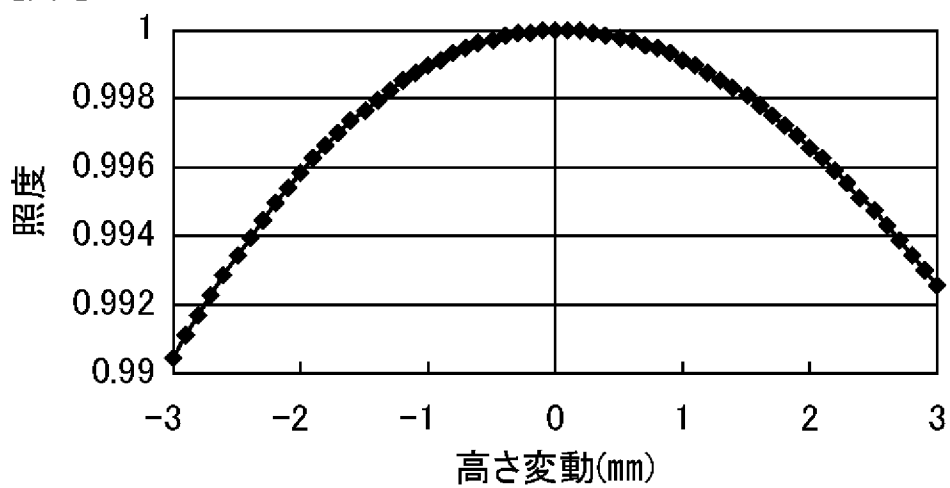
[図2]



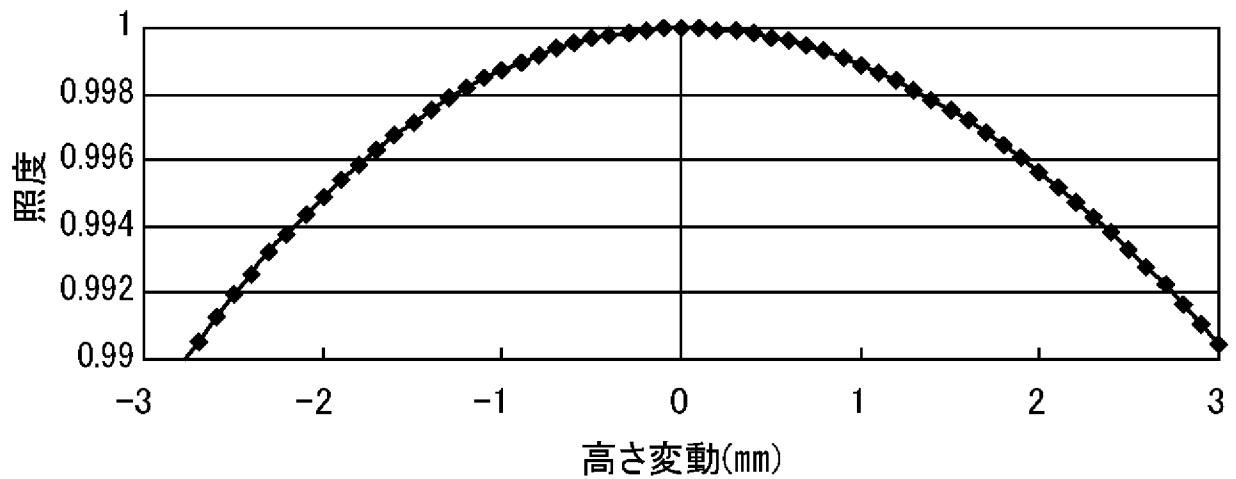
[図3]



