(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
2023年11月30日(30.11.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/229022 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 5/20 (2006.01) *F21V 9/32* (2018.01)
C09K 11/80 (2006.01) *F21V 11/08* (2006.01)
F21S 2/00 (2016.01) *H01L 33/50* (2010.01)
F21V 9/20 (2018.01) *H01L 33/60* (2010.01)
F21V 9/30 (2018.01) *F21Y 115/30* (2016.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2023/019582

(22) 国際出願日： 2023年5月25日(25.05.2023)

(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 2022-087150 2022年5月27日(27.05.2022) JP
特願 2022-177525 2022年11月4日(04.11.2022) JP

(71) 出願人：パナソニックＩＰマネジメント株式会社(**PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒5710057 大阪府門真市元町２２番６号 Osaka (JP).

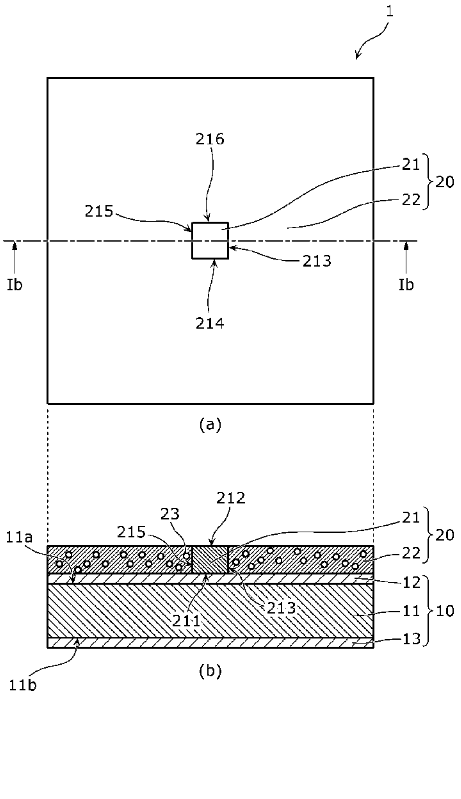
(72) 発明者：阿部 岳志(**ABE, Takeshi**). 森 俊雄(**MORI, Toshio**). 中島 功康(**NAKASHIMA, Noriyasu**).

(74) 代理人：新居 広守, 外(**NII, Hiromori** et al.); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島５丁目３番１０号タナカ・イトーピア新大阪ビル６階新居国際特許事務所内 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,

(54) **Title:** FLUORESCENT BODY DEVICE AND LIGHT SOURCE MODULE

(54) 発明の名称： 蛍光体デバイス及び光源モジュール



(57) **Abstract:** A fluorescent body device (1) comprises: a substrate member (10); and a wavelength conversion member (20) provided on the substrate member (10) and having a fluorescent section (21) and a light reflection section (22). The fluorescent section (21) has a light input surface (211) and a light output surface (212). The light reflection section (22) is provided so as to surround the fluorescent section (21) when observed from the direction of the light output surface (212). The main component of the fluorescent section (21) is a YAG fluorescent ceramic containing Ce^{3+}. The main component of the light reflection section (22) is a light reflective ceramic. The Ce^{3+} concentration of the YAG fluorescent ceramic is 0.005-0.02%, and the thickness of the YAG fluorescent ceramic is 350-820 μm.

(57) 要約：蛍光体デバイス（１）は、基板部材（１０）と、蛍光部（２１）及び光反射部（２２）を有し、基板部材（１０）に設けられる波長変換部材（２０）と、を備え、蛍光部（２１）は、光入射面（２１１）及び光出射面（２１２）を有し、光反射部（２２）は、光出射面（２１２）の方向から見て、蛍光部（２１）の周囲に設けられ、蛍光部（２１）の主成分は、Ce^{3+}を含むＹＡＧ蛍光体セラミックスであり、光反射部（２２）の主成分は、光反射性セラミックスであり、ＹＡＧ蛍光体セラミックスのCe^{3+}濃度は０．００５％以上０．０２％以下であり、ＹＡＧ蛍光体セラミックスの厚みは、３５０μm以上８２０μm以下である。

WO 2023/229022 A1

［続葉有］

CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

明 細 書

発明の名称 ： 蛍光体デバイス及び光源モジュール

技術分野

[0001] 本発明は、蛍光体デバイス及び光源モジュールに関する。

背景技術

[0002] プロジェクタ、内視鏡、車載ヘッドランプ、照明装置又は液晶表示装置などには、ＬＥＤ又は半導体レーザなどの固体発光素子を光源とする光源モジュールが用いられている。この種の光源モジュールは、例えば、光源と、光源が発する光を励起光として蛍光を発する蛍光体デバイスとを備える。この場合、プロジェクタ又は内視鏡などの用途のために用いられる光源モジュールについては高輝度が要求されるので、光源としては半導体レーザが用いられる。

[0003] この種の蛍光体デバイスとして、特許文献１には、透光部材と、透光部材の上方に配置された、蛍光部及び光反射部を有する波長変換部材とを備える光学部品が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１９－５３１３０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところで、蛍光体デバイスでは、蛍光部に励起光が照射されることで蛍光部から所定の色の光が生成し、この励起光及び生成した光が混合された出力光が放出される。用途によっては、出力光の色度は、所定の範囲内に収まることが求められる場合がある。さらに特定の用途においては、出力光の色度の角度依存性が小さいことが求められる場合がある。

[0006] 本発明は、このような課題に鑑みてなされたものであり、出力光の色度の角度依存性が小さい蛍光体デバイスなど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

[0007] 上記目的を達成するために、本発明に係る蛍光体デバイスの一態様は、基板部材と、蛍光部及び光反射部を有し、前記基板部材に設けられる波長変換部材と、を備え、前記蛍光部は、光入射面及び光出射面を有し、前記光反射部は、前記光出射面の方向から見て、前記蛍光部の周囲に設けられ、前記蛍光部の主成分は、Ce^{3+}を含むＹＡＧ蛍光体セラミックスであり、前記光反射部の主成分は、光反射性セラミックスであり、前記ＹＡＧ蛍光体セラミックスのCe^{3+}濃度は、０．００５％以上０．０２％以下であり、前記ＹＡＧ蛍光体セラミックスの厚みは、３５０μｍ以上８２０μｍ以下である。

[0008] また、上記目的を達成するために、本発明に係る光源モジュールの一態様は、上記記載の蛍光体デバイスを備える。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、出力光の色度の角度依存性が小さい蛍光体デバイスなどを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図１は、実施の形態に係る蛍光体デバイスの構成を示す図である。

