

(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
2016 年 11 月 17 日(17.11.2016)

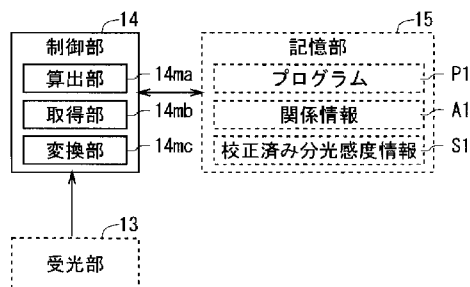


(10) 国際公開番号
WO 2016/181746 A1

- (51) 国際特許分類:
G01J 3/02 (2006.01) *G01J 3/50* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/061916
- (22) 国際出願日: 2016 年 4 月 13 日(13.04.2016)
- (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 2015-099295 2015 年 5 月 14 日(14.05.2015) 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: 長井 慶郎(NAGAI Yoshiroh); 〒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: 吉竹 英俊, 外(YOSHITAKE Hidetoshi et al.); 〒5400001 大阪府大阪市中央区城見 1 丁目 4 番 7 0 号住友生命 O B P プラザビル 1 0 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, 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, ST, 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).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: SPECTROSCOPIC COLOR MEASUREMENT DEVICE AND METHOD FOR CALCULATING SPECTRAL REFLECTANCE

(54) 発明の名称: 分光測色装置、および分光反射率の算出方法



- 13 Light reception unit
14 Control unit
14ma Calculation unit
14mb Acquisition unit
14mc Conversion unit
15 Storage unit
A1 Relationship information
P1 Program
S1 Calibrated spectral sensitivity information

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a technique with which it is possible to easily set a highly accurate conversion rule for measurement values among different spectroscopic color measurement devices. This spectroscopic color measurement device comprises a light source, a light reception part, and a conversion unit. The light reception part disperses reflected light generated at a surface of an object in response to the irradiation of illumination light emitted from the light source onto said object, and measures the optical spectrum of said reflected light. By using the optical spectrum and calibrated spectral sensitivity of another spectroscopic color measurement device that is different from the spectroscopic color measurement device, the conversion unit calculates the spectral reflectance that can be acquired by said other spectroscopic color measurement device from the optical spectrum.

(57) 要約: 異なる分光測色装置の間における測定値の高精度な変換ルールが容易に設定され得る技術を提供するために、分光測色装置は、光源、受光部および変換部を備えている。受光部は、光源から発せられる照明光の対象物に対する照射に応じて該対象物の表面で生じる反射光を分光して、該反射光の分光スペクトルを測定する。変換部は、分光測色装置とは異なる他の分光測色装置の校正済み分光感度と分光スペクトルとを用いて、分光スペクトルから他の分光測色装置で取得され得る分光反射率を算出する。

明 細 書

発明の名称：分光測色装置、および分光反射率の算出方法

技術分野

[0001] 本発明は、分光測色装置、および分光反射率の算出方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、対象物の表面色の仕上がりを管理するために、対象物の表面における分光反射率を測定する分光測色装置が使用されている（例えば、特許文献 1～3 等）。この分光測色装置では、例えば、黒色および白色と言った 2 つの標準色の測定によって得られる黒色色度および白色色度に係る測定値が用いられて、対象物の分光反射率に係る測定値が校正され得る（例えば、特許文献 1 等）。

[0003] このような分光測色装置については、例えば、工場等において複数台の分光測色装置が並行して使用され、一部の分光測色装置が新たな分光測色装置に置き換えられることによって、複数種類の分光測色装置が併存し得る使用状況が想定され得る。分光測色装置の置き換えの態様としては、例えば、これまで使用してきている分光測色装置が、その後継機種種の分光測色装置に置換される態様が挙げられる。

[0004] 当該使用状況では、黒色および白色と言った 2 つの標準色の測定値が用いられて、対象物に係る測定値が校正されれば、黒色および白色に近い対象物については、同一の対象物が異なる分光測色装置によって測定されても、同様な分光反射率が取得され得る。一方、異なる機種間または異なるメーカー製の装置間では、光学系および分光感度に係る校正の方法が異なるため、黒色および白色とは異なる色の対象物が異なる分光測色装置によって測定されると、分光測色装置毎に異なる分光反射率が取得され得る。

[0005] そこで、分光測色装置 m によるある対象物の測定によって取得される分光反射率 $R_m(i)$ が、式 (1) によって、他の分光測色装置 t による同一の対象物の測定によって取得され得る分光反射率 $R_t(i)$ に変換される方法が提

案されている（例えば、非特許文献 1 等）。式（1）では、 λ は波長を示し、 $A(i)$ 、 $B(i)$ 、 $C(i)$ 、 $D(i)$ 、 $E(i)$ は、右辺第 1～5 項の各 i 番目の波長 λ に対する係数を示している。

[0006] [数1]

$$R_t(i) = A(i) + B(i) \cdot R_m(i) + C(i) \cdot \frac{dR_m(i)}{d\lambda} + D(i) \cdot \frac{d^2R_m(i)}{d\lambda^2} + E(i) \cdot R_m(i) \cdot (100 - R_m(i)) \cdots (1)$$

[0007] この方法では、分光測色装置 m と分光測色装置 t とによって複数の校正用の試料が実際に測定されることでそれぞれ取得される分光反射率が、式（1）に適用されることで、式（1）の係数 $A(i)$ 、 $B(i)$ 、 $C(i)$ 、 $D(i)$ 、 $E(i)$ が求められる。そして、求められた係数 $A(i)$ 、 $B(i)$ 、 $C(i)$ 、 $D(i)$ 、 $E(i)$ が適用された式（1）が用いられることで、任意の対象物についての分光測色装置 m による測定によって取得される分光反射率 $R_m(i)$ から、分光測色装置 t による測定によって取得され得る分光反射率 $R_t(i)$ が算出され得る。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開昭 61－292026 号公報

特許文献2：特開昭 61－292043 号公報

特許文献3：特開昭 62－289736 号公報

非特許文献

[0009] 非特許文献1：A.Ingleson and M.H.Brill, "Methods of Selecting a Small Reflectance Set as a Transfer Standard for Correcting Spectrophotometers", Color Res. Appl. 31 (2006), 13-17.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] ところで、分光反射率は、例えば、横軸が対象物からの反射光における波長を示し、縦軸が対象物からの反射光の強度（光エネルギーでも良い）に依

じた反射率を示す2次元のグラフによって表される。このため、異なる分光測色装置の間において、分光反射率は、波長に係る横軸方向および光エネルギーに係る縦軸方向と言った2軸方向において、ずれを生じ得る。式(1)で言えば、分光測色装置の各受光素子についての対象物からの反射光の強度と測定値との関係が比例関係からずれている直線性の問題が、右辺第5項の係数 $E(i)$ に誤差を生じさせ得る。また、分光測色装置の各受光素子で受光される反射光の波長に係るずれが、式(1)の右辺第3項の係数 $C(i)$ に誤差を生じさせる。さらに、分光測色装置の各波長にそれぞれ対応する各受光素子における分光感度の半値幅のズレが、式(1)の右辺第4項の係数 $D(i)$ に誤差を生じさせ得る。

[0011] ここで、係数 $A(i) \sim E(i)$ は、波長 $\lambda(i)$ 毎に異なる値を採る。このため、各波長 $\lambda(i)$ について、分光反射率 $R_m(i)$ ならびに分光反射率 $R_m(i)$ の1次微分($dR_m(i)/d\lambda$)および2次微分($d^2R_m(i)/d\lambda^2$)が0とは異なる値を呈する5種類以上の校正用の試料の分光反射率が実際に測定されれば、波長 $\lambda(i)$ 毎に5つの係数 $A(i) \sim E(i)$ が求められ得る。

[0012] 例えば、分光測色装置において反射光の強度が検出される波長(検出波長とも言う) $\lambda(i)$ 毎に、分光反射率 $R_m(i)$ が波長 $\lambda(i)$ の変化に対して傾きを有する校正用の試料が用いられれば、式(1)の分光反射率 $R_m(i)$ の1次微分($dR_m(i)/d\lambda$)を含む右辺第3項が0とは異なる値を呈する。また、例えば、分光測色装置の検出波長 $\lambda(i)$ 毎に、検出波長 $\lambda(i)$ の変化に対して分光反射率 $R_m(i)$ の傾きが変化している校正用の試料が用いられれば、式(1)の分光反射率 $R_m(i)$ の2次微分($d^2R_m(i)/d\lambda^2$)を含む右辺第4項が0とは異なる値を呈する。

[0013] よって、検出波長 $\lambda(i)$ 毎に、分光反射率 $R_m(i)$ 、分光反射率 $R_m(i)$ の傾きおよび分光反射率 $R_m(i)$ の傾きの変化が大きな校正用の試料が用いられれば、係数 $A(i) \sim D(i)$ が精度良く求められ得る。また、右辺第5項は、分光反射率 $R_m(i)$ が0%および100%で最小となり、分光

反射率 $R_m(i)$ が 50% で最大となる 2 次関数である。このため、検出波長 $\lambda(i)$ 毎に、0% から 100% までの複数の分光反射率 $R_m(i)$ を呈する複数の校正用の試料が採用されれば、係数 $E(i)$ が精度良く求められ得る。

[0014] しかしながら、ある検出波長 $\lambda(i)$ において分光反射率 $R_m(i)$ の傾きが大きな校正用の試料は、他の検出波長 $\lambda(i)$ において分光反射率 $R_m(i)$ の傾きが小さくなる傾向にある。このため、検出波長 $\lambda(i)$ 毎に、係数 $A(i) \sim E(i)$ を求めるために最適な校正用の試料が異なってくる。よって、波長 $\lambda(i)$ 毎に係数 $A(i) \sim E(i)$ を求めるためには、非常に多数の校正用の試料が必要となる。また、校正用の試料の選択の仕方によって、式 (1) を用いた分光反射率 $R_t(i)$ の算出に係るロバスト性が相違する。つまり、式 (1) の右辺の 1 以上の項に、校正用の試料の選択の仕方に応じた測定に係る誤差が乗ると、式 (1) を用いて算出される分光反射率 $R_t(i)$ に誤差が生じ易い。

[0015] また、分光測色装置では、例えば、10nm 間隔等と言った様な予め設定された所定の波長の間隔で、分光反射率 $R_m(i)$ に係る測定値が出力される。このため、検出波長 $\lambda(i)$ における分光反射率 $R_m(i)$ の 1 次微分 ($dR_m(i)/d\lambda$) は、実際の計算では、分光反射率 $R_m(i)$ の微分の値 (微分値とも言う) ではなく、分光反射率 $R_m(i)$ の差分の値 (差分値とも言う) となる。その結果、微分値と差分値との差に起因する誤差が、分光測色装置 m による測定で得られた分光反射率 $R_m(i)$ から式 (1) を用いた変換によって得られる分光測色装置 t に係る分光反射率 $R_t(i)$ と、分光測色装置 t による実測で得られる分光反射率 $R_t(i)$ との間に誤差を生じさせる。

[0016] このように、式 (1) を用いた分光反射率 $R_m(i)$ から分光反射率 $R_t(i)$ への変換を実現させるためには、まずは多数の校正用の試料を要する。また、それらの多数の校正用の試料を用いた測定に長時間を要する。さらには、校正用の試料の選択の仕方に依る変換の精度 (ロバスト性) を確保することは容易でない。すなわち、分光反射率 $R_m(i)$ から分光反射率 $R_t(i)$

）へ変換するためのルール（変換ルールとも言う）の設定には、煩雑な作業や操作を要し、該変換ルールを精度良く設定することは容易でない。

[0017] これらの問題は、異なるメーカーの分光測色装置の間または異なる分光測色装置の機種の間に限られるものではなく、例えば、同一機種の異なる分光測色装置の間においても生じ得るため、異なる分光測色装置の間一般において生じ得る。

[0018] 本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、異なる分光測色装置の間における測定値の高精度な変換ルールが容易に設定され得る技術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

[0019] 上記課題を解決するために、一態様に係る分光測色装置は、光源と、受光部と、変換部と、を備える。ここで、前記受光部は、前記光源から発せられる照明光の対象物に対する照射に応じて該対象物の表面で生じる反射光を分光して、該反射光の分光スペクトルを測定する。そして、前記変換部は、前記分光測色装置とは異なる他の分光測色装置の校正済み分光感度と前記分光スペクトルとを用いて、前記分光スペクトルから前記他の分光測色装置で取得され得る分光反射率を算出する。

[0020] 他の一態様に係る分光反射率の算出方法は、ステップ(a)およびステップ(b)を有する。ここで、前記ステップ(a)においては、第1分光測色装置の受光部によって、光源から発せられる照明光の対象物に対する照射に応じて該対象物の表面で生じる反射光を分光して、該反射光の分光スペクトルを測定する。そして、前記ステップ(b)においては、前記第1分光測色装置の変換部によって、前記第1分光測色装置とは異なる第2分光測色装置の校正済み分光感度と前記ステップ(a)で測定された前記分光スペクトルとを用いて、前記分光スペクトルから前記第2分光測色装置で取得され得る分光反射率を算出する。

発明の効果

[0021] 一態様に係る分光測色装置によれば、反射率の直線性に係るずれとは別に

、分光感度に係るずれについての校正済み分光感度が設定されるため、異なる分光測色装置の間における測定値の高精度な変換ルールが容易に設定され得る。

[0022] 他の一態様に係る分光反射率の算出方法によれば、反射率の直線性に係るずれとは別に、分光感度に係るずれについての校正済み分光感度が設定されるため、異なる分光測色装置の間における測定値の高精度な変換ルールが容易に設定され得る。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]図1は、第1分光測色装置の一構成例を模式的に示す図である。

[図2]図2は、第2分光測色装置の一構成例を模式的に示す図である。

[図3]図3は、受光部の一構成例を模式的に示す図である。

[図4]図4は、赤色の測色対象物に係る第1および第2分光反射率を例示する図である。

[図5]図5は、第1分光反射率と第2分光反射率との差を例示する図である。

[図6]図6は、透明部材の分光反射率を例示する図である。

[図7]図7は、受光部の各受光素子における分光感度を例示する図である。

[図8]図8は、第1分光測色装置の制御部で実現される機能的な構成を例示する図である。

[図9]図9は、第2分光測色装置の制御部で実現される機能的な構成を例示する図である。

[図10]図10は、無彩色の測色対象物について取得される分光反射率を例示する図である。

[図11]図11は、同一の無彩色の測色対象物について取得される分光反射率の装置間における差を例示する図である。

[図12]図12は、第1分光測色装置の制御部で実現される機能的な構成を例示する図である。

[図13]図13は、分光反射率と分光反射率の差との関係を示す図である。

[図14]図14は、分光反射率と分光反射率の差との関係を示す図である。

[図15]図15は、分光反射率と分光反射率の差との関係を示す図である。

[図16]図16は、分光反射率と分光反射率の差との関係を示す図である。

[図17]図17は、分光反射率と分光反射率の差との関係を示す図である。

[図18]図18は、分光反射率と分光反射率の差との関係を示す図である。

[図19]図19は、分光反射率と分光反射率の差との関係を示す図である。

[図20]図20は、分光反射率と分光反射率の差との関係を示す図である。

[図21]図21は、分光反射率と分光反射率の差との関係を示す図である。

[図22]図22は、分光反射率と分光反射率の差との関係を示す図である。

[図23]図23は、分光反射率と分光反射率の差との関係を示す図である。

[図24]図24は、分光反射率と分光反射率の差との関係を示す図である。

[図25]図25は、分光反射率と分光反射率の差との関係を示す図である。

[図26]図26は、分光反射率と分光反射率の差との関係を示す図である。

[図27]図27は、分光反射率と分光反射率の差との関係を示す図である。

[図28]図28は、分光反射率と分光反射率の差との関係を示す図である。

[図29]図29は、分光反射率と分光反射率の差との関係を示す図である。

[図30]図30は、分光反射率と分光反射率の差との関係を示す図である。

[図31]図31は、分光反射率と分光反射率の差との関係を示す図である。

[図32]図32は、分光反射率と分光反射率の差との関係を示す図である。

[図33]図33は、第1および第2分光測色装置を用いた測定で取得された第1および第2分光反射率を例示する図である。

[図34]図34は、第1分光反射率と第2分光反射率との差を例示する図である。

[図35]図35は、第1分光反射率から反射率差を減じることで得られる補正後の第1分光反射率と第2分光反射率との差を例示する図である。

[図36]図36は、変換ルールの設定に係る動作フローを示すフローチャートである。

[図37]図37は、合わせ込みで用いられる複数の試料の分光反射率を例示する図である。

[図38]図38は、一受光素子における分光感度を示す正規分布の関数を例示する図である。

[図39]図39は、第1分光測色装置の測定で得られた分光スペクトルを、第2分光測色装置によって取得され得る分光反射率に変換する動作フローを示すフローチャートである。

[図40]図40は、第1および第2分光測色装置における入射光量と出力との関係を例示する図である。

[図41]図41は、第1分光測色装置の一構成例を模式的に示す図である。

[図42]図42は、2種類の透明部材の分光反射率を例示する図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明の一実施形態および各種変形例を図面に基づいて説明する。
なお、図面においては同様な構成および機能を有する部分については同じ符号が付されており、下記説明では重複説明が省略される。また、図面は模式的に示されたものであり、各図における各種構造のサイズおよび位置関係等は適宜変更され得る。

[0025] <(1)一実施形態>

<(1-1)一実施形態の概要>

例えば、異なる分光測色装置の間では、測色の対象物（測色対象物とも言う）が同一であっても、光学系の違いおよび波長の校正法の違い等に応じて、分光反射率の測定値が相違し得る。このため、例えば、同一製品等といった同様な測色対象物の測定に、異なる分光測色装置が並行して使用されれば、分光測色装置毎に得られる分光反射率および該分光反射率から算出される色彩値が相違する場合がある。この場合、測色対象物の色を適切に管理することが難しい。

[0026] このような問題に対しては、一実施形態に係る第1分光測色装置1m（図1参照）において、該第1分光測色装置1mを用いた測定で取得される分光反射率（第1分光反射率とも言う）が、第1分光測色装置1mとは異なる第2分光測色装置1t（図2参照）を用いた測定で取得され得る分光反射率（

第2分光反射率とも言う)に変換されれば良い。このとき、第2分光測色装置1 tは、第1分光測色装置1 mで得られた第1分光反射率の変換先としての他の分光測色装置(変換先分光測色装置とも言う)である。なお、本実施形態では、例えば、第1分光測色装置1 mと第2分光測色装置1 tとが、機種が異なる装置であっても良いし、同一機種の異なる装置であっても良い。

[0027] 但し、従来の上記式(1)を用いて第1分光反射率を第2分光反射率に変換するルール(変換ルールとも言う)を設定するためには、多数の校正用の試料の準備を要し、該多数の校正用の試料を用いた測定に長時間を要する。更に、校正用の試料の選択の仕方に依る変換の精度(ロバスト性)を確保することは容易でない。このため、変換ルールの設定には、煩雑な作業や操作を要し、該変換ルールを精度良く設定することは容易でなかった。

[0028] そこで、本実施形態では、第1分光反射率と第2分光反射率との間におけるずれが、反射率の直線性に係るずれ(適宜、直線性に係るずれと略称する)と、分光感度に係るずれと、に分けて扱われて、変換ルールが設定される。これにより、少数の校正用の試料を用いて、変換ルールを設定することが可能となる。すなわち、異なる分光測色装置の間における測定値の高精度な変換ルールが容易に設定され得る。

[0029] ここで、直線性に係るずれは、例えば、各波長について測色対象物上で実際に生じる反射光の強度と測定される反射光の強度との関係が装置間で異なることに因って生じる分光反射率の反射率の方向におけるずれ(第1のずれとも言う)である。つまり、直線性に係るずれは、第1分光反射率と第2分光反射率との間における各波長についての反射率に係るずれの成分(ずれ成分とも言う)としての反射率の差(反射率差とも言う)に相当する。また、分光感度に係るずれは、例えば、分光感度の校正において装置間で異なる波長の校正法に因って生じる誤差(校正誤差とも言う)としての分光反射率の波長の方向におけるずれ(第2のずれとも言う)である。

[0030] <(1-2)分光測色装置の概略的な構成>

図1は、一実施形態に係る第1分光測色装置1 mの一構成例を模式的に示

す図である。図2は、第2分光測色装置1tの一構成例を模式的に示す図である。ここでは、国際照明委員会(CIE)が推奨する45/0(45°照明、垂直受光)の構成が採用されている例を挙げて説明する。なお、例えば、CIEが推奨する0/45(垂直照明、45°受光)の構成が採用されても良い。

[0031] 第1分光測色装置1mおよび第2分光測色装置1tは、例えば、ともに筐体2ならびに該筐体2内に格納された光源11、発光回路12、受光部13、制御部14、記憶部15および入出力部16を備えている。

[0032] 筐体2は、開口部2oを有している。ここでは、第2分光測色装置1tには、開口部2oを介した筐体内2への物体(塵や埃等)の侵入を防ぐための透明な部材(透明部材とも言う)17tが設けられているのに対して、第1分光測色装置1mには、透明部材が設けられていない例が採用されている。透明部材17tは、例えば、凸レンズまたは板の形状を有しており、透明部材17tの素材としては、例えば、無色透明のガラスまたはアクリル等が採用され得る。開口部2oは、光源11から発せられる光(照明光とも言う)を筐体2の外部に向けて通過させることで、筐体2の外部のうちの開口部2oの近傍に配置された測色対象物100に該照明光を照射させる。また、開口部2oは、光源11から発せられる照明光の測色対象物100に対する照射に応じて測色対象物100の表面で生じる反射光を、筐体2の内部に向けて通過させる。

[0033] 光源11は、例えば、白色光を発する。白色光を発する光源11としては、例えば、キセノン(Xe)フラッシュランプ等のランプが採用され得る。

[0034] 発光回路12は、制御部14の制御に応じて光源11を発光させる回路である。

[0035] 受光部13は、光源11から発せられる照明光の測色対象物100に対する照射に応じて該測色対象物100の表面で生じる反射光を分光して、該反射光の強度に係る分光スペクトルを測定する。図3は、受光部13の一構成例を模式的に示す図である。図3で示されるように、受光部13は、例えば

、スリット板 131、分光部 132 およびセンサー部 133 を有する。

[0036] スリット板 131 は、測色対象物 100 からの反射光の一部の光（入射光とも言う）L0 を受光部 13 内に入射させるスリット状の開口部（スリット部とも言う）131s を有する板状の部材である。

[0037] 分光部 132 は、スリット部 131s から入射された入射光 L0 を波長に応じて分光する部材であり、例えば、回折格子等を有して構成される。なお、図 3 では、分光部 132 で入射光 L0 が分光されることで得られる複数の波長の光のうち、赤色の光（赤色光とも言う）Lr1 の光束の外縁が実線の矢印によって描かれており、青色の光（青色光とも言う）Lb1 の光束の外縁が一点鎖線の矢印によって描かれている。

[0038] センサー部 133 は、分光部 132 で分光された光の強度を波長毎に測定する部分であり、例えば、複数の受光素子が一行に配されたラインセンサー（リニアアレイセンサーとも言う）等を有して構成される。

[0039] このような構成を有する受光部 13 では、スリット部 131s から入射された入射光 L0 が、分光部 132 で分光された後にセンサー部 133 に照射されることで、該センサー部 133 によって入射光 L0 における波長毎の光の強度が測定される。