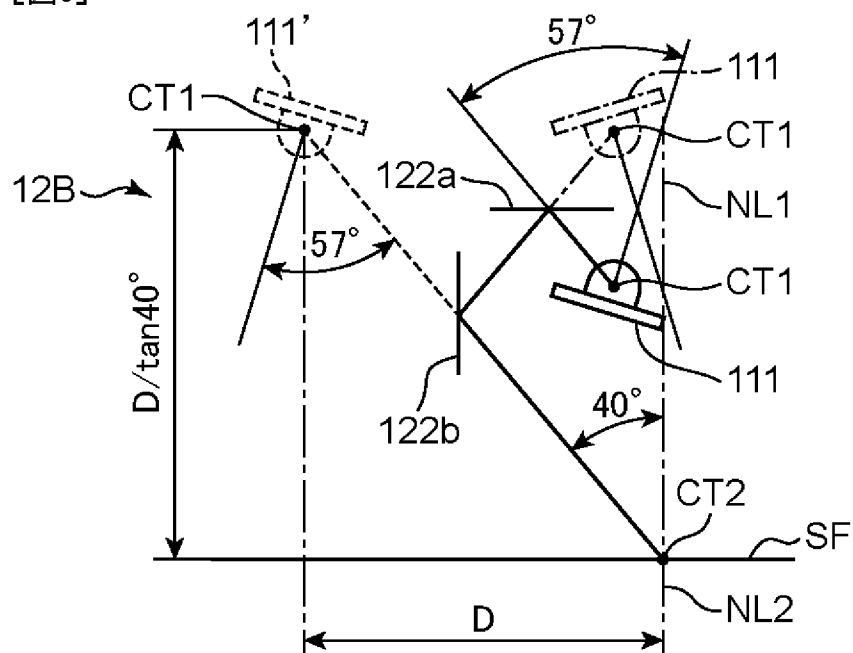
[図4]



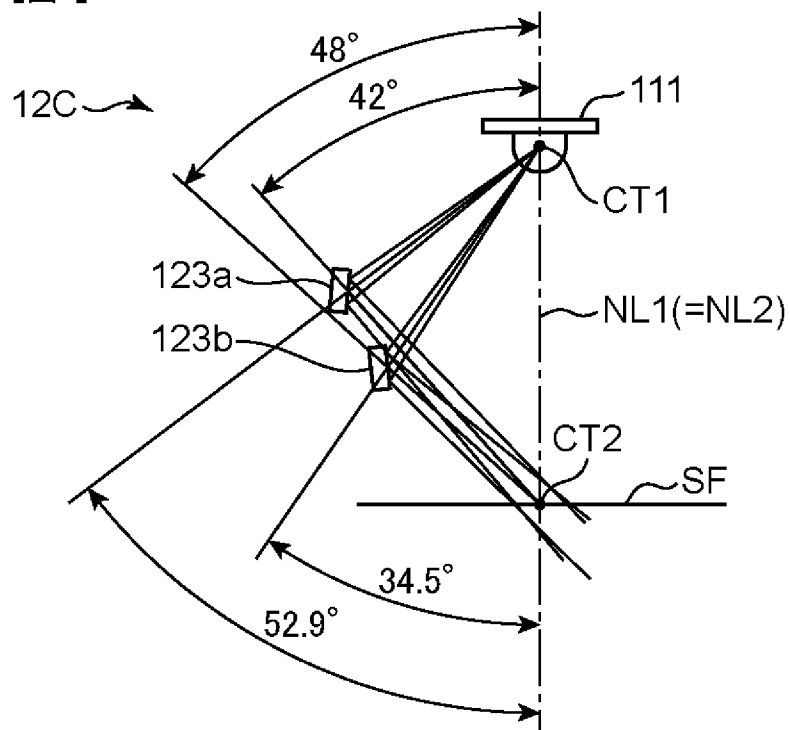
[図5]



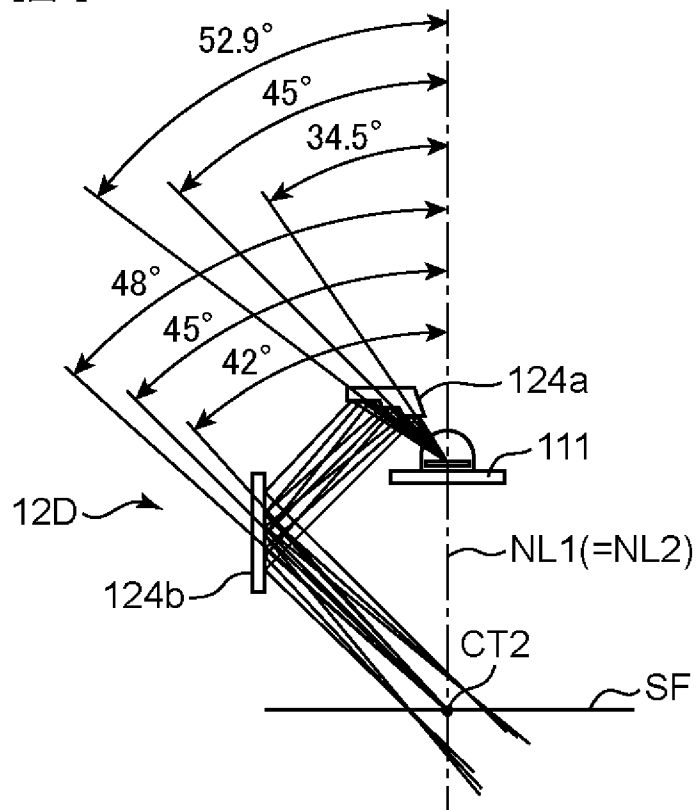
[図6]