[図2]図２は、実施の形態に係る光源モジュールの構成を示す図である。

[図3]図３は、比較例に係る蛍光体デバイスの構成を示す図である。

[図4]図４は、実施の形態に係る蛍光体デバイス及び比較例に係る蛍光体デバイスの構成要素の表を示す図である。

[図5]図５は、実施の形態に係る蛍光体デバイス及び比較例に係る蛍光体デバイスの発光特性を示す図である。

[図6]図６は、実施例１に係る蛍光体デバイスの断面図である。

[図7]図７は、検討例１～検討例３に係る蛍光体デバイスの出力光の色度の角度依存性が示された図である。

[図8]図８は、検討例４～検討例６に係る蛍光体デバイスの出力光の色度の角度依存性が示された図である。

[図9]図９は、実施例１～実施例４及び検討例７に係る蛍光体デバイスの出力

光の色度の角度依存性が示された図である。

[図10A]図１０Ａは、Ｃｅ$^{3+}$濃度及び厚みが励起光及び蛍光に与える影響を模式的に示した図である。

[図10B]図１０Ｂは、蛍光部の厚みがそれぞれ異なる９種類のサンプルの出力光の全光束が示された図である。

[図10C]図１０Ｃは、蛍光部の厚みがそれぞれ異なる９種類のサンプルの色温度が示された図である。

[図10D]図１０Ｄは、蛍光部の表面粗さがそれぞれ異なる複数の４種類のサンプルの出力光の全光束が示された図である。

[図11]図１１は、第１～第３サンプルの光反射率の相対値が示された図である。

[図12]図１２は、第１～第３サンプルの表面状態が示された画像を示す図である。

[図13]図１３は、光反射部の密度がそれぞれ異なる３個のサンプルの発光画像が示された図である。

[図14]図１４は、光反射部の密度がそれぞれ異なる３個のサンプルのそれぞれの蛍光部の面積、発光面積、及び、発光面積を蛍光部面積で除した値が示された図である。

[図15]図１５は、光反射部の密度がそれぞれ異なる３個のサンプルの発光特性の一例を示す図である。

[図16]図１６は、光反射部の密度がそれぞれ異なる３個のサンプルの発光特性の他の一例を示す図である。

[図17]図１７は、第４～第８サンプルの光反射率の相対値が示された図である。

[図18]図１８は、第９～第１３サンプルの光反射率の相対値が示された図である。

[図19]図１９は、他の例に係る蛍光体デバイスの構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも包括的または具体的な例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置および接続形態、工程、工程の順序などは、一例であり、本発明を限定する主旨ではない。また、以下の実施の形態における構成要素のうち、独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。

[0012] また、各図は、模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。なお、各図において、実質的に同一の構成に対しては同一の符号を付しており、重複する説明は省略又は簡略化する。また、本明細書において、線膨張率と線膨張係数とは同義である。

[0013] また、本明細書において、矩形又は円形などの要素の形状を示す用語、及び、数値範囲は、厳格な意味のみを表す表現ではなく、実質的に同等な範囲、例えば数％程度の差異をも含むことを意味する表現である。

[0014] また、本明細書において、「上方」および「下方」という用語は、絶対的な空間認識における上方向（鉛直上方）および下方向（鉛直下方）を指すものではなく、積層構成における積層順を基に相対的な位置関係により規定される用語として用いる。また、「上方」および「下方」という用語は、２つの構成要素が互いに間隔を空けて配置されて２つの構成要素の間に別の構成要素が存在する場合のみならず、２つの構成要素が互いに密着して配置されて２つの構成要素が接する場合にも適用される。

[0015] （実施の形態）

［構成］

まず、実施の形態に係る蛍光体デバイス１の構成について、図１を用いて説明する。図１は、本実施の形態に係る蛍光体デバイス１の構成を示す図である。図１において、（ａ）は、蛍光体デバイス１の上面図であり、（ｂ）は、（ａ）のＩｂ－Ｉｂ線における蛍光体デバイス１の断面図である。

[0016] 図１に示すように、本実施の形態に係る蛍光体デバイス１は、基板部材１０と、基板部材１０に設けられる波長変換部材２０とを備える。基板部材１

０と波長変換部材２０とは、熱的に直接、接している。波長変換部材２０は、基板部材１０の上面に直接、接して設けられている。すなわち、基板部材１０と波長変換部材２０との間には、接着層などの接着部材又は接合層などの接合部材は存在しない。なお、本実施の形態においては、基板部材１０が波長変換部材２０に接触する基板部材１０の接触面又は波長変換部材２０が基板部材１０に接触する波長変換部材２０の接触面の表面が完全に平滑でない場合もある。この場合、基板部材１０と波長変換部材２０との間に、一部空間が存在していても、基板部材１０と波長変換部材２０とが直接、物理的に接している部分があれば、熱的に直接、接しているとみなす。さらにこの場合、上記一部空間には、空気が存在する。基板部材１０と波長変換部材２０とが、熱的に直接、接していることで、波長変換部材２０が発した熱を、基板部材１０に効率よく放熱することができるため、高効率の蛍光体デバイス１を実現できる。また、基板部材１０と波長変換部材２０とが、熱的に直接、接していることで、接着層などの接着部材又は接合層などの接合部材を使用しない、シンプルな構造の蛍光体デバイス１を実現できる。

[0017] 基板部材１０は、透光基材１１と、透光基材１１に設けられた誘電体多層膜１２及び反射防止膜１３とを有する。また、波長変換部材２０は、蛍光を発する蛍光部２１と、光を反射する光反射部２２とを有する。

[0018] 基板部材１０の透光基材１１は、透光性を有する基板であり、波長変換部材２０側の面である第１の面１１ａ（上面）と、第１の面１１ａに背向する第２の面１１ｂ（下面）とを有する。

[0019] 透光基材１１は、光透過率が高い基板であるとよい。具体的には、透光基材１１は、向こう側が透けて見える程度に透過率が高い透明基板であるとよい。例えば、透光基材１１の可視光透過率は、６０％以上であるとよく、８０％以上であるとよりよく、９０％以上であるとさらによいがこれに限られない。また、透光基材１１としては、耐熱性が高い基板であるとよい。このような透明基板としては、Al_2O_3からなるアルミナ基板、ＡｌＮからなる窒化アルミニウム基板、又は、ＧａＮからなる窒化ガリウム基板を用いるこ

とができる。この場合、透光基材１１を構成する材料の主成分は、それぞれ、Al_2O_3、ＡｌＮ、又は、ＧａＮとなる。また、耐熱性及び光透過率が高い透明基板としては、これらの透明基板に限るものではなく、サファイア基板又はガラス基板などの透明基板であってもよい。一例として、透光基材１１の形状は、縦７．０ｍｍ×横７．０ｍｍ×厚さ１．０ｍｍの矩形薄板状である。

[0020] 誘電体多層膜１２は、透光基材１１の第１の面１１ａに設けられている。本実施の形態において、誘電体多層膜１２は、基板部材１０の最上層となる表面膜である。

[0021] 誘電体多層膜１２は、複数の誘電体膜が積層された構成になっており、特定の光を反射するとともに、他の特定の光を透過する。本実施の形態における誘電体多層膜１２は、波長変換部材２０の蛍光部２１の蛍光体で蛍光発光する光を反射し、かつ、蛍光体デバイス１に入射する励起光を透過する。例えば、蛍光部２１が黄色蛍光体によって構成され、蛍光体デバイス１に入射する励起光が紫外光又は青色光である場合、誘電体多層膜１２は、少なくとも蛍光部２１が発する黄色光を反射し、かつ、励起光である紫外光又は青色光を透過する。

[0022] このように透光基材１１の第１の面１１ａ側（波長変換部材２０側）に誘電体多層膜１２を設けることで、波長変換部材２０の蛍光部２１が発する光のうち基板部材１０に向かう光を誘電体多層膜１２で反射させることができる。これにより、蛍光体デバイス１から取り出せる蛍光部２１の光を多くすることができる。

[0023] 反射防止膜１３は、透光基材１１の第２の面１１ｂに設けられている。本実施の形態において、反射防止膜１３は、基板部材１０の最下層となる表面膜である。

[0024] 反射防止膜１３は、単層膜及び多層膜のいずれであってもよい。一例として、反射防止膜１３は、酸化ケイ素（SiO_2）、酸化チタン（TiO_2）、酸化ニオブ（Nb_2O_5）、酸化タンタル（Ta_2O_5）、酸化アルミニウム（

