

(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
2012年8月30日(30.08.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/115041 A1

- (51) 国際特許分類:
G09F 9/30 (2006.01) G09G 3/20 (2006.01)
G02F 1/1335 (2006.01) G09G 3/36 (2006.01)
G02F 1/13357 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/053979
- (22) 国際出願日: 2012年2月20日(20.02.2012)
- (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 2011-036516 2011年2月23日(23.02.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について):
シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA)
[JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町
2番22号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 繁田 光浩
(SHIGETA Mitsuhiro).
- (74) 代理人: 奥田 誠司(OKUDA Seiji); 〒5410041 大阪
府大阪市中央区北浜一丁目8番16号 大阪証
券取引所ビル10階 奥田国際特許事務所
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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

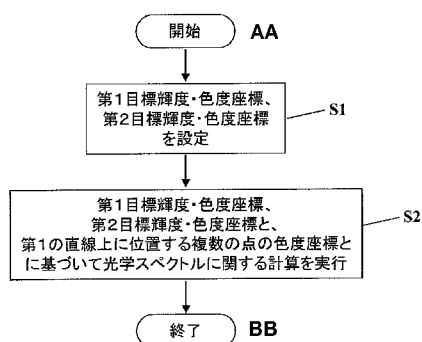
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: METHOD FOR DESIGNING OPTICAL SPECTRUM OF DISPLAY DEVICE, AND METHOD FOR PRODUCING DISPLAY DEVICE

(54) 発明の名称: 表示装置の光学スペクトル設計方法および表示装置の製造方法

[図9]



- S1 Set first target brightness/chromaticity coordinate and second target brightness/chromaticity coordinate
- S2 Execute calculation relating to optical spectrum on basis of first target brightness/chromaticity coordinate, second target brightness/chromaticity coordinate, and chromaticity coordinates of plurality of points positioned on first line

AA Start
BB End

(57) Abstract: This method for designing an optical spectrum is for a display device having a color display pixel configured from a plurality of pixels including a first pixel, which displays a first color, and a second pixel, which displays a second color that differs from the first color. The method for designing an optical spectrum contains: a step (S1) for setting a first target brightness and first target chromaticity coordinate, which are the brightness and chromaticity coordinate that are the objective with respect to the first color, and a second target brightness and second target chromaticity coordinate, which are the brightness and chromaticity coordinate that are the objective with respect to the second color; and a step (S2) for performing a calculation relating to the optical spectrum on the basis of at least the first target brightness, the first target chromaticity coordinate, the second target brightness, the second target chromaticity coordinate, and the chromaticity coordinates of a plurality of points positioned on a first line linking the first target chromaticity coordinate and the second target chromaticity coordinate.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/115041 A1



本発明による光学スペクトル設計方法は、第1の色を表示する第1画素および第1の色とは異なる第2の色を表示する第2画素を含む複数の画素から構成されたカラー表示画素を有する表示装置の光学スペクトル設計方法である。本発明による光学スペクトル設計方法は、第1の色についての目標とする輝度および色度座標である第1目標輝度および第1目標色度座標と、第2の色についての目標とする輝度および色度座標である第2目標輝度および第2目標色度座標とを設定する工程（S1）と、少なくとも第1目標輝度、第1目標色度座標、第2目標輝度および第2目標色度座標と、第1目標色度座標および第2目標色度座標を結ぶ第1の直線上に位置する複数の点の色度座標とに基づいて、光学スペクトルに関する計算を行う工程（S2）と、を包含する。

明 細 書

発明の名称：

表示装置の光学スペクトル設計方法および表示装置の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、表示装置の光学スペクトル設計方法に関する。また、本発明は、表示装置の製造方法にも関する。

背景技術

[0002] 近年、表示装置の色再現範囲（表示可能な色の範囲）の拡大が望まれている。一般的な表示装置では、光の三原色である赤、緑、青を表示する3つの画素によって1つのカラー表示画素が構成されており、そのことによってカラー表示が可能になっている。これに対し、表示に用いる原色の数を4つ以上に増やすことによって表示装置の色再現範囲を広くする手法が提案されている。例えば、特許文献1には、互いに異なる色を表示する4つ以上の画素によって1つのカラー表示画素が構成された液晶表示装置が開示されている。本願明細書では、3つの原色を用いて表示を行う（つまり従来の一般的な）表示装置を「三原色表示装置」と呼び、4つ以上の原色を表示に用いる表示装置および液晶表示装置を、それぞれ「多原色表示装置」および「多原色液晶表示装置」と呼ぶ。

[0003] また、最近では、表示装置の表示品位のさらなる向上が要求されている。表示品位のさらなる向上を実現するためには、単色および白色表示の輝度および色度再現性と、中間調表示の輝度および色度再現性とを調節することによって、表示装置本来の表示性能をできるだけ引き出す必要がある。そのため、表示装置の光学スペクトルを単色および白色について最適に設計することが理想的である。また、光学スペクトルの最適な設計を行うことにより、表示効率（光の利用効率）を改善することもできる。液晶表示装置では、光学スペクトルは、バックライトの発光スペクトルと、カラーフィルタの透過スペクトルとによって特徴付けられる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特表2004-529396号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、現在、目標とする輝度および色度に対して最適な光学スペクトルを設計することは行われていない。例えば液晶表示装置については、市販されているカラーフィルタおよびバックライトから、目標とする輝度および色度になるべく近い表示を行うことのできる組み合わせが選択されているにすぎない。

[0006] 近年いっそう高まりつつある表示品位の向上に関する要望に応えるためには、目標とする輝度および色度に対して最適な光学スペクトルを設計する必要がある、その必要性は、多原色表示装置において顕著であるといえる。

[0007] 本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、目標とする輝度および色度に対して最適な光学スペクトルを設計することができる表示装置の光学スペクトル設計方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明による表示装置の光学スペクトル設計方法は、第1の色を表示する第1画素および前記第1の色とは異なる第2の色を表示する第2画素を含む複数の画素から構成されたカラー表示画素を有する表示装置の光学スペクトル設計方法であって、前記第1の色についての目標とする輝度および色度座標である第1目標輝度および第1目標色度座標と、前記第2の色についての目標とする輝度および色度座標である第2目標輝度および第2目標色度座標とを設定する工程（a）と、少なくとも前記第1目標輝度、前記第1目標色度座標、前記第2目標輝度および前記第2目標色度座標と、前記第1目標色度座標および前記第2目標色度座標を結ぶ第1の直線上に位置する複数の点の色度座標とに基づいて、光学スペクトルに関する計算を行う工程（b）と

、を包含する。

[0009] ある好適な実施形態では、前記工程（b）は、前記第1目標輝度、前記第1目標色度座標、前記第2目標輝度および前記第2目標色度座標に基づいて、前記第1の直線上に位置する前記複数の点の色度座標を計算する工程（b1）と、前記第1の色に対応する第1スペクトルおよび前記第2の色に対応する第2スペクトルとして任意のスペクトルを仮定し、仮定された前記任意のスペクトルに基づいて、前記第1の直線上に位置する前記複数の点の色度座標を計算する工程（b2）と、前記工程（b1）によって計算された色度座標および前記工程（b2）によって計算された色度座標を用いて計算を行う工程（b3）と、を含む。

[0010] ある好適な実施形態では、前記工程（b2）において、仮定された前記任意のスペクトルに基づいて、前記第1の色の輝度および前記第2の色の輝度も計算され、前記工程（b3）において、前記工程（b2）によって計算された前記第1の色の輝度および前記第2の色の輝度も用いて計算が行われる。

[0011] ある好適な実施形態では、前記複数の画素は、前記第1の色および前記第2の色とは異なる第3の色を表示する第3画素をさらに含む。

[0012] ある好適な実施形態では、本発明による表示装置の光学スペクトル設計方法は、前記第3の色についての目標とする輝度および色度座標である第3目標輝度および第3目標色度座標を設定する工程（c）と、少なくとも前記第2目標輝度、前記第2目標色度座標、前記第3目標輝度および前記第3目標色度座標と、前記第2目標色度座標および前記第3目標色度座標を結ぶ第2の直線上に位置する複数の点の色度座標とに基づいて、光学スペクトルに関するさらなる計算を行う工程（d）と、をさらに包含する。

[0013] ある好適な実施形態では、前記工程（d）は、前記第2目標輝度、前記第2目標色度座標、前記第3目標輝度および前記第3目標色度座標に基づいて、前記第2の直線上に位置する前記複数の点の色度座標を計算する工程（d1）と、前記第2の色に対応する第2スペクトルおよび前記第3の色に対応

する第3スペクトルとして任意のスペクトルを仮定し、仮定された前記任意のスペクトルに基づいて、前記第2の直線上に位置する前記複数の点の色度座標を計算する工程（d2）と、前記工程（d1）によって計算された色度座標および前記工程（d2）によって計算された色度座標を用いて計算を行う工程（d3）と、を含む。

[0014] ある好適な実施形態では、前記工程（d2）において、仮定された前記任意のスペクトルに基づいて、前記第2の色の輝度および前記第3の色の輝度も計算され、前記工程（d3）において、前記工程（d2）によって計算された前記第2の色の輝度および前記第3の色の輝度も用いて計算が行われる。

[0015] ある好適な実施形態では、本発明による表示装置の光学スペクトル設計方法は、前記工程（d）の後、前記第3目標輝度、前記第3目標色度座標、前記第1目標輝度および前記第1目標色度座標と、前記第3目標色度座標および前記第1目標色度座標を結ぶ第3の直線上に位置する複数の点の色度座標とに基づいて、光学スペクトルに関するさらなる計算を行う工程（e）をさらに包含する。

[0016] ある好適な実施形態では、前記複数の画素は、前記第1の色および前記第2の色とは異なる第3の色を表示する第3画素をさらに含み、前記工程（a）において、前記第3の色についての目標とする輝度および色度座標である第3目標輝度および第3目標色度座標も設定され、前記工程（b）において、前記第3目標輝度および前記第3目標色度座標と、前記第2目標色度座標および前記第3目標色度座標を結ぶ第2の直線上に位置する複数の点の色度座標と、前記第3目標色度座標および前記第1目標色度座標を結ぶ第3の直線上に位置する複数の点の色度座標ともに基づいて、計算が行われる。

[0017] ある好適な実施形態では、前記工程（b）は、前記第1目標輝度、前記第1目標色度座標、前記第2目標輝度、前記第2目標色度座標、前記第3目標輝度および前記第3目標色度座標に基づいて、前記第1の直線上に位置する前記複数の点の色度座標、前記第2の直線上に位置する前記複数の点の色度

座標および前記第3の直線上に位置する前記複数の点の色度座標を計算する工程（b1）と、前記第1の色に対応する第1スペクトル、前記第2の色に対応する第2スペクトルおよび前記第3の色に対応する第3スペクトルとして任意のスペクトルを仮定し、仮定された前記任意のスペクトルに基づいて、前記第1の直線上に位置する前記複数の点の色度座標、前記第2の直線上に位置する前記複数の点の色度座標および前記第3の直線上に位置する前記複数の点の色度座標を計算する工程（b2）と、前記工程（b1）によって計算された色度座標および前記工程（b2）によって計算された色度座標を用いて計算を行う工程（b3）と、を含む。

[0018] ある好適な実施形態では、前記工程（b2）において、仮定された前記任意のスペクトルに基づいて、前記第1の色の輝度、前記第2の色の輝度および前記第3の色の輝度も計算され、前記工程（b3）において、前記工程（b2）によって計算された前記第1の色の輝度、前記第2の色の輝度および前記第3の色の輝度も用いて計算が行われる。

[0019] ある好適な実施形態では、前記複数の画素は、前記第1の色、前記第2の色および前記第3の色とは異なる第4の色を表示する第4画素をさらに含む。

[0020] ある好適な実施形態では、本発明による表示装置の光学スペクトル設計方法は、前記第4の色についての目標とする輝度および色度座標である第4目標輝度および第4目標色度座標を設定する工程（f）と、前記第3目標輝度、前記第3目標色度座標、前記第4目標輝度および前記第4目標色度座標と、前記第3目標色度座標および前記第4目標色度座標を結ぶ第3の直線上に位置する複数の点の色度座標とに基づいて、光学スペクトルに関するさらなる計算を行う工程（g）と、をさらに包含する。

[0021] ある好適な実施形態では、前記工程（g）は、前記第3目標輝度、前記第3目標色度座標、前記第4目標輝度および前記第4目標色度座標に基づいて、前記第3の直線上に位置する前記複数の点の色度座標を計算する工程（g1）と、前記第3の色に対応する第3スペクトルおよび前記第4の色に対応

する第4スペクトルとして任意のスペクトルを仮定し、仮定された前記任意のスペクトルに基づいて、前記第3の直線上に位置する前記複数の点の色度座標を計算する工程（g2）と、前記工程（g1）によって計算された色度座標および前記工程（g2）によって計算された色度座標を用いて計算を行う工程（g3）と、を含む。

[0022] ある好適な実施形態では、前記工程（g2）において、仮定された前記任意のスペクトルに基づいて、前記第3の色の輝度および前記第4の色の輝度も計算され、前記工程（g3）において、前記工程（g2）によって計算された前記第3の色の輝度および前記第4の色の輝度も用いて計算が行われる。

[0023] ある好適な実施形態では、本発明による表示装置の光学スペクトル設計方法は、前記工程（g）の後、前記第4目標輝度、前記第4目標色度座標、前記第1目標輝度および前記第1目標色度座標と、前記第4目標色度座標および前記第1目標色度座標を結ぶ第4の直線上に位置する複数の点の色度座標とに基づいて、光学スペクトルに関するさらなる計算を行う工程（h）をさらに包含する。

[0024] ある好適な実施形態では、前記複数の画素は、前記第1の色および前記第2の色とは異なる第3の色を表示する第3画素と、前記第1の色、前記第2の色および前記第3の色とは異なる第4の色を表示する第4画素とをさらに含み、前記工程（a）において、前記第3の色についての目標とする輝度および色度座標である第3目標輝度および第3目標色度座標と、前記第4の色についての目標とする輝度および色度座標である第4目標輝度および第4目標色度座標も設定され、前記工程（b）において、前記第3目標輝度、前記第3目標色度座標、前記第4目標輝度および前記第4目標色度座標と、前記第2目標色度座標および前記第3目標色度座標を結ぶ第2の直線上に位置する複数の点の色度座標と、前記第3目標色度座標および前記第4目標色度座標を結ぶ第3の直線上に位置する複数の点の色度座標と、前記第4目標色度座標および前記第1目標色度座標を結ぶ第4の直線上に位置する複数の点の

色度座標とにも基づいて、計算が行われる。

[0025] ある好適な実施形態では、前記工程（b）は、前記第1目標輝度、前記第1目標色度座標、前記第2目標輝度、前記第2目標色度座標、前記第3目標輝度、前記第3目標色度座標、前記第4目標輝度および前記第4目標色度座標に基づいて、前記第1の直線上に位置する前記複数の点の色度座標、前記第2の直線上に位置する前記複数の点の色度座標、前記第3の直線上に位置する前記複数の点の色度座標および前記第4の直線上に位置する前記複数の点の色度座標を計算する工程（b1）と、前記第1の色に対応する第1スペクトル、前記第2の色に対応する第2スペクトル、前記第3の色に対応する第3スペクトルおよび前記第4の色に対応する第4スペクトルとして任意のスペクトルを仮定し、仮定された前記任意のスペクトルに基づいて、前記第1の直線上に位置する前記複数の点の色度座標、前記第2の直線上に位置する前記複数の点の色度座標、前記第3の直線上に位置する前記複数の点の色度座標および前記第4の直線上に位置する前記複数の点の色度座標を計算する工程（b2）と、前記工程（b1）によって計算された色度座標および前記工程（b2）によって計算された色度座標を用いて計算を行う工程（b3）と、を含む。

[0026] ある好適な実施形態では、前記工程（b2）において、仮定された前記任意のスペクトルに基づいて、前記第1の色の輝度、前記第2の色の輝度、前記第3の色の輝度および前記第4の色の輝度も計算され、前記工程（b3）において、前記工程（b2）によって計算された前記第1の色の輝度、前記第2の色の輝度、前記第3の色の輝度および前記第4の色の輝度も用いて計算が行われる。

[0027] ある好適な実施形態では、本発明による表示装置の光学スペクトル設計方法は、前記工程（b）によって計算された光学スペクトルについて所定の二次形式の関数を設定し、前記光学スペクトルに一定の変分値を加えたときに前記二次形式の関数が対称な二次関数になっているか否かを判定する工程（i）をさらに包含する。

[0028] ある好適な実施形態では、前記複数の画素は、赤を表示する赤画素、緑を表示する緑画素および青を表示する青画素を含む。

[0029] ある好適な実施形態では、前記複数の画素は、黄を表示する黄画素をさらに含む。

[0030] 本発明による表示装置の製造方法は、上記表示装置の光学スペクトル設計方法により光学スペクトルを設計する工程（A）と、設計された光学スペクトルを有する表示装置を作製する工程（B）と、を包含する。

[0031] ある好適な実施形態では、前記工程（B）において作製される前記表示装置は、液晶表示装置である。

[0032] ある好適な実施形態では、前記液晶表示装置は、照明素子と、カラーフィルタとを含み、前記工程（B）は、前記光学スペクトルが実現されるように前記照明素子および前記カラーフィルタを用意する工程（B1）を含む。

発明の効果

[0033] 本発明によると、目標とする輝度および色度に対して最適な光学スペクトルを設計することができる表示装置の光学スペクトル設計方法が提供される。

図面の簡単な説明

[0034] [図1]等色関数を示すグラフである。

[図2]（a）は、最適ではない光学スペクトルの一例を示すグラフであり、（b）は、（a）に示す光学スペクトルを有する表示装置の色再現範囲と設計目標の色再現範囲とを示す色度図である。

[図3]関数Fと光学スペクトルの変分 η との関係を示すグラフである。

[図4]式（15）におけるパラメータ C_R および C_G を変化させて色度座標（ u' , v' ）をプロットした結果を示す色度図である。

[図5]最適ではない光学スペクトルに基づいて、色度座標を計算してプロットした結果を示す色度図である。

[図6]設計目標である色度を示す色度図である。

[図7]図6に示す設計目標を実現するための光学スペクトルを示すグラフであ

る。

[図8]表示装置の色再現範囲と設計目標の色再現範囲とを示す色度図である。

[図9]本発明の好適な実施形態における光学スペクトル設計方法を示すフローチャートである。

[図10]本発明の好適な実施形態における光学スペクトル設計方法を示すフローチャートである。

[図11]本発明の好適な実施形態における光学スペクトル設計方法を示すフローチャートである。

[図12]本発明の好適な実施形態における光学スペクトル設計方法を示すフローチャートである。

[図13]本発明の好適な実施形態における光学スペクトル設計方法を示すフローチャートである。

[図14]本発明の好適な実施形態における光学スペクトル設計方法を示すフローチャートである。

[図15]本発明の好適な実施形態における光学スペクトル設計方法を示すフローチャートである。

[図16]本発明の好適な実施形態における光学スペクトル設計方法を示すフローチャートである。

[図17]本発明の好適な実施形態における光学スペクトル設計方法を示すフローチャートである。

[図18]本発明の好適な実施形態における光学スペクトル設計方法を示すフローチャートである。

[図19]本発明の好適な実施形態における光学スペクトル設計方法を示すフローチャートである。

[図20]本発明の好適な実施形態における光学スペクトル設計方法を示すフローチャートである。

[図21]本発明の好適な実施形態における光学スペクトル設計方法を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0035] 本願発明者は、鋭意検討を重ねた結果、表示装置の光学スペクトルを設計する方法には下記 (i) ～ (iii) の課題が存在していることを見出した。