[0040] 制御部 14 は、各種情報処理を行う電気回路であり、主にプロセッサ P0 およびメモリー M0 を有する。制御部 14 では、プロセッサ P0 が、記憶部 15 内に格納されたプログラム（第 1 分光測色装置 1m ではプログラム P1、第 2 分光測色装置 1t ではプログラム P2）を読み込んで実行することで、第 1 分光測色装置 1m（または第 2 分光測色装置 1t）における各部の制御および各種演算を行う機能が実現される。また、メモリー M0 は、例えば、RAM 等の揮発性の記憶媒体であり、制御部 14 における各種演算で生成されるデータ等を一時的に記憶する。

[0041] 記憶部 15 は、例えば、不揮発性の記憶媒体によって構成され、プログラム（第 1 分光測色装置 1m ではプログラム P1、第 2 分光測色装置 1t ではプログラム P2）および制御部 14 における各種演算に使用される各種情報

等を記憶する。なお、第1分光測色装置1 mおよび第2分光測色装置1 tでは、制御部1 4で実行されるプログラムP 1, P 2が異なるため、制御部1 4で実現される各種機能が異なる。

[0042] 入出力部1 6は、例えば、操作部および表示部等を有している。該入出力部1 6は、例えば、ユーザーによる操作部の操作に応じた信号を入力する機能、および制御部1 4における演算結果としての各種情報等を表示部において可視的に出力する機能を有する。

[0043] <(1-3)装置間における分光反射率のずれ>

図4は、測色対象物1 0 0としての同一の赤色のタイルについて、第1分光測色装置1 mで測定された分光反射率（第1分光反射率） $R_m(\lambda)$ 、および第2分光測色装置1 tで測定された分光反射率（第2分光反射率） $R_t(\lambda)$ を例示するグラフである。なお、図4では、横軸が、光の波長 λ を示し、縦軸は、測色対象物1 0 0の表面における分光反射率 $R(\lambda)$ を示す。図5は、第1分光測色装置1 mで得られた第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と、第2分光測色装置1 tで得られた第2分光反射率 $R_t(\lambda)$ との差 $\Delta R(\lambda)$ ($=R_m(\lambda) - R_t(\lambda)$)を例示するグラフである。なお、図5では、横軸は、波長 λ を示し、縦軸は、反射率の差 ΔR を示しており、波長 λ と反射率の差 ΔR との関係が実線で描かれている。

[0044] 図5で示されるように、同一の赤色のタイルが測定されても、装置間において分光反射率の測定値が異なる。この装置間における分光反射率のずれについては、上述したように、直線性に係る第1のずれと、分光感度に係る第2のずれと、に分類される。ここで、直線性に係る第1のずれおよび分光感度に係る第2のずれについて具体的に説明する。

[0045] <(1-3-1)直線性に係るずれ（第1のずれ）>

図6は、透明部材1 7 tにおける分光反射率の一例を示す図である。第2分光測色装置1 tに設けられている透明部材1 7 tは、例えば、表面に施された反射防止コートによって、図6で示されるような分光反射率を呈する。

[0046] 図2で示されるように、第2分光測色装置1 tでは、例えば、光源1 1か

ら発せられた照射光が測色対象物 100 の表面で反射した後に、透明部材 17 t を透過する光、ならびに更に透明部材 17 t の表面および測色対象物 100 の表面で順に反射する再帰反射が行われた上で透明部材 17 t を透過する光が、受光部 13 によって受光される。一方、図 1 で示されるように、第 1 分光測色装置 1 m では、例えば、光源 11 から発せられた照射光が測色対象物 100 の表面で反射した後に、受光部 13 によって単純に受光される。このように、第 1 分光測色装置 1 m と第 2 分光測色装置 1 t との間では、測色対象物 100 が同一であったとしても、光源 11 から受光部 13 に至るまでの光の経路が異なるため、取得される分光反射率が異なり得る。

[0047] ここで、例えば、第 1 および第 2 分光測色装置 1 m, 1 t において、それぞれ反射率が約 100% である白色校正板を用いた白色校正および反射率が約 0% である黒色校正板を用いた黒色校正が行われるものとする。この場合、測色対象物 100 が白色であれば、第 1 および第 2 分光測色装置 1 m, 1 t によって白色校正板に値付けされた分光スペクトルがそれぞれ測定され得る。また、測色対象物 100 が黒色であれば、第 1 および第 2 分光測色装置 1 m, 1 t によって黒色校正板に値付けされた分光スペクトルがそれぞれ測定され得る。すなわち、測色対象物 100 が白色または黒色であれば、第 1 分光測色装置 1 m と第 2 分光測色装置 1 t との間でそれぞれ同一の分光反射率が取得され得る。一方、測色対象物 100 が白色と黒色の概ね中間の反射率（例えば、約 50%）を有する場合に、第 1 および第 2 分光測色装置 1 m, 1 t でそれぞれ測定される分光スペクトルにおいて、再帰反射に起因した最も大きなずれを生じ得る。

[0048] また、図 6 で示されるように、透明部材 17 t の分光反射率は、波長に対して一定ではない。このため、例えば、透明部材 17 t の反射率が 0% である波長については、透明部材 17 t と測色対象物 100 との間における再帰反射が発生しない。一方、透明部材 17 t の反射率が比較的大きな波長については、透明部材 17 t と測色対象物 100 との間における再帰反射によって、取得される分光反射率のずれが装置間で大きく異なる。このように、取

得される分光反射率のうちの再帰反射に起因して生じる直線性に係る第1のずれは、光の波長および測色対象物100の反射率に依って異なる。

[0049] なお、図4および図5で示される例では、650～740nm付近の波長の範囲において、波長の変化に対する反射率の変化が比較的小さい。このため、図4および図5で示される装置間において取得される分光反射率のずれのうち、650～740nm付近の波長における分光反射率のずれが、再帰反射による直線性に係る第1のずれに相当する。

[0050] <(1-3-2)分光感度に係るずれ(第2のずれ)>

図7は、受光部13のセンサー部133を構成する各受光素子における分光感度を示す図である。第1および第2分光測色装置1m, 1tでは、受光部13がそれぞれ異なる分光感度を有している。このため、例えば、装置毎に異なる波長の校正法によって、各受光素子における分光感度を規定する関数(例えば、重心波長および半値幅等を規定する関数)が校正されることで、各受光素子の分光感度に応じた補正が施され得る。ここで、波長の校正法としては、例えば、次のモノクロメーターを用いた校正法および輝線光源を用いた校正法等と言った多数の校正法が存在しており、機種毎に異なる波長の校正法が採用され得る。

[0051] モノクロメーターを用いた校正法では、例えば、モノクロメーターで発せられる単色光の波長が時間順次にシフトされつつ分光測色装置に入射され、各波長の単色光の分光スペクトルと、分光測色装置で検出される分光スペクトルとが一致するように、波長が校正される。なお、単色光の波長がシフトされるピッチとしては、例えば、1nm等が採用され得る。但し、モノクロメーターを用いた校正法では、各波長の単色光が微弱な光量のものとなり易いため、分光測色装置において単色光を受光する際の露光時間が長くなり得る。さらに、複数の波長の単色光の走査波長点数が非常に多く、波長の校正に長時間を要する。

[0052] 輝線光線を用いた校正法では、例えば、輝線光源から発せられる複数の特定波長の光が分光測色装置に入力され、各特定波長の光の強度に係る分光ス

ペクトルと、分光測色装置で検出される分光スペクトルとが一致するように、波長が校正される。なお、輝線光源としては、例えば、水銀ランプまたは水銀カドミウムランプ等が採用され得る。輝線光線を用いた校正法については、例えば、輝線光線から同時に複数の特定波長の光が発せられ、各特定波長の光の光量も高いため、校正に要する時間が短縮され得る。但し、輝線光線を用いた校正法では、複数の特定波長からずれた波長については校正の精度が低くなる。

[0053] ここで、第1分光測色装置1 mと第2分光測色装置1 tとの間で、波長の校正法が異なっていれば、例えば、第1分光測色装置1 mと第2分光測色装置1 tとの間で、各受光素子の分光感度の重心波長および半値幅に係る校正の精度が異なる。そして、第1分光測色装置1 mと第2分光測色装置1 tとの間で波長の校正法が異なっていれば、測色対象物100が同一であっても、各分光測色装置1 m, 1 tで取得される反射光に係る分光スペクトルが異なるものとなる。具体的には、第1分光測色装置1 mと第2分光測色装置1 tとの間において、波長の校正法の違いに応じて取得される分光反射率が波長方向にずれたり、該分光反射率の波形がなまったりして、測定結果としての分光反射率に差が生じる。

[0054] なお、図4および図5で示される例では、550～650 nm付近の波長の範囲において、波長の変化に対する反射率の変化が大きい。このため、図4および図5で示される装置間において取得される分光反射率のずれのうち、550～650 nm付近の波長における分光反射率のずれが、分光感度に係る第2のずれに相当する。

[0055] <(1-4)装置間における分光反射率のずれの補正>

例えば、第1および第2分光測色装置1 m, 1 tが同一のメーカーの製品で、第1分光測色装置1 mが、第2分光測色装置1 tの後継機であれば、ユーザーは、同一の測色対象物100について、第1分光測色装置1 mでも第2分光測色装置1 tと同様な測定値が得られるものと期待する。このような期待に応えるために、本実施形態では、装置間における分光反射率のずれが

考慮されて、第1分光測色装置1 mで取得される分光反射率が、第2分光測色装置1 tで取得され得る分光反射率に変換される。

[0056] 上述したように、装置間における分光反射率のずれは、直線性に係る第1のずれと、分光感度に係る第2のずれとが、混合したものである。このため、仮に、直線性に係る第1のずれと分光感度に係る第2のずれとが、区別されなければ、例えば、従来の上記式(1)を用いて第1分光反射率を第2分光反射率に変換する変換ルールを設定するような手法を採用せざるを得ない。但し、式(1)は、非常に複雑な式であり、各受光素子に係る波長 $\lambda(i)$ 毎に係数 $A(i)$ 、 $B(i)$ 、 $C(i)$ 、 $D(i)$ 、 $E(i)$ が求められる必要がある。このため、多数の校正用の試料の準備を要し、該多数の校正用の試料を用いた測定に長時間を要する。更に校正用の試料の特性によって、求められる係数 $A(i)$ 、 $B(i)$ 、 $C(i)$ 、 $D(i)$ 、 $E(i)$ のロバスト性が低下し得る。

[0057] そこで、本実施形態では、第1分光測色装置1 mで取得される第1分光反射率と第2分光測色装置1 tで取得される第2分光反射率との間におけるずれが、直線性に係る第1のずれと、分光感度に係る第2のずれと、に分けて扱われて、変換ルールが設定される。これにより、少数の校正用の試料の使用によって、異なる分光測色装置の間における測定値の高精度な変換ルールが容易に設定され得る。

[0058] なお、例えば、第1および第2分光測色装置1 m、1 tの双方が、同一のメーカーの製品であれば、当該メーカーでは、各種校正に係る情報が既知である。このため、第1分光測色装置1 mでは、例えば、既知である各種校正に係る情報が利用されることで、異なる分光測色装置の間における測定値の高精度な変換ルールが容易に設定され得る。

[0059] 図8は、装置間における分光反射率のずれを補正するために第1分光測色装置1 mの制御部1 4で実現される機能的な構成を例示する図である。

[0060] 図8で示されるように、第1分光測色装置1 mの制御部1 4は、プロセッサP 0によってプログラムP 1が実行されることで実現される機能的な構

成として、算出部 14 m a、取得部 14 m b および変換部 14 m c を有する。

- [0061] 算出部 14 m a は、第 1 分光測色装置 1 m の受光部 13 で測定された測色対象物 100 からの反射光に係る分光スペクトルから該測色対象物 100 に係る分光反射率（第 1 分光反射率）を算出する。算出部 14 m a では、例えば、予め設定された光源 11 から発せられる光の分光スペクトルと、測定された反射光に係る分光スペクトルとに基づいて、第 1 分光反射率が算出され得る。
- [0062] 取得部 14 m b は、算出部 14 m a で算出された第 1 分光反射率と記憶部 15 に記憶されている関係情報 A1 とに基づいて、第 1 分光反射率と第 2 分光反射率との間における光の各波長についての反射率に係るずれ成分としての反射率差を取得する。ここで、関係情報 A1 は、光の各波長について反射率と反射率差との関係を示す情報であり、第 1 分光反射率 $R_m(\lambda)$ を第 2 分光反射率 $R_t(\lambda)$ に変換するために直線性に係る第 1 のずれを補正する変換ルール（第 1 変換ルールとも言う）を規定する情報である。
- [0063] ここで、第 1 分光反射率 $R_m(\lambda)$ は、第 1 分光測色装置 1 m を用いた実際の測定で取得される。第 2 分光反射率 $R_t(\lambda)$ は、第 1 分光測色装置 1 m とは異なる変換先分光測色装置としての第 2 分光測色装置 1 t を用いた測定で取得され得るものと推定される推定値（第 2 推定分光反射率とも言う）である。各波長についての反射率差は、例えば、予め、同一の校正用の試料を対象とした、第 1 分光測色装置 1 m を用いた測定によって得られる分光反射率と、第 2 分光測色装置 1 t を用いた測定によって得られる分光反射率との差分に基づいて取得され得る。これにより、例えば、各波長について、第 1 分光測色装置 1 m を用いた測定によって得られる第 1 分光反射率に対応する反射率と反射率差との関係が取得され得る。
- [0064] 変換部 14 m c は、取得部 14 m b で取得された各波長についての反射率差を、算出部 14 m a で算出された第 1 分光反射率に対して加算または減算することで、第 1 分光反射率を第 2 分光反射率に変換する。ここで、例えば

、関係情報 A 1 で規定される反射率差が、第 2 分光反射率を基準とした第 1 分光反射率の大小を正負の数値で表したものであれば、変換部 1 4 m c によって、取得部 1 4 m b で取得された各波長についての反射率差が、算出部 1 4 m a で算出された第 1 分光反射率に対して減算されれば良い。逆に反射率差が第 1 分光反射率を基準とした第 2 分光反射率の大小を表すものであれば、反射率差が第 1 分光反射率に対して加算されればよい。

[0065] このような構成が採用される場合、分光感度に係る第 2 のずれとは別に、直線性に係る第 1 のずれについて、各波長についての反射率と該反射率に係るずれ成分としての反射率差との関係が設定される。これにより、直線性に係る第 1 のずれを補正するために、異なる第 1 および第 2 分光測色装置 1 m, 1 t の間における測定値の高精度な変換ルールが容易に設定され得る。

[0066] また、変換部 1 4 m c は、第 1 分光測色装置 1 m とは異なる他の第 2 分光測色装置 1 t の校正済みの分光感度（校正済み分光感度とも言う）と、第 1 分光測色装置 1 m の受光部 1 3 で測定された分光スペクトルとを用いて、該分光スペクトルから第 2 分光測色装置 1 t で取得され得るものと推定される分光反射率の推定値（第 2 推定分光反射率） $R^*_t(\lambda *_{G_t}(k))$ を算出することが可能である。ここで、 k は、波長を規定するための $1 \sim K_0$ の自然数であり、例えば、センサー部 1 3 3 における $1 \sim K_0$ 番目までの受光素子の順番を規定する数値であれば良い。

[0067] このような構成が採用される場合、直線性に係る第 1 のずれとは別に、分光感度に係るずれについての校正済み分光感度を示す情報（校正済み分光感度情報とも言う） S_1 が設定される。つまり、校正済み分光感度情報 S_1 は、第 1 分光反射率 $R_m(\lambda)$ を第 2 分光反射率 $R_t(\lambda)$ に変換するために分光感度に係る第 2 のずれを補正する変換ルール（第 2 変換ルールとも言う）を規定する情報である。これにより、分光感度に係る第 2 のずれを補正するために、異なる第 1 および第 2 分光測色装置 1 m, 1 t の間における測定値の高精度な変換ルールが容易に設定され得る。

[0068] また、変換部 1 4 m c は、上述したように取得部 1 4 m b で取得された各

波長についての反射率差を第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ に対して加算または減算するとともに、第2分光測色装置1tの校正済み分光感度情報S1と第1分光測色装置1mで測定された分光スペクトルとを用いて、該分光スペクトルから第2分光測色装置1tで取得され得る第2分光反射率 $R_t(\lambda)$ が算出されても良い。このとき、例えば、変換部14mcによって、分光スペクトルと校正済み分光感度とを用いて取得される分光反射率に対して、取得部14mbで取得された各波長についての反射率差が加算または減算されることで、第2分光測色装置1tで取得され得る第2分光反射率が算出される。

[0069] このような構成が採用される場合、第1分光測色装置1mで取得される第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と第2分光測色装置1tで取得される第2分光反射率 $R_t(\lambda)$ との間におけるずれが、直線性に係る第1のずれと分光感度に係る第2のずれと、に分けられて、変換ルールが設定される。これにより、直線性に係る第1のずれおよび分光感度に係る第2のずれを補正するために、比較的少数の校正用の試料を用いて、変換ルールを設定することが可能となる。すなわち、異なる第1および第2分光測色装置1m, 1tの間における測定値の高精度な変換ルールが容易に設定され得る。

[0070] 図9は、第2分光測色装置1tの制御部14で実現される機能的な構成を例示する図である。図9で示されるように、第2分光測色装置1tの制御部14は、プロセッサP0によってプログラムP2が実行されることで実現される機能的な構成として、算出部14taを有する。算出部14taは、第2分光測色装置1tの受光部13で測定された測色対象物100からの反射光に係る分光スペクトルから該測色対象物100に係る分光反射率（第2分光反射率） $R_t(\lambda)$ を算出する。算出部14taでは、例えば、予め設定された光源11から発せられる光の分光スペクトルと、測定された反射光に係る分光スペクトルとに基づいて、第2分光反射率が算出され得る。

[0071] 以下、装置間における直線性に係る第1のずれの補正および分光感度に係る第2のずれの補正について、順次説明する。

[0072] <(1-4-1)装置間における直線性に係るずれ（第1のずれ）の補

正>

例えば、測色対象物 100 が光の波長に拘わらず反射率が略一定となる分光反射率を有する場合には、装置間における分光感度のずれに起因する分光反射率の誤差（分光感度に係る第 2 のずれ）が殆ど発生しない。具体的には、例えば、分光反射率において波長に拘わらず反射率が略一定であれば、各受光素子における分光感度を規定する重心波長および半値幅が装置間でずれていても、各受光素子において受光される光の強度に係る分光スペクトルは殆ど変わらない。このように、光の波長に拘わらず反射率が略一定となる分光反射率を有する測色対象物 100 としては、例えば、測定対象となる波長範囲のうちの全範囲において反射率が所定の値域の幅内に含まれている校正用の試料が挙げられる。

[0073] ここで、測定対象となる波長範囲としては、例えば、可視光線の波長範囲である 360～740 nm 程度の波長範囲が採用され得る。所定の値域の幅としては、例えば、予め設定された非常に狭い値域が採用され得る。このような条件を満たす測色対象物 100 としては、例えば、無彩色の試料が挙げられる。

[0074] 図 10 は、無彩色の測色対象物 100 について取得される分光反射率を例示する図である。図 10 では、白色から黒色に至る複数種類の濃さの無彩色の試料について、第 1 および第 2 分光測色装置 1 m, 1 t によってそれぞれ取得される第 1 および第 2 分光反射率 $R_m(\lambda)$, $R_t(\lambda)$ の例が曲線で示されている。具体的には、第 1 および第 2 分光反射率 $R_m(\lambda)$, $R_t(\lambda)$ が、横軸が波長 λ であり且つ縦軸が反射率 R であるグラフにおいて示されている。

[0075] 図 11 は、同一の無彩色の測色対象物 100 について取得される分光反射率の装置間における差を例示する図である。図 11 では、白色から黒色に至る複数種類の濃さの無彩色の試料について、第 1 分光測色装置 1 m で取得される第 1 分光反射率 $R_m(\lambda)$ と、第 2 分光測色装置 1 t で取得される第 2 分光反射率 $R_t(\lambda)$ との差 $\Delta R(\lambda)$ ($= R_m(\lambda) - R_t(\lambda)$) が示されて

いる。

[0076] 図10および図11では、透明部材17tの反射率が高い360~400nmの波長範囲、ならびに650~740nmの波長範囲において、第1分光測色装置1mと第2分光測色装置1tとの間で、装置間における分光反射率のずれが生じている様子が示されている。ここで、測色対象物100の分光反射率が変化している波長範囲を除いた波長範囲については、第1分光測色装置1mで取得される第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と第2分光測色装置1tで取得される第2分光反射率 $R_t(\lambda)$ との差（反射率差） $\Delta R(\lambda)$ は、直線性に係る第1のずれに相当する。

[0077] このように、分光反射率が略一定となる測色対象物100が校正用の試料として用いられることで、装置間において取得される分光反射率のずれのうち、分光感度に係る第2のずれの影響が除かれた、直線性に係る第1のずれが検出され得る。その結果、各波長についての反射率と該反射率に係るずれ成分としての反射率差との関係を求めるための複数の校正用の試料が容易に準備され得る。すなわち、各波長についての反射率と該反射率に係るずれ成分としての反射率差との関係が容易に求められ得る。

[0078] ここで、各波長について反射率と反射率差との関係を示す関係情報A1の設定について具体的に説明する。

[0079] 図12は、装置間における直線性に係る第1のずれを補正するための第1変化ルールとしての関係情報A1を設定するために第1分光測色装置1mの制御部14で実現される機能的な構成を例示する図である。

[0080] 図12で示されるように、第1分光測色装置1mの制御部14は、プロセッサP0によって記憶部15内のプログラムP1が実行されることで実現される機能的な構成として、算出部14ma、演算部14mdおよび設定部14meを有する。

[0081] 演算部14mdは、第1分光測色装置1mを用いた測定で得られる複数の第1分光反射率と、第2分光測色装置1tを用いた測定で得られる複数の第2分光反射率との間における各波長についての反射率と反射率差との関係を

取得する。ここで、複数の第1分光反射率は、第1分光測色装置1mを用いた複数の試料に係る測定によってそれぞれ取得され得る。例えば、算出部14maによって、無彩色の校正用の各試料について、第1分光測色装置1mの受光部13で測定された測色対象物100からの反射光に係る分光スペクトルから該測色対象物100に係る第1分光反射率が算出され得る。また、複数の第2分光反射率は、第2分光測色装置1tを用いた複数の試料に係る測定によってそれぞれ取得され得る。例えば、算出部14taによって、無彩色の校正用の各試料について、第2分光測色装置1tの受光部13で測定された測色対象物100からの反射光に係る分光スペクトルから該測色対象物100に係る第2分光反射率が算出され得る。

[0082] 設定部14meは、演算部14mdで取得された各波長における反射率と反射率差との関係に基づいて、第1分光測色装置1mによる測定で取得される第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ を、第2分光測色装置1tによる測定で取得される第2分光反射率 $R_t(\lambda)$ に変換する変換ルールとしての関係情報A1を設定する。

[0083] 図13から図32は、第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と反射率差 $\Delta R(\lambda)$ との関係を示す図である。ここで、第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ は、相互に濃さの異なる複数種類の無彩色の校正用の試料について、第1分光測色装置1mを用いた実測によって取得された測定値である。反射率差 $\Delta R(\lambda)$ は、相互に濃さの異なる複数種類の無彩色の校正用の試料それぞれについての、第1分光測色装置1mを用いた実測によって取得された第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と、第2分光測色装置1tを用いた実測によって取得された第2分光反射率 $R_t(\lambda)$ との差である。

[0084] 図13から図32では、360~740nmの範囲における20nm間隔の各波長 λ ($\lambda = 360, 380, 400, \dots, 740 \text{ nm}$) について、第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と反射率差 $\Delta R(\lambda)$ との関係が示されている。なお、図13から図32の各図において、それぞれ白丸で示されているデータは、各校正用の試料について分光反射率が略一定である波長範囲について