Al_2O_3）、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）などの少なくとも２種類の誘電体膜が積層された多層膜である。

[0025] このように透光基材１１の第２の面１１ｂに反射防止膜１３を設けることで、透光基材１１の第２の面１１ｂ側から蛍光体デバイス１に入射する光が反射することを抑制することができる。これにより、透光基材１１の第２の面１１ｂ側から透光基材１１に入射する光を効率良く透光基材１１に取り込むことができる。具体的には、蛍光部２１を蛍光発光させるために蛍光体デバイス１に入射させる励起光を効率良く透光基材１１に取り込むことができる。

[0026] 波長変換部材２０は、基板部材１０に設けられ、より具体的には、基板部材１０の上方に設けられている。

[0027] 波長変換部材２０の蛍光部２１は、光を発する発光層であり、励起光により励起されて可視光領域の所定の波長の光を蛍光発光する。一例として、蛍光部２１は、黄色蛍光体によって構成された黄色蛍光体層である。この場合、黄色蛍光体層である蛍光部２１は、黄色光よりも短波長の光（例えば紫外光～青色光）を励起光として蛍光を発する。つまり、黄色蛍光体層では、励起光の波長を当該励起光よりも長波長の黄色光に波長変換する。

[0028] 蛍光部２１は、蛍光体のみからなる蛍光体層である。具体的には、蛍光部２１は、焼結された単一の結晶相の蛍光体によって構成された蛍光体セラミックス層であり、主成分が蛍光体セラミックスである。また、後述のように、蛍光部２１はCe^{3+}を含むＹＡＧ（イットリウム・アルミニウム・ガーネット）蛍光体からなる黄色蛍光体層である。つまり、蛍光部２１の主成分は、Ce^{3+}を含むＹＡＧ蛍光体セラミックスであり、より具体的には、蛍光部２１はCe^{3+}を含むＹＡＧ蛍光体セラミックスのみからなる部材である。換言すると、蛍光部２１は、バインダーなどを有していない。また、蛍光部２１であるCe^{3+}を含むＹＡＧ蛍光体セラミックスのCe^{3+}濃度は、０．００５％以上０．０２％以下である。Ce^{3+}濃度を、０．００５％以上０．０２％以下とすることで、温度消光（温度上昇による蛍光体の変換効率の低下）

が少ないＹＡＧ蛍光体セラミックスとなるので、効率の高い蛍光体デバイス１を実現できる。

[0029]　このように、蛍光部２１として蛍光体セラミックス層を用いることで、耐熱性及び放熱性を向上させることができる。また、蛍光部２１として蛍光体セラミックス層を用いることで、蛍光の散乱による光損失を抑制できるため、蛍光部２１の変換効率を向上させることができる。本実施の形態において、蛍光部２１は、単一の結晶相のみからなる蛍光体セラミックス層である。

[0030]　蛍光部２１は、ガーネット構造を有する結晶相を含む。より具体的には、本実施の形態においては、蛍光部２１は、ガーネット構造を有する結晶相のみによって構成されている。つまり、本実施の形態に係る蛍光部２１は、ガーネット構造とは異なる構造を有する結晶相を含まない。ガーネット構造とは、$A_3B_2C_3O_{12}$の一般式で表される結晶構造である。元素Ａには、Ｃａ、Ｙ、Ｌａ、Ｃｅ、Ｐｒ、Ｎｄ、Ｓｍ、Ｅｕ、Ｇｄ、Ｔｂ及びＬｕなどの希土類元素が適用され、元素Ｂには、Ｍｇ、Ａｌ、Ｓｉ、Ｇａ及びＳｃなどの元素が適用され、元素Ｃには、Ａｌ、Ｓｉ及びＧａなどの元素が適用される。このようなガーネット構造としては、ＹＡＧ、ＬｕＡＧ（ルテチウム・アルミニウム・ガーネット）、$Lu_3Ga_2(AlO_4)_3$（ルテチウム・ガリウム・アルミニウム・ガーネット）、$Y_3Ga_2(AlO_4)_3$（イットリウム・ガリウム・アルミニウム・ガーネット）、$Lu_2CaMg_2Si_3O_{12}$（ルテチウム・カルシウム・マグネシウム・シリコン・ガーネット）及びＴＡＧ（テルビウム・アルミニウム・ガーネット）などが挙げられる。Ce^{3+}賦活蛍光体として、これらのガーネット構造が用いられるとよい。本実施の形態において、蛍光部２１を構成する蛍光体の材料は、$(Y_{1-x}Ce_x)_3Al_2Al_3O_{12}$（つまり、$(Y_{1-x}Ce_x)_3Al_5O_{12}$）$(0.00005 \leqq x < 0.0002)$で表される結晶相、すなわちＹＡＧによって構成されており、蛍光部２１は、焼結ＹＡＧのみからなる蛍光体セラミックス層である。具体的には、蛍光部２１は、ＹＡＧ蛍光体からなる黄色蛍光体層である。

[0031]　なお、蛍光部２１を構成する結晶相は、化学組成の異なる複数のガーネッ

ト結晶相の固溶体であってもよい。このような固溶体としては、$(Y_{1-x}Ce_x)_3Al_2Al_3O_{12}$（０．００００５≦ｘ＜０．０００２）で表されるガーネット結晶相と$(Lu_{1-d}Ce_d)_3Al_2Al_3O_{12}$（０．００００５≦ｄ＜０．０００２）で表されるガーネット結晶相との固溶体（（１－ａ）$(Y_{1-x}Ce_x)_3Al_5O_{12}$・ａ$(Lu_{1-d}Ce_d)_3Al_2Al_3O_{12}$（０＜ａ＜１））が挙げられる。また、このような固溶体としては、$(Y_{1-x}Ce_x)_3Al_2Al_3O_{12}$（０．００００５≦ｘ＜０．０００２）で表されるガーネット結晶相と$(Lu_{1-z}Ce_z)_2CaMg_2Si_3O_{12}$（０．００００５≦ｚ＜０．０００２）で表されるガーネット結晶相との固溶体（（１－ｂ）$(Y_{1-x}Ce_x)_3Al_2Al_3O_{12}$・ｂ$(Lu_{1-z}Ce_z)_2CaMg_2Si_3O_{12}$（０＜ｂ＜１））などが挙げられる。蛍光部２１が化学組成の異なる複数のガーネット結晶相の固溶体から構成されることで、蛍光部２１が放つ蛍光の蛍光スペクトルがより広帯域化し、緑色の光成分と赤色の光成分が増える。そのため、色域の広い出力光を放つ蛍光体デバイス１を提供できる。

[0032] また、蛍光部２１を構成する結晶相は、前記した一般式$A_3B_2C_3O_{12}$で表される結晶相に対して、化学組成がずれた結晶相が含まれていてもよい。このような結晶相としては、$(Y_{1-x}Ce_x)_3Al_2Al_3O_{12}$（０．００００５≦ｘ＜０．０００２）で表される結晶相に対してＡｌがリッチな$(Y_{1-x}Ce_x)_3Al_{2+\delta}Al_3O_{12}$（$\delta$は正の数）が挙げられる。また、このような結晶相としては、$(Y_{1-x}Ce_x)_3Al_2Al_3O_{12}$（０．００００５≦ｘ＜０．０００２）で表される結晶相に対してＹがリッチな$(Y_{1-x}Ce_x)_{3+\zeta}Al_2Al_3O_{12}$（$\zeta$は正の数）などが挙げられる。これらの結晶相は、一般式$A_3B_2C_3O_{12}$で表される結晶相に対して、化学組成がずれているが、ガーネット構造は維持している。蛍光部２１が化学組成がずれた結晶相から構成されることで、蛍光部２１の中に屈折率の異なる領域が生じるため、励起光及び蛍光がより散乱され、蛍光部２１の発光面積がより小さくなる。