(i) 単色または白色の輝度および色度を条件として与えても、最適な光学スペクトルの形状を一意的に決定することはできない。

(ii) ある光学スペクトルを与え、その光学スペクトルに基づいて輝度および色度を計算すると、必ずしも目標とする輝度および色度と一致しない。

(iii) 最適な光学スペクトルを求めるためには、 n 個 (n は整数) の離散的なスペクトルに対して少なくとも n 個の条件 (輝度および色度) を与える必要がある。

[0036] 本発明は、上記の課題 (i) ～ (iii) を考慮してなされたものである。以下、課題 (i) ～ (iii) をより具体的に説明しつつ、本発明の好適な実施形態における光学スペクトル設計方法を説明する。なお、以下の説明においては、数式中に示されているオーバーラインを、文中では便宜上上付きのダッシュ「 $\bar{}$ 」で表記している。例えば、オーバーラインが付された「 A 」は、文中では「 $A\bar{}$ 」と表記される。

[0037] まず、課題 (i) を説明する。

[0038] 表示装置の制約条件として、ある 1 色の色度座標 (u_c' , v_c') が与えられていると仮定する。色度座標は、三刺激値 (X , Y , Z) を用いて表現することができる。三刺激値 (X , Y , Z) は、波長 λ に対する等色関数 ($\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$) と、光学スペクトル関数 $\phi(\lambda)$ とを用いて、下記式 (1)、(2) および (3) のように 3 つの異なる表現で示される。

[数1]

$$X = \langle \phi(\lambda), \bar{x}(\lambda) \rangle = \int_{\lambda} \phi(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda = \Delta\lambda \sum_{i=1} \phi(\lambda_i) \bar{x}(\lambda_i) \quad (1)$$

[数2]

$$Y = \langle \phi(\lambda), \bar{y}(\lambda) \rangle = \int_{\lambda} \phi(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda = \Delta\lambda \sum_{i=1} \phi(\lambda_i) \bar{y}(\lambda_i) \quad (2)$$

[数3]

$$Z = \langle \varphi(\lambda), \bar{z}(\lambda) \rangle = \int_{\lambda} \varphi(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda = \Delta\lambda \sum_{i=1} \varphi(\lambda_i) \bar{z}(\lambda_i) \quad (3)$$

[0039] 等色関数 ($x^-(\lambda)$, $y^-(\lambda)$, $z^-(\lambda)$) は、図1に示すような、人間の眼に対応する分光感度曲線である。また、色度座標 (u_c' , v_c') は、三刺激値 (X , Y , Z) を用いて、具体的には下記式 (4) のように表される。

[数4]

$$(u_c', v_c') = \left(\frac{4X}{(X + 15Y + 3Z)}, \frac{9Y}{(X + 15Y + 3Z)} \right) \quad (4)$$

[0040] さらに、式 (4) から、色度座標 (u_c' , v_c') と、三刺激値 (X , Y , Z) との間に、下記式 (5) および (6) のような関係があることがわかる。

[数5]

$$X = \frac{9}{4} \left(\frac{u_c'}{v_c'} \right) Y = \frac{Y}{a} \dots [Y = aX] \dots \langle \varphi(\lambda), \bar{y}(\lambda) - a\bar{x}(\lambda) \rangle = 0 \quad (5)$$

[数6]

$$\begin{aligned} Z &= \frac{1}{3} \left(\frac{4X}{u_c'} - 15Y - X \right) = \frac{1}{3} \left(\frac{9Y}{v_c'} - 15Y - X \right) = \frac{Y}{3} \left(\frac{9}{4v_c'} (4 - u_c') - 15 \right) \\ &= \frac{Y}{b} \dots [Y = bZ] \dots \langle \varphi(\lambda), \bar{y}(\lambda) - b\bar{z}(\lambda) \rangle = 0 \end{aligned} \quad (6)$$

[0041] なお、式 (5) および (6) 中において (さらには式 (1) ~ (3) 中においても) $\langle a, b \rangle$ の形で表される項は、下記のように表される多次元ベクトルの内積である。

[数7]

$$\sum_i a_i b_i$$

[0042] 光学スペクトルについての一次式である式 (5) および (6) は、多次元ベクトルの内積の形で表されている。そのため、色度座標 (u_c' , v_c') に対して4次元以上 (つまり4波長以上) の光学スペクトルを決定することは、不

可能である。

[0043] 例えば、3次元（つまり3波長）の場合、式（5）および（6）から、光学スペクトル関数 $\phi(\lambda_i)$, ($i=1, 2, 3$)に対して平面の式が与えられる。そのため、これら2つの条件（式（5）および（6））から、 $\phi(\lambda_i)$, ($i=1, 2, 3$)の交線に関する関係式を決定することができる。この関係式が、光学スペクトルの強度値を示す。そのため、スペクトル強度が線形の関係になることがわかる。

[0044] しかしながら、4次元以上の場合、上記の2つの条件は、多次元の面を与える式となるので、光学スペクトルの強度値を一意的に決定することができない。従って、任意の色度座標 (u_c', v_c') を実現する最適な光学スペクトルを決定することはできない。そのため、波長350nm～750nmにわたる（つまり可視領域の）光学スペクトルを、実用的な単位（1nm程度）で求めることができない。

[0045] このように、ある1色の輝度および色度を条件として与えても、条件数に比べて光学スペクトルの自由度が多すぎるので（色の等色関係に起因する）、一意的に光学スペクトルを決定することはできない。そのため、ある1色の輝度および色度を条件として、例えば図2（a）に示すような光学スペクトルを無理に設計したとしても、実際の表示装置の輝度および色度と、目標である輝度および色度との間にずれが生じ、図2（b）に示すように、実際の表示装置の色再現範囲は、設計目標の色再現範囲よりも狭くなってしまう。

[0046] 次に、課題（ii）を説明する。

[0047] 課題（i）について説明したように、最適な光学スペクトルを一意的に決定することは困難である。そのため、何らかの方法により光学スペクトルを決定し、その光学スペクトルに基づいて輝度および色度を計算すると、必ずしも目標とする輝度および色度とは一致しない。

[0048] ただし、仮に最適な光学スペクトル $\phi(\lambda)$ を求めることができた場合、指定された色度座標 (u_c', v_c') に対し、光学スペクトルに一定値の変分を加え

た後述する２次形式の関数は極値をとる。そのため、そのことを利用して、設計した光学スペクトルが最適化されたものであるか否かを判定することができる。以下、このような判定が可能な理由をより具体的に説明する。

[0049] まず、式（５）に対応した場合を例とする。この場合、下記式（７）で表される２次形式の関数Fを考える。

[数8]

$$F\{\varphi\} = \langle \varphi^2(\lambda), \bar{y}(\lambda) - a\bar{x}(\lambda) \rangle = \int_{\lambda} \varphi^2(\lambda) (\bar{y}(\lambda) - a\bar{x}(\lambda)) d\lambda \quad (7)$$

[0050] 次に、光学スペクトル $\phi(\lambda)$ について、下記式（８）に示すように、式（７）の２次形式の関数Fの変分をとる。なお、光学スペクトル $\phi(\lambda)$ は式（５）を満足しているものと仮定している。

[数9]

$$\begin{aligned} F\{\varphi + \delta\varphi\} &= \langle (\varphi(\lambda) + \delta\varphi(\lambda))^2, \bar{y}(\lambda) - a\bar{x}(\lambda) \rangle \\ &= \langle \varphi^2(\lambda), \bar{y}(\lambda) - a\bar{x}(\lambda) \rangle + 2\langle \varphi(\lambda) \cdot \delta\varphi(\lambda), \bar{y}(\lambda) - a\bar{x}(\lambda) \rangle + \langle \delta\varphi^2(\lambda), \bar{y}(\lambda) - a\bar{x}(\lambda) \rangle \end{aligned} \quad (8)$$

[0051] ここで、変分値 $\delta\phi(\lambda)$ が一定で、 $\delta\phi(\lambda) = \eta$ と仮定すると、式（８）は下記式（９）となる。

[数10]

$$F\{\varphi + \delta\varphi\} = F\{\varphi\} + \eta^2 \langle 1, \bar{y}(\lambda) - a\bar{x}(\lambda) \rangle \quad (9)$$

[0052] この結果から、指定された色度座標（ u_c' , v_c' ）に対し、光学スペクトルの各波長に一定値の変分を加えると、関数Fが極値をとることがわかる。この関係は、表示装置の全体輝度について各波長に対して一定量 $\delta\phi(\lambda) = \eta$ の変分をとることに相当し、図３に示すように、光学スペクトルの変分 η に対して、関数Fが対称な２次関数になっていれば、指定された色度座標（ u_c' , v_c' ）に対して光学スペクトルが最適なものであるとわかる。

[0053] 同様に、式（６）に対応した場合を説明する。この場合、下記式（１０）で表される２次形式の関数Gを考える。

[数11]

$$G\{\phi\} = \langle \phi^2(\lambda), \bar{y}(\lambda) - b\bar{z}(\lambda) \rangle = \int_{\lambda} \phi^2(\lambda) (\bar{y}(\lambda) - b\bar{z}(\lambda)) d\lambda \quad (10)$$

[0054] 次に、光学スペクトル $\phi(\lambda)$ について、下記式 (11) に示すように、式 (10) の2次形式の関数 G の変分をとる。なお、光学スペクトル $\phi(\lambda)$ は式 (6) を満足しているものと仮定している。

[数12]

$$\begin{aligned} G\{\phi + \delta\phi\} &= \langle (\phi(\lambda) + \delta\phi(\lambda))^2, \bar{y}(\lambda) - b\bar{z}(\lambda) \rangle \\ &= \langle \phi^2(\lambda), \bar{y}(\lambda) - b\bar{z}(\lambda) \rangle + 2\langle \phi(\lambda) \cdot \delta\phi(\lambda), \bar{y}(\lambda) - b\bar{z}(\lambda) \rangle + \langle \delta\phi^2(\lambda), \bar{y}(\lambda) - b\bar{z}(\lambda) \rangle \end{aligned} \quad (11)$$

[0055] ここで、変分値 $\delta\phi(\lambda)$ が一定で、 $\delta\phi(\lambda) = \eta$ と仮定すると、式 (11) は下記式 (12) となる。

[数13]

$$G\{\phi + \delta\phi\} = G\{\phi\} + \eta^2 \langle 1, \bar{y}(\lambda) - b\bar{z}(\lambda) \rangle \quad (12)$$

[0056] この結果からも、指定された色度座標 (u_c' , v_c') に対し、光学スペクトルの各波長に一定値の変分を加えると、関数 G が極値をとることがわかる。この関係は、表示装置の全体輝度について各波長に対して一定量 $\delta\phi(\lambda) = \eta$ の変分をとることに相当し、図3に示した関数 F と同様に、光学スペクトルの変分 η に対して関数 G が対称な2次関数になっていれば、指定された色度座標 (u_c' , v_c') に対して光学スペクトルが最適なものであるとわかる。

[0057] 従って、波長によらず一定の強度値を有する光学スペクトルを、対象とする光学スペクトルに重畳して関数 F 、 G の値を計算し、計算された関数値が変分値に対して、極値を持ち対称である場合には、対象の光学スペクトルが最適な光学スペクトルであると判定することができる。

[0058] このように、上記の判定手法によれば、設計した光学スペクトルが目標とする輝度および色度に対して最適なものであるか否かを確認できるので、上記の判定手法は光学スペクトルの設計に非常に有益である。

[0059] 続いて、課題 (iii) を説明する。

[0060] 最適な光学スペクトルを求めるためには、 n 個 (n は整数) の離散的なス

ペクトルに対して少なくとも n 個の条件（輝度および色度）を与える必要があるが、2色以上について目標輝度および色度が与えられている場合には、与えられた色度間の色度座標も条件として用いることにより、光学スペクトルの有意な解が得られる。以下、これらの点をより具体的に説明する。

[0061] 以下では、赤単色の色度座標を (u'_R, v'_R) とし、緑単色の色度座標を (u'_G, v'_G) とする。また、赤単色の光学スペクトルを $\phi_R(\lambda)$ とし、緑単色の光学スペクトルを $\phi_G(\lambda)$ とする。

[0062] 光学スペクトルに対して、その強度を 0～1 倍の間で変化させるパラメータを導入する。赤単色の光学スペクトル $\phi_R(\lambda)$ に対するパラメータを C_R とし、緑単色の光学スペクトル $\phi_G(\lambda)$ に対するパラメータを C_G とする。

[0063] ここで、パラメータ C_R および C_G を変化させたときに、色度座標 (u', v') がどのような軌跡を辿るか検討する。赤単色および緑単色の三刺激値をそれぞれ (X_R, Y_R, Z_R) および (X_G, Y_G, Z_G) としたとき、色度座標 (u', v') は、式（4）から、下記式（13）および（14）で表される。

[数14]

$$u' = \left(\frac{4(C_R X_R + C_G X_G)}{(C_R X_R + C_G X_G + 15(C_R Y_R + C_G Y_G) + 3(C_R Z_R + C_G Z_G))} \right) \quad (13)$$

[数15]

$$v' = \left(\frac{9(C_R Y_R + C_G Y_G)}{(C_R X_R + C_G X_G + 15(C_R Y_R + C_G Y_G) + 3(C_R Z_R + C_G Z_G))} \right) \quad (14)$$

[0064] 式（13）および（14）中の (X_R, Z_R) および (X_G, Z_G) を消去すると、下記式（15）が得られる。

[数16]

$$(u', v') = \left(\frac{(C_R Y_R u'_R v'_G + C_G Y_G u'_G v'_R)}{(C_R Y_R v'_G + C_G Y_G v'_R)}, \frac{(C_R Y_R + C_G Y_G) v'_R v'_G}{(C_R Y_R v'_G + C_G Y_G v'_R)} \right) \quad (15)$$

[0065] 次に、式（15）によって表される色度座標 (u', v') が、赤単色の色度座標 (u'_R, v'_R) と緑単色の色度座標 (u'_G, v'_G) とを結ぶ直線上に位置することを証明する。この直線の方程式は、下記式（16）のように表される。

[数17]

$$(v'-v_R') = \left(\frac{v_G' - v_R'}{u_G' - u_R'} \right) (u' - u_R') \quad (16)$$

[0066] 式(16)に式(15)を代入すると、式(16)の左辺は下記式(17)で表され、式(16)の右辺は下記式(18)で表される。

[数18]

$$\text{左辺} \equiv (v' - v_R') = \left(\frac{C_G Y_G v_R' (v_G' - v_R')}{(C_R Y_R v_G' + C_G Y_G v_R')} \right) \quad (17)$$

[数19]

$$\text{右辺} \equiv \left(\frac{v_G' - v_R'}{u_G' - u_R'} \right) (u' - u_R') = \left(\frac{C_G Y_G v_R' (v_G' - v_R')}{(C_R Y_R v_G' + C_G Y_G v_R')} \right) \quad (18)$$

[0067] 式(17)と式(18)とを比較すればわかるように、左辺と右辺とは同一である。これは、2色の単色輝度（赤単色の輝度 Y_R および緑単色の輝度 Y_G ）によらず、2色の色度座標同士を（赤単色の色度座標 (u_R', v_R') と緑単色の色度座標 (u_G', v_G') とを）結ぶ直線上の色を表現できることを証明している。

[0068] 図4に、実際に式(15)におけるパラメータ C_R および C_G を変化させて色度座標 (u', v') をプロットした結果を示す。図4に示した例では、赤単色の輝度は25 n i t、緑単色の輝度は75 n i tである。図4からわかるのは、光学スペクトルを求める際に、目標とする赤単色の色度座標 (u_R', v_R') と緑単色の色度座標 (u_G', v_G') とを結ぶ直線上に位置する複数の点を条件として用い得るということである。そのため、光学スペクトルを求めるために必要な条件を多数用意できることがわかる。図5に、最適ではない光学スペクトルに基づいて、色度座標を計算してプロットした結果を示す（図5中の三角印）。図5には、比較のために、図4に示したプロット結果も併せて示している（図5中の丸印）。図5からわかるように、最適でない光学スペクトルから計算された色度座標は、目標の色度座標からずれている。

[0069] 次に、2色の輝度および色度から光学スペクトルを決定する方法を説明す

る。以下の説明では、目標とする輝度および色度座標を、赤単色については (Y_R, u'_R, v'_R) とし、緑単色については (Y_G, u'_G, v'_G) とする。また、初期光学スペクトルとして、赤単色のスペクトルを $\phi_R(\lambda)$ とし、緑単色の光学スペクトルを $\phi_G(\lambda)$ とする。

[0070] ここで、最適な光学スペクトルの設計を、多変数最適化問題として取り扱う。多変数最適化問題では、変数と条件との個数が一致する必要がある。ここでは、変数は、赤単色の光学スペクトル $\phi_R(\lambda)$ と、緑単色の光学スペクトル $\phi_G(\lambda)$ である。また、条件は、色度座標 (u', v') の値である。スペクトル強度 C の条件は、 N を整数とすると、2 色の場合、下記式 (19) で表されるように $(2N - 1)$ 個である。

[数20]

$$\begin{pmatrix} C_R^N, C_R^N, \dots, C_R^N, C_R^{N-1}, C_R^{N-2}, \dots, C_R^1 \\ C_G^1, C_G^2, \dots, C_G^N, C_G^N, C_G^N, \dots, C_G^N \end{pmatrix} \quad (19)$$

[0071] u' および v' の両方を条件に選ぶと、最適化問題の条件は $2(2N - 1)$ 個となる。さらに、 Y_R および Y_G を条件に付け加えると、最適化問題の条件は $4N$ 個となる。このため、赤単色の光学スペクトルと緑単色の光学スペクトルのそれぞれに対して $2N$ 個の変数を設定することができる。光学スペクトルを求めるために、以下の2種類の計算（第1の計算および第2の計算）を行う。

[0072] 第1の計算：赤単色の目標輝度および色度座標 (Y_R, u'_R, v'_R) と、緑単色の目標輝度および色度 (Y_G, u'_G, v'_G) とについて、スペクトル強度 C を式 (19) に示されているすべての組み合わせ（すべての条件）に対して計算する。 $2N - 1$ 個の条件を C_R および C_G とすると、得られる色度座標 (u', v') は、式 (15) で表される。

[0073] 第2の計算：任意の光学スペクトル $\phi_R(\lambda)$ および $\phi_G(\lambda)$ を仮定して第1の計算におけるパラメータと同じ値の C_R および C_G を用い、 $C_R \phi_R(\lambda)$ と $C_G \phi_G(\lambda)$ について、色度座標 (u', v') を計算する。ここで、オーバーラインはスペクトルを用いた計算であることを示している。スペクトルから計算され

る赤単色の輝度および色度座標を $(Y_{-R}, u_{-R}', v_{-R}')$ とし、緑単色の輝度および色度座標を $(Y_{-G}, u_{-G}', v_{-G}')$ とすると、色度座標 (u', v') は下記式 (20) のように表される。

[数21]

$$(u', v') = \left(\frac{(C_R \bar{Y}_R \bar{u}_R' \bar{v}_G' + C_G \bar{Y}_G \bar{u}_G' \bar{v}_R')}{(C_R \bar{Y}_R \bar{v}_G' + C_G \bar{Y}_G \bar{v}_R')}, \frac{(C_R \bar{Y}_R + C_G \bar{Y}_G) \bar{v}_R' \bar{v}_G'}{(C_R \bar{Y}_R \bar{v}_G' + C_G \bar{Y}_G \bar{v}_R')} \right) \quad (20)$$