それぞれ得られたデータである。また、実線で描かれた曲線は、各波長についての第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と反射率差 $\Delta R(\lambda)$ との関係を近似的に示している。ここでは、第1および第2分光測色装置1m, 1tにおいて白色校正と黒色校正とがそれぞれ行われることで、各波長について、第1および第2分光反射率 $R_m(\lambda)$, $R_t(\lambda)$ が50%程度となる場合に反射率差 $\Delta R(\lambda)$ が極大値を呈する例が示されている。

[0085] ところで、測色対象物100が黒っぽく濃いものについては、第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ が小さな値となり、反射率差 $\Delta R(\lambda)$ において測定による誤差が生じ易い。この誤差は、校正用ではない実際の測色を行う際における有彩色の測色対象物100について、直線性に係る第1のずれを補正する際に、補正の精度の低下を招く。このため、第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ が小さな測色対象物100については、第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ を細かく変化させながら、第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と反射率差 $\Delta R(\lambda)$ との関係が取得できれば、反射率差 $\Delta R(\lambda)$ における測定による誤差の影響が低減され得る。

[0086] 例えば、図13から図32の各図では、10%以下の第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ について、多数の相互に濃さが異なる測色対象物100についての第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と反射率差 $\Delta R(\lambda)$ との関係が実測によって取得されている様子が示されている。なお、例えば、0, 5, 10, 20, 50, 100%等と言った6水準以上の第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ について、第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と反射率差 $\Delta R(\lambda)$ との関係が実測によって取得できれば、反射率差 $\Delta R(\lambda)$ における測定による誤差がある程度低減され得る。なお、このとき、1つの校正用の試料についての測定によって、複数の受光素子の数に対応する数の波長について、分光反射率が測定され得る。つまり、少ない校正用の試料によって、数多くの分光反射率に係るデータが取得され得る。その結果、第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ を第2分光反射率 $R_t(\lambda)$ に変換するための関係情報A1が容易に取得および設定され得る。

[0087] ここで、例えば、関係情報A1が、各波長 λ について、第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と反射率差 $\Delta R(\lambda)$ との関係を近似的に示す関係式を含む場合を想

定する。つまり、関係式が、各波長についての反射率と反射率差との関係を示す場合を想定する。そして、実測で得られた第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と反射率差 $\Delta R(\lambda)$ との関係に対して、式(2)で示されるN次の関数がフィッティングされることで、係数 $a_n(\lambda)$ が求められる。式(2)において、 n は、0～Nの整数であり、Nは、適宜設定され得る2以上の任意の整数である。ここで、N次の関数のフィッティングとして、例えば、非線形の最小二乗法を用いた演算等が採用され得る。なお、第1および第2分光反射率 $R_m(\lambda)$ 、 $R_t(\lambda)$ が、それぞれ360～740nmの波長範囲における10nmのピッチの39個の波長(360, 370, 380, ..., 740nm)についての分光反射率で構成されている場合、該39個の波長について、それぞれ係数 $a_n(\lambda)$ が求められる。

[0088] [数2]

$$\Delta R(\lambda) = \sum_{n=0}^N a_n(\lambda) \cdot [R_m(\lambda)]^n \cdots (2)$$

[0089] このようなフィッティングによって、第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と反射率差 $\Delta R(\lambda)$ との関係を近似的に示す関係式が算出され得る。フィッティングによる関係式の算出は、演算部14mdにおいて実行され得る。但し、該フィッティングによる関係式の算出は、例えば、第1分光測色装置1m以外の各種情報処理装置で実行されても良い。

[0090] そして、例えば、ここで得られた波長 λ 毎の係数 $a_n(\lambda)$ と式(2)とが、設定部14meによって関係情報A1として記憶部15に記憶され得る。つまり、設定部14meによって、第1変換ルールとしての関係情報A1が設定され得る。すなわち、関係情報A1は、相互に分光反射率が異なる複数の無彩色の校正用の試料のうちの各試料について第1および第2分光測色装置1m、1tを用いた測定によってそれぞれ取得される第1および第2分光反射率 $R_m(\lambda)$ 、 $R_t(\lambda)$ に基づいて設定され得る。

[0091] これにより、任意の測色対象物100について第1分光測色装置1mを用いた測定によって第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ が取得される場合、第1および第

2分光測色装置1 m, 1 tでの装置間における直線性に係る第1のずれに対応する反射率差 $\Delta R(\lambda)$ は、第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ が式(2)に代入されることで算出され得る。すなわち、取得部14 m bにおいて、任意の測色対象物100に係る第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と関係情報A1に含まれる関係式とを用いた演算によって、各波長 λ についての反射率差 $\Delta R(\lambda)$ が取得され得る。その結果、変換部14 m cによって、相互に異なる第1および第2分光測色装置1 m, 1 tの間において、測定値が高精度且つ迅速に変換され得る。

[0092] なお、ここでは、波長 λ 毎に、実測で得られた第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と反射率差 $\Delta R(\lambda)$ との複数の組合せに対して、1つのN次の関数がフィッティングされたが、これに限られない。

[0093] 例えば、第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ が複数の区間に分けられて、区間毎に、第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と反射率差 $\Delta R(\lambda)$ との複数の組合せに対してN次の関数がフィッティングされても良い。この場合、関係情報A1が、各波長についての複数の反射率の領域それぞれにおける第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と反射率差 $\Delta R(\lambda)$ との関係式を有している。換言すれば、各波長 λ について、複数の反射率の領域それぞれにおける係数 $a_n(\lambda)$ が算出されて、記憶部15に記憶されても良い。ここで、複数の反射率の領域としては、例えば、0~10%、10~50%および50~100%等といった0~100%が複数の値域に区分けされた領域等が挙げられる。これにより、フィッティングによって得られる関係式によって第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と反射率差 $\Delta R(\lambda)$ との関係を近似的に示す精度が向上し得る。したがって、異なる第1および第2分光測色装置1 m, 1 tの間における測定値の高精度な変換ルールがさらに容易に設定され得る。

[0094] また、例えば、各波長について、反射率と反射率差との複数の組合せによって第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と反射率差 $\Delta R(\lambda)$ との関係を示すテーブルが、関係情報A1として、記憶部15に記憶されても良い。この場合、例えば、取得部14 m bにおいて、任意の測色対象物100に係る第1分光反射

率 $R_m(\lambda)$ とテーブルとに基づいて、各波長 λ についての反射率差 $\Delta R(\lambda)$ が取得され得る。その結果、変換部 14mc によって、相互に異なる第 1 および第 2 分光測色装置 1m, 1t の間において、測定値が高精度且つ迅速に変換され得る。このような構成が採用される場合、各波長 λ についての反射率と反射率差との関係を示すテーブルが容易に設定され得るため、相互に異なる第 1 および第 2 分光測色装置 1m, 1t の間における測定値の高精度な変換ルールが容易に設定され得る。

[0095] このような構成では、例えば、取得部 14mb において、各波長について、テーブルに含まれる反射率と反射率差との 2 以上の組合せを用いた補間処理によって、任意の測色対象物 100 に係る第 1 分光反射率 $R_m(\lambda)$ に対する各波長 λ についての反射率差 $\Delta R(\lambda)$ が取得され得る。これにより、記憶部 15 の記憶容量の低減、ならびに反射率と反射率差との多数の組合せを得るための校正用の試料の数および測定回数の低減が実現され得る。つまり、各波長についての反射率と反射率差との関係を示すデータが少なく済むことで、当該データを容易に取得することができる。その結果、相互に異なる第 1 および第 2 分光測色装置 1m, 1t の間における測定値の高精度な変換ルールがさらに容易に設定され得る。

[0096] ここで、仮に、例えば、各波長のテーブルにおいて、0, 5, 10, 20, 50, 100% の 6 つの反射率について、反射率と反射率差との関係が記述されている例を想定する。この例では、例えば、第 1 分光測色装置 1m を用いた測定によって任意の測色対象物 100 に係る第 1 分光反射率 $R_m(\lambda)$ として 15% が取得されると、各波長のテーブルにおける 10% および 20% の 2 水準の反射率についての反射率と反射率差との 2 つの組合せを用いた補間処理によって、15% の反射率に対応する反射率差が取得され得る。

[0097] なお、例えば、各波長のテーブルにおいて、細かいピッチの多数の分光反射率に係る反射率と反射率差との組合せを記憶する例を想定すれば、記憶部 15 の記憶容量、反射率と反射率差との多数の組合せを得るための校正用の試料の数、およびその測定回数等が増大し得る。しかしながら、例えば、補

間処理の省略による演算負荷の低減ならびに演算速度の向上を図ることが可能となる。

[0098] ところで、例えば、測色対象物 100 が有彩色であっても、測色対象物 100 における波長の変化に対する分光反射率の変化が緩やかな場合には、装置間における分光感度に係る第 2 のずれは小さい。このため、このような場合には、第 1 分光測色装置 1 m を用いた測定によって取得された第 1 分光反射率 $R_m(\lambda)$ に対して、式 (3) に沿って、直線性に係る第 1 のずれの補正が施されることで、第 1 分光反射率 $R_m(\lambda)$ が、第 2 分光反射率 $R_t(\lambda)$ に変換され得る。

[0099] [数3]

$$R_t(\lambda) \cong R_m(\lambda) - \Delta R(\lambda) \cdots (3)$$

[0100] 図 33 は、第 1 および第 2 分光測色装置 1 m, 1 t を用いた測定によってそれぞれ取得された第 1 および第 2 分光反射率 $R_m(\lambda)$, $R_t(\lambda)$ を例示する図である。図 33 には、波長 λ の変化に対する分光反射率の変化が緩やかな測色対象物 100 についての第 1 および第 2 分光反射率 $R_m(\lambda)$, $R_t(\lambda)$ が例示されている。

[0101] 図 34 は、波長 λ の変化に対する分光反射率の変化が緩やかな測色対象物 100 について、第 1 分光測色装置 1 m を用いた測定で取得された第 1 分光反射率 $R_m(\lambda)$ と、第 2 分光測色装置 1 t を用いた測定で取得された第 2 分光反射率 $R_t(\lambda)$ との差を例示する図である。図 34 で示されるように、測色対象物 100 が、波長 λ の変化に対する分光反射率の変化が緩やかなものであっても、第 1 分光反射率 $R_m(\lambda)$ と第 2 分光反射率 $R_t(\lambda)$ との差がある程度生じる。

[0102] 図 35 は、波長 λ の変化に対する分光反射率の変化が緩やかな測色対象物 100 について、第 1 分光反射率 $R_m(\lambda)$ から反射率差 $\Delta R(\lambda)$ を減じることで得られる補正後の第 1 分光反射率 (第 1 分光反射率 $R_m(\lambda) - \Delta R$) と、第 2 分光反射率 $R_t(\lambda)$ との差を例示する図である。ここで、反射率差

$\Delta R(\lambda)$ は、取得部 14mb によって、測色対象物 100 に係る第 1 分光反射率 $R_m(\lambda)$ と関係情報 A1 とに基づいて取得される。図 35 で示されるように、波長 λ の変化に対する分光反射率の変化が緩やかな測色対象物 100 については、直線性に係る第 1 のずれの補正が行われれば、第 1 および第 2 分光測色装置 1m, 1t の装置間における分光反射率のずれが十分低減され得る。

[0103] なお、図 4 で示されるように、波長 λ の変化に対して分光反射率が急激に変化する測色対象物 100 は少ない。このため、分光感度に係る第 2 のずれの補正が行われずとも、直線性に係る第 1 のずれの補正が行われれば、第 1 および第 2 分光測色装置 1m, 1t の装置間における分光反射率のずれが十分低減される場合が多い。

[0104] 図 36 は、直線性に係る第 1 のずれを補正するための第 1 変換ルールとしての関係情報 A1 を設定する動作フローを示すフローチャートである。

[0105] まず、ステップ ST1 では、第 1 および第 2 分光測色装置 1m, 1t によって、それぞれ複数の試料のうちの各試料について分光反射率が測定される。ここで、複数の試料は、例えば、それぞれ分光反射率が相互に異なる複数の無彩色の校正用の試料である。第 1 分光測色装置 1m では、例えば、無彩色の校正用の各試料について、受光部 13 によって測色対象物 100 からの反射光に係る分光スペクトルが測定され、該分光スペクトルから測色対象物 100 に係る第 1 分光反射率 $R_m(\lambda)$ が算出部 14ma によって算出され得る。また、第 2 分光測色装置 1t では、例えば、無彩色の校正用の各試料について、受光部 13 に測色対象物 100 からの反射光に係る分光スペクトルが測定され、該分光スペクトルから測色対象物 100 に係る第 2 分光反射率 $R_t(\lambda)$ が算出部 14ta によって算出され得る。

[0106] 次に、ステップ ST2 では、演算部 14md によって、ステップ ST1 における測定結果に基づいて、複数の第 1 分光反射率 $R_m(\lambda)$ と、複数の第 2 分光反射率 $R_t(\lambda)$ との間における各波長についての反射率と該反射率に係るずれ成分としての反射率差との関係が取得される。

[0107] 次に、ステップS T 3では、設定部14meによって、第1変換ルールとしての関係情報A1が設定される。ここでは、ステップS T 2で取得された各波長における反射率と反射率差との関係に基づいて、第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ を第2分光反射率 $R_t(\lambda)$ に変換する第1変換ルールとしての関係情報A1が設定される。

[0108] このような動作フローによって、各波長についての反射率と反射率差との関係が容易に求められる。このため、相互に異なる第1および第2分光測色装置1m, 1tの間における測定値の高精度な変換ルールが容易に設定され得る。

[0109] 以上のように、各波長についての反射率と反射率差との関係と、測定で得られた分光スペクトルから算出される第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ とに基づいて、該第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ が、第2分光測色装置1tを用いた測定で取得され得る第2分光反射率 $R_t(\lambda)$ に変換される。これにより、装置間における直線性に係る第1のずれが補正され得る。そして、ここでは、分光感度に係る第2のずれとは別に、各波長についての反射率と反射率差との関係が設定される。このため、相互に異なる第1および第2分光測色装置1m, 1tの間における測定値の高精度な変換ルールが容易に設定され得る。

[0110] <(1-4-2)装置間における分光感度に係るずれ(第2のずれ)の補正>

図4で示されるように、測色対象物100が、波長の変化に対して分光反射率が急激に変化するようなものである場合には、装置間において、分光感度に係る第2のずれに起因する分光反射率のずれが発生する。このため、装置間における分光感度に係る第2のずれが補正されれば、装置間における分光反射率のずれが十分低減され得る。

[0111] ここでは、装置間における直線性に係る第1のずれと、装置間における分光感度に係る第2のずれと、を併せて補正する方法について説明する。但し、装置間で光学系等が相違しておらず、直線性に係る第1のずれが殆ど生じない場合には、例えば、装置間における直線性に係る第1のずれを補正する

ことなく、分光感度に係る第2のずれを補正するようにしても良い。

[0112] 第1分光測色装置1mにおいて測色対象物100からスリット部131sを介して受光部13内に入射される入射光L0の波長 λ の光の強さ（分光スペクトルとも言う）を $L(\lambda)$ とする。そして、第1分光測色装置1mのセンサー部133のk番目（kは、1～ K_0 の自然数）の受光素子における分光感度を $s_m(k, \lambda)$ とし、該k番目の受光素子で受光される光の重心波長を $\lambda_{G_m}(k)$ とする。このとき、第1分光測色装置1mのセンサー部133のk-1番目の受光素子において受光される光の重心波長 $\lambda_{G_m}(k-1)$ と、k番目の受光素子で受光される光の重心波長を $\lambda_{G_m}(k)$ との中間の波長（中間波長とも言う） $\lambda_{B_m}(k)$ は、式（4）で表される。

[0113] [数4]

$$\lambda_{B_m}(k) = \frac{\lambda_{G_m}(k-1) + \lambda_{G_m}(k)}{2} \quad \dots (4)$$

[0114] そして、第1分光測色装置1mのセンサー部133のうちのk番目の受光素子で光の強度に応じて出力される信号（第1出力信号とも言う） $C_m(k)$ は、式（5）で表される。

[0115] [数5]

$$\begin{aligned} C_m(k) &= \int_0^\infty s_m(k, \lambda) \cdot L(\lambda) \cdot d\lambda \\ &\cong \sum_{j=1}^{K_0} L(\lambda_{G_m}(j)) \cdot \int_{\lambda_{B_m}(j)}^{\lambda_{B_m}(j+1)} s_m(k, \lambda) \cdot d\lambda \\ &= \sum_{j=1}^{K_0} L(\lambda_{G_m}(j)) \cdot S_m(k, j) \quad \dots (5) \end{aligned}$$

[0116] 式（5）は、式（6）で示されるような行列式に書き換えられ得る。

[0117]

[数6]

$$\begin{pmatrix} C_m(1) \\ \vdots \\ C_m(K_0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_m(1, 1) & \cdots & S_m(1, K_0) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ S_m(K_0, 1) & \cdots & S_m(K_0, K_0) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} L(\lambda_{G_m}(1)) \\ \vdots \\ L(\lambda_{G_m}(K_0)) \end{pmatrix} \cdots (6)$$

$$\text{但し、} S_m(k, j) = \int_{\lambda_{B_m}(j)}^{\lambda_{B_m}(j+1)} s_m(k, \lambda) \cdot d\lambda$$

[0118] ところで、第1分光測色装置1mのセンサー部133におけるk番目の受光素子では、分光スペクトル $L(\lambda)$ を呈する入射光 L_0 の入射に応じて第1出力信号 $C_m(k)$ が出力される。このとき、入射光 L_0 の波長 $\lambda_{G_m}(k)$ における光の強さ（第1分光スペクトルとも言う） $L(\lambda_{G_m}(k))$ は、式(7)に第1出力信号 $C_m(k)$ が代入されることで算出され得る。

[0119] [数7]

$$\begin{pmatrix} L(\lambda_{G_m}(1)) \\ \vdots \\ L(\lambda_{G_m}(K_0)) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_m(1, 1) & \cdots & S_m(1, K_0) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ S_m(K_0, 1) & \cdots & S_m(K_0, K_0) \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} C_m(1) \\ \vdots \\ C_m(K_0) \end{pmatrix} \cdots (7)$$

[0120] ここで、第1分光測色装置1mにおける正確な分光感度 $s_m(k, \lambda)$ が得られるのであれば、式(7)によって、入射光 L_0 に係る第1分光スペクトル $L(\lambda_{G_m}(k))$ が正確に得られる。例えば、第1分光測色装置1mが、あるメーカーの製品であれば、該あるメーカーでは、第1分光測色装置1mの受光部13における分光感度 $s_m(k, \lambda)$ が正確に得られる。なお、例えば、第1分光測色装置1mにおいて各受光素子からの出力信号が直接得られる場合には、特定の波長の光に応じて第1分光測色装置1mの各受光素子から出力される出力信号を得て、分光感度 $s_m(k, \lambda)$ を算出しても良い。ここで、特定波長の光としては、例えば、モノクロメーターから発せられる単色光、および輝線光源から発せられる複数の特定波長の光のうちの少なくとも一方の光が採用され得る。

[0121] また、ここで、第1分光測色装置1mの受光部13に入射されたものと同じの分光スペクトル $L(\lambda)$ を有する入射光 L_0 が、第2分光測色装置1tの受光部13にも入射されるものと仮定する。そして、第2分光測色装置1tのセンサー部133のk番目の受光素子における真の分光感度を $s_t(k, \lambda)$ とし、該k番目の受光素子で受光される光の重心波長を $\lambda_{g_t}(k)$ とする。

[0122] このとき、センサー部133のk-1番目の受光素子において受光される光の重心波長 $\lambda_{g_t}(k-1)$ と、k番目の受光素子で受光される光の重心波長を $\lambda_{g_t}(k)$ との中間の波長（中間波長とも言う） $\lambda_{B_t}(k)$ は、式（8）で表される。

[0123] [数8]

$$\lambda_{B_t}(k) = \frac{\lambda_{g_t}(k-1) + \lambda_{g_t}(k)}{2} \dots (8)$$

[0124] ここで、重心波長 $\lambda_{g_t}(k)$ における入射光 L_0 の強度 $L(\lambda_{g_t}(k))$ は、例えば、重心波長 $\lambda_{g_t}(k)$ を挟む両隣の波長 $\lambda_{g_m}(k)$ における入射光 L_0 の強度 $L(\lambda_{g_m}(k))$ を用いた補間処理によって算出され得る。

[0125] また、ここでも、例えば、第2分光測色装置1tが、あるメーカーの製品であれば、該あるメーカーでは、第2分光測色装置1tの受光部13における真の分光感度 $s_t(k, \lambda)$ が正確に得られる。なお、例えば、第2分光測色装置1tにおいて各受光素子からの出力信号が直接得られる場合には、特定の波長の光に応じて第2分光測色装置1tの各受光素子から出力される出力信号を得ることで、分光感度 $s_t(k, \lambda)$ が求められても良い。ここで、特定波長の光としては、例えば、モノクロメーターから発せられる単色光、および輝線光源から発せられる複数の特定波長の光のうちの少なくとも一方の光が採用され得る。なお、分光感度 $s_t(k, \lambda)$ は、例えば、光学的なシミュレーションによって求められても良い。

[0126] また、ここで、第1分光測色装置1mの受光部13に入射されたものと同

一の分光スペクトル $L(\lambda)$ を有する入射光 L_0 が、第2分光測色装置 1 t の受光部 1 3 に入射される場合を想定する。この場合、第2分光測色装置 1 t のセンサー部 1 3 3 のうちの k 番目の受光素子で光の強度に応じて出力され得る出力信号の推定値（第2推定出力信号とも言う） $C_t(k)$ が、式（9）によって算出され得る。

[0127] [数9]

$$\begin{aligned} C_t(k) &= \int_0^\infty s_t(k, \lambda) \cdot L(\lambda) \cdot d\lambda \\ &\cong \sum_{j=1}^{K_0} L(\lambda_{G_t(j)}) \cdot \int_{\lambda_{B_t(j)}}^{\lambda_{B_t(j+1)}} s_t(k, \lambda) \cdot d\lambda \\ &= \sum_{j=1}^{K_0} L(\lambda_{G_t(j)}) \cdot S_t(k, \lambda) \cdots (9) \end{aligned}$$

[0128] 式（9）は、式（10）で示されるような行列式に書き換えられ得る。

[0129] [数10]

$$\begin{pmatrix} C_t(1) \\ \vdots \\ C_t(K_0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_t(1, 1) & \cdots & S_t(1, K_0) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ S_t(K_0, 1) & \cdots & S_t(K_0, K_0) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} L(\lambda_{G_t(1)}) \\ \vdots \\ L(\lambda_{G_t(K_0)}) \end{pmatrix} \cdots (10)$$

$$\text{但し、} S_t(k, j) = \int_{\lambda_{B_t(j)}}^{\lambda_{B_t(j+1)}} s_t(k, \lambda) \cdot d\lambda$$

[0130] ここで、第2分光測色装置 1 t のセンサー部 1 3 3 の k 番目の受光素子について、第2分光測色装置 1 t における波長の校正によって求められる校正済みの分光感度（校正済み分光感度とも言う）を $s^*_t(k, \lambda)$ とする。また、このときに該 k 番目の受光素子で受光される光の校正済みの重心波長（校正済み重心波長とも言う）を $\lambda^*_{G_t}(k)$ とする。校正済み分光感度 $s^*_t(k, \lambda)$ は、第2分光測色装置 1 t における波長の校正法の精度に依って、真の分光感度 $s_t(k, \lambda)$ からずれた分光感度となり得る。

[0131] また、第2分光測色装置 1 t のセンサー部 1 3 3 の $k-1$ 番目の受光素子において受光される光の校正済み重心波長 $\lambda^*_{G_t}(k-1)$ と、 k 番目の受