[0033] さらに、蛍光部２１を構成する材料として、Cr^{3+}賦活蛍光体である以下の材料が用いられてもよい。この材料とは、$Y_3Al_2(AlO_4)_3:Cr^{3+}$

、$La_3Al_2(AlO_4)_3:Cr^{3+}$、$Gd_3Al_2(AlO_4)_3:Cr^{3+}$、$Y_3Ga_2(AlO_4)_3:Cr^{3+}$、$La_3Ga_2(AlO_4)_3:Cr^{3+}$、$Gd_3Ga_2(AlO_4)_3:Cr^{3+}$、$Y_3Sc_2(AlO_4)_3:Cr^{3+}$、$La_3Sc_2(AlO_4)_3:Cr^{3+}$、$Gd_3Sc_2(AlO_4)_3:Cr^{3+}$、$Y_3Ga_2(GaO_4)_3:Cr^{3+}$、$La_3Ga_2(GaO_4)_3:Cr^{3+}$、$(Gd,La)_3Ga_2(GaO_4)_3:Cr^{3+}$、$Gd_3Ga_2(GaO_4)_3:Cr^{3+}$、$Y_3Sc_2(GaO_4)_3:Cr^{3+}$、$La_3Sc_2(GaO_4)_3:Cr^{3+}$、$Gd_3Sc_2(GaO_4)_3:Cr^{3+}$、$(Gd,La)_3(Ga,Sc)_2(GaO_4)_3:Cr^{3+}$、$Ga_2O_3:Cr^{3+}$、及び、$(Ga,Sc)_2O_3:Cr^{3+}$からなる群より選ばれる少なくとも１つである。なお、蛍光部２１は、Cr^{3+}賦活蛍光体である材料の固溶体であってもよい。

[0034] 蛍光部２１の密度（つまりはＹＡＧ蛍光体セラミックスの密度）は、理論密度の９０％以上１００％以下であればよく、理論密度の９５％以上１００％以下であればよりよく、理論密度の９８％以上１００％以下であればさらによい。ここで、理論密度とは、層中の原子が理想的に配列しているとした場合の密度である。換言すると、理論密度とは、蛍光部２１中に空隙がないと仮定したときの密度であり、結晶構造を用いて計算される値である。例えば、蛍光部２１の密度が９９％である場合、残りの１％は空隙に相当する。つまり、蛍光部２１の密度が高いほど、空隙が少ない。蛍光部２１の密度が上記範囲であると、蛍光部２１が放つ全蛍光量が増えるため、放射される光量がより多い蛍光体デバイス１を提供できる。

[0035] また、蛍光部２１の密度は、４．１０g/cm^3以上４．５５g/cm^3以下であればよく、４．３２g/cm^3以上４．５５g/cm^3以下であればよりよく、４．４６g/cm^3以上４．５５g/cm^3以下であればさらによい。本実施の形態で示すように、蛍光部２１がＹＡＧで構成されている場合、蛍光部２１の密度が上記範囲であると、蛍光部２１の密度がそれぞれ理論密度の９０％以上１００％以下、９５％以上１００％以下及び９８％以上１００％以下となる。蛍光部２１の密度が上記範囲であることで、蛍光部２１が

吸収した励起光を効率よく蛍光に変換することができる。つまり、発光効率の高い蛍光部２１が実現される。

[0036] 蛍光部２１の上面視形状は、矩形状であるが、これに限らない。蛍光部２１の上面視形状は、円形であってもよい。一例として、蛍光部２１の上面視形状は、縦０．８ｍｍ×横０．８ｍｍの矩形である。

[0037] また、蛍光部２１の厚み（つまりは、ＹＡＧ蛍光体セラミックスの厚み）は、３５０μｍ以上８２０μｍ以下である。この厚みは十分に厚く、これにより、蛍光部２１の側面からの放熱性を確保できる。なお、蛍光部２１の厚さは、一定であるが、これに限らない。なお蛍光部２１の厚みは、３５０μｍ以上８０５μｍ以下としてもよく、４００μｍ以上８０５μｍ以下としてもよい。

[0038] 蛍光部２１は、光入射面２１１、光出射面２１２及び側面（４個の側面２１３～２１６）を有する。光入射面２１１は、蛍光部２１を励起する励起光が入射する面であり、蛍光部２１の下面である。光出射面２１２は、蛍光部２１が蛍光を出射する面であり、蛍光部２１の上面である。つまり、光入射面２１１と光出射面２１２とは、互いに背向する面である。４個の側面２１３～２１６は、蛍光部２１の側方側の面である。４個の側面２１３～２１６のそれぞれは、光入射面２１１及び光出射面２１２と直交する平面である。２個の側面２１３及び２１５は互いに背向する面であり、２個の側面２１４及び２１６は互いに背向する面である。

[0039] 波長変換部材２０の光反射部２２は、光出射面２１２の方向から見て、つまりは上面視において、蛍光部２１の周囲に設けられている。本実施の形態において、光反射部２２は、上面視において、蛍光部２１の周囲全体を囲っている。つまり、光反射部２２は、蛍光部２１の４個の側面２１３～２１６の全ての全面に接している。具体的には、蛍光部２１の上面視形状が矩形状であるので、光反射部２２は、矩形状の開口部を有する。具体的には、光反射部２２の上面視形状は、矩形状の開口部を有し且つ外形が矩形状の矩形枠状である。なお、光反射部２２の上面視形状は、矩形枠状に限るものではな

く、円環状などであってもよい。一例として、光反射部２２の外形の上面視形状は、縦７．０ｍｍ×横７．０ｍｍである。なお、本実施の形態においては、光反射部２２の厚みと蛍光部２１の厚みとは同じであるが、これに限られない。

[0040] 光反射部２２は、蛍光部２１と熱的に接している。つまり、蛍光部２１と光反射部２２とは、蛍光部２１で発生する熱が光反射部２２に伝導できるように設けられている。本実施の形態において、光反射部２２は、物理的に蛍光部２１に接触している。具体的には、光反射部２２の内周側面の全てが蛍光部２１の外周側面に接している。つまり、蛍光部２１は、光反射部２２の開口部に充填するように設けられている。

[0041] なお、光反射部２２の厚さ（高さ）は、蛍光部２１の厚さ（高さ）と同じになっているが、これに限らない。つまり、光反射部２２の厚さは、蛍光部２１の厚さよりも低くてもよいし、蛍光部２１の厚さよりも高くてもよい。ただし、光反射部２２は、蛍光部２１の上面にかからないように設けられているとよい。つまり、光反射部２２は、光反射部２２を構成する材料（バインダーなど）が蛍光部２１の上面にはみ出さないように形成されているとよい。