[0074] 一方、輝度 Y_{-R} および Y_{-G} は、式 (2) から求めることができる。

[0075] ここで、仮定した光学スペクトルは任意のものであるので、一般には、計算される輝度および色度座標 $(Y_{-R}, u_{-R}', v_{-R}')$ 、 $(Y_{-G}, u_{-G}', v_{-G}')$ は、目標とする輝度および色度座標 (Y_R, u_R', v_R') 、 (Y_G, u_G', v_G') に必ずしも一致するとはいえない。そこで、 $\phi_{-R}(\lambda)$ を $\phi_{-R}(\lambda) + \delta \phi_{-R}(\lambda)$ とし、 $\phi_{-G}(\lambda)$ を $\phi_{-G}(\lambda) + \delta \phi_{-G}(\lambda)$ にしたものが、目標とする光学スペクトルであると仮定する。このとき、第2の計算を改めて行くと、下記式 (21) および (22) の関係が成立する。

[数22]

$$\begin{aligned} & \bar{u}'(\bar{\varphi}_R(\lambda) + \delta \bar{\varphi}_R(\lambda), \bar{\varphi}_G(\lambda) + \delta \bar{\varphi}_G(\lambda)) \\ &= \bar{u}'(\bar{\varphi}_R(\lambda), \bar{\varphi}_G(\lambda)) + \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2 N} \left(\frac{\partial \bar{u}'}{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda)} \delta \bar{\varphi}_R(\lambda) + \frac{\partial \bar{u}'}{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda)} \delta \bar{\varphi}_G(\lambda) \right) + O(\delta \bar{\varphi}^2) \end{aligned} \quad (21)$$

[数23]

$$\begin{aligned} & \bar{v}'(\bar{\varphi}_R(\lambda) + \delta \bar{\varphi}_R(\lambda), \bar{\varphi}_G(\lambda) + \delta \bar{\varphi}_G(\lambda)) \\ &= \bar{v}'(\bar{\varphi}_R(\lambda), \bar{\varphi}_G(\lambda)) + \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2 N} \left(\frac{\partial \bar{v}'}{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda)} \delta \bar{\varphi}_R(\lambda) + \frac{\partial \bar{v}'}{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda)} \delta \bar{\varphi}_G(\lambda) \right) + O(\delta \bar{\varphi}^2) \end{aligned} \quad (22)$$

[0076] 一方、輝度 Y_{-R} および Y_{-G} についても同様に下記式 (23) および (24) の関係が成立する。

[数24]

$$\begin{aligned} & \bar{Y}_R(\bar{\varphi}_R(\lambda) + \delta \bar{\varphi}_R(\lambda), \bar{\varphi}_G(\lambda) + \delta \bar{\varphi}_G(\lambda)) \\ &= \bar{Y}_R(\bar{\varphi}_R(\lambda), \bar{\varphi}_G(\lambda)) + \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2 N} \left(\frac{\partial \bar{Y}_R}{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda)} \delta \bar{\varphi}_R(\lambda) + \frac{\partial \bar{Y}_R}{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda)} \delta \bar{\varphi}_G(\lambda) \right) + O(\delta \bar{\varphi}^2) \end{aligned} \quad (23)$$

[数25]

$$\begin{aligned}
& \bar{Y}_G(\bar{\varphi}_R(\lambda) + \delta\bar{\varphi}_R(\lambda), \bar{\varphi}_G(\lambda) + \delta\bar{\varphi}_G(\lambda)) \\
&= \bar{Y}_G(\bar{\varphi}_R(\lambda), \bar{\varphi}_G(\lambda)) + \sum_{\lambda_1}^{\lambda_N} \left(\frac{\partial \bar{Y}_G}{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda)} \delta\bar{\varphi}_R(\lambda) + \frac{\partial \bar{Y}_G}{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda)} \delta\bar{\varphi}_G(\lambda) \right) + O(\delta\bar{\varphi}^2) \quad (24)
\end{aligned}$$

[0077] 式(21)～(24)を $O(\delta\phi^{-2})$ の項を無視して書き直すと、 $\delta\phi_{-R}(\lambda)$ および $\delta\phi_{-G}(\lambda)$ に関する連立方程式を得ることができる。ここで、式(21)および(22)の左辺が式(13)および(14)で表される (u', v') に一致すると仮定する。また、スペクトル強度 C の条件であるパラメータの組み合わせ (C_{iR}, C_{jG}) (i, j は整数)に対する色度座標を $(u'(C_{iR}, C_{jG}), v'(C_{iR}, C_{jG}))$ と表し、式(23)および(24)の左辺は赤単色および緑単色の目標輝度 $(Y_R, Y_G) = (Y_R(C_{iR}^N, C_{jG}^1), Y_G(C_{iR}^1, C_{jG}^N))$ に一致すると仮定する。そうすると、具体的な方程式は、下記式(25)のような、 $\delta\phi_{-R}(\lambda)$ および $\delta\phi_{-G}(\lambda)$ に関する連立方程式となる。

[数26]

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial \bar{u}_1'}{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_1)} & \dots & \dots & \frac{\partial \bar{u}_1'}{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_{2N})} \\ \frac{\partial \bar{u}_2'}{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_1)} & \dots & \dots & \frac{\partial \bar{u}_2'}{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_{2N})} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial \bar{u}_{2N-1}'}{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_1)} & \dots & \dots & \frac{\partial \bar{u}_{2N-1}'}{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_{2N})} \\ \frac{\partial \bar{Y}_R}{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_1)} & \dots & \dots & \frac{\partial \bar{Y}_R}{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_{2N})} \\ \frac{\partial \bar{v}_1'}{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_1)} & \dots & \dots & \frac{\partial \bar{v}_1'}{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_{2N})} \\ \frac{\partial \bar{v}_2'}{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_1)} & \dots & \dots & \frac{\partial \bar{v}_2'}{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_{2N})} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{\partial \bar{v}_{2N-1}'}{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_1)} & \dots & \dots & \frac{\partial \bar{v}_{2N-1}'}{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_{2N})} \\ \frac{\partial \bar{Y}_G}{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_1)} & \dots & \dots & \frac{\partial \bar{Y}_G}{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_{2N})} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta\bar{\varphi}_R(\lambda_1) \\ \delta\bar{\varphi}_R(\lambda_2) \\ \vdots \\ \delta\bar{\varphi}_R(\lambda_{2N-1}) \\ \delta\bar{\varphi}_R(\lambda_{2N}) \\ \delta\bar{\varphi}_G(\lambda_1) \\ \delta\bar{\varphi}_G(\lambda_2) \\ \vdots \\ \delta\bar{\varphi}_G(\lambda_{2N-1}) \\ \delta\bar{\varphi}_G(\lambda_{2N}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u'(C_R^N, C_G^1) - \bar{u}'(C_R^N, C_G^1) \\ u'(C_R^N, C_G^2) - \bar{u}'(C_R^N, C_G^2) \\ \vdots \\ u'(C_R^1, C_G^N) - \bar{u}'(C_R^1, C_G^N) \\ Y_R(C_R^N, C_G^1) - \bar{Y}_R(C_R^N, C_G^1) \\ v'(C_R^N, C_G^1) - \bar{v}'(C_R^N, C_G^1) \\ v'(C_R^N, C_G^2) - \bar{v}'(C_R^N, C_G^2) \\ \vdots \\ v'(C_R^1, C_G^N) - \bar{v}'(C_R^1, C_G^N) \\ Y_G(C_R^1, C_G^N) - \bar{Y}_G(C_R^1, C_G^N) \end{bmatrix} \quad (25)$$

[0078] $\delta\phi_{-R}(\lambda)$ および $\delta\phi_{-G}(\lambda)$ を解とする連立方程式である式(25)の左辺の行列式は、 $16N^2$ の要素を有する膨大な行列である。従って、光学スペクトルの演算をまともに行うと、行列要素の演算には $2N \times 3$ の積分が必要になる。そのため、概算の計算総量は $96N^3$ という莫大なものになる。この計

算を容易にするために、式（１）～（３）、（１３）および（１４）を用いて計算量を削減する。ここで、行列要素に含まれる微分係数 $\partial u' / \partial \phi^-(\lambda_k)$ 、 $\partial v' / \partial \phi^-(\lambda_k)$ を色度の積分値から求めると、膨大な計算量になるので、赤単色および緑単色の三刺激値 (X_R, Y_R, Z_R) および (X_G, Y_G, Z_G) の積分を行うだけで微分係数を得る方法を用いる。ここでは、説明の簡単さのため、 $\partial u' / \partial \phi^-(\lambda_k)$ についてのみ具体的な式を説明する。

[0079] $\phi^-(\lambda_k)$ に関する偏微分は、下記式（２６）および（２７）で表すことができる。ここで、 λ の添字 k は 1 から $2N$ までの値をとるとする。

[数27]

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{u}_i'}{\partial \bar{\phi}_R(\lambda_k)} = & \Delta \lambda \left(\frac{4C_R^N \bar{x}(\lambda_k)}{(C_R^N X_R + C_G^i X_G + 15(C_R^N Y_R + C_G^i Y_G) + 3(C_R^N Z_R + C_G^i Z_G))} \right) \\ & - \Delta \lambda \left(\frac{4(C_R^N X_R + C_G^i X_G)(C_R^N \bar{x}(\lambda_k) + 15C_R^N \bar{y}(\lambda_k) + 3C_R^N \bar{z}(\lambda_k))}{[C_R^N X_R + C_G^i X_G + 15(C_R^N Y_R + C_G^i Y_G) + 3(C_R^N Z_R + C_G^i Z_G)]^2} \right) \quad (i = 1, 2 \dots N) \end{aligned} \quad (26)$$

[数28]

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{u}_i'}{\partial \bar{\phi}_R(\lambda_k)} = & \Delta \lambda \left(\frac{4C_R^{2N-i} \bar{x}(\lambda_k)}{(C_R^{2N-i} X_R + C_G^N X_G + 15(C_R^{2N-i} Y_R + C_G^N Y_G) + 3(C_R^{2N-i} Z_R + C_G^N Z_G))} \right) \\ & - \Delta \lambda \left(\frac{4(C_R^{2N-i} X_R + C_G^N X_G)(C_R^{2N-i} \bar{x}(\lambda_k) + 15C_R^{2N-i} \bar{y}(\lambda_k) + 3C_R^{2N-i} \bar{z}(\lambda_k))}{[C_R^{2N-i} X_R + C_G^N X_G + 15(C_R^{2N-i} Y_R + C_G^N Y_G) + 3(C_R^{2N-i} Z_R + C_G^N Z_G)]^2} \right) \\ & (i = N+1, \dots, 2N-1) \end{aligned} \quad (27)$$

[0080] また、 $\phi^-(\lambda_k)$ に関する偏微分も同様に表すことができる。さらに、 $\partial v' / \partial \phi^-(\lambda_k)$ についても、式（１４）を用いて式（２６）および（２７）と同様な式を得ることができる。

[0081] $\delta \phi^-(\lambda)$ および $\delta \phi^-(\lambda)$ を解とする連立方程式である式（２５）を解くためには、例えば、連立方程式のLU分解法を用いることができる。また、連立方程式から求められた $\phi^-(\lambda) + \delta \phi^-(\lambda)$ および $\phi^-(\lambda) + \delta \phi^-(\lambda)$ を新たな光学スペクトルとして、第２の計算を繰り返すと、計算によって得られる光学スペクトルを、目標である（つまり最適な）光学スペクトルに到

達させることができる。これは、得られた光学スペクトルから計算される色度座標が、図5中に矢印で示しているように、目標の色度座標となることを意味する。

[0082] 上述したような、2色の輝度および色度座標と光学スペクトルとの関係（2色についてのスペクトル決定アルゴリズム）を用いて、3つ以上の原色を用いて表示を行う表示装置の光学スペクトルを設計するためには、下記（I）および（II）の2通りの方法がある。

[0083] （I）2色についてのスペクトル決定アルゴリズムを2つの原色の組み合わせに順次適用する。赤、緑および青の3色を用いてカラー表示を行う表示装置の場合、例えば、光学スペクトルの計算をまず赤および緑の組み合わせについて行い、次に緑および青の組み合わせについて行い、その後青および赤の組み合わせについて行えばよい。同様に、赤、黄、緑および青の4色を用いてカラー表示を行う表示装置の場合、例えば、光学スペクトルの計算をまず赤および黄の組み合わせについて行い、次に黄および緑の組み合わせについて行い、続いて緑および青の組み合わせについて行い、最後に青および赤の組み合わせについて行えばよい。

[0084] （II）2色についてのスペクトル決定アルゴリズムを3つ以上のすべての原色の組み合わせに拡張して適用する。例えば、赤、緑および青の3色を用いてカラー表示を行う表示装置の場合、光学スペクトルの計算を赤、緑および青の組み合わせについて同時に行う。同様に、赤、黄、緑および青の4色を用いてカラー表示を行う表示装置の場合、光学スペクトルの計算を赤、黄、緑および青の組み合わせについて同時に行う。

[0085] 以下、赤、黄、緑および青の4つの原色を用いてカラー表示を行う場合を例として、方法（II）を具体的に説明する。

[0086] 目標とする輝度および色度座標を、赤単色、黄単色、緑単色および青単色についてそれぞれ (Y_R, u_R', v_R') 、 $(Y_{Ye}, u_{Ye}', v_{Ye}')$ 、 (Y_G, u_G', v_G') および (Y_B, u_B', v_B') とする。また、初期光学スペクトルとして、赤単色、黄単色、緑単色および青単色のスペクトルをそれぞれ $\phi_R(\lambda)$ 、 $\phi_{Ye}(\lambda)$ 、 ϕ_G

(λ)および $\phi_{-B}(\lambda)$ とする。

[0087] 4色の場合における最適な光学スペクトルの設計も、2色の場合と同様に、多変数最適化問題として取り扱う。既に説明したように、多変数最適化問題では、変数と条件との個数が一致する必要がある。ここでは、変数は、赤単色、黄単色、緑単色および青単色の光学スペクトル $\phi_{-R}(\lambda)$ 、 $\phi_{-Ye}(\lambda)$ 、 $\phi_{-G}(\lambda)$ および $\phi_{-B}(\lambda)$ である。また、条件は、色度座標(u' , v')の値である。光学スペクトルの強度を変化させるパラメータを、赤単色、黄単色、緑単色および青単色のそれぞれについて C_R 、 C_{Ye} 、 C_G および C_B とすると、スペクトル強度 C の条件は、4色の場合、下記式(28)で表されるように4(2N-1)個である。

[数29]

$$\left(\begin{array}{l} C_R^N, \dots, C_R^N, C_R^{N-1} \dots C_R^1, C_G^1, \dots, C_G^N, \dots, C_G^N, C_G^N, \dots, C_G^N, C_G^{N-1} \dots C_G^1, C_R^1, \dots, C_R^N, \dots, C_R^N \\ C_{Ye}^1 \dots C_{Ye}^N, C_{Ye}^N, \dots, C_{Ye}^N, C_{Ye}^N, \dots, C_{Ye}^N, \dots, C_{Ye}^1, C_B^1 \dots C_B^N, C_B^N, \dots, C_B^N, C_B^N, \dots, C_B^N, \dots, C_B^1 \end{array} \right) \quad (28)$$

[0088] u' および v' の両方を条件に選ぶと、最適化問題の条件は8(2N-1)個となる。さらに、 Y_R 、 Y_{Ye} 、 Y_G および Y_B を条件に付け加えると、最適化問題の条件は4(4N-1)個となる。このため、赤単色、黄単色、緑単色および青単色の光学スペクトルのそれぞれに対して(4N-1)個の変数を設定することができる。なお、3色の場合も同様に、各原色の光学スペクトルに対して(4N-1)個の変数を設定することができる。

[0089] 2色の場合についての式(25)を、4色に拡張すると、下記式(29)が得られる。

[数30]

$$\begin{bmatrix}
\frac{\partial \bar{u}_i'}{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_k)} & \frac{\partial \bar{u}_i'}{\partial \bar{\varphi}_{Ye}(\lambda_k)} & \frac{\partial \bar{u}_i'}{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_k)} & \frac{\partial \bar{u}_i'}{\partial \bar{\varphi}_B(\lambda_k)} \\
\frac{\partial \bar{Y}_R}{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_k)} & \frac{\partial \bar{Y}_R}{\partial \bar{\varphi}_{Ye}(\lambda_k)} & \frac{\partial \bar{Y}_R}{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_k)} & \frac{\partial \bar{Y}_R}{\partial \bar{\varphi}_B(\lambda_k)} \\
\frac{\partial \bar{v}_i'}{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_k)} & \frac{\partial \bar{v}_i'}{\partial \bar{\varphi}_{Ye}(\lambda_k)} & \frac{\partial \bar{v}_i'}{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_k)} & \frac{\partial \bar{v}_i'}{\partial \bar{\varphi}_B(\lambda_k)} \\
\frac{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_k)}{\partial \bar{Y}_R} & \frac{\partial \bar{\varphi}_{Ye}(\lambda_k)}{\partial \bar{Y}_R} & \frac{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_k)}{\partial \bar{Y}_R} & \frac{\partial \bar{\varphi}_B(\lambda_k)}{\partial \bar{Y}_R} \\
\frac{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_k)}{\partial \bar{Y}_{Ye}} & \frac{\partial \bar{\varphi}_{Ye}(\lambda_k)}{\partial \bar{Y}_{Ye}} & \frac{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_k)}{\partial \bar{Y}_{Ye}} & \frac{\partial \bar{\varphi}_B(\lambda_k)}{\partial \bar{Y}_{Ye}} \\
\frac{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_k)}{\partial \bar{Y}_G} & \frac{\partial \bar{\varphi}_{Ye}(\lambda_k)}{\partial \bar{Y}_G} & \frac{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_k)}{\partial \bar{Y}_G} & \frac{\partial \bar{\varphi}_B(\lambda_k)}{\partial \bar{Y}_G} \\
\frac{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_k)}{\partial \bar{v}_i'} & \frac{\partial \bar{\varphi}_{Ye}(\lambda_k)}{\partial \bar{v}_i'} & \frac{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_k)}{\partial \bar{v}_i'} & \frac{\partial \bar{\varphi}_B(\lambda_k)}{\partial \bar{v}_i'} \\
\frac{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_k)}{\partial \bar{u}_i'} & \frac{\partial \bar{\varphi}_{Ye}(\lambda_k)}{\partial \bar{u}_i'} & \frac{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_k)}{\partial \bar{u}_i'} & \frac{\partial \bar{\varphi}_B(\lambda_k)}{\partial \bar{u}_i'} \\
\frac{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_k)}{\partial \bar{Y}_B} & \frac{\partial \bar{\varphi}_{Ye}(\lambda_k)}{\partial \bar{Y}_B} & \frac{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_k)}{\partial \bar{Y}_B} & \frac{\partial \bar{\varphi}_B(\lambda_k)}{\partial \bar{Y}_B} \\
\frac{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_k)}{\partial \bar{v}_i'} & \frac{\partial \bar{\varphi}_{Ye}(\lambda_k)}{\partial \bar{v}_i'} & \frac{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_k)}{\partial \bar{v}_i'} & \frac{\partial \bar{\varphi}_B(\lambda_k)}{\partial \bar{v}_i'} \\
\frac{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_k)}{\partial \bar{u}_i'} & \frac{\partial \bar{\varphi}_{Ye}(\lambda_k)}{\partial \bar{u}_i'} & \frac{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_k)}{\partial \bar{u}_i'} & \frac{\partial \bar{\varphi}_B(\lambda_k)}{\partial \bar{u}_i'} \\
\frac{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_k)}{\partial \bar{v}_i'} & \frac{\partial \bar{\varphi}_{Ye}(\lambda_k)}{\partial \bar{v}_i'} & \frac{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_k)}{\partial \bar{v}_i'} & \frac{\partial \bar{\varphi}_B(\lambda_k)}{\partial \bar{v}_i'} \\
\frac{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_k)}{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_k)} & \frac{\partial \bar{\varphi}_{Ye}(\lambda_k)}{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_k)} & \frac{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_k)}{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_k)} & \frac{\partial \bar{\varphi}_B(\lambda_k)}{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_k)} \\
\frac{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_k)}{\partial \bar{\varphi}_{Ye}(\lambda_k)} & \frac{\partial \bar{\varphi}_{Ye}(\lambda_k)}{\partial \bar{\varphi}_{Ye}(\lambda_k)} & \frac{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_k)}{\partial \bar{\varphi}_{Ye}(\lambda_k)} & \frac{\partial \bar{\varphi}_B(\lambda_k)}{\partial \bar{\varphi}_{Ye}(\lambda_k)} \\
\frac{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_k)}{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_k)} & \frac{\partial \bar{\varphi}_{Ye}(\lambda_k)}{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_k)} & \frac{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_k)}{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_k)} & \frac{\partial \bar{\varphi}_B(\lambda_k)}{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_k)} \\
\frac{\partial \bar{\varphi}_R(\lambda_k)}{\partial \bar{\varphi}_B(\lambda_k)} & \frac{\partial \bar{\varphi}_{Ye}(\lambda_k)}{\partial \bar{\varphi}_B(\lambda_k)} & \frac{\partial \bar{\varphi}_G(\lambda_k)}{\partial \bar{\varphi}_B(\lambda_k)} & \frac{\partial \bar{\varphi}_B(\lambda_k)}{\partial \bar{\varphi}_B(\lambda_k)}
\end{bmatrix}
\begin{bmatrix}
\delta \bar{\varphi}_R(\lambda_k) \\
\vdots \\
\delta \bar{\varphi}_{Ye}(\lambda_k) \\
\vdots \\
\delta \bar{\varphi}_G(\lambda_k) \\
\vdots \\
\delta \bar{\varphi}_B(\lambda_k) \\
\vdots
\end{bmatrix}
=
\begin{bmatrix}
u'(C_R^N, C_{Ye}^1) - \bar{u}'(C_R^N, C_{Ye}^1) \\
\vdots \\
Y_R(C_R^N, C_{Ye}^1) - \bar{Y}_R(C_R^N, C_{Ye}^1) \\
\vdots \\
v'(C_R^N, C_{Ye}^1) - \bar{v}'(C_R^N, C_{Ye}^1) \\
Y_{Ye}(C_R^1, C_{Ye}^N) - \bar{Y}_{Ye}(C_R^1, C_{Ye}^N) \\
\vdots \\
u'(C_G^1, C_{Ye}^N) - \bar{u}'(C_G^1, C_{Ye}^N) \\
Y_G(C_G^N, C_{Ye}^1) - \bar{Y}_G(C_G^N, C_{Ye}^1) \\
\vdots \\
v'(C_G^1, C_{Ye}^N) - \bar{v}'(C_G^1, C_{Ye}^N) \\
\vdots \\
u'(C_G^N, C_B^1) - \bar{u}'(C_G^N, C_B^1) \\
Y_B(C_G^1, C_B^N) - \bar{Y}_B(C_G^1, C_B^N) \\
\vdots \\
v'(C_G^N, C_B^1) - \bar{v}'(C_G^N, C_B^1) \\
\vdots \\
u'(C_R^1, C_B^N) - \bar{u}'(C_R^1, C_B^N) \\
v'(C_R^1, C_B^N) - \bar{v}'(C_R^1, C_B^N)
\end{bmatrix}
\quad (29)$$