光素子で受光される光の校正済み重心波長を $\lambda^*_{G_t}(k)$ との中間の波長（校正済み中間波長とも言う） $\lambda^*_{B_t}(k)$ は、式（11）で表される。

[0132] [数11]

$$\lambda^*_{B_t}(k) = \frac{\lambda^*_{G_t}(k-1) + \lambda^*_{G_t}(k)}{2} \dots (11)$$

[0133] そして、式（12）に、式（10）で得られた第2推定出力信号 $C_t(k)$ が代入されることで、入射光 L_0 の校正済みの強さの推定値（第2推定分光スペクトルとも言う） $L^*(\lambda^*_{G_t}(k))$ が算出され得る。

[0134] [数12]

$$\begin{pmatrix} L^*(\lambda^*_{G_t}(1)) \\ \vdots \\ L^*(\lambda^*_{G_t}(K_0)) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_t^*(1, 1) & \dots & S_t^*(1, K_0) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ S_t^*(K_0, 1) & \dots & S_t^*(K_0, K_0) \end{pmatrix}^{-1} \cdot \begin{pmatrix} C_t(1) \\ \vdots \\ C_t(K_0) \end{pmatrix} \dots (12)$$

$$\text{但し、} S_t^*(k, j) = \int_{\lambda^*_{B_t}(j)}^{\lambda^*_{B_t}(j+1)} s_t(k, \lambda) \cdot d\lambda$$

[0135] つまり、次の工程1～3が順に行われることで、入射光 L_0 に係る第2推定分光スペクトル $L^*(\lambda^*_{G_t}(k))$ が取得され得る。

[0136] [工程1] 式（7）で示されるように、分光感度 $s_m(k, \lambda)$ に係る逆行列と、第1分光測色装置1mを用いた実測によって取得された入射光 L_0 に応じた出力信号 $C_m(k)$ の列ベクトルとの積によって、入射光 L_0 の分光スペクトル $L(\lambda)$ が算出される。

[0137] [工程2] 式（10）で示されるように、第2分光測色装置1tの真の分光感度 $s_t(k, \lambda)$ に係る行列と、工程1で算出された入射光 L_0 の分光スペクトル $L(\lambda)$ の列ベクトルとの積によって、第2分光測色装置1tで取得され得る第2推定出力信号 $C_t(k)$ の列ベクトルが算出される。ここで、第2推定出力信号 $C_t(k)$ は、入射光 L_0 が第2分光測色装置1tの受光部13に入射される際に、該第2分光測色装置1tを用いた測定によって取得され得るものと推定される出力信号の推定値である。但し、第2分光測色装

置 1 t の受光部 1 3 に入射される入射光 L 0 の分光スペクトル $L(\lambda)$ は、第 1 分光測色装置 1 m の受光部 1 3 に入射された入射光 L 0 の分光スペクトル $L(\lambda)$ と同一であるものとする。

[0138] [工程 3] 式 (12) で示されるように、第 2 分光測色装置 1 t の校正済み分光感度 $s_t^*(k, \lambda)$ の逆行列と、工程 2 で取得された第 2 推定出力信号 $C_t(k)$ の列ベクトルとの積によって、第 2 推定分光スペクトル $L^*(\lambda_{G_t}^*(k))$ が算出される。第 2 推定分光スペクトル $L^*(\lambda_{G_t}^*(k))$ は、第 2 分光測色装置 1 t を用いた測定によって取得され得る入射光 L 0 の分光スペクトルの推定値である。

[0139] ところで、第 1 分光測色装置 1 m の受光部 1 3 に入射された入射光 L 0 と同一の分光スペクトルを有する入射光 L 0 が第 2 分光測色装置 1 t の受光部 1 3 に入射される場合を想定する。このため、第 2 分光測色装置 1 t を用いた測定によって取得され得る測色対象物 1 0 0 の第 2 分光反射率の推定値（第 2 推定分光反射率とも言う） $R^*(\lambda_{G_t}^*(k))$ が、式 (13) によって算出され得る。

[0140] [数13]

$$R_t^*(\lambda_{G_t}^*(k)) = \frac{L_{Sample}^*(\lambda_{G_t}^*(k)) - L_{Black}^*(\lambda_{G_t}^*(k))}{L_{White}^*(\lambda_{G_t}^*(k)) - L_{Black}^*(\lambda_{G_t}^*(k))} \times R_{White}(\lambda_{G_t}^*(k)) - \Delta R(\lambda_{G_t}^*(k)) \cdots (13)$$

[0141] 式 (13) では、第 2 推定分光反射率 $R_t^*(\lambda_{G_t}^*(k))$ が、分光感度に係る第 2 のずれに応じた右辺第 1 項から、直線性に係る第 1 のずれに応じた右辺第 2 項が減じられた値として表される。ここで、右辺第 1 項は、第 2 分光測色装置 1 t における波長の校正法の精度に起因する分光感度に係る第 2 のずれに応じて変動する。また、右辺第 2 項は、分光反射率における直線性に係る第 1 のずれとしての反射率差 $\Delta R(\lambda_{G_t}^*(k))$ を示す。

[0142] ここで、式 (13) の右辺第 1 項については、 $L_{White}^*(\lambda_{G_t}^*(k))$ は、白色校正板に係る第 2 推定分光スペクトル（第 2 白色推定分光スペクトルとも言う）である。 $L_{Black}^*(\lambda_{G_t}^*(k))$ は、黒色校正板に係る第 2 推定分光スペクトル（第 2 黒色推定分光スペクトルとも言う）である。 L_{Sa}

$m_{p l e}(\lambda *_{G_t}(k))$ は、測色対象物 100 に係る第 2 推定分光スペクトル（第 2 対象推定分光スペクトルとも言う）である。また、 $R_{W h i t e}(\lambda *_{G_t}(k))$ は、白色校正板に係る第 2 分光反射率（第 2 白色分光反射率とも言う）である。

[0143] 第 2 白色推定分光スペクトル $L *_{W h i t e}(\lambda *_{G_t}(k))$ 、第 2 黒色推定分光スペクトル $L *_{B l a c k}(\lambda *_{G_t}(k))$ および第 2 対象推定分光スペクトル $L *_{S a m p l e}(\lambda *_{G_t}(k))$ は、例えば、白色校正板、黒色校正板および測色対象物 100 について、上記工程 1～3 に沿った測定および演算が行われることで、算出され得る。具体的には、白色校正板について第 1 分光測色装置 1 m を用いた実測によって得られた第 1 出力信号 $C_m(k)$ と、式 (7)，(10)，(12) とによって、第 2 白色推定分光スペクトル $L *_{W h i t e}(\lambda *_{G_t}(k))$ が算出される。黒色校正板について第 1 分光測色装置 1 m を用いた実測によって得られた第 1 出力信号 $C_m(k)$ と式 (7)，(10)，(12) とによって、第 2 黒色推定分光スペクトル $L *_{B l a c k}(\lambda *_{G_t}(k))$ が算出される。測色対象物 100 について第 1 分光測色装置 1 m を用いた実測によって得られた第 1 出力信号 $C_m(k)$ と式 (7)，(10)，(12) とによって、第 2 対象推定分光スペクトル $L *_{S a m p l e}(\lambda *_{G_t}(k))$ が算出される。

[0144] 第 2 白色分光反射率 $R_{W h i t e}(\lambda *_{G_t}(k))$ は、例えば、白色校正板に対して予め設定されていれば良い。

[0145] また、ここで、式 (13) の右辺第 2 項の反射率差 $\Delta R(\lambda *_{G_t}(k))$ については、例えば、上記 (1-4-1) 項で述べられた方法に従って、測色対象物 100 について第 1 分光測色装置 1 m を用いた測定で得られる第 1 分光反射率 $R_m(\lambda *_{G_t}(k))$ と、関係情報 A1 とに基づいて取得され得る。なお、関係情報 A1 も、例えば、上記 (1-4-1) 項で述べられた方法で設定され得る。

[0146] 第 1 分光反射率 $R_m(\lambda *_{G_t}(k))$ は、式 (14) によって算出され得る。

[0147] [数14]

$$R_m(\lambda_{G_t}^*(k)) = \frac{L_{\text{Sample}}(\lambda_{G_t}^*(k)) - L_{\text{Black}}(\lambda_{G_t}^*(k))}{L_{\text{White}}(\lambda_{G_t}^*(k)) - L_{\text{Black}}(\lambda_{G_t}^*(k))} \times R_{\text{White}}(\lambda_{G_t}^*(k)) \dots (14)$$

[0148] 式(14)のうち、 $L_{\text{White}}(\lambda_{G_t}^*(k))$ は、白色校正板について第2分光測色装置1tを用いた測定で取得され得る分光スペクトル(第2白色分光スペクトルとも言う)である。 $L_{\text{Black}}(\lambda_{G_t}^*(k))$ は、黒色校正板について第2分光測色装置1tを用いた測定で取得され得る分光スペクトル(第2黒色分光スペクトルとも言う)である。 $L_{\text{Sample}}(\lambda_{G_t}^*(k))$ は、測色対象物100について第2分光測色装置1tを用いた測定で取得され得る分光スペクトル(第2対象分光スペクトルとも言う)である。また、 $R_{\text{White}}(\lambda_{G_t}^*(k))$ は、白色校正板に係る第2分光反射率(第2白色分光反射率)である。なお、ここでは、黒色校正板の分光反射率を0%として扱っている。

[0149] ここでは、例えば、白色校正板について第1分光測色装置1mを用いた測定で取得される第1出力信号 $C_m(k)$ が式(7)に適用されることで、白色校正板に係る分光スペクトル(第1白色分光スペクトルとも言う) $L_{\text{White}}(\lambda_{G_m}(k))$ が得られる。そして、該第1白色分光スペクトル $L_{\text{White}}(\lambda_{G_m}(k))$ の補間演算によって第2白色分光スペクトル $L_{\text{White}}(\lambda_{G_t}^*(k))$ が取得され得る。

[0150] また、例えば、黒色校正板について第1分光測色装置1mを用いた測定で取得される第1出力信号 $C_m(k)$ が式(7)に適用されることで、黒色校正板に係る分光スペクトル(第1黒色分光スペクトルとも言う) $L_{\text{Black}}(\lambda_{G_m}(k))$ が得られる。そして、該第1黒色分光スペクトル $L_{\text{Black}}(\lambda_{G_m}(k))$ の補間演算によって第2黒色分光スペクトル $L_{\text{Black}}(\lambda_{G_t}^*(k))$ が取得され得る。

[0151] また、例えば、測色対象物100について第1分光測色装置1mを用いた測定で取得される第1出力信号 $C_m(k)$ が式(7)に適用されることで、測色対象物100に係る分光スペクトル(第1対象分光スペクトルとも言う)

$L_{\text{Sample}}(\lambda_{G_m}(k))$ が得られる。そして、該第1対象分光スペクトル $L_{\text{Sample}}(\lambda_{G_m}(k))$ の補間演算によって第2対象分光スペクトル $L_{\text{Sample}}(\lambda^*_{G_t}(k))$ が取得され得る。

[0152] ところで、式(13)で示される第2推定分光反射率 $R^*(\lambda^*_{G_t}(k))$ は、第2分光測色装置1tを用いた実測で得られる分光スペクトル $L(\lambda^*_{G_t}(k))$ から算出される第2分光反射率の実測値(第2実測分光反射率とも言う) $R(\lambda^*_{G_t}(k))$ からずれる場合がある。このような第2推定分光反射率 $R^*(\lambda^*_{G_t}(k))$ と第2実測分光反射率 $R(\lambda^*_{G_t}(k))$ との間の差は、第2分光測色装置1tにおける波長の校正の精度に起因するものと推測される。

[0153] そこで、第2実測分光反射率 $R(\lambda^*_{G_t}(k))$ と、第2推定分光反射率 $R^*(\lambda^*_{G_t}(k))$ との差が極力小さくなるように、第2分光測色装置1tにおける校正済み分光感度 $s^*_t(k, \lambda)$ が調整される。

[0154] 具体的には、式(15)で示される目的関数Fが極小領域に含まれるときに仮に設定されている校正済み分光感度 $s^*_t(k, \lambda)$ が、第2分光測色装置1tに係る校正済み分光感度 $s^*_t(k, \lambda)$ であるものと推定される。

[0155] [数15]

$$F = \sum_{n=1}^{N_0} \sum_{k=1}^{K_0} (R_t(\lambda^*_{G_t}(k)) - R^*_t(\lambda^*_{G_t}(k)))^2 \dots (15)$$

[0156] ここで、式(15)の目的関数Fは、 N_0 個(N_0 は、自然数)の試料について得られる、第2実測分光反射率 $R(\lambda^*_{G_t}(k))$ と第2推定分光反射率 $R^*(\lambda^*_{G_t}(k))$ との差の2乗の総和を示す。そして、目的関数Fが極小領域に含まれると、第2推定分光反射率 $R^*(\lambda^*_{G_t}(k))$ が第2実測分光反射率 $R(\lambda^*_{G_t}(k))$ に合わせ込まれたことになる。なお、目的関数Fが極小領域に含まれる状態には、例えば、目的関数Fが最小値となっている状態、あるいは目的関数Fが最小値の近傍にある状態等が含まれる。このような目的関数Fが最小値の近傍にある状態には、例えば、目的関数Fの変化が粗く把握された後に、最小の値の付近で目的関数Fが予め設定された所

定値以下の傾きでしか変化しなくなった状態等が含まれる。また、例えば、第2推定分光反射率 $R^*(\lambda^*_{G_t}(k))$ と第2実測分光反射率 $R(\lambda^*_{G_t}(k))$ との差が、色差が0.1以下程度となるような予め設定された所定の許容範囲に収まるような状態が、目的関数 F が極小領域に含まれている状態とされても良い。

[0157] また、 N_0 個の各試料が、測定対象となる波長範囲において、波長の所定量の変化に対する反射率の変化量が予め設定された閾値を超える分光反射率を呈するのであれば、第2推定分光反射率 $R^*(\lambda^*_{G_t}(k))$ が第2実測分光反射率 $R(\lambda^*_{G_t}(k))$ に合わせ込まれ得る。つまり、校正済み分光感度 $s^*_t(k, \lambda)$ が容易かつ精度良く設定され得る。

[0158] 図37は、合わせ込みで用いられる N_0 個の校正用の試料についての分光反射率を例示する図である。測定対象となる波長範囲の全域が、 N_0 個の校正用の試料のうちの何れかの校正用の試料において分光反射率が大きく変化する領域によってカバーされていれば、測定対象となる波長範囲の全域において、第2推定分光反射率 $R^*(\lambda^*_{G_t}(k))$ が第2実測分光反射率 $R(\lambda^*_{G_t}(k))$ に精度良く合わせ込まれたことになる。

[0159] 図37で示されるように、例えば、5個 ($N_0=5$) 程度の複数の校正用の試料が用いられれば、可視光線の波長範囲の全域において、第2推定分光反射率 $R^*(\lambda^*_{G_t}(k))$ が第2実測分光反射率 $R(\lambda^*_{G_t}(k))$ に精度良く合わせ込まれ得る。なお、測色対象物100が特定色の物体であれば、例えば、その特定色に対応する波長範囲において分光反射率が大きく変化する1以上の校正用の試料が用いられても良い。

[0160] ところで、目的関数 F を極小領域に含ませるために、例えば、校正済み分光感度 $s^*_t(k, \lambda)$ を変化させつつ、仮の校正済み分光感度 $s^*_t(k, \lambda)$ 毎の目的関数 F を求める必要がある。

[0161] ここで、センサー部133の k 番目の受光素子について、第2分光測色装置1tにおける波長校正で得られる校正済み分光感度 $s^*_t(k, \lambda)$ は、式(16)の L 次関数で示される重心波長 $\lambda^*_{G_t}(k)$ と式(17)で示され

る L 次関数で示される半値幅 $\Delta \lambda^*_{FWHM}(k)$ とで規定される正規分布の関数であるものとする。なお、次数 L は、例えば、2以上の自然数であれば良い。

[0162] [数16]

$$\lambda^*_{G_t}(k) = a_L \cdot k^L + \dots + a_0 \quad \dots (16)$$

[0163] [数17]

$$\Delta \lambda^*_{FWHM}(k) = b_L \cdot k^L + \dots + b_0 \quad \dots (17)$$

[0164] 図38は、 k 番目の受光素子における分光感度の一例を示す図である。

[0165] この場合、式(15)で規定される目的関数 F を極小領域に含ませるには、例えば、該目的関数 F を極小領域に含ませるような、式(16)の係数 $a_L, \dots, a_0$ および式(17)の係数 $b_L, \dots, b_0$ が求められれば良い。具体的には、例えば、 $L=2$ であれば、6つの係数 $a_2, a_1, a_0, b_2, b_1, b_0$ が求められれば良い。そして、1つの校正用の試料について、360～740nmの10nm毎の受光素子からの出力に基づくデータが得られれば、5つの校正用の試料について、195点のデータが得られる。このうち、校正用の試料の反射率が大きく変化している部分についての相当数のデータが存在していれば、式(16)、(17)についての6つの係数 $a_2, a_1, a_0, b_2, b_1, b_0$ の値が容易に得られる。

[0166] 上記のことから、下記工程*i*～工程*v*によって、第1分光測色装置1*m*で取得される第1出力信号 $C_m(k)$ から第2推定分光反射率 $R^*(\lambda^*_{G_t}(k))$ が推定される。そして、下記工程*i*～工程*v*が繰り返されて、第2推定分光反射率 $R^*(\lambda^*_{G_t}(k))$ と、第2分光測色装置1*t*を用いた実測で取得される第2実測分光反射率 $R(\lambda^*_{G_t}(k))$ とが、その差が極小領域に含まれて非常に近くなるような、第2分光測色装置1*t*の校正済み分光感度 $s^*_t(k, \lambda)$ が求められる。ここで、第2推定分光反射率 $R^*(\lambda^*_{G_t}(k))$ は、1以上の対象物としての校正用の試料について第1分光測色装置

1 mの受光部1 3で測定される分光スペクトルと仮の校正済み分光感度 $s^*_t(k, \lambda)$ とを用いて算出される。また、第2実測分光反射率 $R(\lambda^*_{G_t}(k))$ は、1以上の対象物としての校正用の試料について第2分光測色装置1 tで測定される分光反射率の実測値である。そして、ここで求められる校正済み分光感度 $s^*_t(k, \lambda)$ を示す情報が、校正済み分光感度情報S 1として、記憶部1 5に記憶される。

[0167] [工程 i] 第2分光測色装置1 tのk番目の受光素子の校正済み分光感度 $s^*_t(k, \lambda)$ を規定する重心波長 $\lambda^*_{G_t}(k)$ と半値幅 $\Delta\lambda^*_{FWHM}(k)$ とが仮に決められる。このとき、式(16)の係数 $a_L, \dots, a_0$ および式(17)の係数 $b_L, \dots, b_0$ が仮に決められる。これにより、式(12)の校正済み分光感度 $s^*_t(k, \lambda)$ の逆行列が仮に決められる。

[0168] [工程 ii] 第1分光測色装置1 mで取得される第1出力信号 $C_m(k)$ と、式(7)とに基づいて、校正用の試料の輝度(第1分光スペクトル) $L(\lambda_{G_m}(k))$ が求められる。

[0169] [工程 iii] 工程iiで求められた第1分光スペクトル $L(\lambda_{G_m}(k))$ に基づいて、波長の補間が行われつつ、式(10)によって、第2分光測色装置1 tで取得され得る第2推定出力信号 $C_t(k)$ が算出される。

[0170] [工程 iv] 工程iiiで算出された第2推定出力信号 $C_t(k)$ と、工程iで仮決めされた校正済み分光感度 $s^*_t(k, \lambda)$ が用いられた式(12)とに基づいて、第2推定分光スペクトル $L^*(\lambda^*_{G_t}(k))$ が算出される。

[0171] [工程 v] 工程ivで算出された第2推定分光スペクトル $L^*(\lambda^*_{G_t}(k))$ と、式(13)とに基づいて、第2推定分光反射率 $R^*_t(\lambda^*_{G_t}(k))$ が算出される。

[0172] このようにして、第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ を第2分光反射率 $R_t(\lambda)$ に変換するために分光感度に係る第2のずれを補正するための第2変換ルールを規定する校正済み分光感度情報S 1が設定される。すなわち、このような構成が採用される場合、第1分光反射率と第2分光反射率との間におけるずれが、直線性に係る第1のずれと、分光感度に係る第2のずれと、に分けて

扱われて、式(7)、(10)、(12)、(13)等の限定的な計算等が用いられて、第2変換ルールが設定される。これにより、比較的少数の校正用の試料が用いられて、第2変換ルールが設定され得る。すなわち、異なる第1および第2分光測色装置1m、1tとの間における測定値の高精度な変換ルールが容易に設定され得る。

[0173] そして、第1分光測色装置1mの受光部13で測定された第1分光スペクトルと、第2変換ルールとしての校正済み分光感度とが用いられて、第2分光測色装置1tで取得され得るものと推定される第2推定分光反射率 $R^*_{\lambda^*_{G_t}}(k)$ が算出され得る。

[0174] 図39は、分光感度に係る第2のずれを補正する動作フローを示すフローチャートである。

[0175] まず、ステップST11では、第1分光測色装置1mの受光部13によって、光源11から発せられる照明光の測色対象物100に対する照射に応じて測色対象物100の表面で生じる反射光を分光することで、該反射光の第1分光スペクトル $L(\lambda_{G_m}(k))$ が測定される。ここでは、例えば、算出部14maにおいて、測色対象物100について第1分光測色装置1mで取得される第1出力信号 $C_m(k)$ に基づいて、測色対象物100の第1分光スペクトル $L(\lambda_{G_m}(k))$ が算出される。

[0176] 次に、ステップST12では、第1分光測色装置1mの変換部14mcによって、第2分光測色装置1tで取得され得る第2推定分光反射率 $R^*_{\lambda^*_{G_t}}(\lambda^*_{G_t}(k))$ が算出される。ここでは、例えば、記憶部15に記憶されている校正済み分光感度情報S1と、ステップST11で測定された第1分光スペクトル $L(\lambda_{G_m}(k))$ とが用いられて、第1分光スペクトル $L(\lambda_{G_m}(k))$ から第2推定分光反射率 $R^*_{\lambda^*_{G_t}}(\lambda^*_{G_t}(k))$ が算出される。

[0177] このような構成が採用されていることで、反射率に係る第1のずれとは別に、分光感度に係る第2のずれについての校正済み分光感度が設定されるため、異なる第1および第2分光測色装置1m、1tとの間における測定値の高精度な変換ルールが容易に設定され得る。

[0178] <(2)変形例>

なお、本発明は上述の一実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更、改良等が可能である。

[0179] 例えば、上記一実施形態では、装置間における直線性に係る第1のずれを補正するための関係情報A1を設定するために、光の波長に拘わらず反射率が略一定となる分光反射率を有する測色対象物100として、無彩色の校正用の試料が用いられたが、これに限られない。例えば、相互に分光反射率が異なる複数の無彩色の校正用の試料のうちの少なくとも一部の校正用の試料が、第1分光測色装置1mの測定対象となる波長範囲のうちの一部の波長範囲において反射率が所定の値域の幅内に含まれている有彩色の校正用の試料に置換されても良い。つまり、例えば、装置間における直線性に係る第1のずれを補正するための関係情報A1を設定するために用いられる複数の校正用の試料の全てが、測定対象となる波長範囲のうちの一部の波長範囲において反射率が所定の値域の幅内に含まれている校正用の試料である態様が採用され得る。このとき、例えば、該複数の校正用の試料のうち、全ての校正用の試料が無彩色であっても良いし、一部の校正用の試料が無彩色であっても良いし、全ての校正用の試料が無彩色でなくても良い。