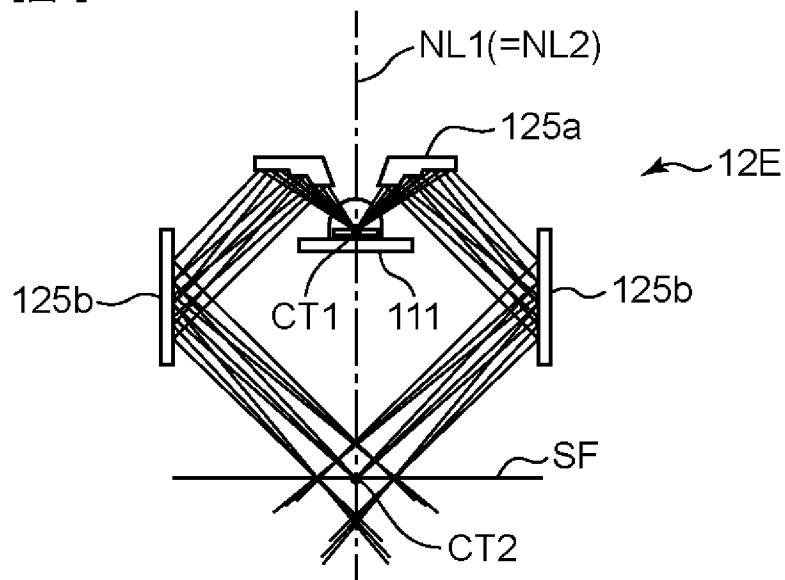
[図7]



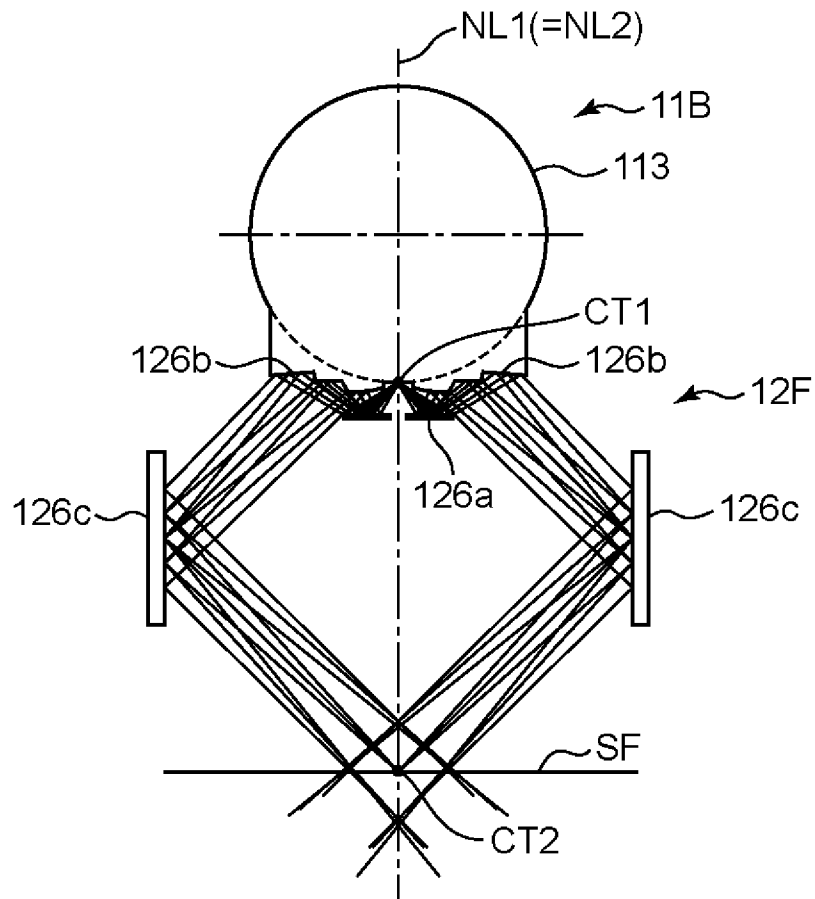
[図8]