[0090] 式(29)における添字kは1から(4N-1)までの値をとり、添字iは1から(2N-1)までの値をとる。従って、式(29)の左辺の行列式のサイズは4(4N-1)×4(4N-1)である(つまり左辺の行列式は4(4N-1)×4(4N-1)の行列要素を有する)が、式(25)について説明したのと同様の手法により、計算量を削減することができる。

[0091] $\delta \phi_{-R}(\lambda)$ 、 $\delta \phi_{-Ye}(\lambda)$ 、 $\delta \phi_{-G}(\lambda)$ および $\delta \phi_{-B}(\lambda)$ を解とする連立方程式である式(29)を解くためには、例えば、連立方程式のLU分解法を用いることができる。また、連立方程式から求められた $\phi_{-R}(\lambda) + \delta \phi_{-R}(\lambda)$ 、 $\phi_{-Ye}(\lambda) + \delta \phi_{-Ye}(\lambda)$ 、 $\phi_{-G}(\lambda) + \delta \phi_{-G}(\lambda)$ および $\phi_{-B}(\lambda) + \delta \phi_{-B}(\lambda)$ を新たな光学スペクトルとして、第2の計算を繰り返すと、計算によって得られる光学スペクトルを、目標である(つまり最適な)光学スペクトルに到達させることができる。これは、得られた光学スペクトルから計算される色度

座標が、2色の場合について図5中に矢印で示しているように、目標の色度座標となることを意味する。

[0092] このように、方法 (I) または (II) を用いることにより、3色以上の場合について最適な光学スペクトルの設計を行うことができる。そのため、3色の場合について例えば図6に示すような設計目標（この例では赤単色の輝度は25 n i t、緑単色の輝度は75 n i t、青単色の輝度は5 n i tである）が与えられたとすると、赤、緑および青の光学スペクトルとして図7に示すような光学スペクトルを最適なものとして設計することができる。従って、図8に矢印で示すように、表示装置の色再現範囲を、設計目標に近付けることができる。

[0093] また、光学スペクトルを決定する上記の方法によれば、白の色度を決定することもできる。以下、各原色の色度座標と白の色度座標との関係を、4色の場合を例として説明する。

[0094] 赤単色、黄単色、緑単色および青単色の三刺激値をそれぞれ (X_R, Y_R, Z_R) 、 (X_{Ye}, Y_{Ye}, Z_{Ye}) 、 (X_G, Y_G, Z_G) および (X_B, Y_B, Z_B) とする。また、それらの強度を0～1倍の間で変化させるパラメータを赤単色、黄単色、緑単色および青単色のそれぞれについて C_R 、 C_{Ye} 、 C_G および C_B とする。このとき、白の色度座標 (u_w', v_w') は、下記式 (30) および (31) のように表すことができる。

[数31]

$$u_w' = \left(\frac{4C_w X_w}{(C_w X_w + 15C_w Y_w + 3C_w Z_w)} \right) \quad (30)$$

[数32]

$$v_w' = \left(\frac{9C_w Y_w}{(C_w X_w + 15C_w Y_w + 3C_w Z_w)} \right) \quad (31)$$

[0095] なお、式 (30) および (31) 中における $C_w X_w$ 、 $C_w Y_w$ および $C_w Z_w$ は、下記式 (32)、(33) および (34) で表される。

[数33]

$$C_W X_W = C_R X_R + C_{Ye} X_{Ye} + C_G X_G + C_B X_B \quad (32)$$

[数34]

$$C_W Y_W = C_R Y_R + C_{Ye} Y_{Ye} + C_G Y_G + C_B Y_B \quad (33)$$

[数35]

$$C_W Z_W = C_R Z_R + C_{Ye} Z_{Ye} + C_G Z_G + C_B Z_B \quad (34)$$

[0096] 式(30)および(31)中の (X_R, Z_R) 、 (X_{Ye}, Z_{Ye}) 、 (X_G, Z_G) および (X_B, Z_B) を消去すると、下記式(35)、(36)および(37)が得られる。

[数36]

$$u_W' = \left(\frac{\left(\frac{C_R Y_R}{v_R'} u_R' + \frac{C_{Ye} Y_{Ye}}{v_{Ye}'} u_{Ye}' + \frac{C_G Y_G}{v_G'} u_G' + \frac{C_B Y_B}{v_B'} u_B' \right)}{\left(\frac{C_R Y_R}{v_R'} + \frac{C_{Ye} Y_{Ye}}{v_{Ye}'} + \frac{C_G Y_G}{v_G'} + \frac{C_B Y_B}{v_B'} \right)} \right) \quad (35)$$

[数37]

$$v_W' = \left(\frac{(C_R Y_R + C_{Ye} Y_{Ye} + C_G Y_G + C_B Y_B)}{\left(\frac{C_R Y_R}{v_R'} + \frac{C_{Ye} Y_{Ye}}{v_{Ye}'} + \frac{C_G Y_G}{v_G'} + \frac{C_B Y_B}{v_B'} \right)} \right) \quad (36)$$

[数38]

$$(u_W', v_W') = \left(\frac{\sum_{C=R,Ye,G,B} \frac{C_C Y_C}{v_C'} u_C'}{\sum_{C=R,Ye,G,B} \frac{C_C Y_C}{v_C'}}, \frac{\sum_{C=R,Ye,G,B} \frac{C_C Y_C}{v_C'} v_C'}{\sum_{C=R,Ye,G,B} \frac{C_C Y_C}{v_C'}} \right) \quad (37)$$

[0097] 式(37)から、白の色度 (u_W', v_W') は、各原色の色度 (u_C', v_C') に対して $C_C Y_C / v_C'$ の重み付け平均をしたものであることがわかる。このように、既に説明した光学スペクトルを決定する方法によれば、白の色度を決定することもできる。

[0098] ここまで、表示装置の光学スペクトルを設計する方法に存在する課題(i)

～ (iii) と、これらの課題から本願発明者が導き出した知見とを説明した。続いて、本発明の好適な実施形態における光学スペクトル設計方法を説明する。

[0099] 本実施形態における光学スペクトル設計方法は、第1の色を表示する第1画素および第1の色とは異なる第2の色を表示する第2画素を含む複数の画素から構成されたカラー表示画素を有する表示装置の光学スペクトル設計方法である。表示装置は、例えば後述するような液晶表示装置であるが、勿論これに限定されるものではなく、本実施形態の光学スペクトル設計方法によれば、有機EL表示装置やプラズマディスプレイ等の種々の表示装置について、光学スペクトルの設計を行うことができる。

[0100] 以下、図9を参照しながら、本実施形態における光学スペクトル設計方法を具体的に説明する。図9は、本実施形態における光学スペクトル設計方法のフローチャートである。

[0101] まず、第1の色についての目標とする輝度および色度座標（以下ではそれぞれ「第1目標輝度」および「第1目標色度座標」と呼ぶ）と、第2の色についての目標とする輝度および色度座標（以下ではそれぞれ「第2目標輝度」および「第2目標色度座標」と呼ぶ）とを設定する（工程S1）。

[0102] その後、設定された第1目標輝度、第1目標色度座標、第2目標輝度および第2目標色度座標に基づいて、光学スペクトルに関する計算を行う（工程S2）。この工程S2においては、設定された上述の輝度および色度座標だけでなく、第1目標色度座標および第2目標色度座標を結ぶ直線（便宜上「第1の直線」と呼ぶ）上に位置する複数の点の色度座標にも基づいて計算が行われる。工程S2は、式(13)～(27)を参照しながら既に説明した手法に相当し、例えば第1の色が赤で第2の色が緑である場合には、式(13)～(27)を用いた計算が行われ、それによって光学スペクトルが決定される。

[0103] 図10を参照しながら、工程S2をより具体的に説明する。図10は、工程S2をより具体的に示すフローチャートである。

[0104] 工程 S 1 の後、まず、第 1 目標輝度、第 1 目標色度座標、第 2 目標輝度および第 2 目標色度座標に基づいて、第 1 の直線上に位置する複数の点の色度座標を計算する（工程 S 2 A）。この工程 S 2 A は、例えば式（15）を用いて行うことができる（既に説明した「第 1 の計算」に相当）。

[0105] 次に、第 1 の色に対応する第 1 スペクトルおよび第 2 の色に対応する第 2 スペクトルとして任意のスペクトルを仮定し、仮定された任意のスペクトルに基づいて、第 1 の直線上に位置する複数の点の色度座標を計算する（工程 S 2 B）。この工程 S 2 B は、例えば式（20）を用いて行うことができる（既に説明した「第 2 の計算」に相当）。

[0106] その後、工程 S 2 A によって計算された色度座標および工程 S 2 B によって計算された色度座標を用いて計算を行う（工程 S 2 C）。この工程 S 2 C は、例えば式（25）で示されるような連立方程式を解くことに相当する。

[0107] なお、工程 S 2 A および S 2 B を実行する順序は、図 10 の例に限定されるものではない。工程 S 2 B を工程 S 2 A よりも前に実行してもよい。

[0108] また、工程 S 2 B において、仮定された任意のスペクトルに基づいて、第 1 の直線上に位置する複数の点の色度座標に加え、第 1 の色の輝度および第 2 の色の輝度を計算することが好ましい。例えば式（2）から、第 1 の色の輝度および第 2 の色の輝度を計算することができる。工程 S 2 B において第 1 の色の輝度および第 2 の色の輝度を計算しておき、工程 S 2 C においてそれらの輝度も用いて計算を行うことは、多変数最適化問題における条件数を増やすことに他ならない（連立方程式である式（25）における行列に Y_{-R} 、 Y_{-G} を含む要素が存在していることに注目されたい）。

[0109] 典型的には、表示装置のカラー表示画素を構成する複数の画素は、第 1 の色および第 2 の色とは異なる第 3 の色を表示する第 3 画素をさらに含む。カラー表示画素を構成する複数の画素は、例えば、赤を表示する赤画素、緑を表示する緑画素および青を表示する青画素を含む。

[0110] ここで、図 11 を参照しながら、カラー表示画素が 3 つの画素（第 1 画素、第 2 画素および第 3 画素）から構成されている場合（つまり 3 色の場合）

について、光学スペクトルの設計方法を説明する。図 11 は、3 色の場合の光学スペクトル設計方法のフローチャートである。

[0111] まず、図 9 に示したフローチャートと同様に、工程 S1 および S2 を行う。工程 S2 は、図 10 に示した工程 S2A、S2B および S2C を含んでもよい。

[0112] 次に、第 3 の色についての目標とする輝度および色度座標（以下ではそれぞれ「第 3 目標輝度」および「第 3 目標色度座標」と呼ぶ）を設定する（工程 S3）。

[0113] 続いて、第 2 目標輝度、第 2 目標色度座標、第 3 目標輝度および第 3 目標色度座標と、第 2 目標色度座標および第 3 目標色度座標を結ぶ直線（便宜上「第 2 の直線」と呼ぶ）上に位置する複数の点の色度座標とに基づいて、光学スペクトルに関するさらなる計算を行う（工程 S4）。

[0114] その後、第 3 目標輝度、第 3 目標色度座標、第 1 目標輝度および第 1 目標色度座標と、第 3 目標色度座標および第 1 目標色度座標を結ぶ直線（便宜上「第 3 の直線」と呼ぶ）上に位置する複数の点の色度座標とに基づいて、光学スペクトルに関するさらなる計算を行う（工程 S5）。

[0115] 図 12 を参照しながら、工程 S4 をより具体的に説明する。図 12 は、工程 S4 をより具体的に示すフローチャートである。

[0116] 工程 S3 の後、まず、第 2 目標輝度、第 2 目標色度座標、第 3 目標輝度および第 3 目標色度座標に基づいて、第 2 の直線上に位置する複数の点の色度座標を計算する（工程 S4A）。

[0117] 次に、第 2 の色に対応する第 2 スペクトルおよび第 3 の色に対応する第 3 スペクトルとして任意のスペクトルを仮定し、仮定された任意のスペクトルに基づいて、第 2 の直線上に位置する複数の点の色度座標を計算する（工程 S4B）。

[0118] その後、工程 S4A によって計算された色度座標および工程 S4B によって計算された色度座標を用いて計算を行う（工程 S4C）。

[0119] なお、工程 S4A および S4B を実行する順序は、図 12 の例に限定され

るものではない。工程 S 4 B を工程 S 4 A よりも前に実行してもよい。

[0120] また、工程 S 4 B において、仮定された任意のスペクトルに基づいて、第 2 の直線上に位置する複数の点の色度座標に加え、第 2 の色の輝度および第 3 の色の輝度を計算することが好ましい。工程 S 4 B において第 2 の色の輝度および第 3 の色の輝度を計算しておき、工程 S 4 C においてそれらの輝度も用いて計算を行うことは、多変数最適化問題における条件数を増やすことに他ならないからである。

[0121] 図 1 3 を参照しながら、工程 S 5 をより具体的に説明する。図 1 3 は、工程 S 5 をより具体的に示すフローチャートである。

[0122] 工程 S 4 の後、まず、第 3 目標輝度、第 3 目標色度座標、第 1 目標輝度および第 1 目標色度座標に基づいて、第 3 の直線上に位置する複数の点の色度座標を計算する（工程 S 5 A）。

[0123] 次に、第 3 の色に対応する第 3 スペクトルおよび第 1 の色に対応する第 1 スペクトルとして任意のスペクトルを仮定し、仮定された任意のスペクトルに基づいて、第 3 の直線上に位置する複数の点の色度座標を計算する（工程 S 5 B）。

[0124] その後、工程 S 5 A によって計算された色度座標および工程 S 5 B によって計算された色度座標を用いて計算を行う（工程 S 5 C）。

[0125] なお、工程 S 5 A および S 5 B を実行する順序は、図 1 3 の例に限定されるものではない。工程 S 5 B を工程 S 5 A よりも前に実行してもよい。

[0126] また、工程 S 5 B において、仮定された任意のスペクトルに基づいて、第 3 の直線上に位置する複数の点の色度座標に加え、第 3 の色の輝度および第 1 の色の輝度を計算することが好ましい。工程 S 5 B において第 3 の色の輝度および第 1 の色の輝度を計算しておき、工程 S 5 C においてそれらの輝度も用いて計算を行うことは、多変数最適化問題における条件数を増やすことに他ならないからである。

[0127] なお、図 1 1、図 1 2 および図 1 3 を参照しながら説明した光学スペクトル設計方法は、2 色についてのスペクトル決定アルゴリズムを 2 つの原色の

組み合わせに順次適用する方法である（既に説明した方法（I）に相当する）。勿論、2色についてのスペクトル決定アルゴリズムを3つの原色の組み合わせに拡張して適用する光学スペクトル設計方法を採用してもよい（既に説明した方法（II）に相当する）。以下、図14を参照しながら、そのような光学スペクトル設計方法を説明する。

[0128] まず、第1目標輝度、第1目標色度座標、第2目標輝度、第2目標色度座標、第3目標輝度および第3目標色度座標を設定する（工程S11）。

[0129] その後、設定された第1目標輝度、第1目標色度座標、第2目標輝度、第2目標色度座標、第3目標輝度および第3目標色度座標に基づいて、光学スペクトルに関する計算を行う（工程S12）。この工程S12においては、設定された上述の輝度および色度座標だけでなく、第1の直線上に位置する複数の点の色度座標と、第2の直線上に位置する複数の点の色度座標と、第3の直線上に位置する複数の点の色度座標ともに基づいて、計算が行われる。

[0130] 図15を参照しながら、工程S12をより具体的に説明する。図15は、工程S12をより具体的に示すフローチャートである。

[0131] 工程S11の後、まず、第1目標輝度、第1目標色度座標、第2目標輝度、第2目標色度座標、第3目標輝度および第3目標色度座標に基づいて、第1の直線上に位置する複数の点の色度座標、第2の直線上に位置する複数の点の色度座標および第3の直線上に位置する複数の点の色度座標を計算する（工程S12A）。

[0132] 次に、第1の色に対応する第1スペクトル、第2の色に対応する第2スペクトルおよび第3の色に対応する第3スペクトルとして任意のスペクトルを仮定し、仮定された任意のスペクトルに基づいて、第1の直線上に位置する複数の点の色度座標、第2の直線上に位置する複数の点の色度座標および第3の直線上に位置する複数の点の色度座標を計算する（工程S12B）。