[0180] このような態様が採用される場合には、各波長についての反射率と反射率差との関係を求めるための複数の校正用の試料が容易に準備され得る。したがって、各波長についての反射率と反射率差との関係が容易に求められ得る。

[0181] さらに、関係情報A1を設定するために採用される複数の校正用の試料が、例えば、測定対象の波長範囲における少なくとも一部の波長範囲において反射率が予め設定された所定の値域の幅内に含まれ且つ相互に異なる校正用の試料であっても良い。但し、このような構成が採用される場合、測定対象の波長範囲のうちの一部の波長範囲のみにおいて反射率が予め設定された所定の値域の幅内に含まれる校正用の試料については、該一部の波長範囲についての第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と反射率差 $\Delta R(\lambda)$ との関係を求める際に

採用され得る。例えば、図4に示される赤色の校正用の試料については、測定対象の波長範囲のうち、550nm以下の範囲において、分光反射率が所定の値域の幅内で略一定となり得る。このため、該赤色の校正用の試料は、550nm以下の範囲についての第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と反射率差 $\Delta R(\lambda)$ との関係を求める際に校正用の試料として採用され得る。このような構成が採用される場合でも、各波長についての第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と該第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ に係るずれ成分としての反射率差 $\Delta R(\lambda)$ との関係が容易に求められる。すなわち、異なる第1および第2分光測色装置1m, 1tの間における測定値の高精度な変換ルールの設定がさらに容易になり得る。

[0182] また、上記一実施形態では、第1分光測色装置1mと第2分光測色装置1tとの間で、透明部材17tによる再帰反射等といった光学系の相違に起因して、第1分光反射率 $R_m(\lambda)$ と第2分光反射率 $R_t(\lambda)$ との間に反射率差が生じ得る例を挙げて説明したが、これに限られない。例えば、上記一実施形態に係る直線性に係る第1のずれの補正法は、第1分光測色装置1mと第2分光測色装置1tとの間で、受光部13の受光素子および増幅回路等における特性の違いに起因して入射光量と出力との関係がずれることで生じる直線性に係る第1のずれの補正にも適用可能である。

[0183] 図40は、第1および第2分光測色装置1m, 1tにおけるそれぞれの入射光量と出力される信号強度との関係を例示する図である。図40では、第1分光測色装置1mにおける入射光量と出力される信号強度との関係が実線で描かれており、第2分光測色装置1tにおける入射光量と出力される信号強度との関係が破線で描かれている。

[0184] また、上記一実施形態では、第1分光測色装置1mと第2分光測色装置1tとが相互に異なる機種 of 装置であったが、これに限られない。例えば、第1分光測色装置1mと第2分光測色装置1tとが同一機種の異なる装置であっても良い。つまり、上記一実施形態における直線性に係る第1のずれの補正法は、同一機種の異なる装置である第1分光測色装置1mと第2分光測色

装置 1 t との間で生じる直線性に係る第 1 のずれの補正にも適用可能である。

[0185] 例えば、図 4 1 で示されるように、第 1 分光測色装置 1 m にも、第 2 分光測色装置 1 t における透明部材 1 7 t と同様な構成および機能を有する透明部材 1 7 m が設けられており、第 1 分光測色装置 1 m と第 2 分光測色装置 1 t とが同一機種の異なる装置である場合を想定する。この場合、透明部材 1 7 m と透明部材 1 7 t との間で、図 4 2 で示されるように分光反射率が異なり得る。図 4 2 では、例えば、透明部材 1 7 m における分光反射率が実線で示され、透明部材 1 7 t における分光反射率が破線で示されている。つまり、透明部材 1 7 m, 1 7 t 等における分光反射率は、透明部材 1 7 m, 1 7 t の個体毎にばらつき得る。これにより、第 1 分光測色装置 1 m と第 2 分光測色装置 1 t との間で再帰反射の態様が異なり得る。その結果、同一の測色対象物 1 0 0 について、第 1 分光測色装置 1 m を用いた測定で得られる第 1 分光反射率 $R_m(\lambda)$ と第 2 分光測色装置 1 t を用いた測定で得られる第 2 分光反射率 $R_t(\lambda)$ との間にずれが生じ得る。

[0186] また、上記一実施形態では、例えば、分光感度に係る第 2 のずれの補正について、式 (4) ~ (17) の 14 個の式を挙げて説明したが、これに限られない。例えば、14 個の式である式 (4) ~ (17) の少なくとも一部を、適宜統合または分解して 1 以上の式としても良い。また、第 1 分光測色装置 1 m と第 2 分光測色装置 1 t とが同一のメーカー製のものであり、そのメーカーは各装置の波長校正に係る情報を有していれば、第 1 分光測色装置 1 m で得られたデータと第 2 分光測色装置 1 t の波長校正に係る情報とに基づいて、第 2 推定分光反射率を算出し、該第 2 推定分光反射率と、第 2 分光測色装置 1 t を用いた実測で得られた第 2 実測分光反射率との差の 2 乗和が最小となるような校正済み分光感度 $s^*_t(k, \lambda)$ が求められるような構成が採用されても良い。

[0187] また、上記一実施形態では、校正済み分光感度 $s^*_t(k, \lambda)$ が、式 (16) の L 次関数で示される重心波長 $\lambda^*_{g_t}(k)$ と式 (17) で示される L

次関数で示される半値幅 $\Delta \lambda_{FWHM}^*(k)$ とで規定される正規分布の関数であったが、これに限られない。例えば、基準の式を適宜シフトさせて校正済み分光感度を表す式等、別形態の式によって校正済み分光感度 $s_t^*(k, \lambda)$ が表されるようにしても良い。

[0188] また、上記一実施形態では、第1分光測色装置1mにおける真の分光感度 $s_m(k, \lambda)$ および第2分光測色装置1tにおける真の分光感度 $s_t(k, \lambda)$ が正確に取得されているものとして説明したが、これに限られない。例えば、輝線光源を用いた測定等によって得られた分光感度と、真の分光感度 $s_m(k, \lambda)$, $s_t(k, \lambda)$ との間に多少の誤差が生じて、式(15)で規定される目的関数Fを極小領域に含ませて、校正済み分光感度 $s_t^*(k, \lambda)$ が算出される課程で、該多少の誤差による影響が低減され得る。このため、第1分光測色装置1mがあるメーカーの製品であり、第2分光測色装置1tがその他のメーカーの製品である場合であっても、第2変換ルールを規定する校正済み分光感度情報S1が精度良く設定され得る。

[0189] また、上記一実施形態では、式(15)の目的関数Fが極小領域に含まれるように、式(16)の係数 $a_L, \dots, a_0$ および式(17)の係数 $b_L, \dots, b_0$ が調整されたが、これに限られない。例えば、第1および第2分光測色装置1m, 1tが同一のメーカーの製品であり、そのメーカーにおいて、第1分光測色装置1mにおける真の分光感度 $s_m(k, \lambda)$ および第2分光測色装置1tにおける真の分光感度 $s_t(k, \lambda)$ が既知であれば、第2分光測色装置1tの工場における校正で決められた校正済み分光感度 $s_t^*(k, \lambda)$ が、そのまま第2変換ルールに採用されても良い。

[0190] ここで言う工場における校正は、例えば、校正済み分光感度 $s_t^*(k, \lambda)$ を規定する式(16)の係数 $a_L, \dots, a_0$ および式(17)の係数 $b_L, \dots, b_0$ を求めるものであれば良い。ここで、工場における校正は、種々の方法で実行され得る。具体的には、例えば、輝線光源等から発せられる波長の半値幅が非常に狭い単色光について、第2分光測色装置1tを用いた測定で得られた分光スペクトルの測定値と、実際の単色光の分光スペクトル

とが一致するように、係数 $a_L, \dots, a_0, b_L, \dots, b_0$ が設定される。つまり、校正済み分光感度 $s^*_t(k, \lambda)$ が校正結果として設定される。

[0191] このような構成が採用される場合、まず、測色対象物 100 について第 1 分光測色装置 1 m で取得される第 1 出力信号 $C_m(k)$ から式 (7) によって第 1 分光スペクトル $L(\lambda_{G_m}(k))$ が算出される。次に、該第 1 分光スペクトル $L(\lambda_{G_m}(k))$ と分光感度 $s_t(k, \lambda)$ とが式 (10) に適用されることで、第 2 分光測色装置 1 t で取得され得る第 2 推定出力信号 $C_t(k)$ が算出される。その次に、該第 2 推定出力信号 $C_t(k)$ と校正結果としての校正済み分光感度 $s^*_t(k, \lambda)$ の逆行列が式 (12) に適用されることで、第 2 推定分光スペクトル $L^*(\lambda^*_{G_t}(k))$ が算出される。そして、該第 2 推定分光スペクトル $L^*(\lambda^*_{G_t}(k))$ が式 (13) に適用されることで、第 2 推定分光反射率 $R^*(\lambda^*_{G_t}(k))$ が算出され得る。そして、目的関数 F を極小領域に含ませるような演算が不要となる。

[0192] また、上記一実施形態では、光源 11 から発せられる照射光の分光スペクトルが一定であるとしていたが、これに限られない。例えば、照射光の分光スペクトルが時間の経過とともに変動する場合を想定する。この場合、第 1 分光測色装置 1 m において、照射光を直接受光して参照用の出力信号を取得し、該参照用の出力信号によって、測色対象物 100、白色校正板、黒色校正板についてそれぞれ得られる出力信号を除いた上で、式 (13), (14) 等で分光反射率が算出されるようにしても良い。

[0193] また、上記一実施形態では、メーカー側で、関係情報 A1 および校正済み分光感度情報 S1 が設定される場合を想定して説明したが、これに限られない。例えば、ユーザー側で、関係情報 A1 および校正済み分光感度情報 S1 が設定されても良い。このとき、ユーザー側で、第 1 および第 2 分光測色装置 1 m, 1 t、直線性に係る第 1 のずれを補正するための複数の無彩色の校正用の試料、および分光感度に係る第 2 のずれを補正するための 1 以上の有彩色の校正用の試料が用いられる。具体的には、例えば、ユーザー側で、複

数の無彩色の校正用の試料および 1 以上の有彩色の校正用の試料について第 1 および第 2 分光測色装置 1 m, 1 t を用いた測定が行われ、その結果得られる情報が、関係情報 A 1 および校正済み分光感度情報 S 1 として記憶部 1 5 に記述されても良い。これにより、ユーザーが所有している第 2 分光測色装置 1 t が用いられて、関係情報 A 1 および校正済み分光感度情報 S 1 が設定されるため、異なる第 1 および第 2 分光測色装置 1 m, 1 t の間における測定値の高精度な変換ルールが設定され得る。

[0194] また、上記一実施形態では、図 1、図 2 および図 4 1 では、国際照明委員会 (C I E) が推奨する 4 5 / 0 (4 5 ° 照明、垂直受光) の構成あるいは C I E が推奨する 0 / 4 5 (垂直照明、4 5 ° 受光) の構成が採用されたが、これに限られない。例えば、第 1 分光測色装置 1 m および第 2 分光測色装置 1 t において、例えば、光源 1 1 と開口部 2 o と受光部 1 3 との間に積分球が設けられた構成等といったその他の構成が採用されても良い。

[0195] なお、上記一実施形態および各種変形例をそれぞれ構成する全部または一部を、適宜、矛盾しない範囲で組み合わせ可能であることは、言うまでもない。

符号の説明

- [0196] 1 m 第 1 分光測色装置
1 t 第 2 分光測色装置
2 筐体
2 o 開口部
1 1 光源
1 2 発光回路
1 3 受光部
1 4 制御部
1 4 m a, 1 4 t a 算出部
1 4 m b 取得部
1 4 m c 変換部

1 4 m d 演算部
1 4 m e 設定部
1 5 記憶部
1 6 入出力部
1 7 m, 1 7 t 透明部材
1 0 0 測色対象物
1 3 1 スリット板
1 3 2 分光部
1 3 3 センサー部
A 1 関係情報
S 1 校正済み分光感度情報
L 0 入射光
M 0 メモリー
P 0 プロセッサ
P 1, P 2 プログラム

請求の範囲

[請求項1]

分光測色装置であって、
光源と、

前記光源から発せられる照明光の対象物に対する照射に応じて該対象物の表面で生じる反射光を分光して、該反射光の分光スペクトルを測定する受光部と、

前記分光測色装置とは異なる他の分光測色装置の校正済み分光感度と前記分光スペクトルとを用いて、前記分光スペクトルから前記他の分光測色装置で取得され得る分光反射率を算出する変換部と、
を備える、分光測色装置。

[請求項2]

請求項 1 に記載の分光測色装置であって、
前記校正済み分光感度が、

1 以上の対象物について前記受光部で測定される分光スペクトルと仮の校正済み分光感度とを用いて算出される前記他の分光測色装置で取得され得る分光反射率の推定値と、前記 1 以上の対象物について前記他の分光測色装置で測定される分光反射率の実測値との差が、極小領域に含まれるときにおける前記仮の校正済み分光感度を含む、分光測色装置。

[請求項3]

請求項 2 に記載の分光測色装置であって、
前記 1 以上の対象物が、

それぞれ測定対象の波長範囲において波長の所定量の変化に対する反射率の変化量が予め設定された閾値を超える分光反射率を呈する、
分光測色装置。

[請求項4]

請求項 1 から請求項 3 の何れか 1 つの請求項に記載の分光測色装置であって、

前記分光スペクトルから第 1 分光反射率を算出する算出部と、

各波長について反射率と反射率のずれ成分としての反射率差との関係を示す関係情報を記憶する記憶部と、

前記第 1 分光反射率と前記関係情報とに基づいて、前記分光測色装置を用いた測定で取得された前記第 1 分光反射率と、前記他の分光測色装置を用いた測定で取得され得る第 2 分光反射率との間における各波長についての反射率差を取得する取得部と、
をさらに備え、

前記変換部が、

前記分光スペクトルと前記校正済み分光感度とを用いて取得される分光反射率に対して、前記取得部で取得された各波長についての反射率差を加算または減算することで、前記他の分光測色装置で取得され得る分光反射率を算出する、分光測色装置。

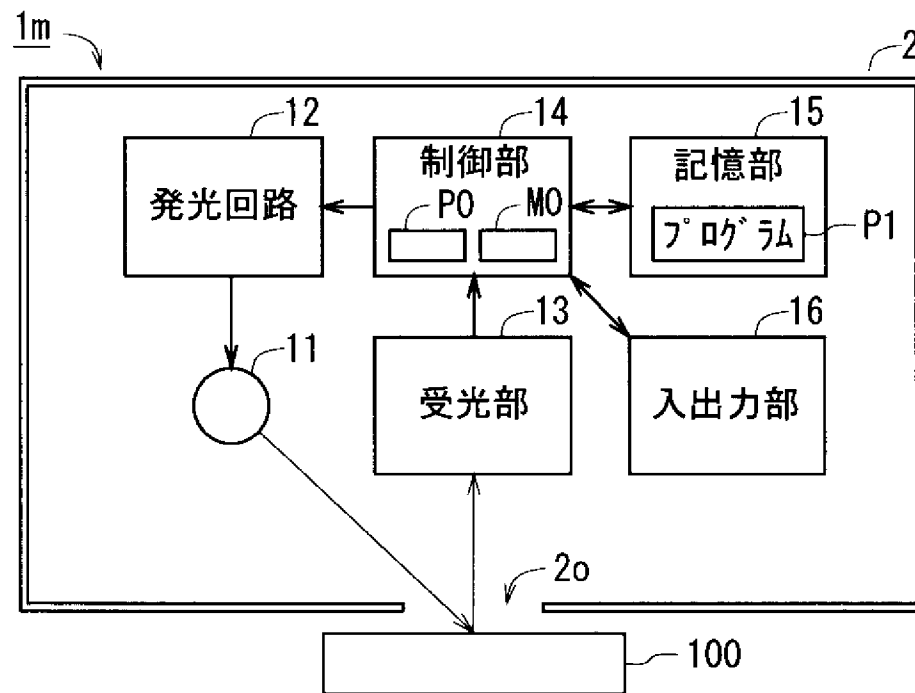
[請求項5]

(a)第 1 分光測色装置の受光部によって、光源から発せられる照明光の対象物に対する照射に応じて該対象物の表面で生じる反射光を分光して、該反射光の分光スペクトルを測定するステップと、

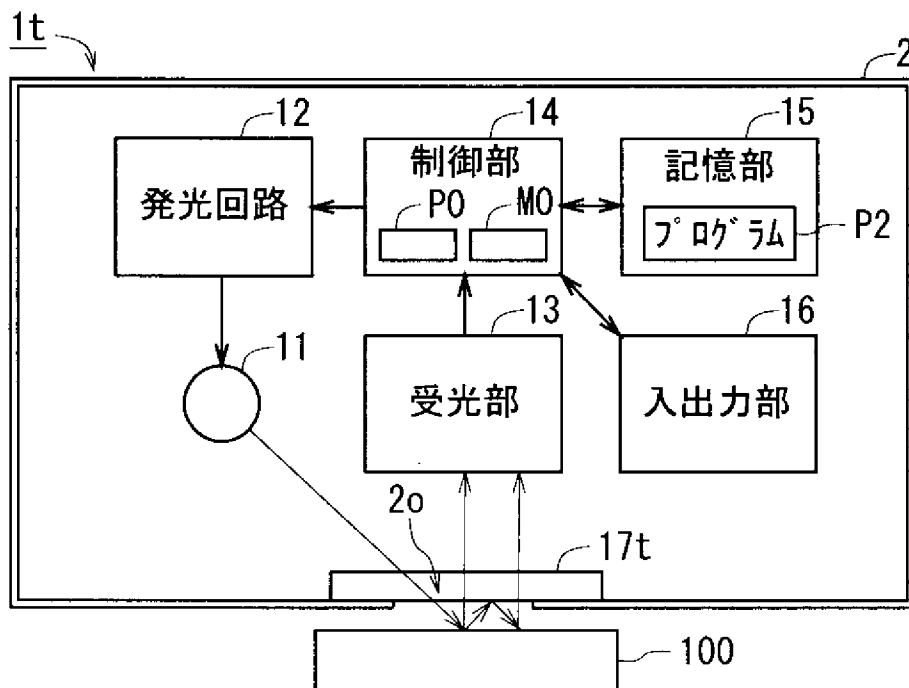
(b)前記第 1 分光測色装置の変換部によって、前記第 1 分光測色装置とは異なる第 2 分光測色装置の校正済み分光感度と前記ステップ(a)で測定された前記分光スペクトルとを用いて、前記分光スペクトルから前記第 2 分光測色装置で取得され得る分光反射率を算出するステップと、

を有する、分光反射率の算出方法。

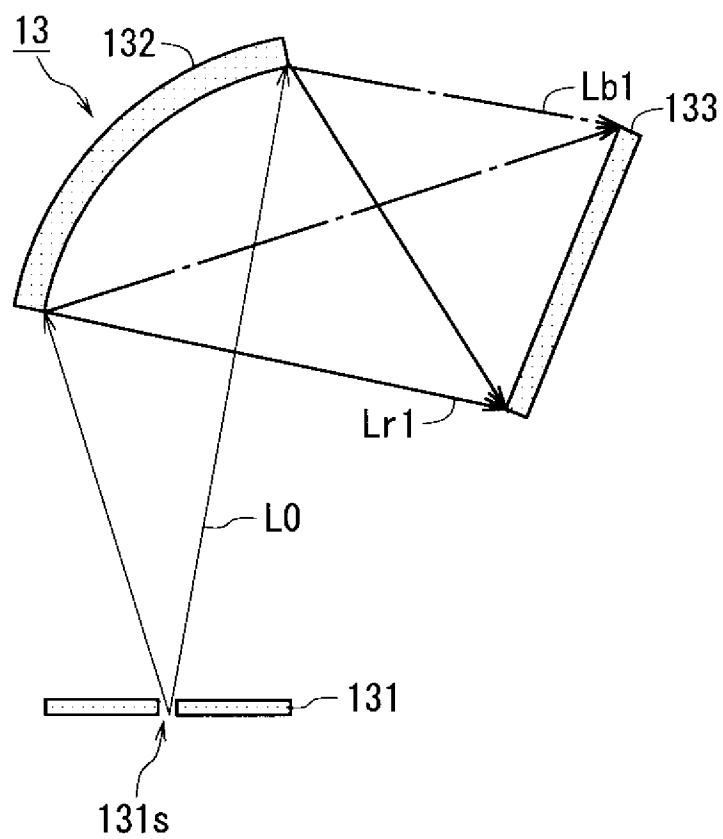
[図1]



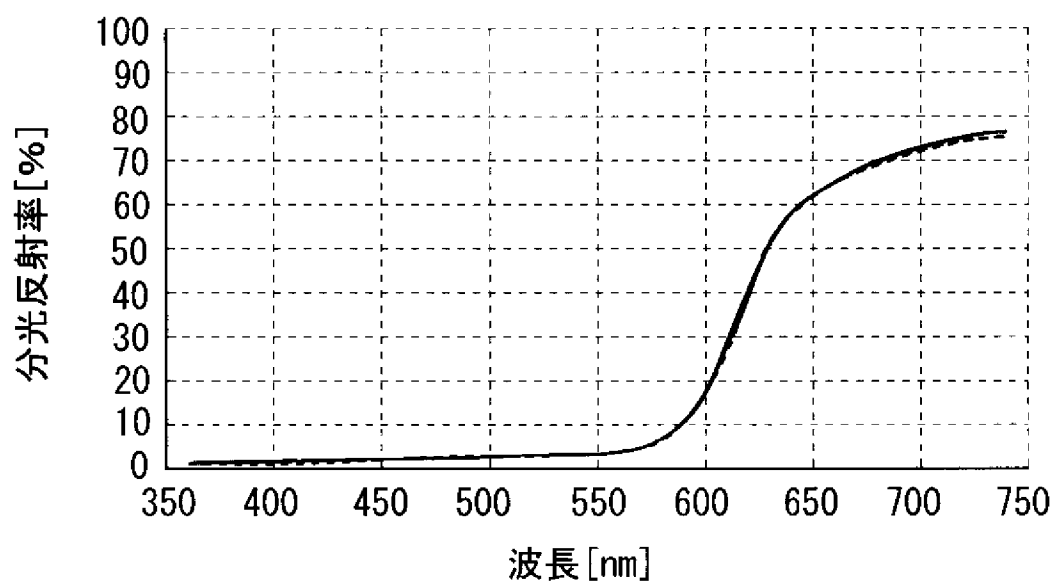
[図2]



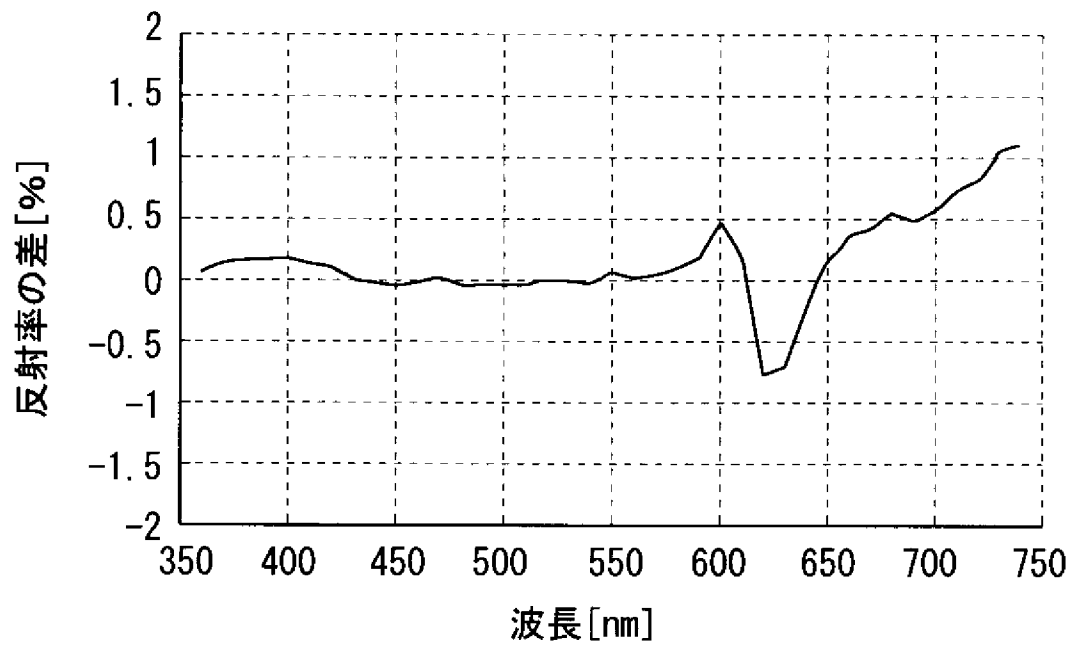
[図3]