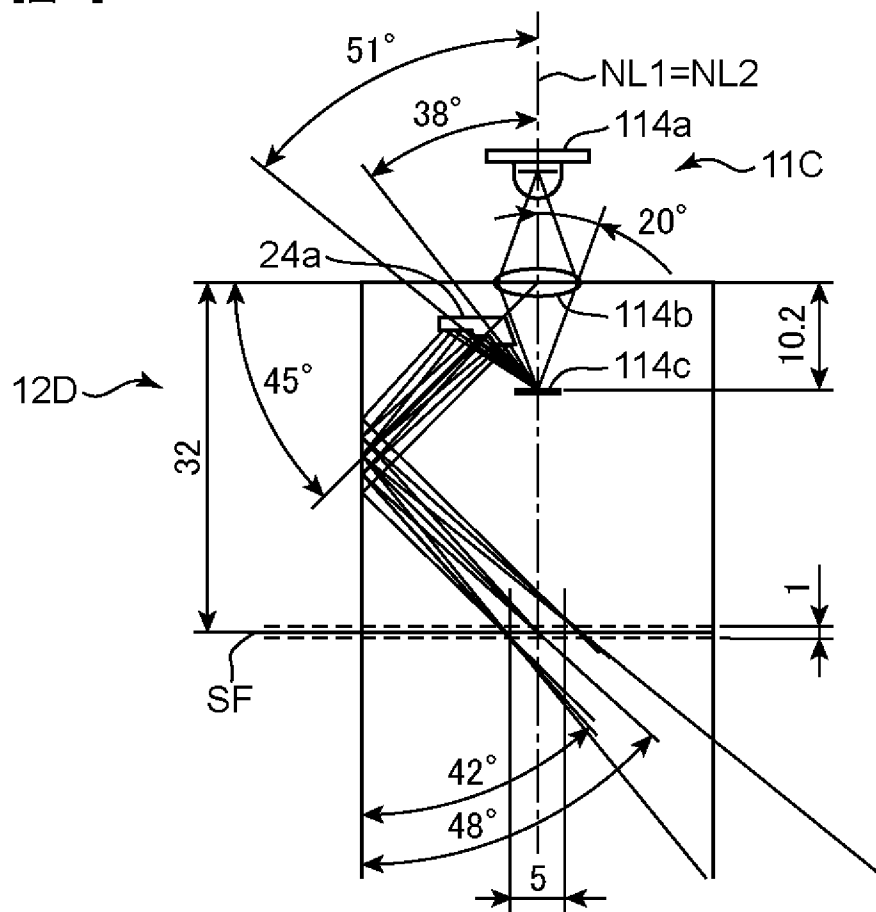
[図9]



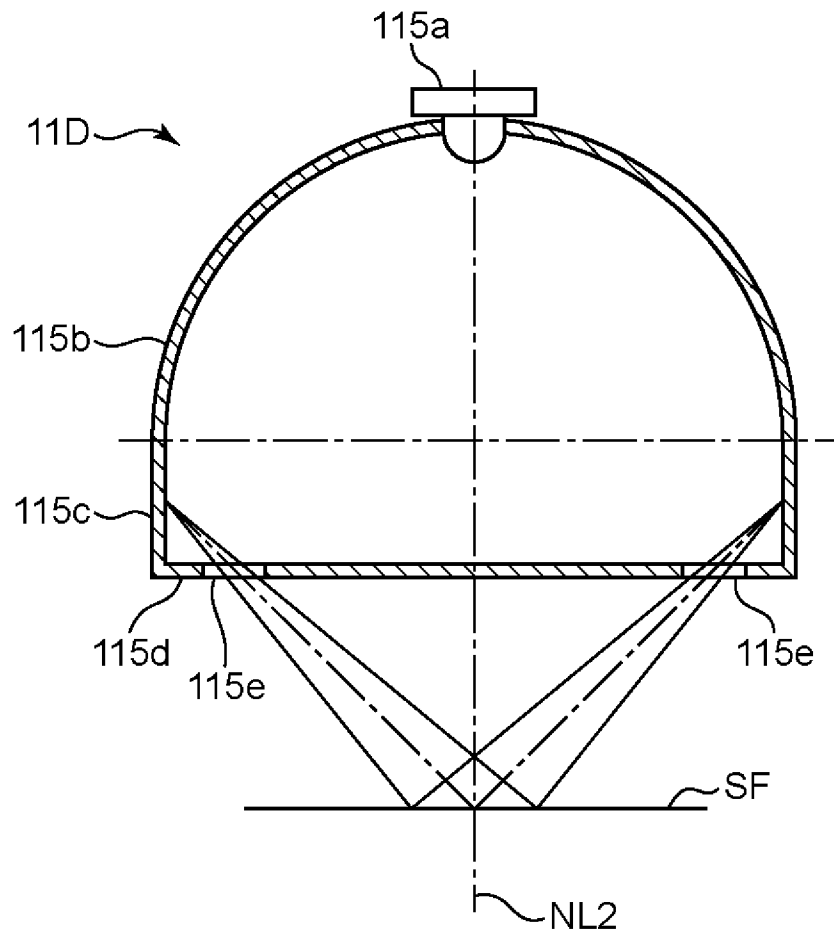
[図10]