[0133] その後、工程S12Aによって計算された色度座標および工程S12Bによって計算された色度座標を用いて計算を行う（工程S12C）。

- [0134] なお、工程 S 1 2 A および S 1 2 B を実行する順序は、図 1 5 の例に限定されるものではない。工程 S 1 2 B を工程 S 1 2 A よりも前に実行してもよい。
- [0135] また、工程 S 1 2 B において、仮定された任意のスペクトルに基づいて、第 1、第 2 および第 3 の直線上に位置する複数の点の色度座標に加え、第 1 の色の輝度、第 2 の色の輝度および第 3 の色の輝度を計算することが好ましい。工程 S 1 2 B において第 1 の色の輝度、第 2 の色の輝度および第 3 の色の輝度を計算しておき、工程 S 1 2 C においてそれらの輝度も用いて計算を行うことは、多変数最適化問題における条件数を増やすことに他ならないからである。
- [0136] なお、表示装置のカラー表示画素を構成する複数の画素は、第 1 の色、第 2 の色および第 3 の色とは異なる第 4 の色を表示する第 4 画素をさらに含んでもよい。つまり、表示装置は、多原色表示装置であってもよい。多原色表示装置のカラー表示画素を構成する複数の画素は、例えば、赤画素、緑画素および青画素に加えて、黄を表示する黄画素を含む。勿論、カラー表示画素を構成する複数の画素は、黄画素に代えて、シアンを表示するシアン画素や、マゼンタを表示するマゼンタ画素を含んでもよい。
- [0137] ここで、図 1 6 を参照しながら、カラー表示画素が 4 つの画素（第 1 画素、第 2 画素、第 3 画素および第 4 画素）から構成されている場合（つまり 4 色の場合）について、光学スペクトルの設計方法を説明する。図 1 6 は、4 色の場合の光学スペクトル設計方法のフローチャートである。
- [0138] まず、図 1 1 に示したフローチャートと同様に、工程 S 1、S 2、S 3 および S 4 を行う。工程 S 2 は、図 1 0 に示した工程 S 2 A、S 2 B および S 2 C を含んでもよいし、工程 S 4 は、図 1 2 に示した工程 S 4 A、S 4 B および S 4 C を含んでもよい。
- [0139] 次に、第 4 の色についての目標とする輝度および色度座標（以下ではそれぞれ「第 4 目標輝度」および「第 4 目標色度座標」と呼ぶ）を設定する（工程 S 6）。

- [0140] 続いて、第3目標輝度、第3目標色度座標、第4目標輝度および第4目標色度座標と、第3目標色度座標および第4目標色度座標を結ぶ直線（便宜上「第3の直線」と呼ぶ）上に位置する複数の点の色度座標とに基づいて、光学スペクトルに関するさらなる計算を行う（工程S7）。
- [0141] その後、第4目標輝度、第4目標色度座標、第1目標輝度および第1目標色度座標と、第4目標色度座標および第1目標色度座標を結ぶ直線（便宜上「第4の直線」と呼ぶ）上に位置する複数の点の色度座標とに基づいて、光学スペクトルに関するさらなる計算を行う（工程S8）。
- [0142] 図17を参照しながら、工程S7をより具体的に説明する。図17は、工程S7をより具体的に示すフローチャートである。
- [0143] 工程S6の後、まず、第3目標輝度、第3目標色度座標、第4目標輝度および第4目標色度座標に基づいて、第3の直線上に位置する複数の点の色度座標を計算する（工程S7A）。
- [0144] 次に、第3の色に対応する第3スペクトルおよび第4の色に対応する第4スペクトルとして任意のスペクトルを仮定し、仮定された任意のスペクトルに基づいて、第3の直線上に位置する複数の点の色度座標を計算する（工程S7B）。
- [0145] その後、工程S7Aによって計算された色度座標および工程S7Bによって計算された色度座標を用いて計算を行う（工程S7C）。
- [0146] なお、工程S7AおよびS7Bを実行する順序は、図17の例に限定されるものではない。工程S7Bを工程S7Aよりも前に実行してもよい。
- [0147] また、工程S7Bにおいて、仮定された任意のスペクトルに基づいて、第3の直線上に位置する複数の点の色度座標に加え、第3の色の輝度および第4の色の輝度を計算することが好ましい。工程S7Bにおいて第3の色の輝度および第4の色の輝度を計算しておき、工程S7Cにおいてそれらの輝度も用いて計算を行うことは、多変数最適化問題における条件数を増やすことに他ならないからである。
- [0148] 図18を参照しながら、工程S8をより具体的に説明する。図18は、工

程 S 8 をより具体的に示すフローチャートである。

[0149] 工程 S 7 の後、まず、第 4 目標輝度、第 4 目標色度座標、第 1 目標輝度および第 1 目標色度座標に基づいて、第 4 の直線上に位置する複数の点の色度座標を計算する（工程 S 8 A）。

[0150] 次に、第 4 の色に対応する第 4 スペクトルおよび第 1 の色に対応する第 1 スペクトルとして任意のスペクトルを仮定し、仮定された任意のスペクトルに基づいて、第 4 の直線上に位置する複数の点の色度座標を計算する（工程 S 8 B）。

[0151] その後、工程 S 8 A によって計算された色度座標および工程 S 8 B によって計算された色度座標を用いて計算を行う（工程 S 8 C）。

[0152] なお、工程 S 8 A および S 8 B を実行する順序は、図 1 8 の例に限定されるものではない。工程 S 8 B を工程 S 8 A よりも前に実行してもよい。

[0153] また、工程 S 8 B において、仮定された任意のスペクトルに基づいて、第 4 の直線上に位置する複数の点の色度座標に加え、第 4 の色の輝度および第 1 の色の輝度を計算することが好ましい。工程 S 8 B において第 4 の色の輝度および第 1 の色の輝度を計算しておき、工程 S 8 C においてそれらの輝度も用いて計算を行うことは、多変数最適化問題における条件数を増やすことに他ならないからである。

[0154] なお、図 1 6、図 1 7 および図 1 8 を参照しながら説明した光学スペクトル設計方法は、2 色についてのスペクトル決定アルゴリズムを 2 つの原色の組み合わせに順次適用する方法である（既に説明した方法（I）に相当する）。勿論、2 色についてのスペクトル決定アルゴリズムを 3 つの原色の組み合わせに拡張して適用する光学スペクトル設計方法を採用してもよい（既に説明した方法（II）に相当する）。以下、図 1 9 を参照しながら、4 色の場合についてそのような光学スペクトル設計方法を説明する。

[0155] まず、第 1 目標輝度、第 1 目標色度座標、第 2 目標輝度、第 2 目標色度座標、第 3 目標輝度、第 3 目標色度座標、第 4 目標輝度および第 4 目標色度座標を設定する（工程 S 2 1）、その後、設定された第 1 目標輝度、第 1 目標

色度座標、第2目標輝度、第2目標色度座標、第3目標輝度、第3目標色度座標、第4目標輝度および第4目標色度座標に基づいて、光学スペクトルに関する計算を行う（工程S22）。この工程S22においては、設定された上述の輝度および色度座標だけでなく、第1の直線上に位置する複数の点の色度座標と、第2の直線上に位置する複数の点の色度座標と、第3の直線上に位置する複数の点の色度座標と、第4の直線上に位置する複数の点の色度座標とにも基づいて、計算が行われる。工程S22は、式（28）および（29）を参照しながら既に説明した手法に相当し、例えば第1の色が赤、第2の色が黄、第3の色が緑、第4の色が青である場合には、式（28）および（29）を用いた計算が行われ、それによって光学スペクトルが決定される。

[0156] 図20を参照しながら、工程S22をより具体的に説明する。図20は、工程S22をより具体的に示すフローチャートである。

[0157] 工程S21の後、まず、第1目標輝度、第1目標色度座標、第2目標輝度、第2目標色度座標、第3目標輝度、第3目標色度座標、第4目標輝度および第4目標色度座標に基づいて、第1の直線上に位置する複数の点の色度座標、第2の直線上に位置する複数の点の色度座標、第3の直線上に位置する複数の点の色度座標および第4の直線上に位置する複数の点の色度座標を計算する（工程S22A）。

[0158] 次に、第1の色に対応する第1スペクトル、第2の色に対応する第2スペクトル、第3の色に対応する第3スペクトルおよび第4の色に対応する第4スペクトルとして任意のスペクトルを仮定し、仮定された任意のスペクトルに基づいて、第1の直線上に位置する複数の点の色度座標、第2の直線上に位置する複数の点の色度座標、第3の直線上に位置する複数の点の色度座標および第4の直線上に位置する複数の点の色度座標を計算する（工程S22B）。

[0159] その後、工程S22Aによって計算された色度座標および工程S22Bによって計算された色度座標を用いて計算を行う（工程S22C）。この工程

S 2 2 Cは、例えば式（29）で示されるような連立方程式を解くことに相当する。

[0160] なお、工程S 2 2 AおよびS 2 2 Bを実行する順序は、図20の例に限定されるものではない。工程S 2 2 Bを工程S 2 2 Aよりも前に実行してもよい。

[0161] また、工程S 2 2 Bにおいて、仮定された任意のスペクトルに基づいて、第1、第2、第3および第4の直線上に位置する複数の点の色度座標に加え、第1の色の輝度、第2の色の輝度、第3の色の輝度および第4の色の輝度を計算することが好ましい。工程S 2 2 Bにおいて第1の色の輝度、第2の色の輝度、第3の色の輝度および第4の輝度を計算しておき、工程S 2 2 Cにおいてそれらの輝度も用いて計算を行うことは、多変数最適化問題における条件数を増やすことに他ならないからである。

[0162] 上述したように、本実施形態における光学スペクトル設計方法によれば、2色の目標色度座標同士を結ぶ直線上に位置する複数の点の色度座標を条件として用いることにより、目標とする輝度および色度に対して最適な光学スペクトルを設計することができる。本実施形態における光学スペクトル設計方法は、カットアンドトライにより光学スペクトルを決定する手法に比べ、設定目標に対して精度が高く、且つ、効率的な光学スペクトルの設計が可能である。

[0163] また、本実施形態における光学スペクトル設計方法は、設計した光学スペクトルが最適化されたものであるか否かを判定するための判定工程を含むことがさらに好ましい。図21に、4色の場合について判定工程を含むフローチャートを示す。

[0164] 図21に示す例では、まず、図19に示したフローチャートと同様に、工程S 2 1およびS 2 2を行う。その後、工程S 2 2によって計算された光学スペクトルについて所定の二次形式の関数を設定し、光学スペクトルに一定の変分値を加えたときに二次形式の関数が対称な二次関数になっているか否かを判定する（工程S 2 3）。この工程S 2 3は、式（7）～（12）を参

照しながら既に説明した手法に相当する。

[0165] 光学スペクトル設計方法がこのような判定工程（工程 S 2 3）を含むことにより、目標とする輝度および色度に最適な光学スペクトルが設計できているか、確認することができるので、より精度の高い設計が可能となる。

[0166] なお、ここまでは、カラー表示画素が 3 つの画素から構成される場合（3 色構成）および 4 つの画素から構成される場合（4 色構成）を例として説明を行ったが、本発明はこれに限定されるものではない。カラー表示画素が 5 つ以上の画素から構成される場合であっても、同様の方法により光学スペクトルの設計を行うことができる。

[0167] 本実施形態における光学スペクトル設計方法は、表示装置の製造方法における 1 工程として好適に実行され得る。この場合、表示装置の製造方法は、本実施形態における光学スペクトル設計方法により光学スペクトルを設計する工程と、設計された光学スペクトルを有する表示装置を作製する工程とを含む。後者の工程において作製される表示装置が、液晶表示装置である場合、この工程は、典型的には、設計された光学スペクトルが実現されるように照明素子（バックライト）およびカラーフィルタを用意する工程を含む。

産業上の利用可能性

[0168] 本発明によると、目標とする輝度および色度に対して最適な光学スペクトルを設計することができる表示装置の光学スペクトル設計方法が提供される。本発明による表示装置の光学スペクトル設計方法は、液晶表示装置をはじめとする種々の表示装置の光学スペクトルの設計に好適に用いられ、4 つ以上の原色を用いてカラー表示を行う多原色表示装置の光学スペクトルの設計も好適に行うことができる。

請求の範囲

[請求項1] 第1の色を表示する第1画素および前記第1の色とは異なる第2の色を表示する第2画素を含む複数の画素から構成されたカラー表示画素を有する表示装置の光学スペクトル設計方法であって、

前記第1の色についての目標とする輝度および色度座標である第1目標輝度および第1目標色度座標と、前記第2の色についての目標とする輝度および色度座標である第2目標輝度および第2目標色度座標とを設定する工程(a)と、

少なくとも前記第1目標輝度、前記第1目標色度座標、前記第2目標輝度および前記第2目標色度座標と、前記第1目標色度座標および前記第2目標色度座標を結ぶ第1の直線上に位置する複数の点の色度座標とに基づいて、光学スペクトルに関する計算を行う工程(b)と、

を包含する表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項2] 前記工程(b)は、

前記第1目標輝度、前記第1目標色度座標、前記第2目標輝度および前記第2目標色度座標に基づいて、前記第1の直線上に位置する前記複数の点の色度座標を計算する工程(b1)と、

前記第1の色に対応する第1スペクトルおよび前記第2の色に対応する第2スペクトルとして任意のスペクトルを仮定し、仮定された前記任意のスペクトルに基づいて、前記第1の直線上に位置する前記複数の点の色度座標を計算する工程(b2)と、

前記工程(b1)によって計算された色度座標および前記工程(b2)によって計算された色度座標を用いて計算を行う工程(b3)と、

を含む請求項1に記載の表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項3] 前記工程(b2)において、仮定された前記任意のスペクトルに基づいて、前記第1の色の輝度および前記第2の色の輝度も計算され、

前記工程（b 3）において、前記工程（b 2）によって計算された前記第 1 の色の輝度および前記第 2 の色の輝度も用いて計算が行われる請求項 2 に記載の表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項4] 前記複数の画素は、前記第 1 の色および前記第 2 の色とは異なる第 3 の色を表示する第 3 画素をさらに含む請求項 1 から 3 のいずれかに記載の表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項5] 前記第 3 の色についての目標とする輝度および色度座標である第 3 目標輝度および第 3 目標色度座標を設定する工程（c）と、

少なくとも前記第 2 目標輝度、前記第 2 目標色度座標、前記第 3 目標輝度および前記第 3 目標色度座標と、前記第 2 目標色度座標および前記第 3 目標色度座標を結ぶ第 2 の直線上に位置する複数の点の色度座標とに基づいて、光学スペクトルに関するさらなる計算を行う工程（d）と、をさらに包含する請求項 4 に記載の表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項6] 前記工程（d）は、

前記第 2 目標輝度、前記第 2 目標色度座標、前記第 3 目標輝度および前記第 3 目標色度座標に基づいて、前記第 2 の直線上に位置する前記複数の点の色度座標を計算する工程（d 1）と、

前記第 2 の色に対応する第 2 スペクトルおよび前記第 3 の色に対応する第 3 スペクトルとして任意のスペクトルを仮定し、仮定された前記任意のスペクトルに基づいて、前記第 2 の直線上に位置する前記複数の点の色度座標を計算する工程（d 2）と、

前記工程（d 1）によって計算された色度座標および前記工程（d 2）によって計算された色度座標を用いて計算を行う工程（d 3）と、
を含む請求項 5 に記載の表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項7] 前記工程（d 2）において、仮定された前記任意のスペクトルに基づいて、前記第 2 の色の輝度および前記第 3 の色の輝度も計算され、

前記工程（d 3）において、前記工程（d 2）によって計算された前記第 2 の色の輝度および前記第 3 の色の輝度も用いて計算が行われる請求項 6 に記載の表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項 8] 前記工程（d）の後、前記第 3 目標輝度、前記第 3 目標色度座標、前記第 1 目標輝度および前記第 1 目標色度座標と、前記第 3 目標色度座標および前記第 1 目標色度座標を結ぶ第 3 の直線上に位置する複数の点の色度座標とに基づいて、光学スペクトルに関するさらなる計算を行う工程（e）をさらに包含する請求項 5 から 7 のいずれかに記載の表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項 9] 前記複数の画素は、前記第 1 の色および前記第 2 の色とは異なる第 3 の色を表示する第 3 画素をさらに含み、

前記工程（a）において、前記第 3 の色についての目標とする輝度および色度座標である第 3 目標輝度および第 3 目標色度座標も設定され、

前記工程（b）において、前記第 3 目標輝度および前記第 3 目標色度座標と、前記第 2 目標色度座標および前記第 3 目標色度座標を結ぶ第 2 の直線上に位置する複数の点の色度座標と、前記第 3 目標色度座標および前記第 1 目標色度座標を結ぶ第 3 の直線上に位置する複数の点の色度座標とにも基づいて、計算が行われる請求項 1 に記載の表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項 10] 前記工程（b）は、

前記第 1 目標輝度、前記第 1 目標色度座標、前記第 2 目標輝度、前記第 2 目標色度座標、前記第 3 目標輝度および前記第 3 目標色度座標に基づいて、前記第 1 の直線上に位置する前記複数の点の色度座標、前記第 2 の直線上に位置する前記複数の点の色度座標および前記第 3 の直線上に位置する前記複数の点の色度座標を計算する工程（b 1）と、

前記第 1 の色に対応する第 1 スペクトル、前記第 2 の色に対応する

第2スペクトルおよび前記第3の色に対応する第3スペクトルとして任意のスペクトルを仮定し、仮定された前記任意のスペクトルに基づいて、前記第1の直線上に位置する前記複数の点の色度座標、前記第2の直線上に位置する前記複数の点の色度座標および前記第3の直線上に位置する前記複数の点の色度座標を計算する工程（b2）と、

前記工程（b1）によって計算された色度座標および前記工程（b2）によって計算された色度座標を用いて計算を行う工程（b3）と、

を含む請求項9に記載の表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項11] 前記工程（b2）において、仮定された前記任意のスペクトルに基づいて、前記第1の色の輝度、前記第2の色の輝度および前記第3の色の輝度も計算され、

前記工程（b3）において、前記工程（b2）によって計算された前記第1の色の輝度、前記第2の色の輝度および前記第3の色の輝度も用いて計算が行われる請求項10に記載の表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項12] 前記複数の画素は、前記第1の色、前記第2の色および前記第3の色とは異なる第4の色を表示する第4画素をさらに含む請求項4から7のいずれかに記載の表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項13] 前記第4の色についての目標とする輝度および色度座標である第4目標輝度および第4目標色度座標を設定する工程（f）と、

前記第3目標輝度、前記第3目標色度座標、前記第4目標輝度および前記第4目標色度座標と、前記第3目標色度座標および前記第4目標色度座標を結ぶ第3の直線上に位置する複数の点の色度座標とに基づいて、光学スペクトルに関するさらなる計算を行う工程（g）と、をさらに包含する請求項12に記載の表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項14] 前記工程（g）は、

前記第3目標輝度、前記第3目標色度座標、前記第4目標輝度および前記第4目標色度座標に基づいて、前記第3の直線上に位置する前記複数の点の色度座標を計算する工程（g1）と、

前記第3の色に対応する第3スペクトルおよび前記第4の色に対応する第4スペクトルとして任意のスペクトルを仮定し、仮定された前記任意のスペクトルに基づいて、前記第3の直線上に位置する前記複数の点の色度座標を計算する工程（g2）と、