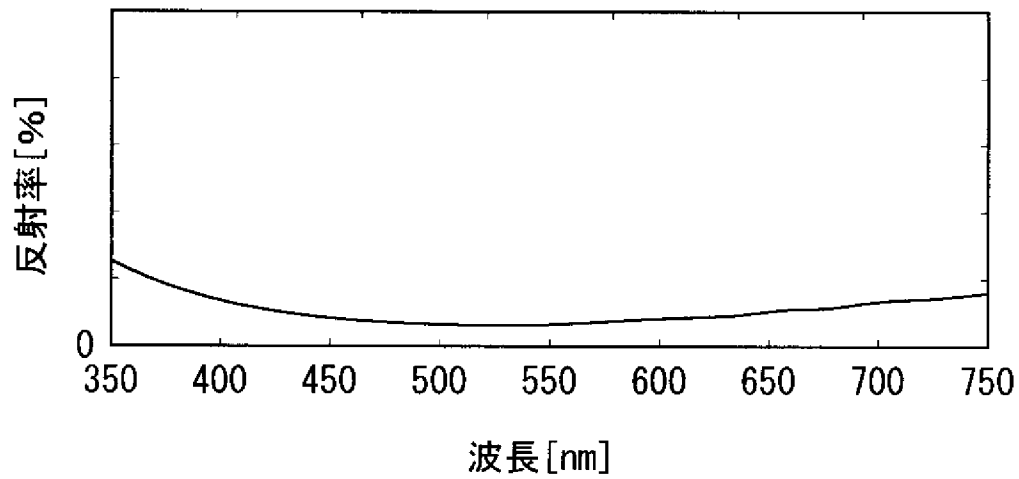
[図4]



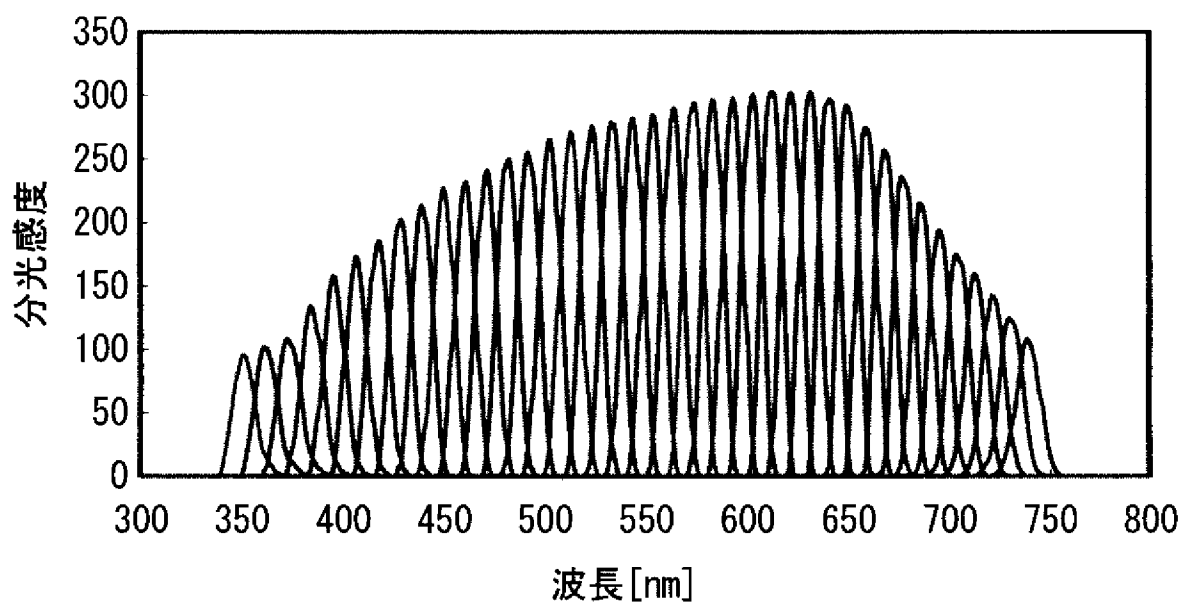
[図5]



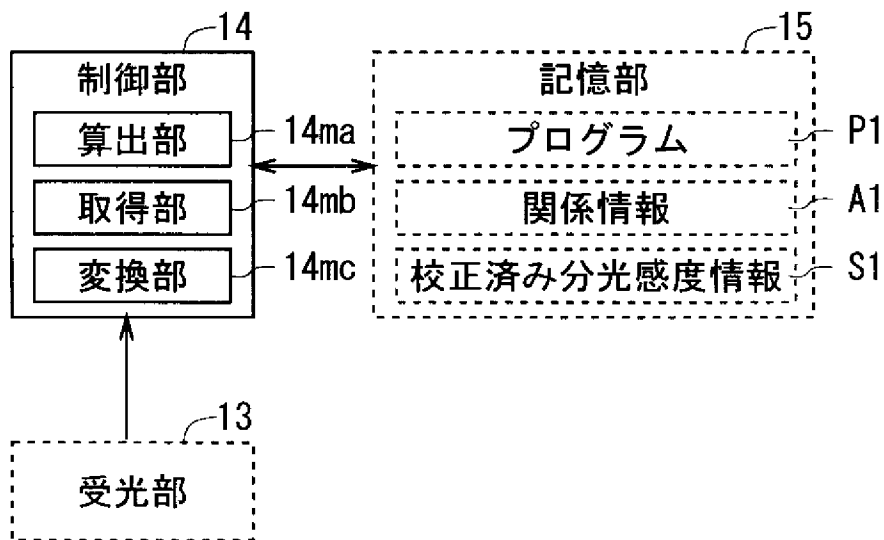
[図6]



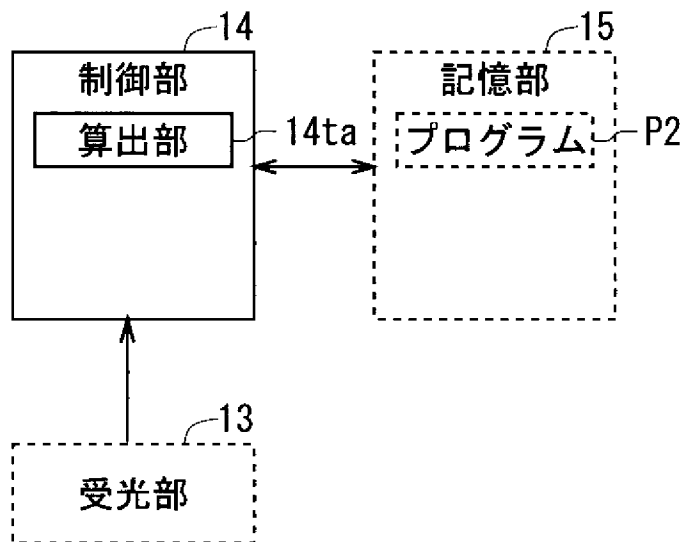
[図7]



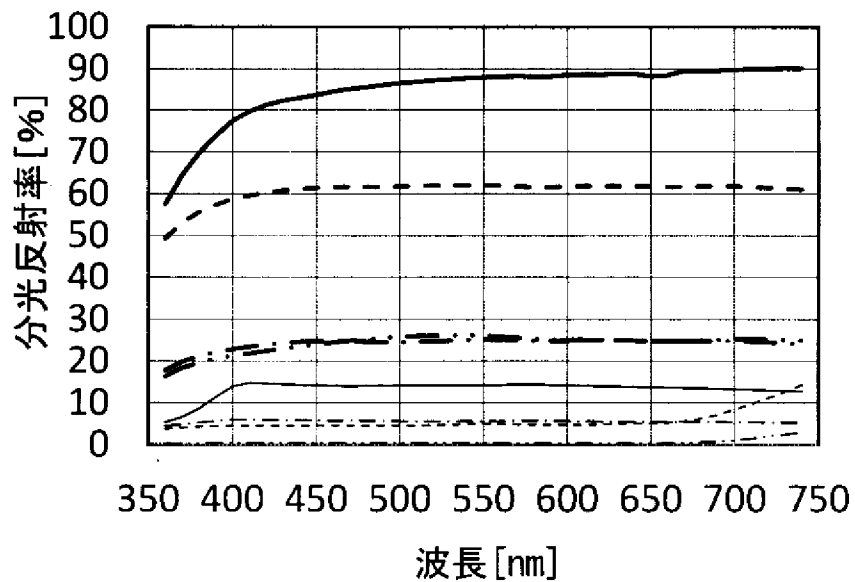
[図8]



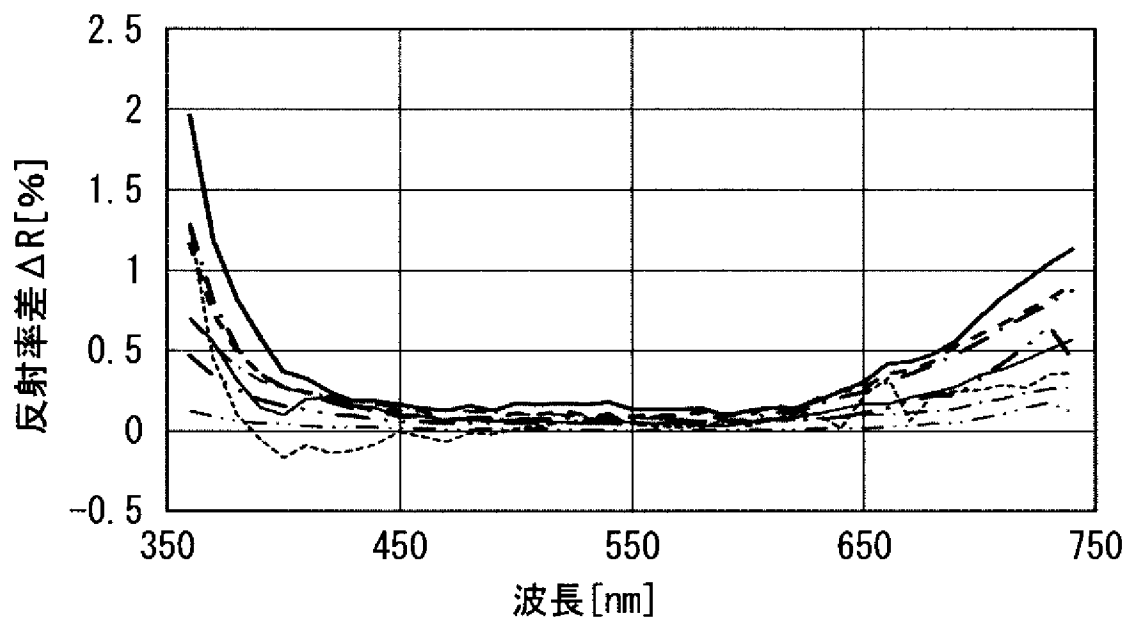
[図9]



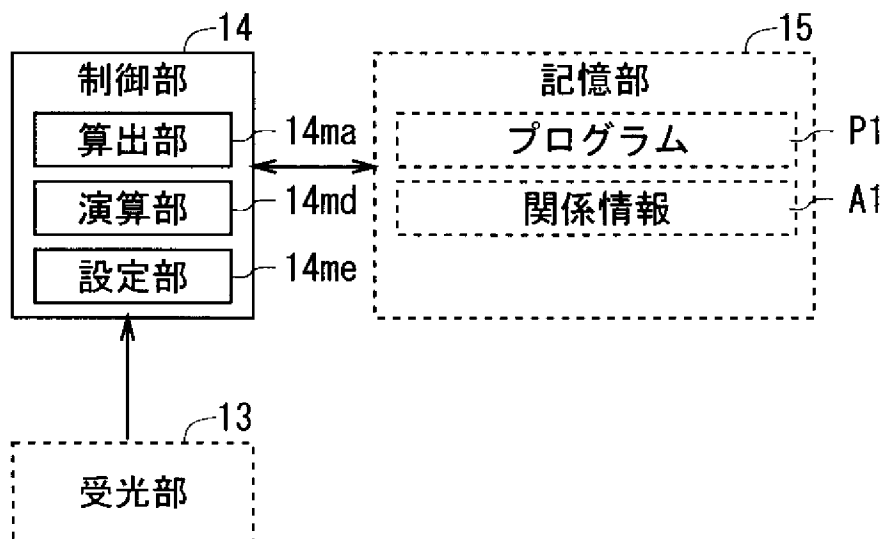
[図10]



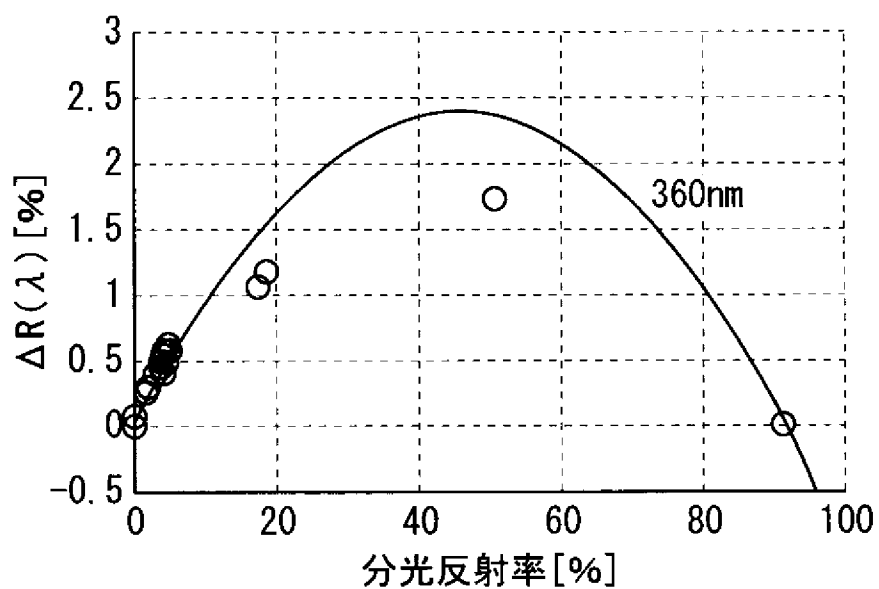
[図11]



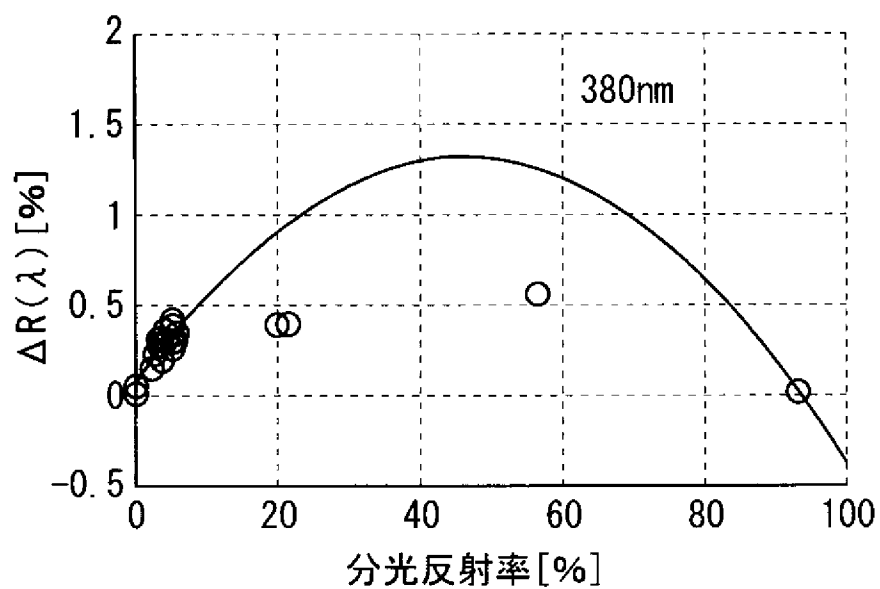
[図12]



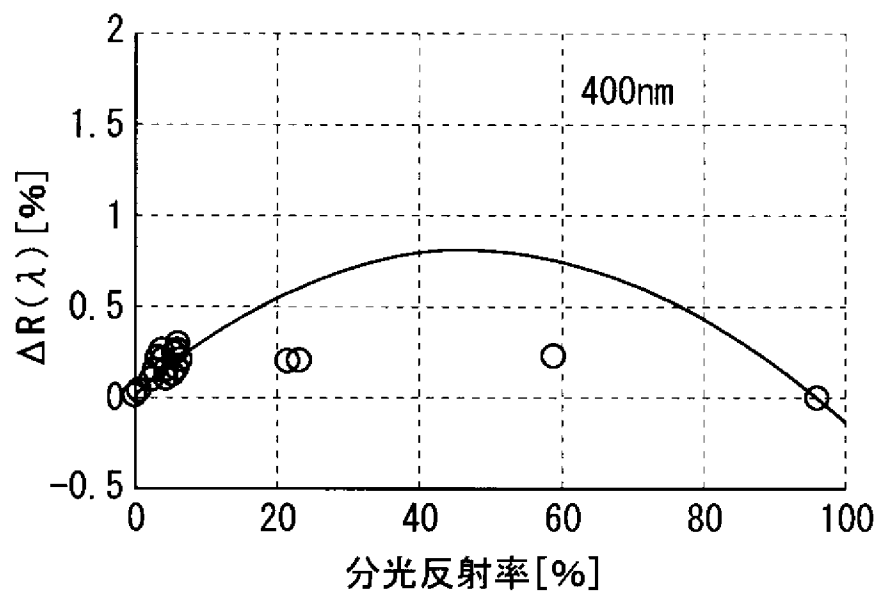
[図13]



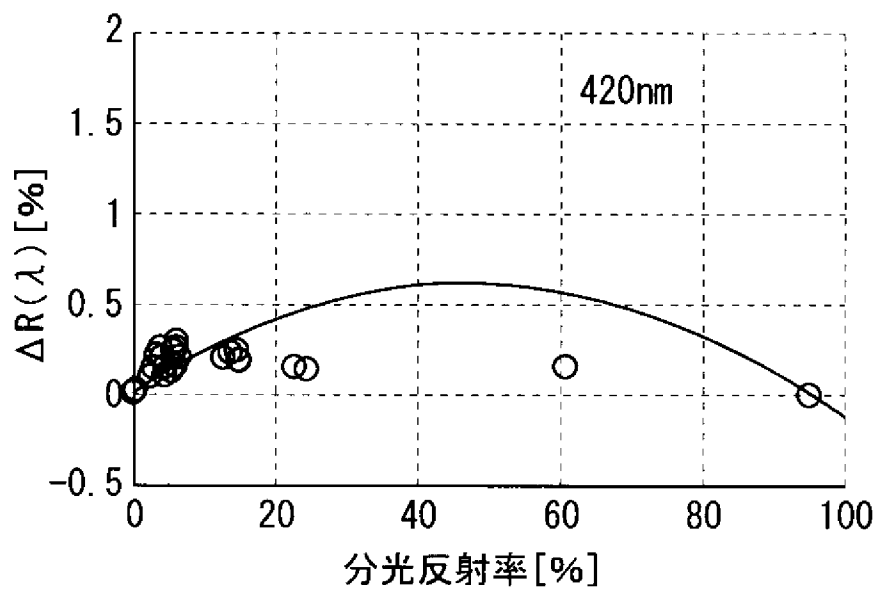
[図14]



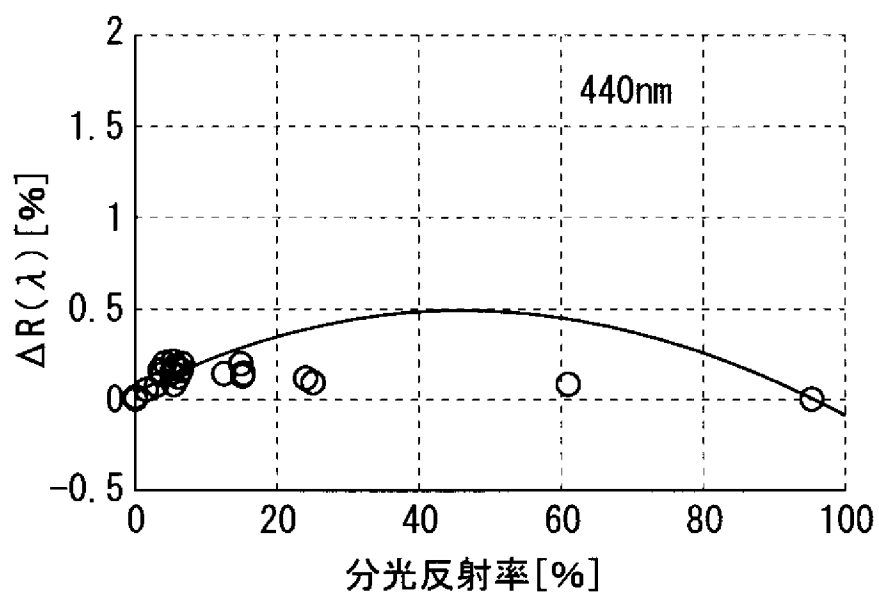
[図15]



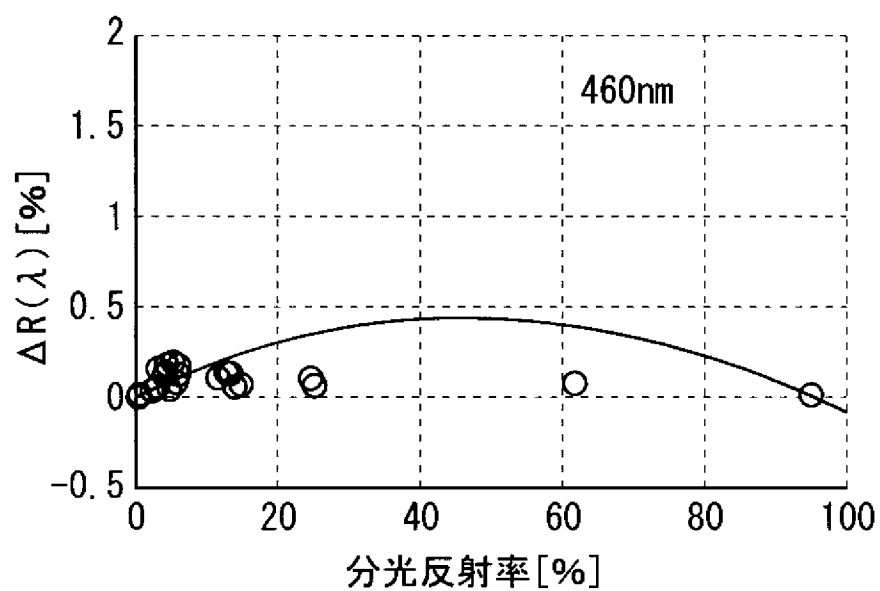
[図16]