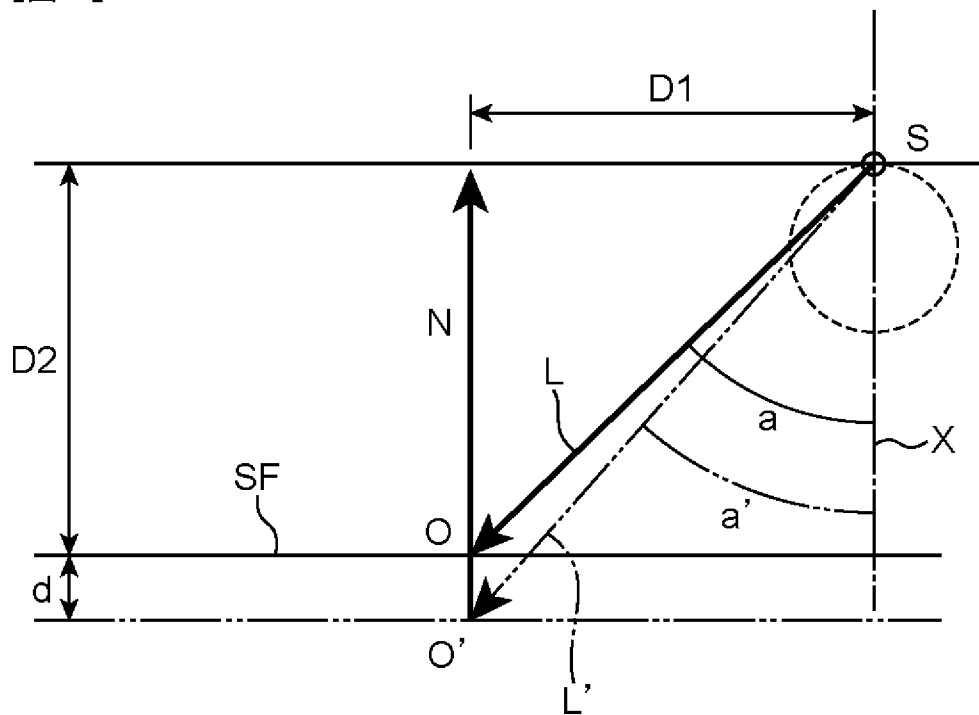
[図11]