前記工程（g1）によって計算された色度座標および前記工程（g2）によって計算された色度座標を用いて計算を行う工程（g3）と、

を含む請求項13に記載の表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項15] 前記工程（g2）において、仮定された前記任意のスペクトルに基づいて、前記第3の色の輝度および前記第4の色の輝度も計算され、

前記工程（g3）において、前記工程（g2）によって計算された前記第3の色の輝度および前記第4の色の輝度も用いて計算が行われる請求項14に記載の表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項16] 前記工程（g）の後、前記第4目標輝度、前記第4目標色度座標、前記第1目標輝度および前記第1目標色度座標と、前記第4目標色度座標および前記第1目標色度座標を結ぶ第4の直線上に位置する複数の点の色度座標とに基づいて、光学スペクトルに関するさらなる計算を行う工程（h）をさらに包含する請求項13から15のいずれかに記載の表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項17] 前記複数の画素は、前記第1の色および前記第2の色とは異なる第3の色を表示する第3画素と、前記第1の色、前記第2の色および前記第3の色とは異なる第4の色を表示する第4画素とをさらに含み、

前記工程（a）において、前記第3の色についての目標とする輝度および色度座標である第3目標輝度および第3目標色度座標と、前記第4の色についての目標とする輝度および色度座標である第4目標輝

度および第4目標色度座標も設定され、

前記工程（b）において、前記第3目標輝度、前記第3目標色度座標、前記第4目標輝度および前記第4目標色度座標と、前記第2目標色度座標および前記第3目標色度座標を結ぶ第2の直線上に位置する複数の点の色度座標と、前記第3目標色度座標および前記第4目標色度座標を結ぶ第3の直線上に位置する複数の点の色度座標と、前記第4目標色度座標および前記第1目標色度座標を結ぶ第4の直線上に位置する複数の点の色度座標とにも基づいて、計算が行われる請求項1に記載の表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項18]

前記工程（b）は、

前記第1目標輝度、前記第1目標色度座標、前記第2目標輝度、前記第2目標色度座標、前記第3目標輝度、前記第3目標色度座標、前記第4目標輝度および前記第4目標色度座標に基づいて、前記第1の直線上に位置する前記複数の点の色度座標、前記第2の直線上に位置する前記複数の点の色度座標、前記第3の直線上に位置する前記複数の点の色度座標および前記第4の直線上に位置する前記複数の点の色度座標を計算する工程（b1）と、

前記第1の色に対応する第1スペクトル、前記第2の色に対応する第2スペクトル、前記第3の色に対応する第3スペクトルおよび前記第4の色に対応する第4スペクトルとして任意のスペクトルを仮定し、仮定された前記任意のスペクトルに基づいて、前記第1の直線上に位置する前記複数の点の色度座標、前記第2の直線上に位置する前記複数の点の色度座標、前記第3の直線上に位置する前記複数の点の色度座標および前記第4の直線上に位置する前記複数の点の色度座標を計算する工程（b2）と、

前記工程（b1）によって計算された色度座標および前記工程（b2）によって計算された色度座標を用いて計算を行う工程（b3）と、

を含む請求項 17 に記載の表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項19] 前記工程 (b2) において、仮定された前記任意のスペクトルに基づいて、前記第1の色の輝度、前記第2の色の輝度、前記第3の色の輝度および前記第4の色の輝度も計算され、

前記工程 (b3) において、前記工程 (b2) によって計算された前記第1の色の輝度、前記第2の色の輝度、前記第3の色の輝度および前記第4の色の輝度も用いて計算が行われる請求項 18 に記載の表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項20] 前記工程 (b) によって計算された光学スペクトルについて所定の二次形式の関数を設定し、前記光学スペクトルに一定の変分値を加えたときに前記二次形式の関数が対称な二次関数になっているか否かを判定する工程 (i) をさらに包含する請求項 1 から 19 のいずれかに記載の表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項21] 前記複数の画素は、赤を表示する赤画素、緑を表示する緑画素および青を表示する青画素を含む請求項 1 から 20 のいずれかに記載の表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項22] 前記複数の画素は、黄を表示する黄画素をさらに含む請求項 21 に記載の表示装置の光学スペクトル設計方法。

[請求項23] 請求項 1 から 22 のいずれかに記載の表示装置の光学スペクトル設計方法により光学スペクトルを設計する工程 (A) と、

設計された前記光学スペクトルを有する表示装置を作製する工程 (B) と、

を包含する表示装置の製造方法。

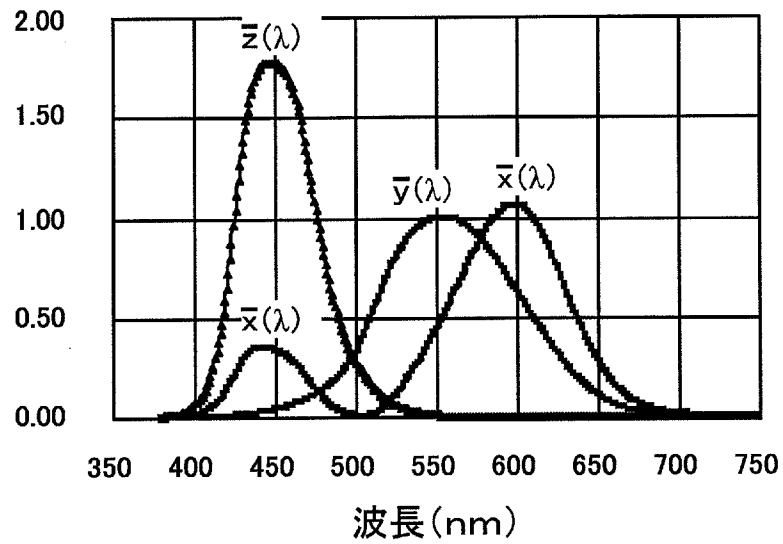
[請求項24] 前記工程 (B) において作製される前記表示装置は、液晶表示装置である請求項 23 に記載の表示装置の製造方法。

[請求項25] 前記液晶表示装置は、照明素子と、カラーフィルタとを含み、

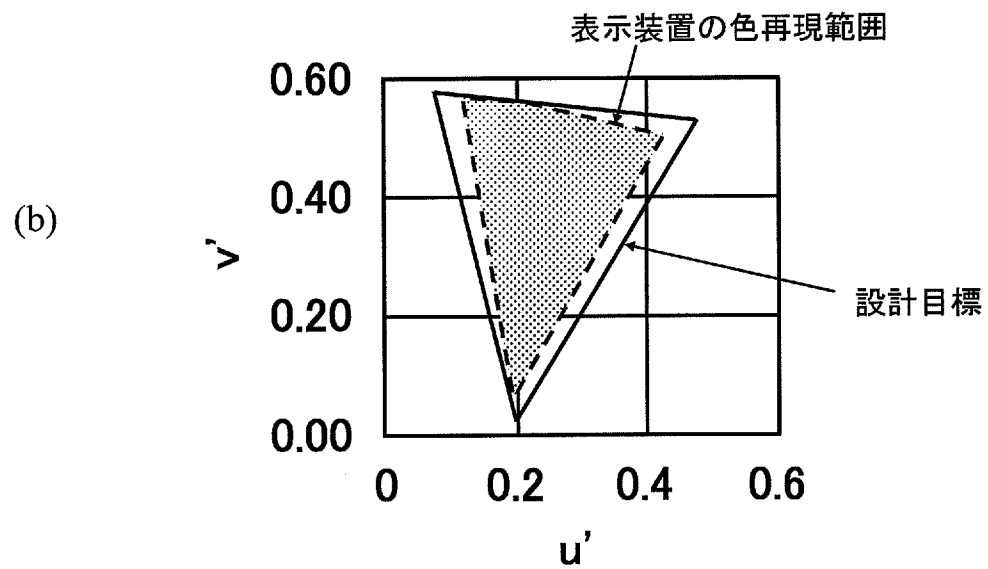
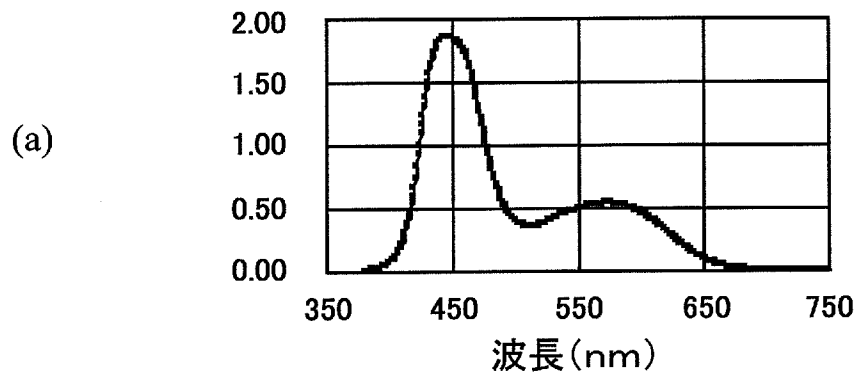
前記工程 (B) は、前記光学スペクトルが実現されるように前記照明素子および前記カラーフィルタを用意する工程 (B1) を含む請求

項 2 4 に記載の表示装置の製造方法。

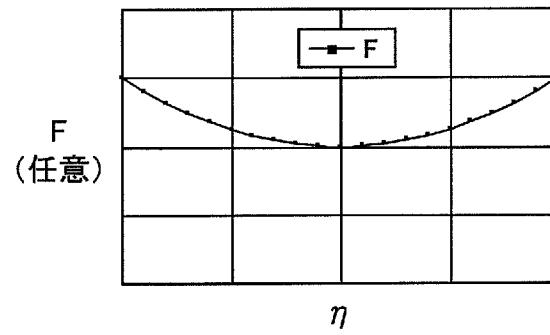
[図1]



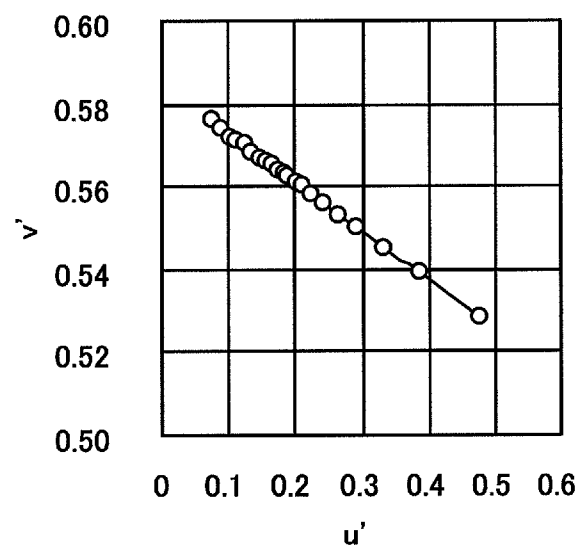
[図2]



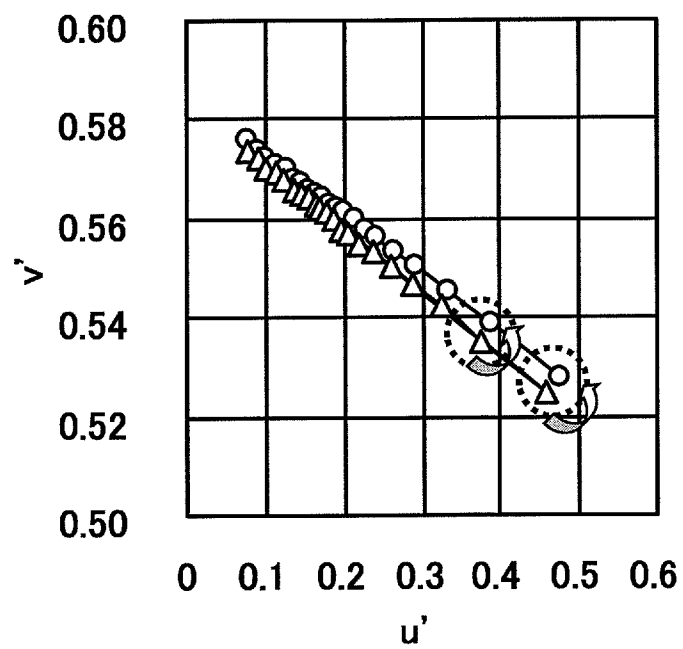
[図3]



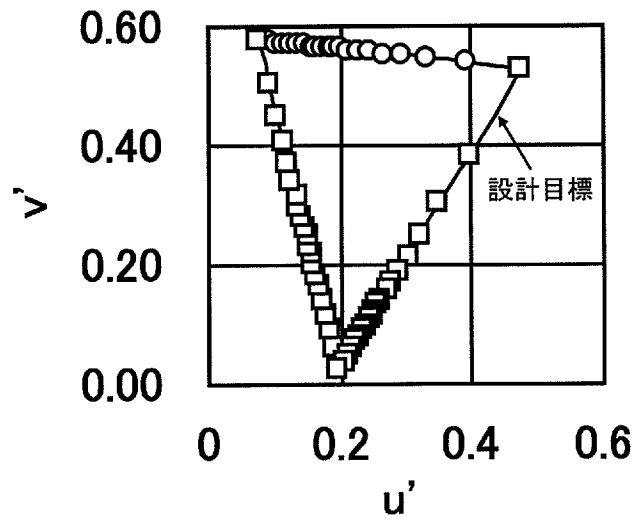
[図4]



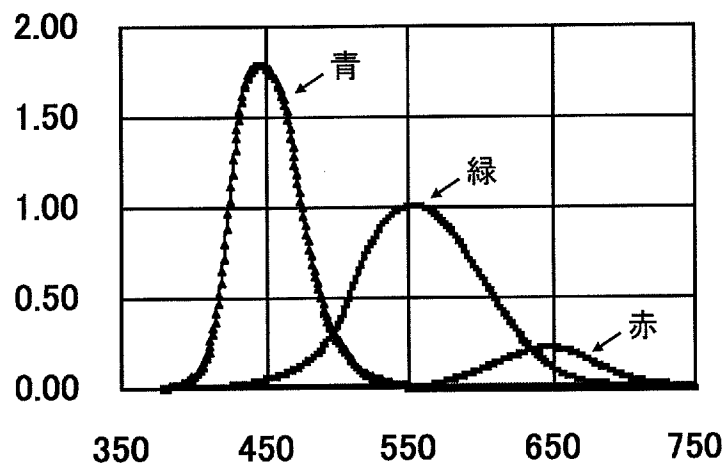
[図5]



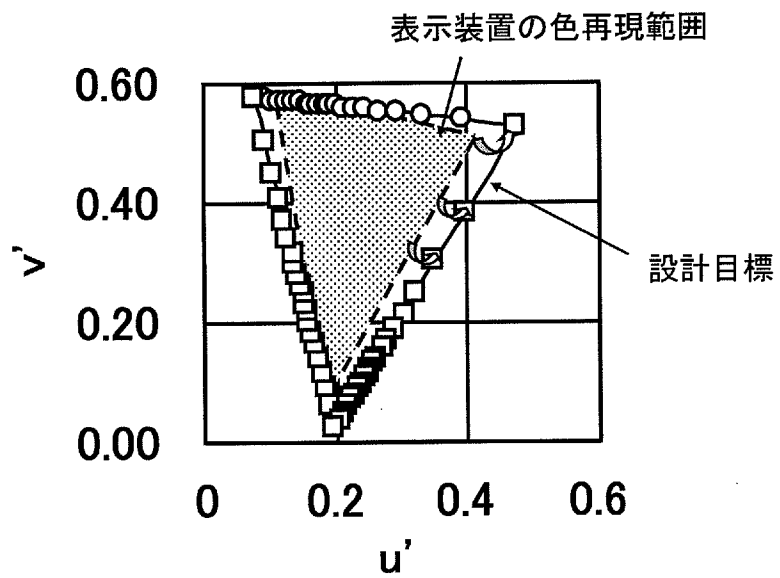
[図6]



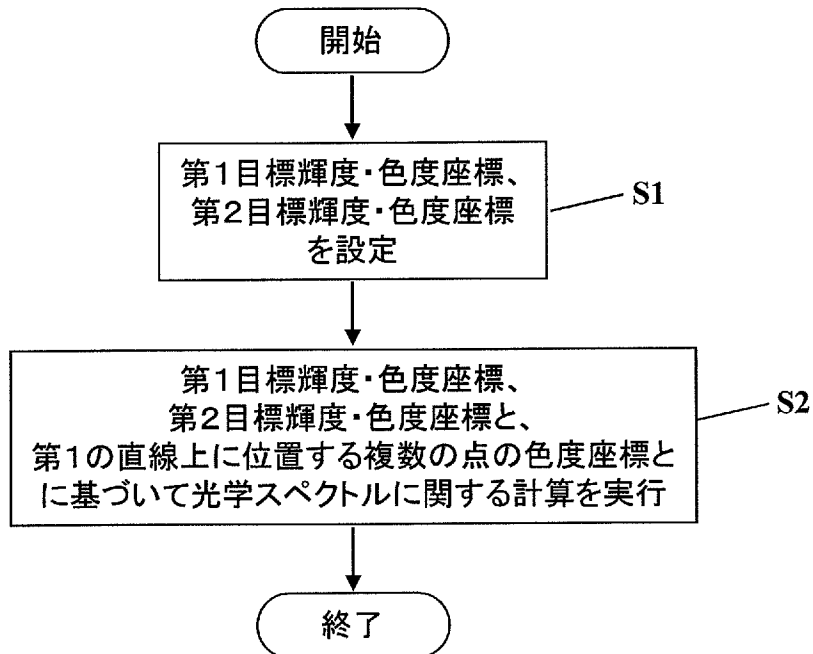
[図7]



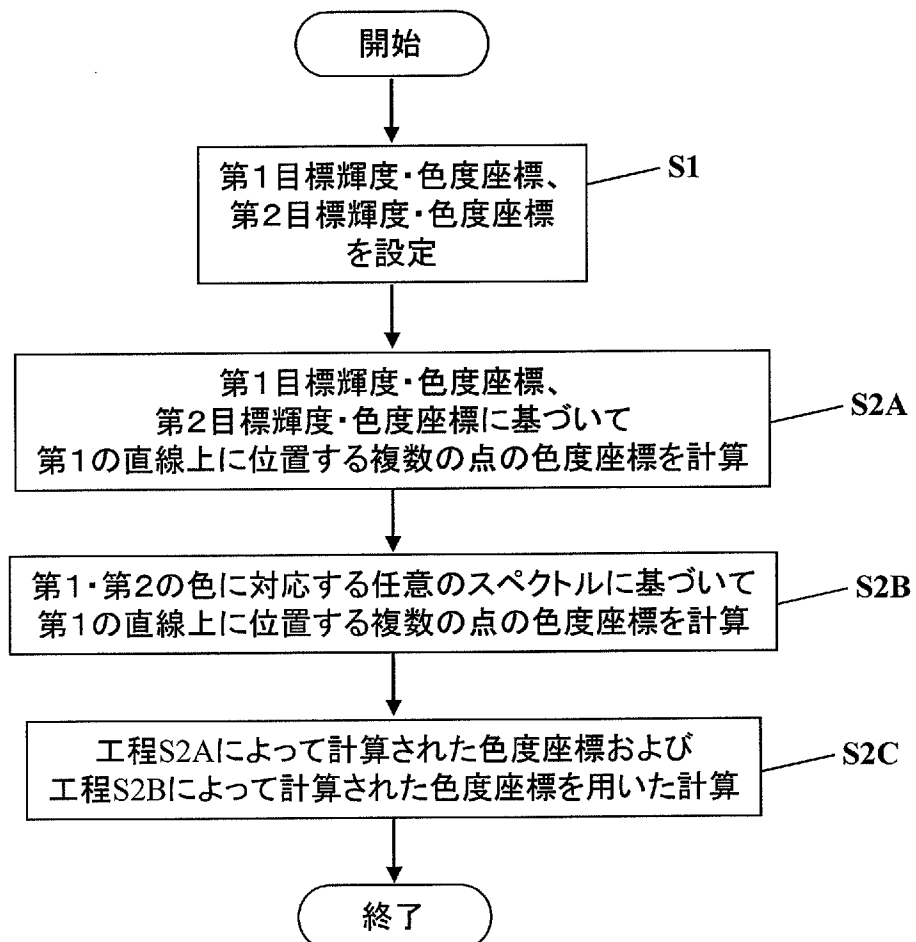
[図8]