[0042] 光反射部２２の主成分は光反射性セラミックスであり、光反射性セラミックスの主成分は、アルミナセラミックスである。つまりここでは、光反射部２２は、アルミナ（酸化アルミニウム（Al_2O_3））などのセラミックス材料からなるセラミックス層によって構成されている。より具体的には、光反射部２２は、アルミナのみからなるアルミナセラミックス層である。換言すると、光反射部２２は、バインダーなどを有していない。本実施の形態において、光反射部２２は、可視光帯域の波長の光を反射するので白色である。つまり、光反射部２２は、白色セラミックス層である。なお、光反射部２２は、可視光を反射する機能を有していれば、セラミックスによって構成されていなくてもよく、例えば、光反射部２２は、光反射性の粒子を含む白色樹脂又は金属であってもよい。

[0043] 光反射部２２（つまりは光反射性セラミックス）の内部には、光を散乱反射させるための無数の光散乱部２３が存在している。具体的には、光反射部２２がセラミックス層である場合、セラミックス層の内部には、光を散乱反射させるため光散乱部２３として無数の空隙（空気層）が存在している。

[0044] 光反射部２２の密度（つまりは光反射性セラミックスの密度）は、理論密度の９８％以下であればよく、９５％以下であればよりよく、９０％以下であればさらによい。

[0045] 本実施の形態における蛍光部２１は、焼結蛍光体のみからなる蛍光体セラミックス層であり、光反射部２２は、アルミナセラミックスによって構成されたセラミックス層である。これにより、蛍光部２１と光反射部２２とが一体化しやすくなる。

[0046] 次に、本実施の形態に係る蛍光体デバイス１を用いた光源モジュール１００の構成と蛍光体デバイス１の光学作用について、図２を用いて説明する。図２は、本実施の形態に係る光源モジュール１００の構成を示す図である。

[0047] 本実施の形態に係る光源モジュール１００は、蛍光体デバイス１と、蛍光体デバイス１に入射する光を発する光源２とを備える。光源モジュール１００は、一例として、内視鏡が備える発光装置として利用される。

[0048] 光源２は、波長変換部材２０の蛍光部２１を発光させるための励起光を出射する励起光源である。蛍光部２１に含まれる蛍光体は、光源２から出射する励起光によって励起されて蛍光を発する。本実施の形態において、光源モジュール１００は、蛍光体デバイス１に入射する励起光が蛍光体デバイス１を透過する透過型の発光装置である。つまり、蛍光体デバイス１に入射する励起光は、波長変換部材２０を透過する。したがって、光源２は、光源２が出射する光が蛍光体デバイス１を透過するように配置されている。具体的には、光源２は、蛍光体デバイス１の下方（基板部材１０側）に配置されている。

[0049] 光源２としては、例えば紫外光又は青色光のレーザ光を出射する半導体レーザを用いることができる。レーザ光は直進性に優れているので、光源２と

して半導体レーザを用いることで、蛍光部２１に対して所望の入射角でレーザ光（励起光）を入射させることができる。なお、光源２は、半導体レーザに限らず、ＬＥＤなどの他の固体発光素子、又は固体発光素子以外の励起光源であってもよい。

[0050] このように構成される光源モジュール１００では、光源２から出射する光が蛍光体デバイス１に入射することで蛍光体デバイス１から所定の色の出力光が放出される。より具体的には、蛍光部２１の光出射面２１２から所定の色の出力光が放出される。

[0051] 具体的には、本実施の形態において、光源２から出射した光（励起光）は、基板部材１０の裏面に入射する。基板部材１０に入射した光源２の光（励起光）は、基板部材１０を透過して波長変換部材２０の蛍光部２１に到達する。つまり、光源２から出射された励起光は、蛍光部２１の光入射面２１１から蛍光部２１に入射する。このとき、蛍光部２１の外形サイズは、光源２から出射した光が蛍光部２１に入射するときのスポットサイズ（励起光のスポットサイズ）と同等になっているとよい。

[0052] 本実施の形態では、光源２の励起光が青色光で、蛍光部２１が黄色蛍光体層である。この場合、蛍光部２１には、光源２の青色光が入射する。これにより、蛍光部２１の黄色蛍光体（ＹＡＧ蛍光体）は、光源２の青色光の一部を吸収して励起されて蛍光として黄色光を発する。そして、蛍光部２１では、この黄色光と黄色蛍光体に吸収されなかった光源２の青色光とが混合されて白色光となり、蛍光部２１からは出力光としてこの白色光が放射される。つまり、波長変換部材２０から出力光（白色光）が取り出される。

[0053] 基板部材１０には、蛍光部２１が発する黄色光を反射し、かつ、励起光である青色光を透過する誘電体多層膜１２が形成されている。この構成により、蛍光部２１が発する黄色光のうち光源２側に向かう光は、誘電体多層膜１２で反射して光源２側とは反対側に進むことになる。

[0054] また、蛍光部２１の周囲には白色の光反射部２２が形成されている。この構成により、蛍光部２１から放出される出力光（白色光）のうち横方向側に

進行する光は、光反射部２２で反射して、蛍光部２１に戻って蛍光部２１から外部に放射される。これにより、蛍光部２１から取り出すことができる光を多くすることができる。

[0055] また、本実施の形態において、蛍光体デバイス１は、リモートフォスファ型であり、蛍光体デバイス１と光源２とは空間的に離されて配置されている。これにより、蛍光体デバイス１（特に蛍光部２１）が光源２で発生する熱の影響を受けることを抑制することができる。

[0056] なお、図２において、光源２から出射する光は、基板部材１０の裏面に対して垂直に入射されているが、基板部材１０の裏面に対して斜めに入射されてもよい。

[0057] 例えば、光源モジュール１００が内視鏡に利用される場合には、蛍光体デバイス１の上方にはライトガイド（不図示）が設けられ、このライトガイドに入射した出力光が、内視鏡用の光として利用される。蛍光体デバイス１から出力された出力光のうちライトガイドに入射する光が多いほど、出力光の利用効率が高まる。ライトガイドは、レンズ及びロッドインテグレータなどによって構成される光学部材である。

[0058] また、上記の通り、出力光は白色光であるため、本実施の形態に係る光源モジュール１００は、白色光源モジュールである。

[0059] ［比較例との比較］

次に、本実施の形態に係る蛍光体デバイス１の作用効果について、比較例に係る蛍光体デバイス１ｘと比較しながら、説明する。図３は、比較例に係る蛍光体デバイス１ｘの構成を示す図である。

[0060] 図３に示すように、比較例に係る蛍光体デバイス１ｘは、基板部材１０と、基板部材１０の上方に配置された波長変換部材２０ｘとを備える。また、波長変換部材２０ｘは、蛍光部２５ｘとバインダー２６ｘとによって構成されている。

[0061] このように構成される比較例に係る蛍光体デバイス１ｘでは、図３に示すように、上記の本実施の形態における蛍光体デバイス１と同様に、波長変換

部材２０ｘの蛍光部２５ｘに励起光が入射することで白色光を放射する。

[0062] 図４は、本実施の形態に係る蛍光体デバイス１及び比較例に係る蛍光体デバイス１ｘの構成要素の表を示す図である。

[0063] 比較例に係る蛍光体デバイス１ｘが備える波長変換部材２０ｘは、実施の形態に係る波長変換部材２０とは異なり、光反射部２２を有さない。また、実施の形態に係る波長変換部材２０が有する光反射部２２の密度は、図４が示すように理論密度の８１．１％である。