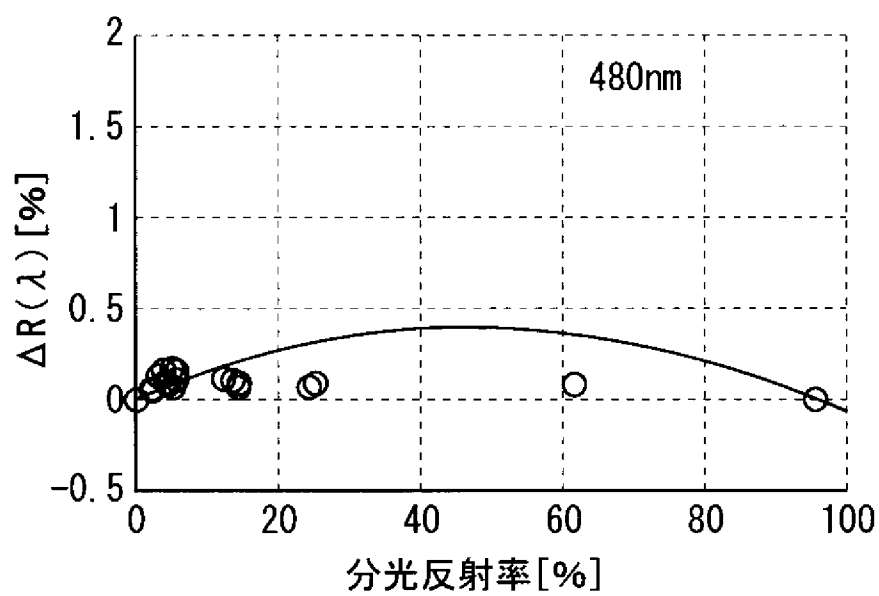
[図17]



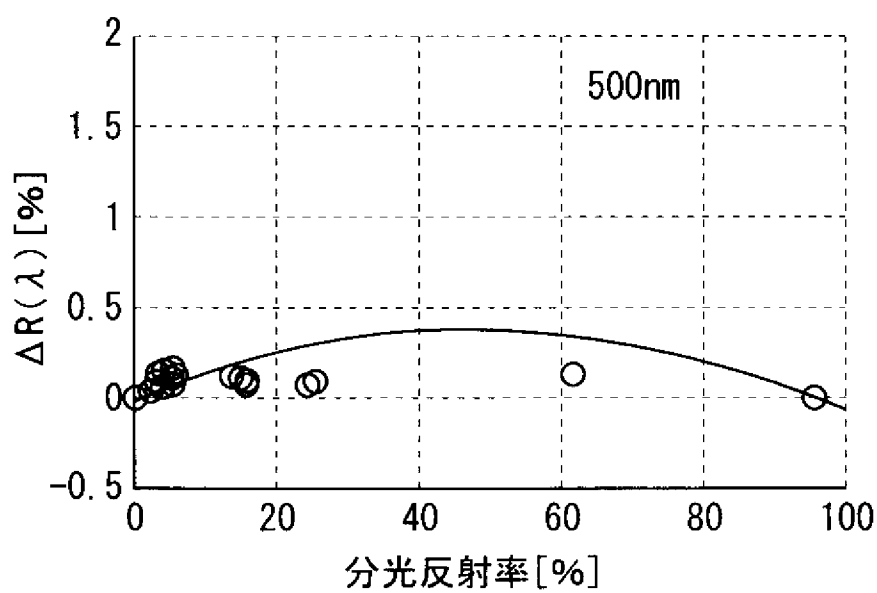
[図18]



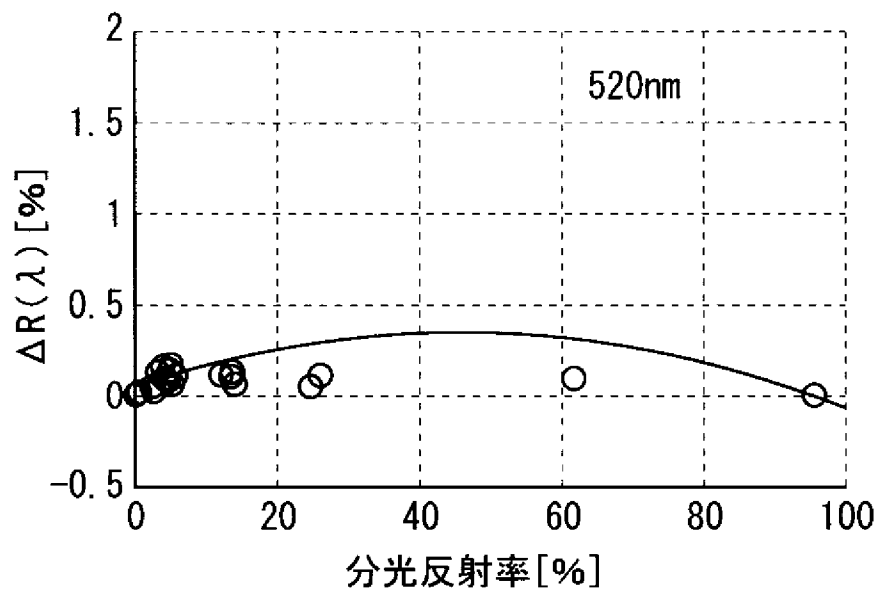
[図19]



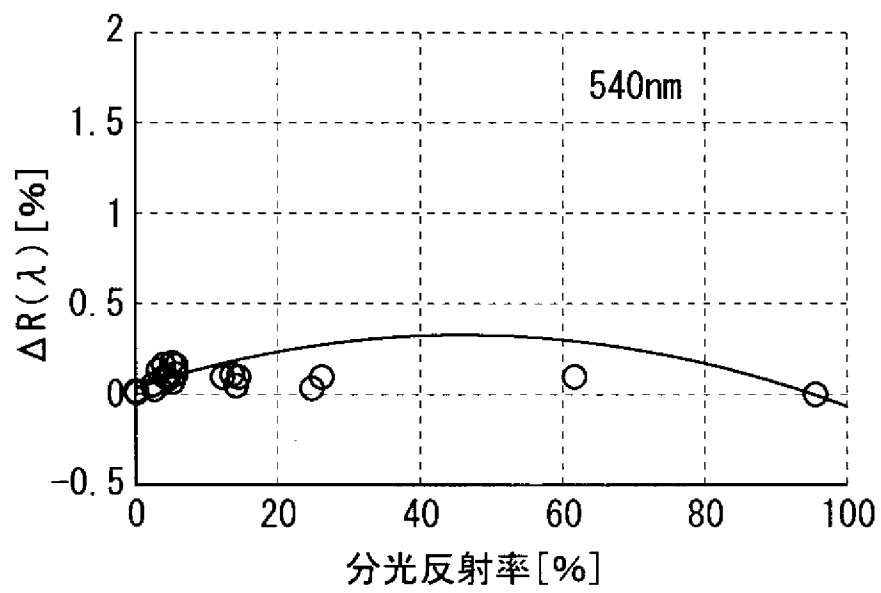
[図20]



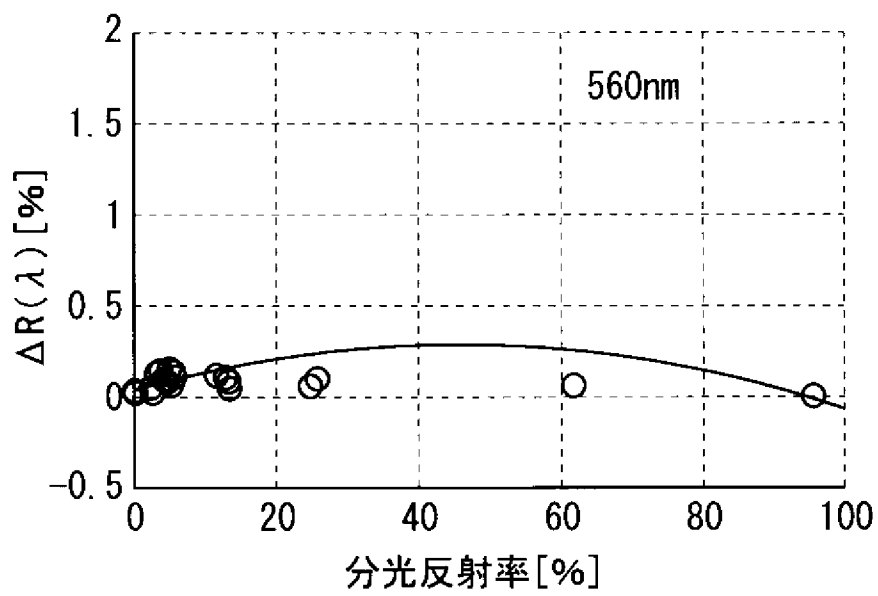
[図21]



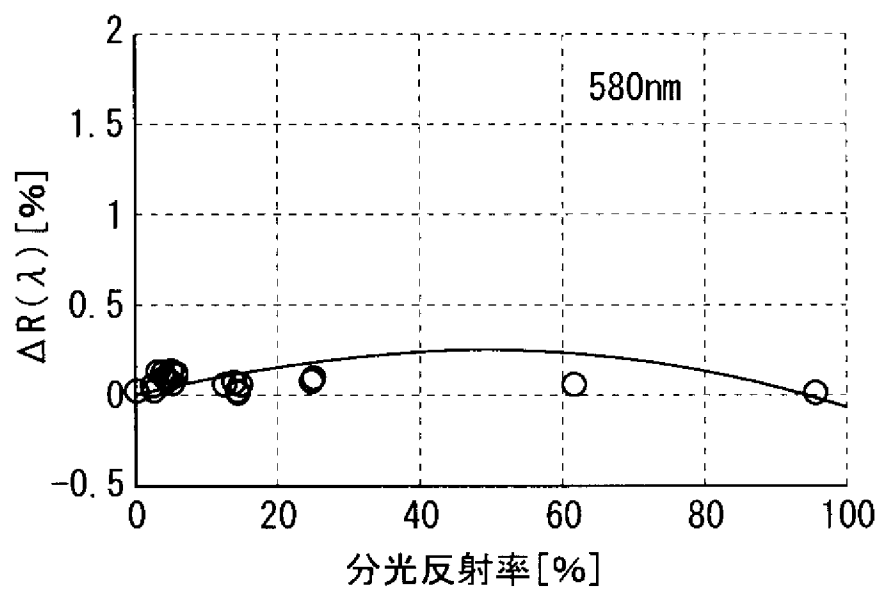
[図22]



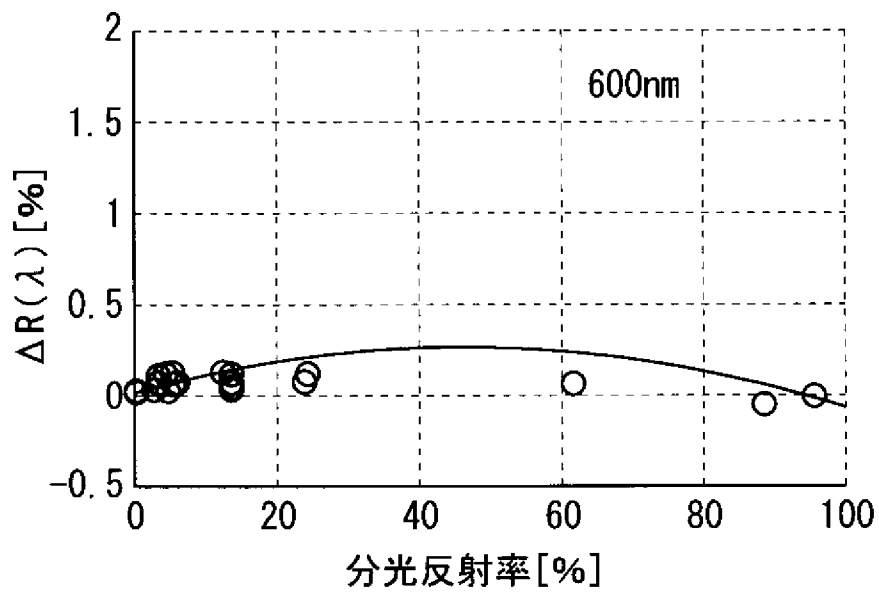
[図23]



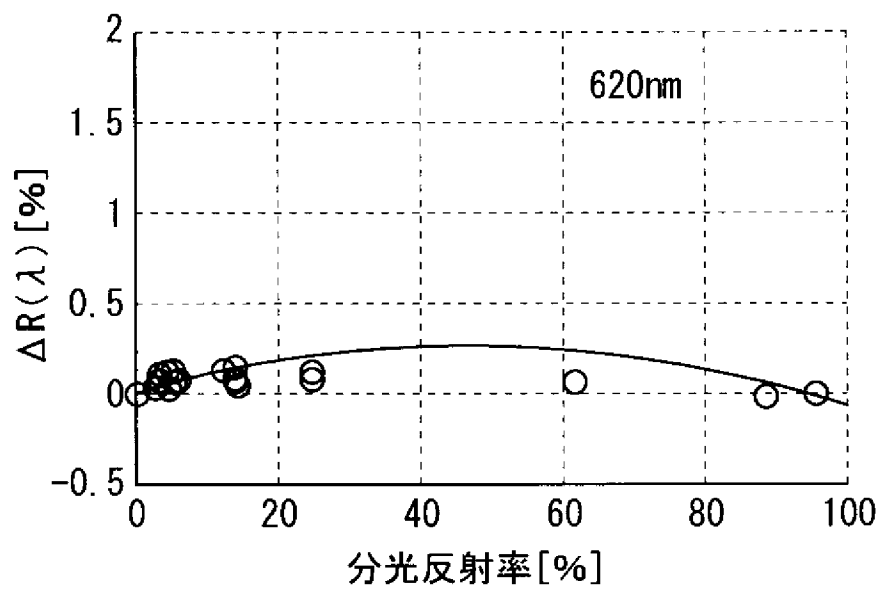
[図24]



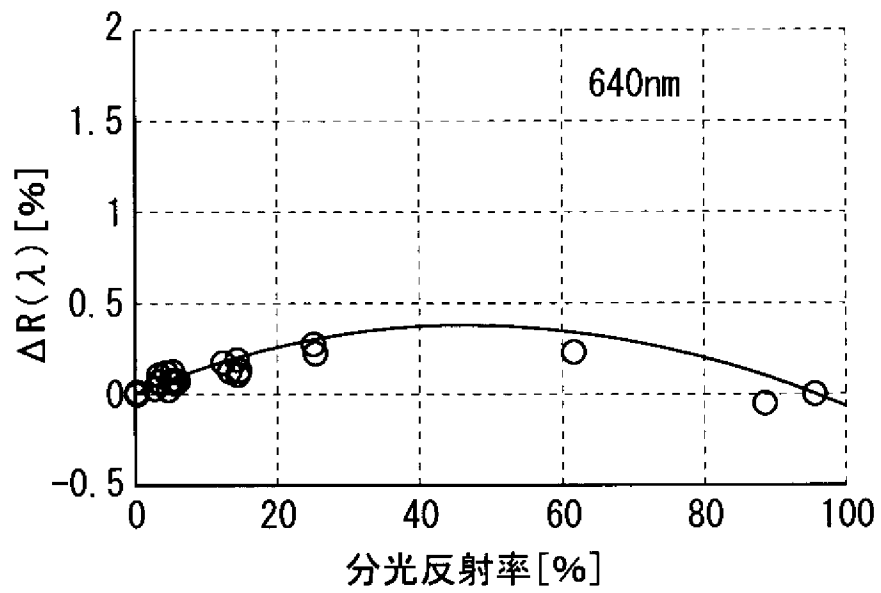
[図25]



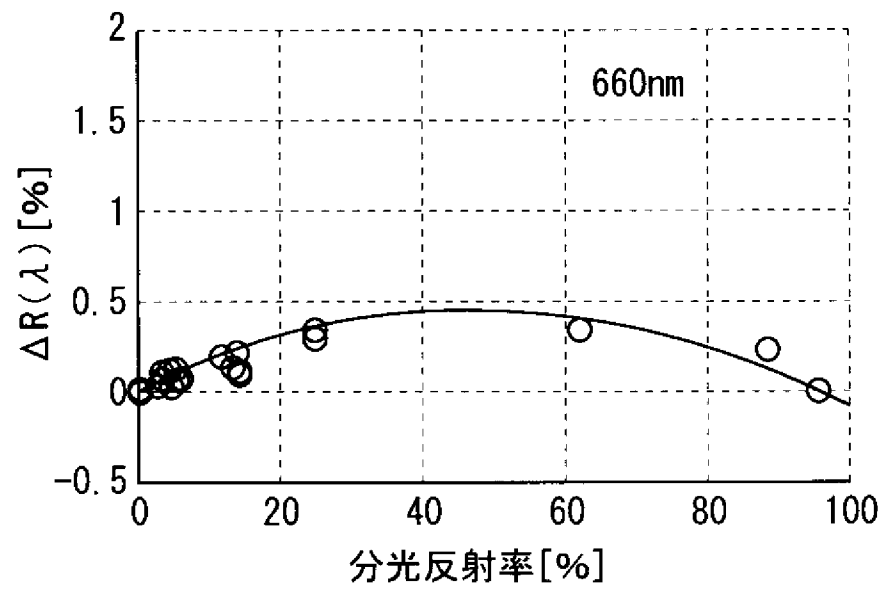
[図26]



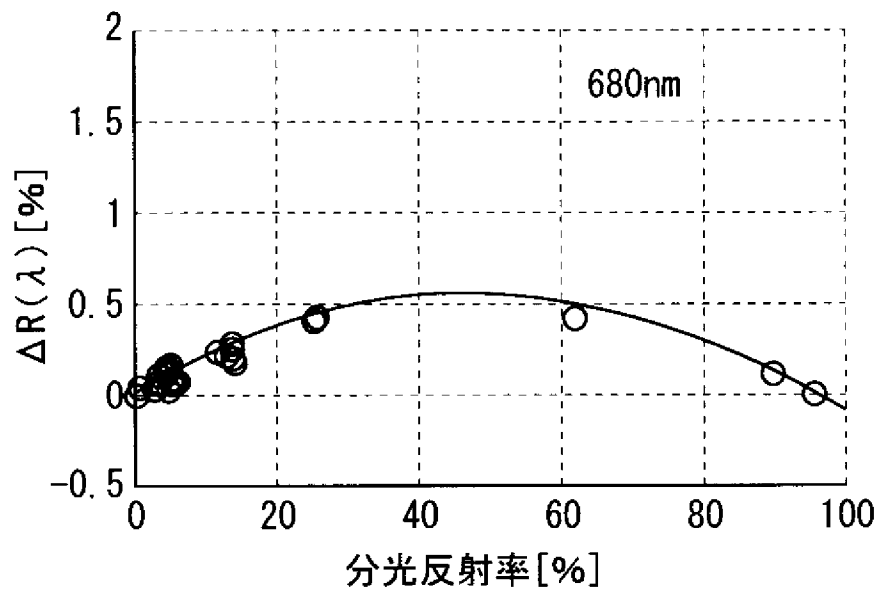
[図27]



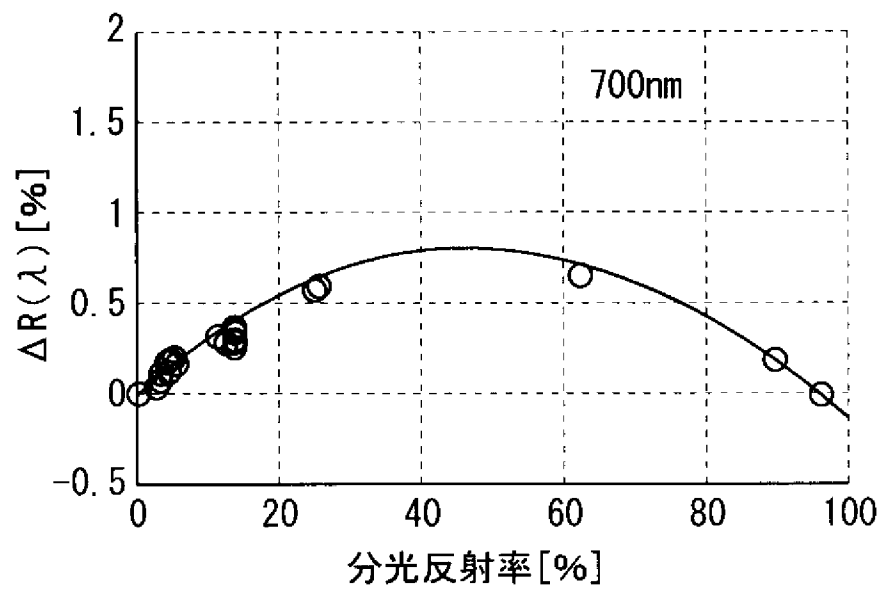
[図28]



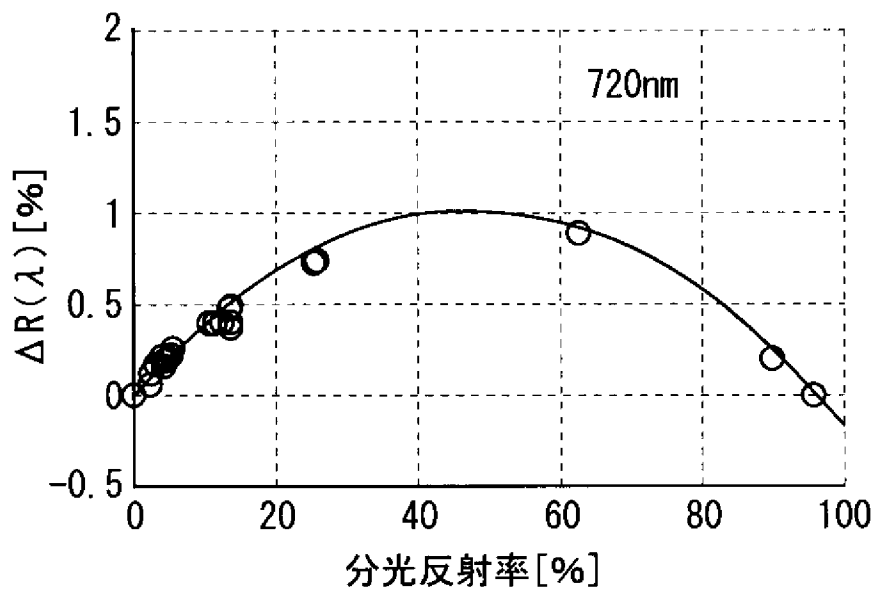
[図29]



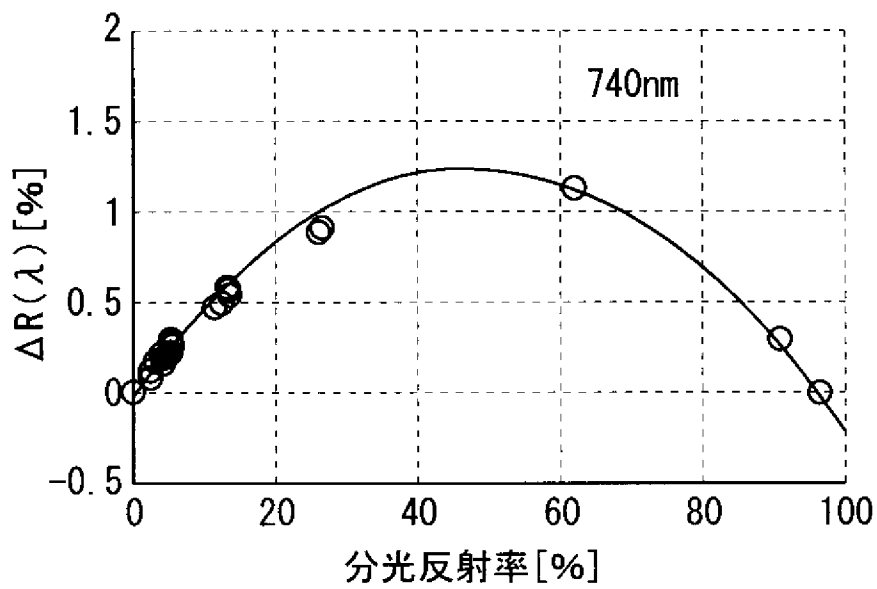
[図30]