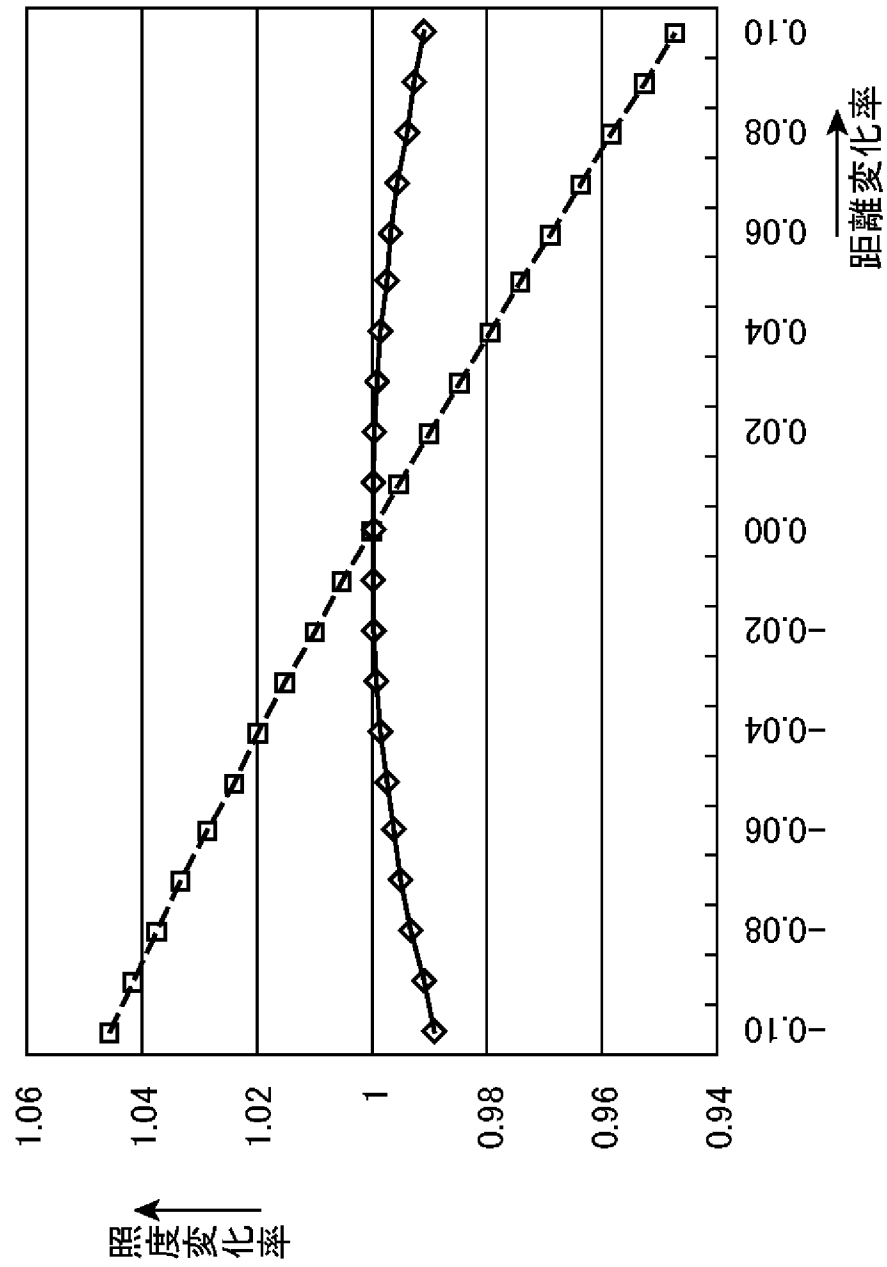
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/062633

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01J3/10(2006.01)i, G01J3/46(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)

G01J3/00-3/52

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
A	WO 2011/142107 A1 (Konica Minolta Sensing, Inc.), 17 November 2011 (17.11.2011), paragraphs [0028] to [0036] (Family: none)	1-6
A	WO 2011/142123 A1 (Konica Minolta Sensing, Inc.), 17 November 2011 (17.11.2011), paragraphs [0028] to [0029] (Family: none)	1-6
A	JP 2010-281808 A (Konica Minolta Sensing, Inc.), 16 December 2010 (16.12.2010), paragraph [0004] & US 2010/0277728 A1	1-6

☐ 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
22 July, 2014 (22.07.14)

Date of mailing of the international search report
05 August, 2014 (05.08.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01J3/10(2006.01)i, G01J3/46(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（IPC））

Int.Cl. G01J3/00-3/52

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2014年
日本国実用新案登録公報	1996-2014年
日本国登録実用新案公報	1994-2014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
A	WO 2011/142107 A1（コニカミノルタセンシング株式会社）2011.11.17, [0028]-[0036]（ファミリーなし）	1-6
A	WO 2011/142123 A1（コニカミノルタセンシング株式会社）2011.11.17, [0028]-[0029]（ファミリーなし）	1-6
A	JP 2010-281808 A（コニカミノルタセンシング株式会社）2010.12.16, [0004] & US 2010/0277728 A1	1-6

☐ 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

22.07.2014

国際調査報告の発送日

05.08.2014

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/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）

喜々津 徳胤

2W

4842

電話番号 03-3581-1101 内線 3250