[0064] 発光面積は、比較例においては約０．３４ｍｍ^{2}であり、実施の形態においては約０．６４ｍｍ^2（０．８ｍｍ×０．８ｍｍ）である。また、図３及び図４が示すように、蛍光部２５ｘは、蛍光体粒子であり、より具体的には、ＹＡＧによって構成される蛍光体粒子である。バインダー２６ｘは、蛍光部２５ｘを保持し、基板部材１０の上方に接着するための材料であり、例えば、透明のＺｎＯ結晶である。

[0065] 比較例に係る、蛍光部２５ｘ及びバインダー２６ｘからなる波長変換部材２０ｘの屈折率は約１．９５であり、蛍光部２１の屈折率は１．８３である。

[0066] 比較例に係る蛍光部２５ｘを構成するＹＡＧにおけるＣｅ$^{3+}$濃度は、約０．１％であり、実施の形態に係る蛍光部２１を構成するＹＡＧにおけるＣｅ$^{3+}$濃度は、０．０１％である。比較例に係る波長変換部材２０ｘの厚みは約２０μｍであり、実施の形態に係る蛍光部２１の厚みは、５００μｍ以上７００μｍ以下である。また、蛍光部２１の密度は、理論密度の９８．８％である。

[0067] 発光画像においては、励起光が照射された場合の輝度の分布がグラデーションで示されている。実施の形態においては、蛍光部２１の全体（つまり０．８ｍｍ×０．８ｍｍの約０．６４ｍｍ^{2}全体）が均一に発光していることが分かる。

[0068] ここで、図５を用いて、発光特性について説明する。図５は、本実施の形態に係る蛍光体デバイス１及び比較例に係る蛍光体デバイス１ｘの発光特性

を示す図である。

[0069] 図５の横軸は、光源２から励起光を出射させるために投入された電力（投入電力）を示す。図５の縦軸は、蛍光体デバイス１及び蛍光体デバイス１ｘの上方に設けられたライトガイドに入射しライトガイドから出射した光の全光束を示す。なお、以下では、このライトガイドから出射した光を、ライトガイド光と記載する場合がある。

[0070] 図５に示すように、投入電力によらず、蛍光体デバイス１から出力された出力光に基づくライトガイド光の全光束は、蛍光体デバイス１ｘから出力された出力光に基づくライトガイド光の全光束よりも高い。例えば、投入電力が６Ｗ程度の場合には、蛍光体デバイス１から出力された出力光に基づくライトガイド光の全光束は、蛍光体デバイス１ｘから出力された出力光に基づくライトガイド光の全光束よりも３０％程度高い。また、例えば、投入電力が１３Ｗ程度の場合には、蛍光体デバイス１から出力された出力光に基づくライトガイド光の全光束は、蛍光体デバイス１ｘから出力された出力光に基づくライトガイド光の全光束よりも４６％程度高い。このように、本実施の形態に係る蛍光体デバイス１が、比較例に係る蛍光体デバイス１ｘに比べ、高い発光特性を有する要因について、下記に示す。

[0071] 蛍光体デバイス１には、光反射部２２が設けられている。このため、蛍光部２１から放出される出力光（白色光）のうち横方向側に進行する光は、光反射部２２で反射して、蛍光部２１に戻って蛍光部２１から外部に放射される。つまり、蛍光部２１から放出される出力光（白色光）のうち横方向側に進行する光が、利用できない光となることが抑制される。よって、蛍光体デバイス１から出力された出力光に基づくライトガイド光の全光束がより高くなる。

[0072] また、蛍光体デバイス１では、蛍光部２１として蛍光体セラミックス層が用いられている。このため、蛍光部２１の耐熱性及び放熱性を向上させることができ、熱による蛍光部２１の発光効率の低下が起こりにくい。特に、蛍光部２１の密度（つまりはＹＡＧ蛍光体セラミックスの密度）が上記の範囲

であれば、熱による蛍光部２１の発光効率の低下がより起こりにくい。また、蛍光部２１として蛍光体セラミックス層を用いることで、蛍光の散乱による光損失を抑制できるため、蛍光部２１の変換効率を向上させることができる。よって、蛍光体デバイス１から出力された出力光に基づくライトガイド光の全光束がより高くなる。

[0073] このように、本実施の形態に係る蛍光体デバイス１は、比較例に係る蛍光体デバイス１ｘに比べ、高い発光特性を有する。

[0074] ［色度の角度依存性］

ここでさらに、本実施の形態に係る蛍光体デバイス１の出力光の色度の角度依存性について説明する。

[0075] ここでは、蛍光部２１におけるCe^{3+}濃度と厚みとが、出力光の色度の角度依存性に与える影響について検討するために、検討例１～検討例７及び実施例１～実施例４に係る蛍光体デバイス、つまりは１１個のサンプルが作製された。検討例１～検討例７及び実施例１～実施例４に係る蛍光体デバイスのそれぞれは、Ce^{3+}濃度と厚みとが異なるように作製されている。

[0076] まずは、実施例１に係る蛍光体デバイス１ａを用いて、検討例１～検討例７及び実施例１～実施例４に係る蛍光体デバイスの構成を説明する。

[0077] 図６は、実施例１に係る蛍光体デバイス１ａの断面図である。蛍光体デバイス１ａは、基板部材１０ａと、蛍光部２１ａとを備える。基板部材１０ａは、基板部材１０から反射防止膜１３が除かれた構造を有しており、つまりは、透光基材１１と透光基材１１に設けられた誘電体多層膜１２とを有している。ここでは、蛍光体デバイス１ａが備える蛍光部２１ａは、誘電体多層膜１２の上方に接して設けられている点、及び、周囲に光反射部２２が設けられていない点を除いて、蛍光体デバイス１が備える蛍光部２１と同じ構成を有する。なお、実施例１に係る蛍光部２１ａにおいては、Ce^{3+}濃度は０．０１％であり、厚みは７０５μｍである。

[0078] 検討例１～検討例７及び実施例２～実施例４に係る蛍光体デバイスのそれぞれは、蛍光部のCe^{3+}濃度と厚みとを除いて、蛍光体デバイス１ａと同じ

構成を有する。より具体的には、蛍光部のＣｅ$^{3+}$濃度及び厚みのそれぞれは、検討例１では０．０８％及び２２５μｍ、検討例２では０．０８％及び１２５μｍ、検討例３では０．０８％及び５７μｍである。また、蛍光部のＣｅ$^{3+}$濃度及び厚みのそれぞれは、検討例４では０．０３％及び６６６μｍ、検討例５では０．０３％及び４００μｍ、検討例６では０．０３％及び３００μｍである。また、蛍光部のＣｅ$^{3+}$濃度及び厚みのそれぞれは、実施例２では０．０１％及び６５９μｍ、実施例３では０．０１％及び４００μｍ、実施例４では０．０１％及び８０５μｍ、検討例７では０．０１％及び３００μｍである。

[0079] なお、実施例１～実施例４に係る蛍光体デバイスは、Ｃｅ$^{3+}$濃度と厚みとの観点から、本実施の形態に係る蛍光体デバイス１に相当するデバイスである。

[0080] ここで、検討例１～検討例７及び実施例１～実施例４に係る蛍光体デバイスの製造方法について説明する。表１は、検討例１～検討例７及び実施例１～実施例４に係る蛍光体デバイスに使用される蛍光部（ＹＡＧ蛍光体セラミックス）の目標組成、使用原料、及び、原料配合比を示した表である。

[0081]

[表1]