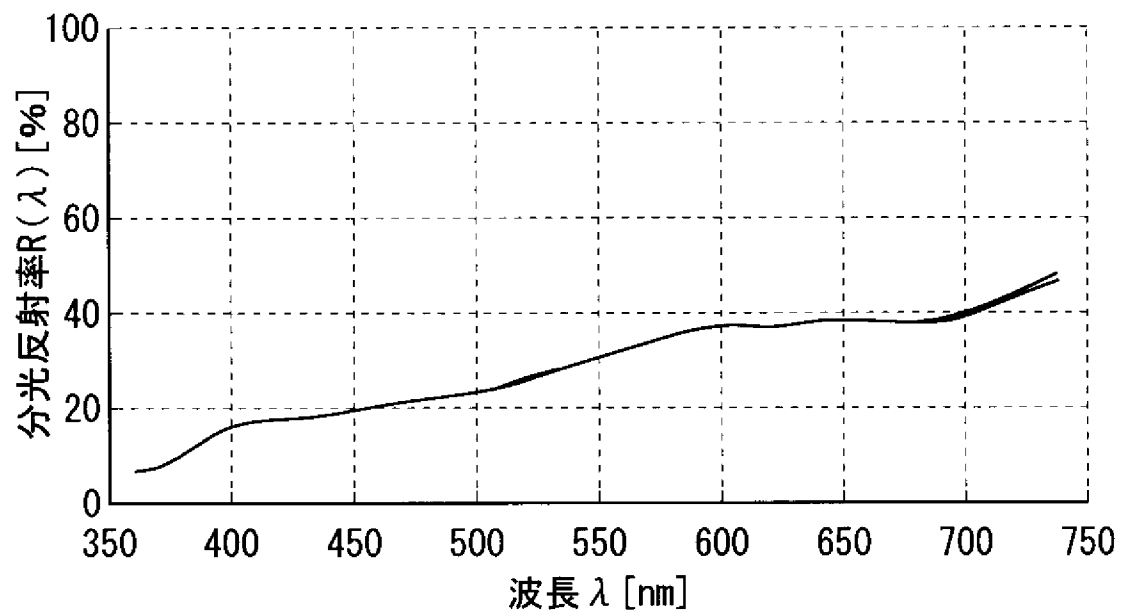
[図31]



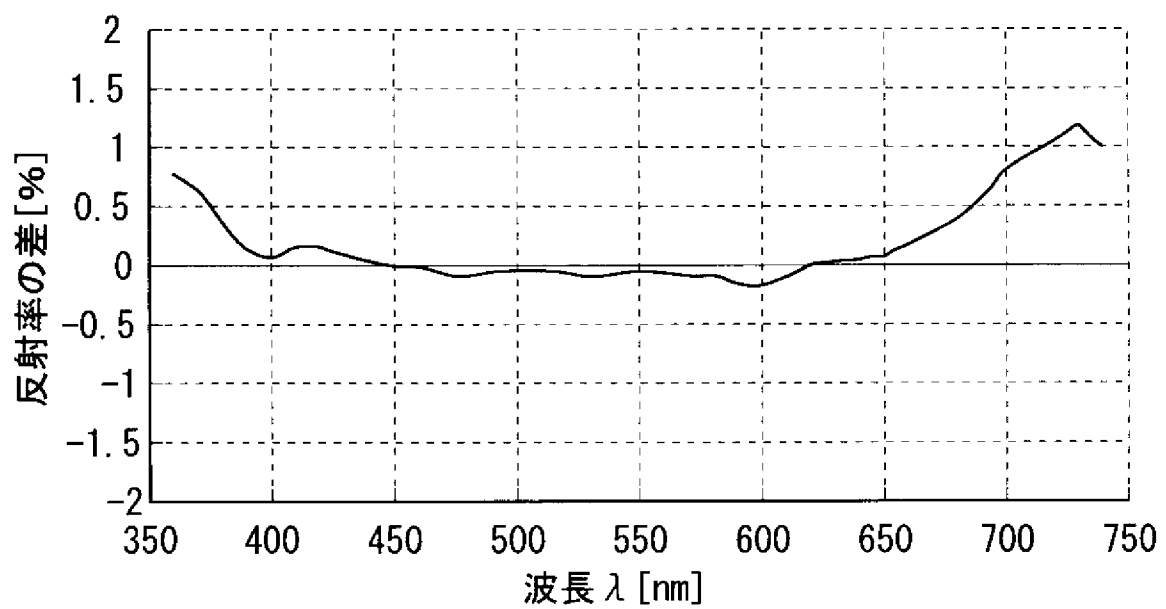
[図32]



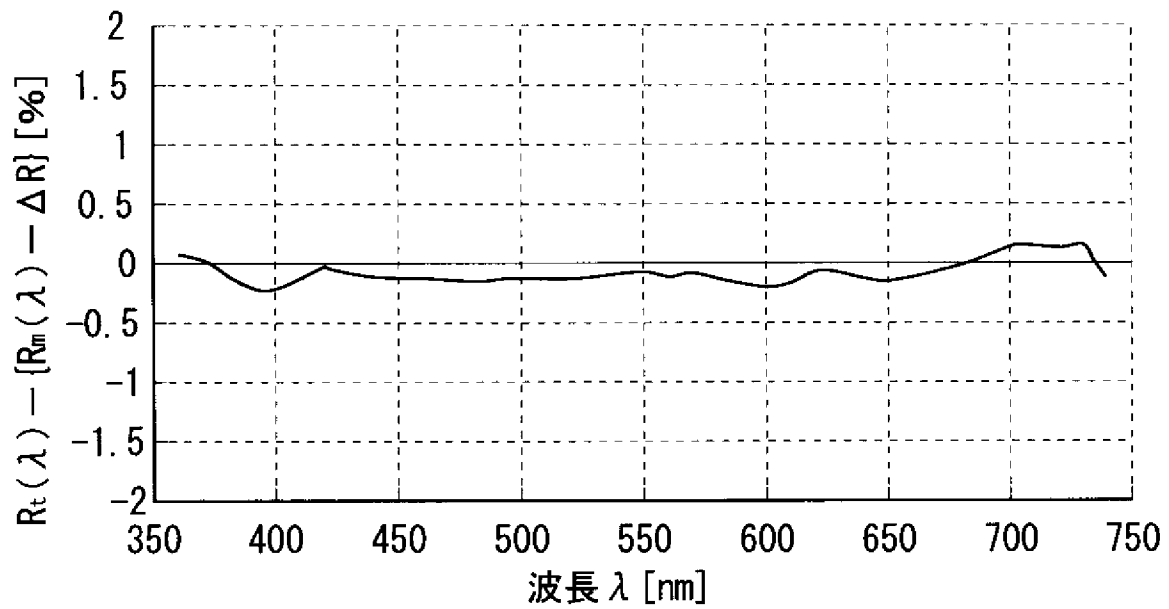
[図33]



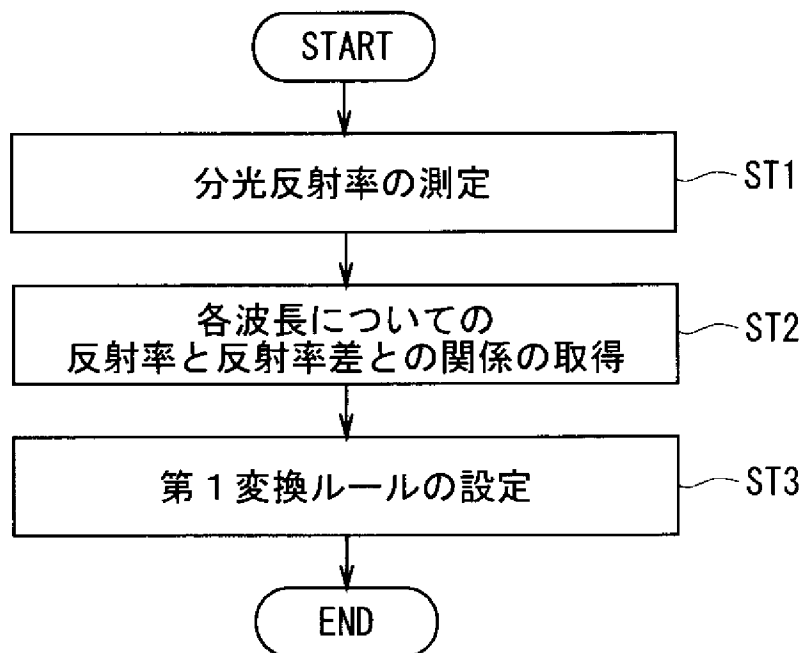
[図34]



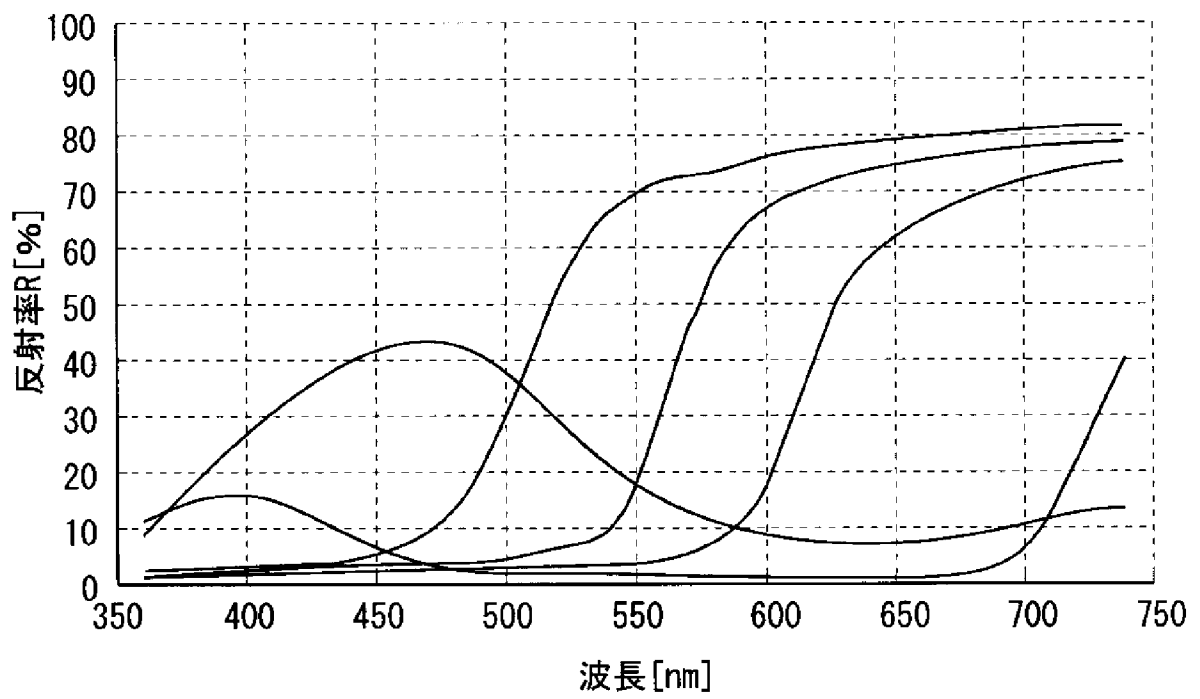
[図35]



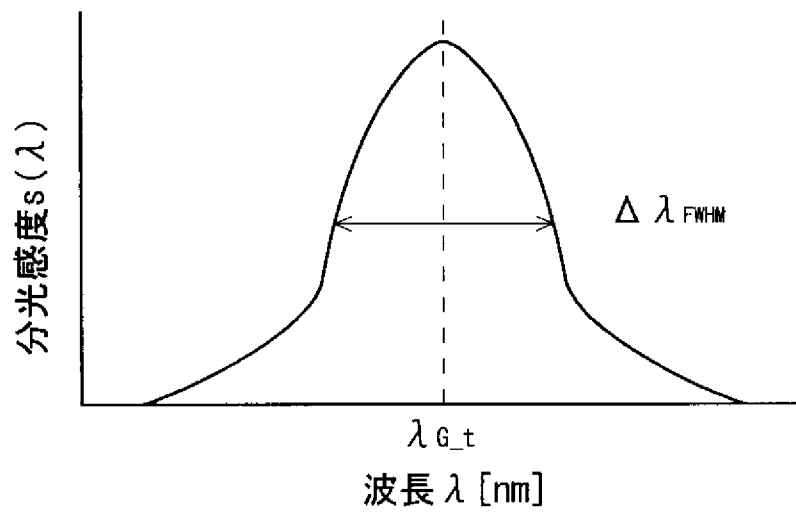
[図36]



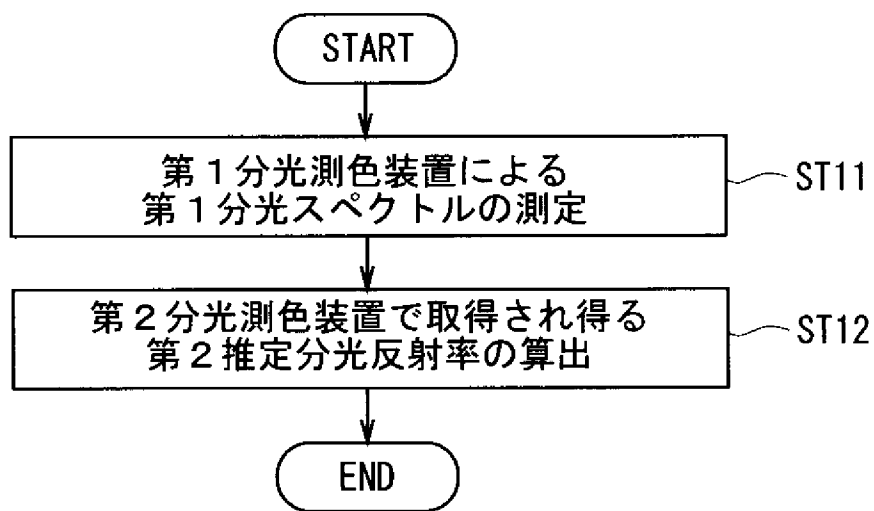
[図37]



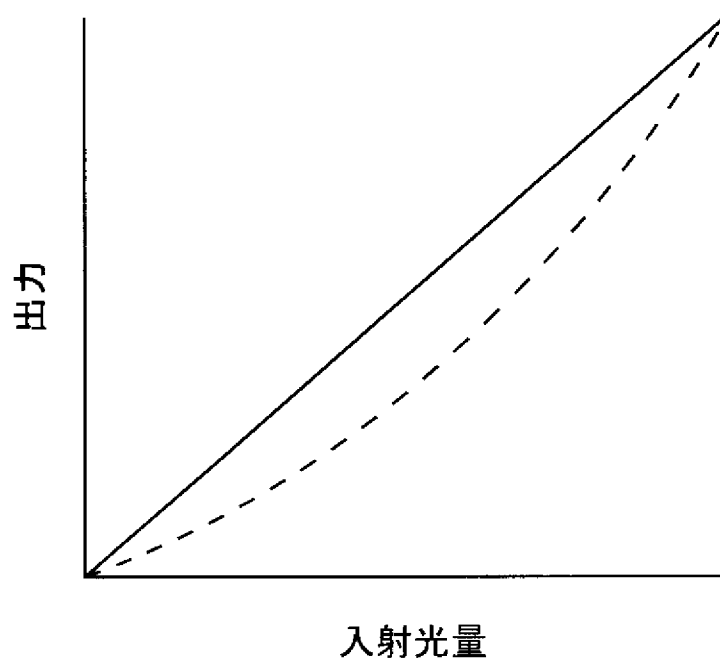
[図38]



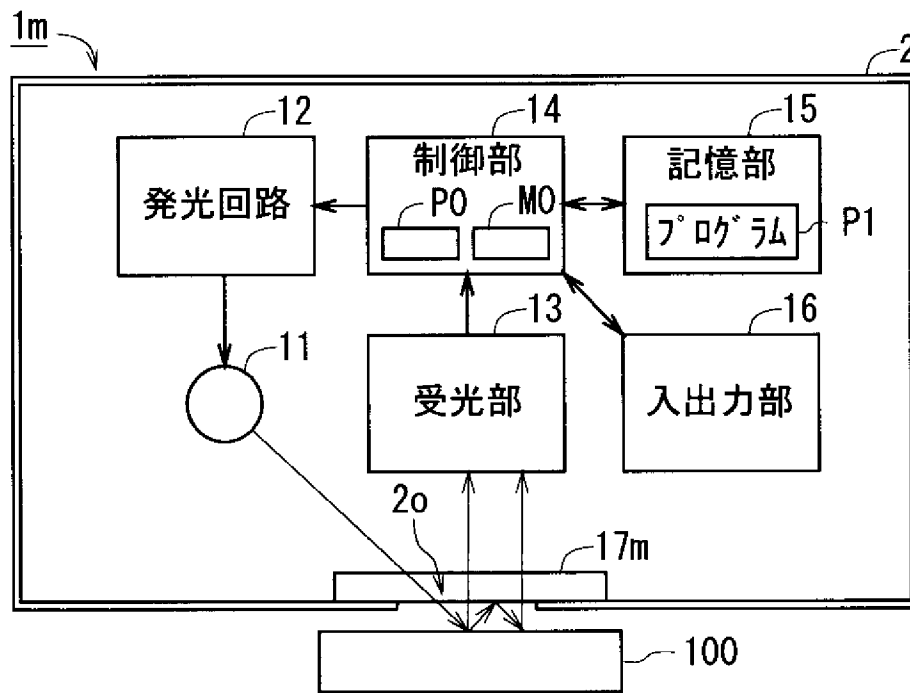
[図39]



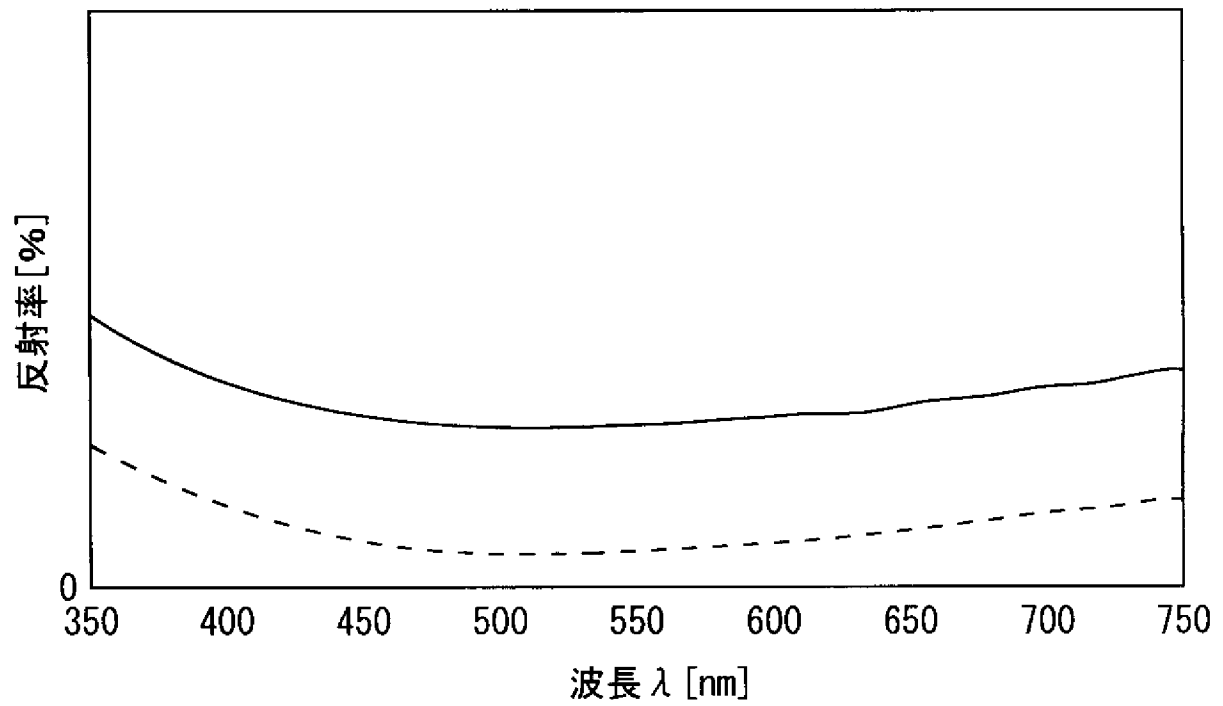
[図40]



[図41]



[図42]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/061916

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01J3/02(2006.01)i, G01J3/50(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)

G01J3/00-21/52, G01N21/00-21/61

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2013-160555 A (Seiko Epson Corp.), 19 August 2013 (19.08.2013), paragraphs [0003], [0035] to [0056]; fig. 1, 6 to 14 (Family: none)	1-3, 5 4
Y	JP 2011-133463 A (Konica Minolta Sensing, Inc.), 07 July 2011 (07.07.2011), paragraphs [0004], [0011], [0023] to [0033]; fig. 1 to 5 & US 2011/0128540 A1 paragraphs [0007], [0012], [0042] to [0052]; fig. 1 to 5	4



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

20 June 2016 (20.06.16)

Date of mailing of the international search report

28 June 2016 (28.06.16)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/061916

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 2010-085327 A (Konica Minolta Sensing, Inc.), 15 April 2010 (15.04.2010), paragraphs [0022] to [0073]; fig. 1 to 7 (Family: none)	4
A	JP 2009-008561 A (Konica Minolta Sensing, Inc.), 15 January 2009 (15.01.2009), paragraphs [0058] to [0064]; fig. 7 (Family: none)	1-5
A	JP 2006-177813 A (Konica Minolta Sensing, Inc.), 06 July 2006 (06.07.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	JP 2011-107114 A (Hioki E.E. Corp.), 02 June 2011 (02.06.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
A	US 2013/0050703 A1 (Shannon Colman), 28 February 2013 (28.02.2013), entire text; all drawings & WO 2013/033220 A1	1-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G01J3/02(2006.01)i, G01J3/50(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. G01J3/00-21/52, G01N21/00-21/61

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII)

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
X	JP 2013-160555 A (セイコーエプソン株式会社) 2013.08.19, [0003], [0035] - [0056]、図1、図6 - 図14 (ファミリーなし)	1-3, 5
Y		4
Y	JP 2011-133463 A (コニカミノルタセンシング株式会社) 2011.07.07, [0004], [0011], [0023] - [0033]、図1 - 図5 & US 2011/0128540 A1 [0007], [0012], [0042] - [0052]、図1 - 図5	4

☒ 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

20.06.2016

国際調査報告の発送日

28.06.2016

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)

横尾 雅一

2W

3716

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

C (続き) . 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	JP 2010-085327 A (コニカミノルタセンシング株式会社) 2010.04.15, [0022] – [0073]、図1 – 図7 (ファミリー なし)	4
A	JP 2009-008561 A (コニカミノルタセンシング株式会社) 2009.01.15, [0058] – [0064]、図7 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2006-177813 A (コニカミノルタセンシング株式会社) 2006.07.06, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 2011-107114 A (日置電機株式会社) 2011.06.02, 全文、全図 (フ ァミリーなし)	1-5
A	US 2013/0050703 A1 (Shannon Colman) 2013.02.28, 全文、全図 & WO 2013/033220 A1	1-5