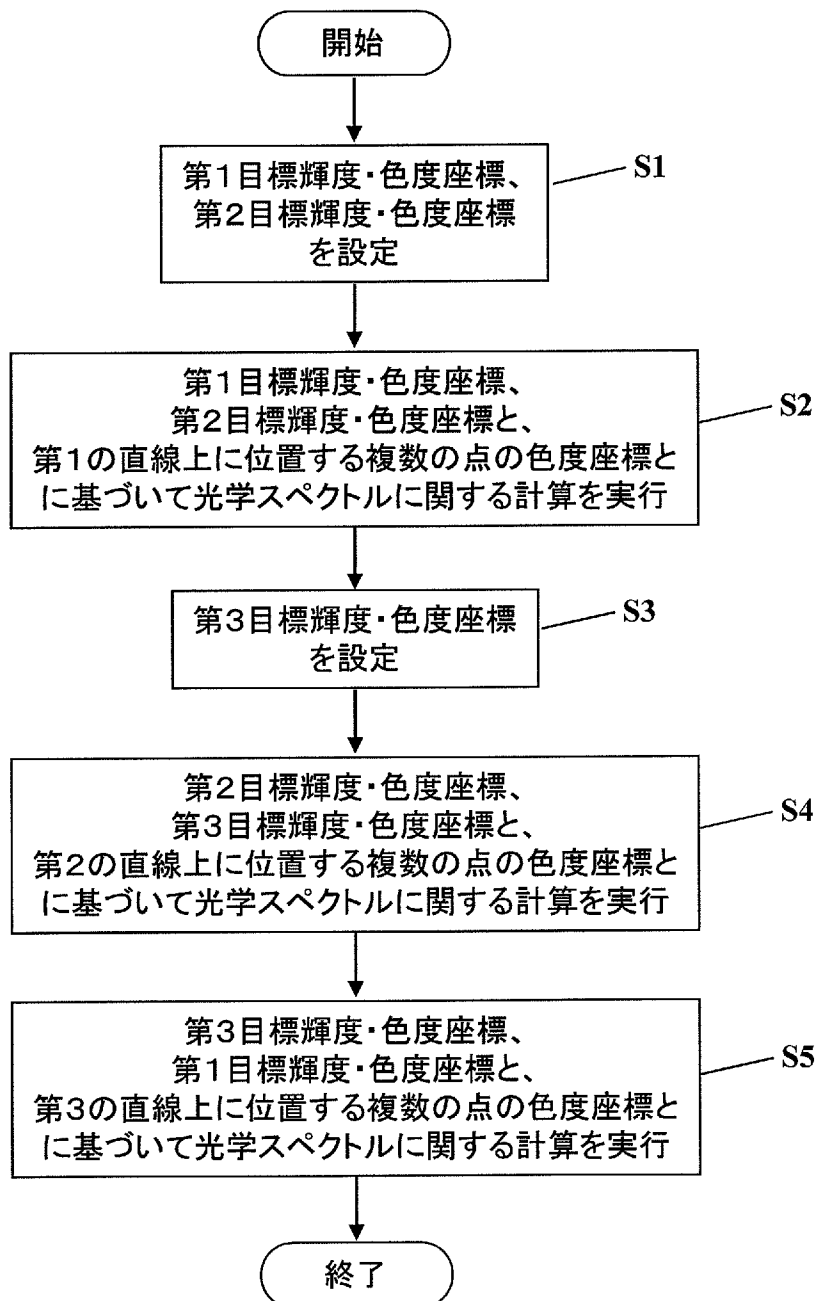
[図9]



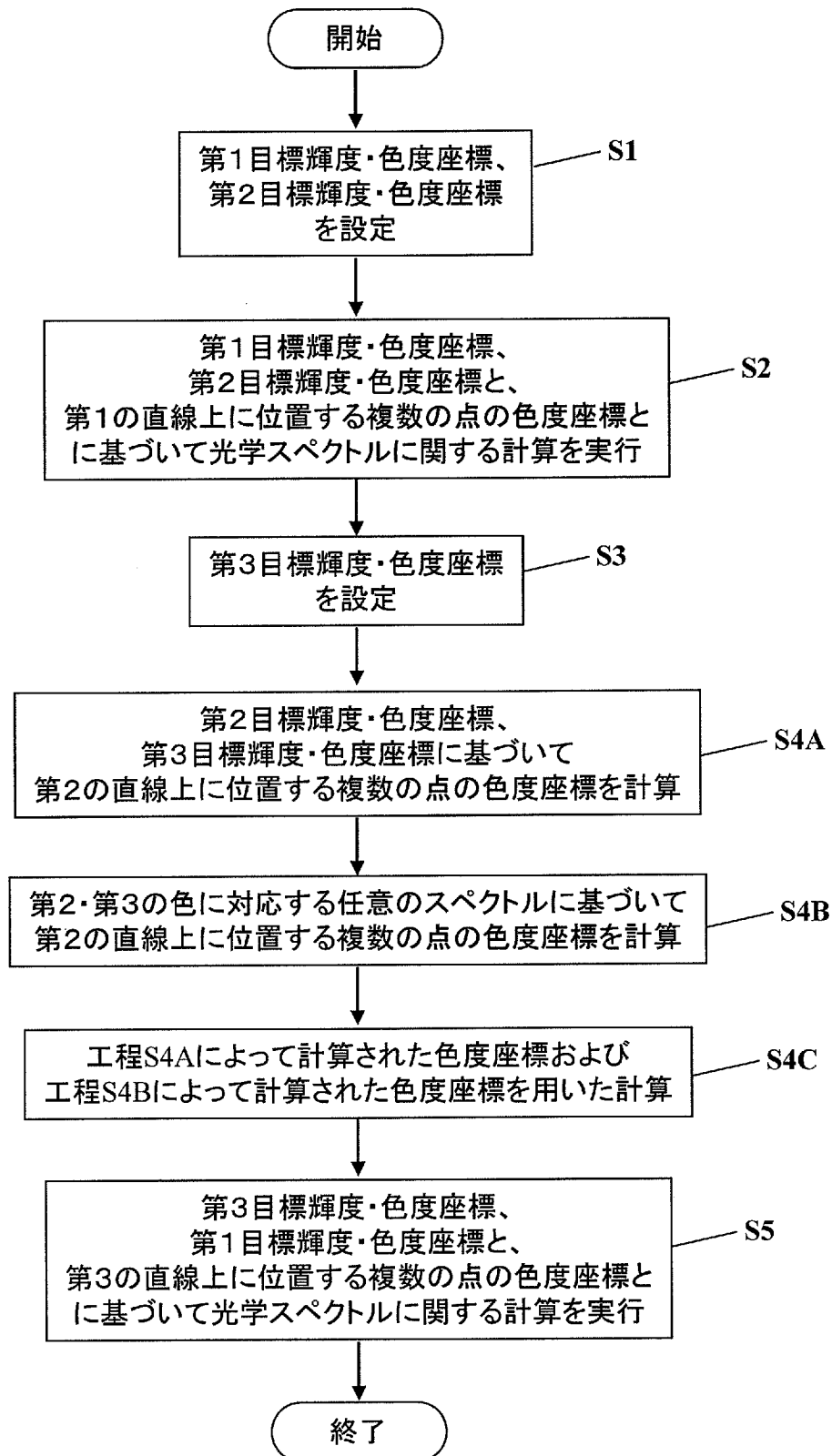
[図10]



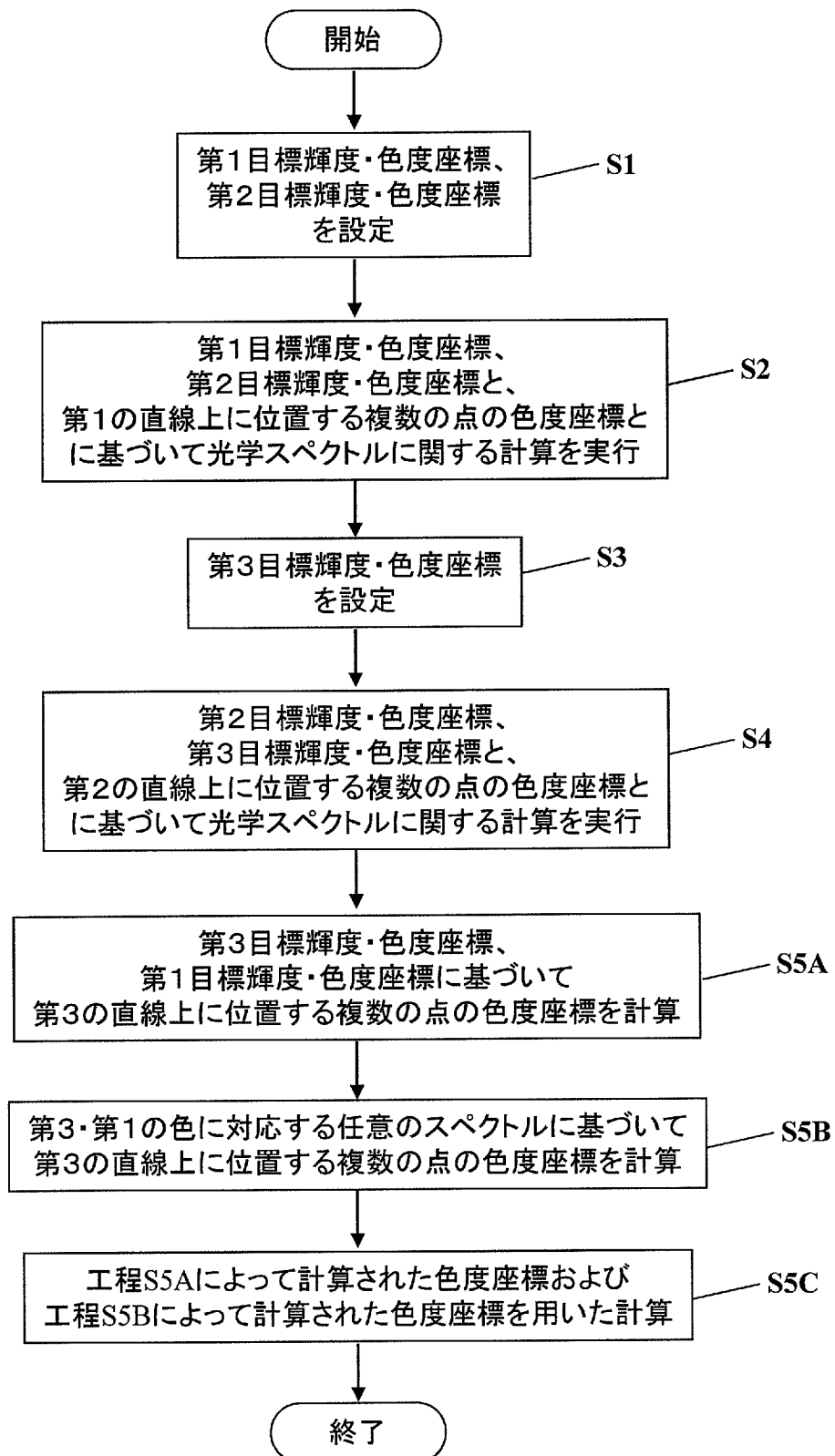
[図11]



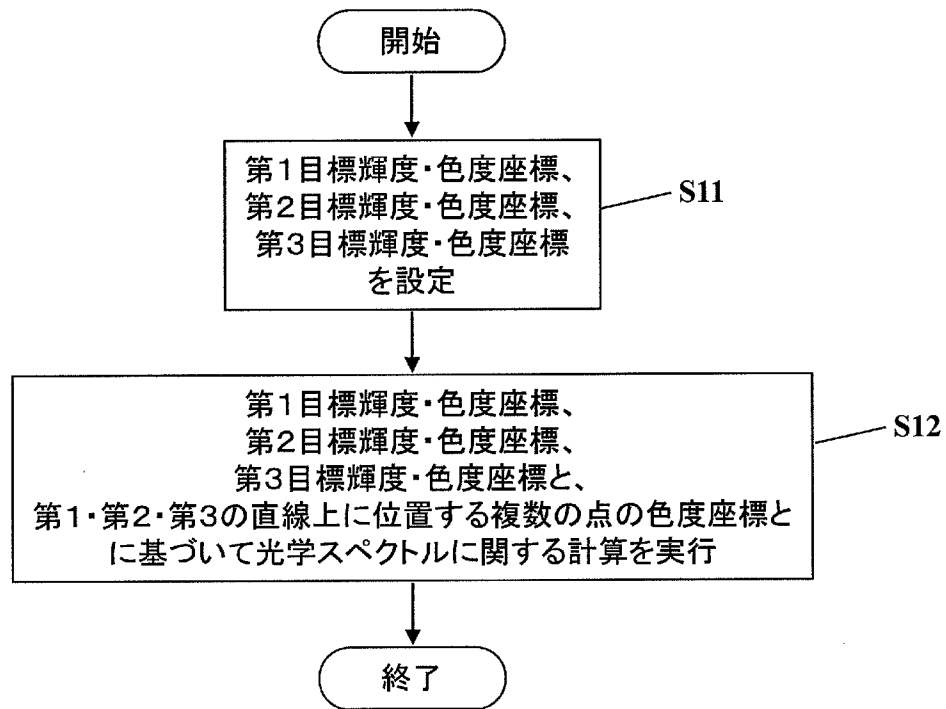
[図12]



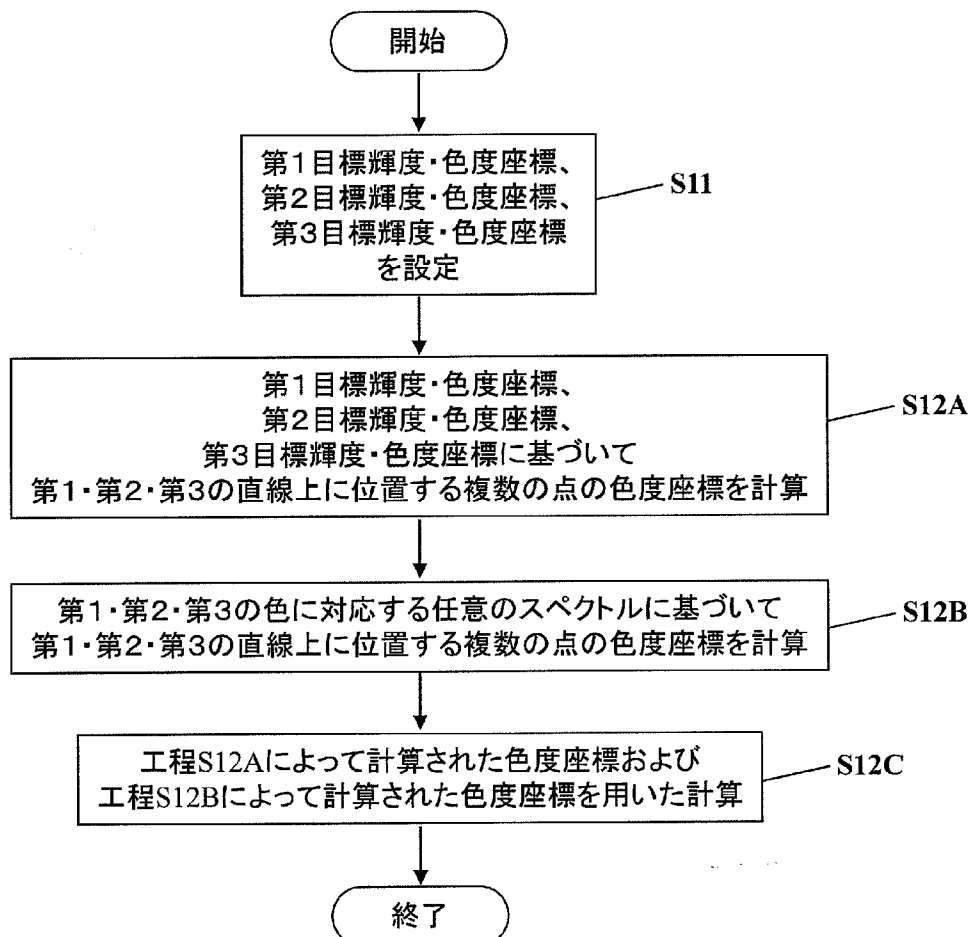
[図13]



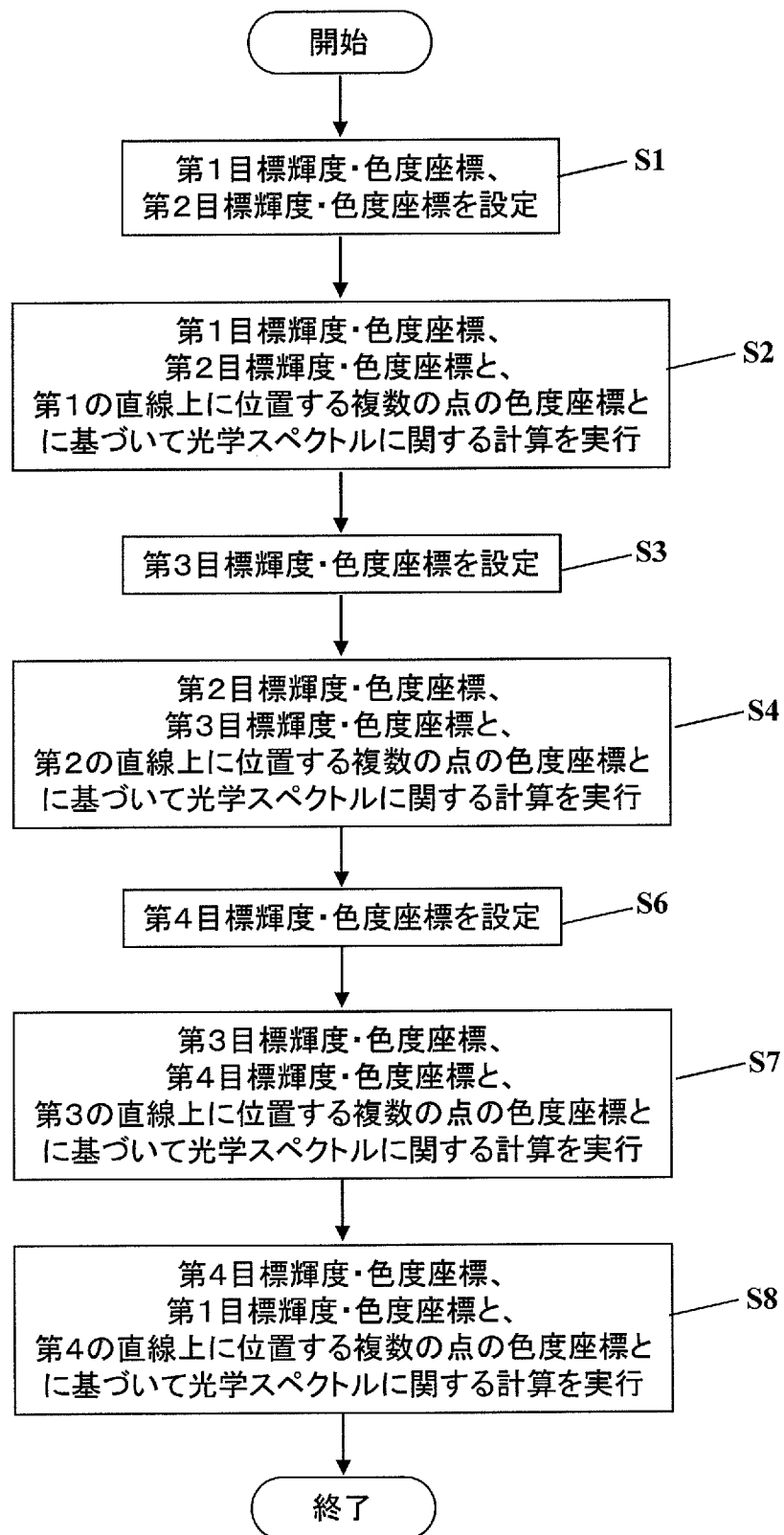
[図14]