	目標組成	Ce^{3+}濃度	使用原料、及び、原料配合比		
			Y_2O_3	Al_2O_3	CeO_2
検討例１～検討例３	$(Y_{0.9992}Ce_{0.0008})_3Al_5O_{12}$	０．０８％	２４．１９９０ｇ	１８．２０９０ｇ	０．０２９５ｇ
検討例４～検討例６	$(Y_{0.9997}Ce_{0.0003})_3Al_5O_{12}$	０．０３％	２４．２１１１ｇ	１８．２０９０ｇ	０．０１１１ｇ
実施例１～実施例４及び検討例７	$(Y_{0.9999}Ce_{0.0001})_3Al_5O_{12}$	０．０１％	２４．２１５６ｇ	１８．２０９０ｇ	０．００３７ｇ

[0082] はじめに、原料の調製が行われた。

[0083] それぞれのサンプルについて、表１に示した各使用原料が、容積が１Ｌのプラスチック製ポット（以下ポットと記載）に投入された。このとき、各使用原料とアルミナ製ボール（φ１０ｍｍ）とがポットに投入された。アルミ

ナ製ボールの量は、ポットの容積の１／３程度を充填する量とした。

[0084] その後、ポットに、アルミナ製ボールが浸る程度の量の純水が投入された。ポット回転装置（日陶科学（株）製、ＢＡＬＬ　ＭＩＬＬ　ＡＮＺ－５１Ｓ）を利用して、１２時間、ボールミル混合が行われた。

[0085] さらに、検討例１～検討例７及び実施例１～実施例３については、ボールミル混合後、スラリー状の混合原料が乾燥機を用いて乾燥された。具体的には、金属製バットの内壁を覆うように敷いたナフロン（登録商標）シート（厚み０．０５ｍｍ）の上方に、上記の混合原料が流し込まれ、混合原料が１５０℃に設定した乾燥機に６時間投入されて乾燥された。

[0086] その後、乾燥後の混合原料が回収され、乳鉢と乳棒とにより造粒された。具体的には、乾燥後の混合原料は、乳鉢に投入されてすりつぶされ、混合原料粉とされた。さらに、ピペットを用いて混合原料粉１０ｇに対して０．１８ｍＬのバインダー液（５ｗｔ．％ＰＶＡ（ポリビニルアルコール）溶液）が少量ずつ加えられ、乳棒を用いて混錬された。つまり、バインダー液が混合原料粉全体に分散された。その後、ナイロン製のメッシュを用いて、混合原料粉が分級され、造粒粉が得られた。なお、ナイロン製のメッシュの目開き径は、１５５μｍとした。このようにして、検討例１～検討例７及び実施例１～実施例３についての粉末状の蛍光部（ＹＡＧ蛍光体セラミックス）の原料を得た。

[0087] また、実施例４については、ボールミル混合後、スラリー状の混合原料がスプレードライヤ装置によって造粒された。より具体的には、０．５ｗｔ．％のバインダー（例えば、ＰＶＡ（ポリビニルアルコール））が添加されたスラリー状の混合原料が、スプレードライヤ装置によって造粒された。得られた造粒粉の平均粒子径は、４５μｍであった。このようにして、実施例４についての粉末状の蛍光部（ＹＡＧ蛍光体セラミックス）の原料を得た。

[0088] 続いて、成型が行われた。

[0089] まずは、検討例１～検討例７及び実施例１～実施例３の成型について説明する。初めに、それぞれの原料は、手動油圧プレス機（理研精機（株）製）

と金型（φ１３ｍｍ）とが利用されて、円柱形状に金型成型された。金型成型時のサンプルにかける圧力は、６ＭＰａとした。次に、冷間等方圧加圧（ＣＩＰ（Ｃｏｌｄ　Ｉｓｏｓｔａｔｉｃ　Ｐｒｅｓｓ））装置が利用されて、原料が本成型された。本成型時の圧力は、２５０ＭＰａとした。なお、本成型後の成型体は、造粒時に使用した粘着剤（ポリビニルアルコール）を除去する目的で、脱バインダー処理（大気中加熱処理）を行った。脱バインダー処理の条件は、５００℃、１０時間とした。

[0090]　続いて、実施例４の成型について説明する。実施例４についての原料は、下記の１点を除いて、検討例１～検討例７及び実施例１～実施例３のそれぞれの原料と同様の方法で成型された。当該１点とは、手動油圧プレス機（理研精機（株）製）が利用される際に、金型（φ６０ｍｍ）が用いられた点である。

[0091]　さらに、焼成が行われた。

[0092]　まずは、検討例１～検討例７及び実施例１～実施例３の焼成について説明する。脱バインダー処理後のそれぞれの成型体は、縦型管状雰囲気炉が用いられて、焼成された。焼成温度は、１７２５℃とした。焼成時間は、４時間とした。なお、焼成雰囲気は、９７ｖｏｌ．％窒素と３ｖｏｌ．％水素との混合ガスとした。また、混合ガスの流量は、１Ｌ／分とした。

[0093]　続いて、実施例４の焼成について説明する。脱バインダー処理後の実施例４についての原料は、下記の条件で、縦型管状雰囲気炉が用いられて、焼成された。当該条件とは、焼成温度は１７００℃以上１７２５℃以下、焼成時間は４時間以上２４時間以下、焼成雰囲気は９５ｖｏｌ．％以上９７ｖｏｌ．％以下の窒素と３ｖｏｌ．％以上５ｖｏｌ．％以下の水素との混合ガスであり、混合ガスの流量は１Ｌ／分以上５Ｌ／分以下である。

[0094]　さらに、研磨が行われた。

[0095]　焼成後のそれぞれのサンプルは、研磨装置（（株）ディスコ製、ＤＦＤ６３４０）が用いられて、鏡面研磨された。鏡面研磨後の厚みは、Ce^{3+}濃度を０．０８％としたサンプルは、２２５μｍ（検討例１）、１２５μｍ（検

討例２）、及び、５７μｍ（検討例３）の３水準とした。Ｃｅ$^{3+}$濃度を０．０３％としたサンプルは、６６６μｍ（検討例４）、４００μｍ（検討例５）、及び、３００μｍ（検討例６）の３水準とした。Ｃｅ$^{3+}$濃度を０．０１％としたサンプルは、７０５μｍ（実施例１）、６５９μｍ（実施例２）、４００μｍ（実施例３）、８０５μｍ（実施例４）、及び、３００μｍ（検討例７）の４水準とした。

[0096] 最後にダイシングが行われた。

[0097] 研磨後のそれぞれのサンプルは、ダイシング装置（（株）ディスコ製、ＤＡＤ３３５０）が用いられて、ダイシングされた。検討例１～検討例７及び実施例１～実施例３のサンプルについては１辺７ｍｍの正方形状にダイシングされ、実施例４のサンプルについては１辺１０ｍｍの正方形状にダイシングされた。これにより、検討例１～検討例７及び実施例１～実施例４に係る蛍光部が作製された。

[0098] 作製されたそれぞれの蛍光部について、密度が評価された。

[0099] ここでは、アルキメデス法により、それぞれの蛍光部の密度が評価された。そして、ＹＡＧの理論密度を４．５５ｇ／ｃｍ^{3}として、それぞれの蛍光部の理論密度に対する比率が算出された。