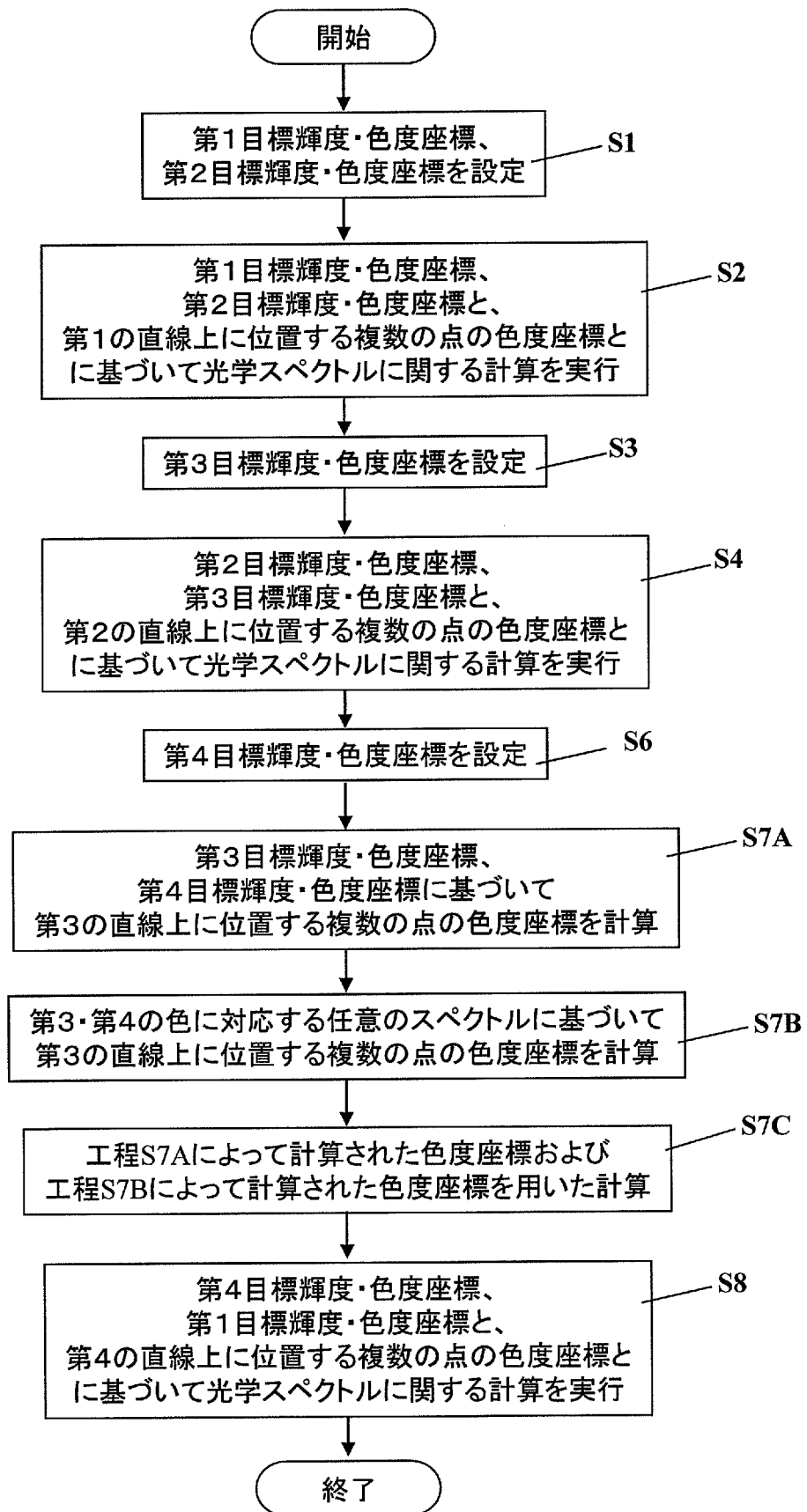
[図15]



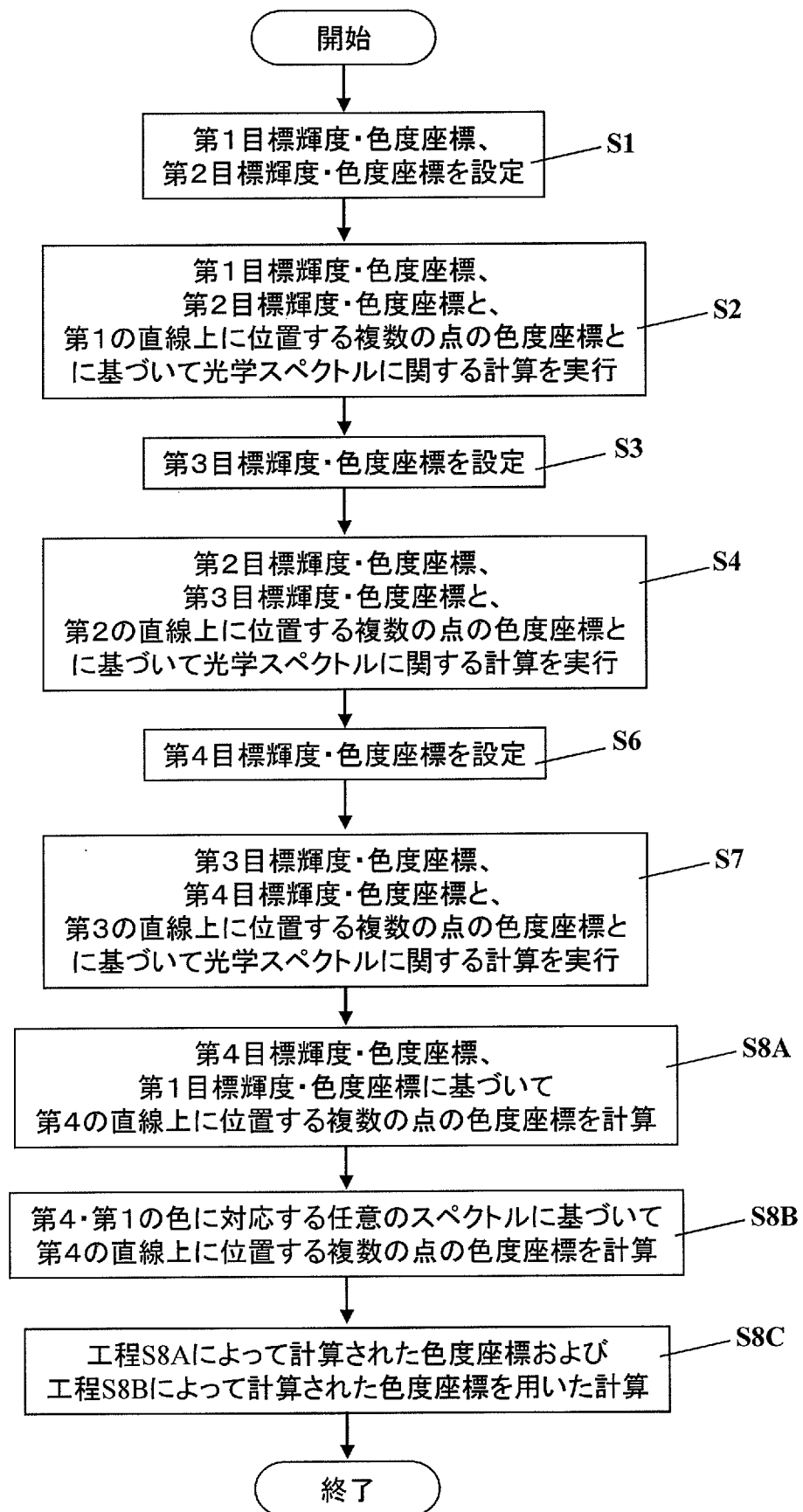
[図16]



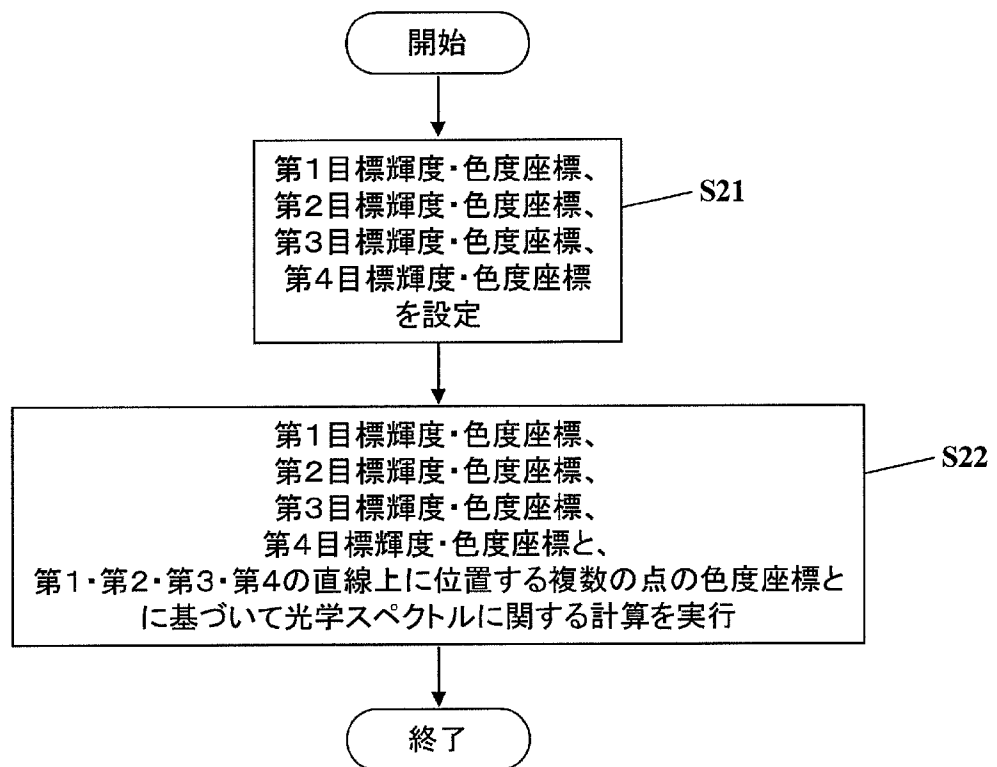
[図17]



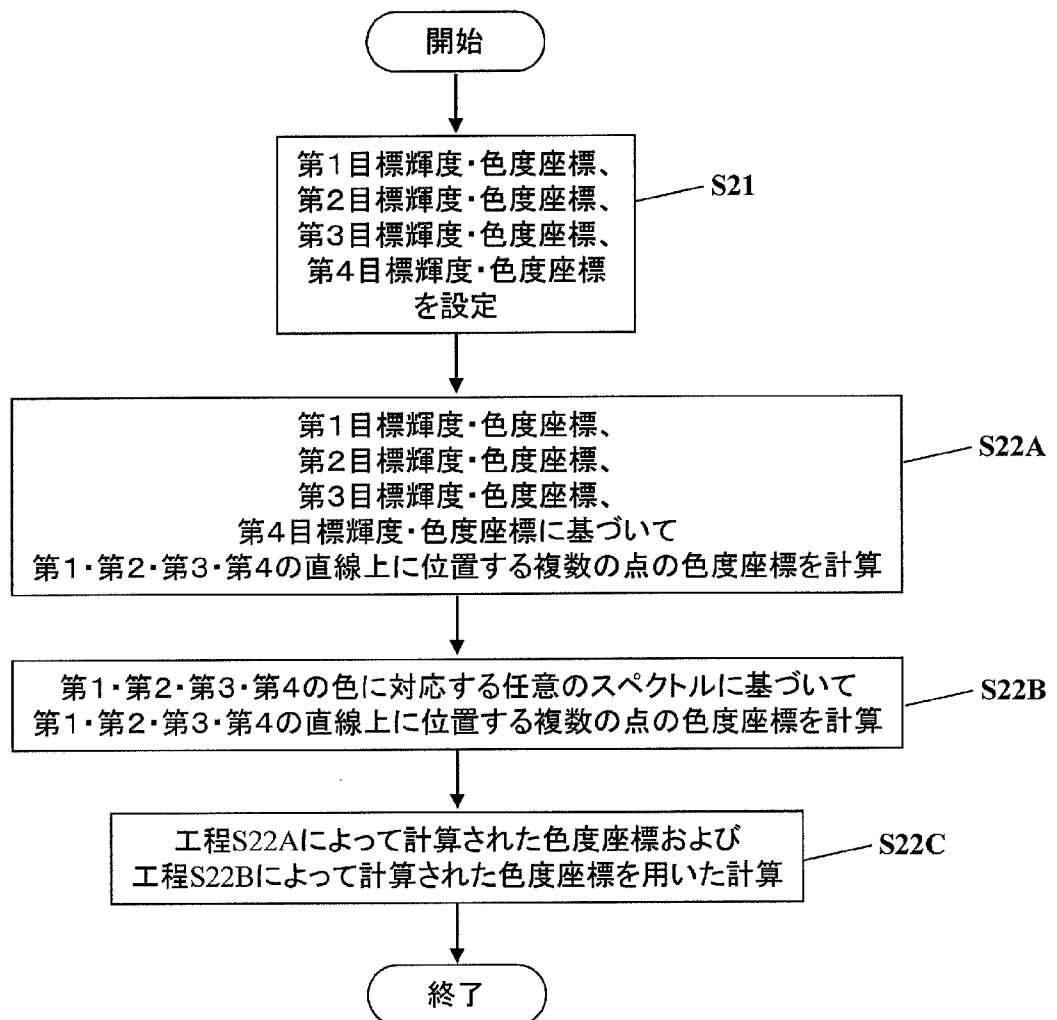
[図18]



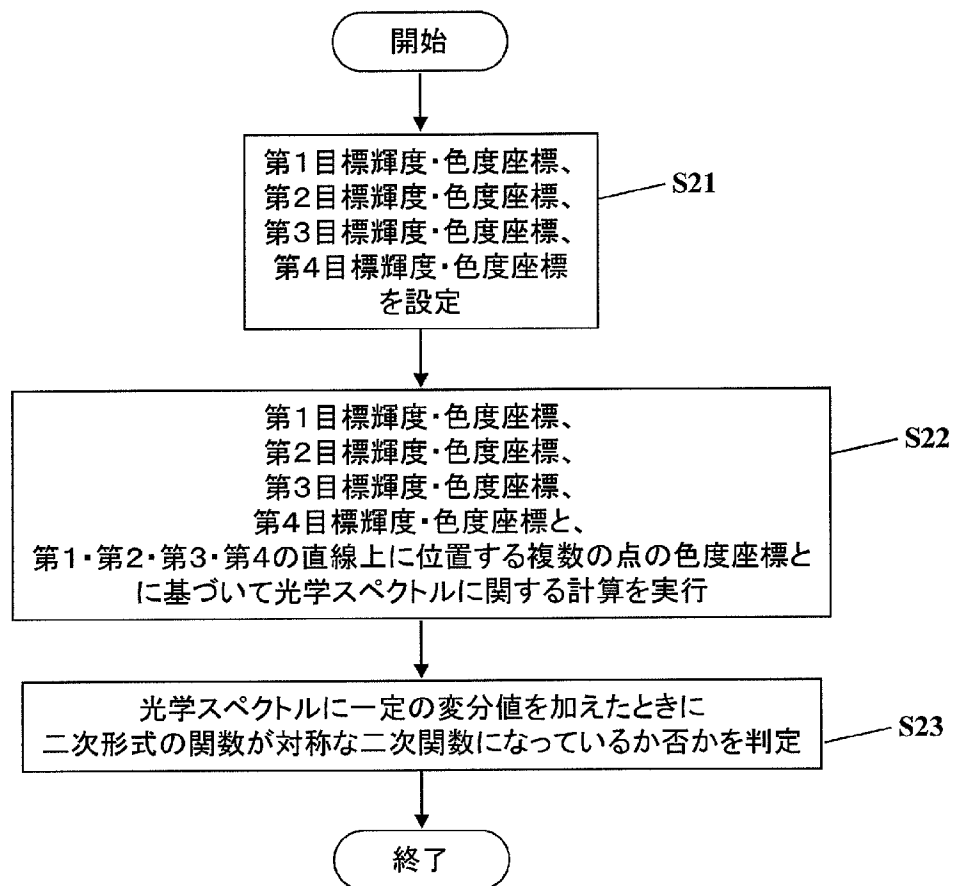
[図19]



[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/053979

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G09F9/30(2006.01)i, G02F1/1335(2006.01)i, G02F1/13357(2006.01)i, G09G3/20(2006.01)i, G09G3/36(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)

G09F9/30, G02F1/1335, G02F1/13357, G09G3/20, G09G3/36

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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	JP 2005-189402 A (Sony Corp., Toyota Industries Corp.), 14 July 2005 (14.07.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-25
A	JP 2005-129040 A (Toray Industries, Inc.), 19 May 2005 (19.05.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1-25
A	JP 2009-020115 A (Honeywell International Inc.), 29 January 2009 (29.01.2009), entire text; all drawings & JP 2004-526943 A & US 2002/0079479 A1 & EP 1339801 A & WO 2002/046317 A2	1-25

☒ 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
02 April, 2012 (02.04.12)

Date of mailing of the international search report
17 April, 2012 (17.04.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/053979

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-164172 A (Idemitsu Kosan Co., Ltd.), 07 June 2002 (07.06.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-25
A	WO 2010/091539 A1 (CHROMA ATE INC.), 19 August 2010 (19.08.2010), entire text; all drawings & CN 101799328 A & JP 2012-507013 A	1-25

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G09F9/30(2006.01)i, G02F1/1335(2006.01)i, G02F1/13357(2006.01)i, G09G3/20(2006.01)i, G09G3/36(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G09F9/30, G02F1/1335, G02F1/13357, G09G3/20, G09G3/36

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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	JP 2005-189402 A (ソニー株式会社、株式会社豊田自動織機) 2005.07.14, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-25
A	JP 2005-129040 A (東レ株式会社) 2005.05.19, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-25
A	JP 2009-020115 A (ハネウェル・インターナショナル・インコーポ レーテッド) 2009.01.29, 全文、全図 & JP 2004-526943 A & US 2002/0079479 A1 & EP 1339801 A & WO 2002/046317 A2	1-25

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

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

の日の後に公表された文献

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

国際調査を完了した日

0 2 . 0 4 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 7 . 0 4 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

佐 竹 政彦

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 3

2 I

2 9 1 1

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
A	JP 2002-164172 A (出光興産株式会社) 2002. 06. 07, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-25
A	WO 2010/091539 A1 (CHROMA ATE INC.) 2010. 08. 19, 全文、全図 & CN 101799328 A & JP 2012-507013 A	1-25