[0100] Ｃｅ$^{3+}$濃度が０．０８％のサンプル（検討例１～検討例３）、０．０３％のサンプル（検討例４～検討例６）及び０．０１％のサンプル（実施例１～実施例４及び検討例７）の密度は、それぞれ４．４５０ｇ／ｃｍ^3、４．４７６ｇ／ｃｍ^{3}及び４．５１２ｇ／ｃｍ^{3}であった。また、Ｃｅ$^{3+}$濃度が０．０８％のサンプル、０．０３％のサンプル、及び、０．０１％のサンプルの理論密度に対する比率は、それぞれ９７．８％、９８．４％、及び、９９．２％であった。

[0101] 蛍光部におけるＣｅ$^{3+}$濃度と厚みとが、出力光の色度の角度依存性に与える影響について検討するために、図６が示すように、正面方向（以下０°方向）及び斜め方向（以下４５°方向）に出力された出力光の色度が分光器によって測定された。なお、０°方向及び４５°方向に出力された出力光は、

上記のライトガイドに入射する光に相当する。より具体的には、以下の通りに出力光の色度が測定された。

[0102] ダイシング後のそれぞれの各サンプルが、基板部材１０ａの上方に設置され、検討例１～検討例７及び実施例１～実施例４に係る蛍光体デバイスが作製された。検討例１～検討例７及び実施例１～実施例４に係る蛍光体デバイスのそれぞれには、基板部材１０ａ側から光源２により０．８３Ｗのレーザ光が照射される。このレーザ光照射スポット面積は、４ｍｍ^{2}である。なおここでは、透光基材１１は、サファイア製の基板であり、検討例１～検討例７及び実施例１～実施例３のサンプルについては７ｍｍ×７ｍｍの矩形状であり、実施例４のサンプルについては１０ｍｍ×１０ｍｍの矩形状であり、厚みが５００μｍである。さらに、誘電体多層膜１２は、青色光を透過し、４８０ｎｍ以上７８０ｎｍ以下の波長領域の光を９０％以上の反射率で反射する膜である。

[0103] レーザ光の照射により、検討例１～検討例７及び実施例１～実施例４に係る蛍光体デバイスのそれぞれから出力された出力光の色度の角度依存性が測定された。このそれぞれの出力光は、積分球（（株）ネムテック製）、及び、マルチチャンネル分光器（大塚電子（株）製、ＭＣＰＤ－７０００）が用いられて測定された。なお、ここでは、それぞれの蛍光体デバイスには光反射部が設けられていない。しかし、出力光色度、及び、出力光色度の角度依存性は、光反射部が設けられた場合と、同等になると推察される。

[0104] 図７は、検討例１～検討例３に係る蛍光体デバイスの出力光の色度の角度依存性が示された図である。

[0105] 図８は、検討例４～検討例６に係る蛍光体デバイスの出力光の色度の角度依存性が示された図である。

[0106] 図９は、実施例１～実施例４及び検討例７に係る蛍光体デバイスの出力光の色度の角度依存性が示された図である。

[0107] なお、図７～図９にはｘｙ色度図が示され、当該ｘｙ色度図にそれぞれの蛍光体デバイスの０°方向及び４５°方向における出力光の色度が示されて

いる。図７～図９には、ｘｙ色度図の一部を示す矩形の一点鎖線が拡大されて示されている。

[0108] また、図７～図９では矩形の破線が示されており、この破線は、蛍光体デバイスを備える光源モジュールが、例えば内視鏡に利用された場合に許容される色度範囲を示している。当該光源モジュールが内視鏡用に利用される場合には、０°方向の出力光と４５°方向の出力光との両方が、内視鏡用の光として利用される。よって、０°方向の色度と４５°方向の色度との両方が、この色度範囲（矩形の破線）に収まることで、当該光源モジュールが内視鏡用の発光装置として利用可能と判断される。さらに、蛍光部から出力される出力光の０°方向の色度と４５°方向の色度との差分が小さい方（つまりは、色度の角度依存性が小さい方）が、内視鏡から出力される光の色度の角度依存性が小さくすることができる。このため、出力光の色度の角度依存性が小さい蛍光体デバイスを備える光源モジュールは、内視鏡用の発光装置として、より性能が高いと言える。

[0109] また、表２は、検討例１～３に係る蛍光体デバイスの出力光の色度のｘｙ座標が示された表である。表３は、検討例４～６に係る蛍光体デバイスの出力光の色度のｘｙ座標が示された表である。表４は、実施例１～４及び検討例７に係る蛍光体デバイスの出力光の色度のｘｙ座標が示された表である。

[0110] [表2]

色度	検討例１ ０°方向	検討例１ ４５°方向	検討例２ ０°方向	検討例２ ４５°方向	検討例３ ０°方向	検討例３ ４５°方向
x	０．３９１００	０．３９３００	０．３１２００	０．３５１００	０．１８６００	０．２８６００
y	０．５２９００	０．５３３００	０．３６８００	０．４４９００	０．０９６００	０．３１１００

[0111]

[表3]

色度	検討例４ ０°方向	検討例４ ４５°方向	検討例５ ０°方向	検討例５ ４５°方向	検討例６ ０°方向	検討例６ ４５°方向
x	０．４０４００	０．４０５００	０．３８０３９	０．３８０６２	０．３５２００	０．３５８２７
y	０．５５６００	０．５５７００	０．５１５６９	０．５１６７７	０．４５６９３	０．４７０２０

[0112]

[表4]

色度	実施例１ ０° 方向	実施例１ ４５° 方向	実施例２ ０° 方向	実施例２ ４５° 方向	実施例３ ０° 方向	実施例３ ４５° 方向	実施例４ ０° 方向	実施例４ ４５° 方向	検討例７ ０° 方向	検討例７ ４５° 方向
x	０．３６４００	０．３６５００	０．３６１００	０．３６２００	０．３０８５１	０．３１０５１	０．３５９９９	０．３６０４７	０．２７４６４	０．２８１１８
y	０．４８３００	０．４８５００	０．４７７００	０．４７９００	０．３６６６０	０．３７１７０	０．４９３０９	０．４９５２２	０．２９２８２	０．３０８６４

[0113] まずは、図７を用いて、蛍光部のＣｅ$^{3+}$濃度が０．０８％であり最も高い検討例１～検討例３に係る蛍光体デバイスについて説明する。図７では、検討例２に係る蛍光体デバイスのみが、０°方向の色度と４５°方向の色度とが色度範囲（矩形の破線）に収まっている。しかし、検討例２と比べて蛍光部の厚みが１００μｍ厚い検討例１においては、０°方向の色度と４５°方向の色度とが色度範囲に収まっていない。同様に、検討例２と比べて蛍光部の厚みが６８μｍ薄い検討例３においては、０°方向の色度が色度範囲に収まっていない。

[0114] このように、蛍光部のＣｅ$^{3+}$濃度が０．０８％であり最も高い場合においては、蛍光部の厚みが１００μｍ程度変化してしまうと、０°方向の色度と４５°方向の色度との両方を色度範囲に収めることが不可能となる。

[0115] しかもさらに、検討例２に係る蛍光体デバイスにおいても、０°方向の色度と４５°方向の色度との差分は非常に大きいことが明らかである。

[0116] 次に、図８を用いて、蛍光部のＣｅ$^{3+}$濃度が０．０３％であり高い検討例４～検討例６に係る蛍光体デバイスについて説明する。

[0117] 図８では、検討例６に係る蛍光体デバイスのみが、０°方向の色度と４５°方向の色度とが色度範囲（矩形の破線）に収まっている。しかし、検討例６と比べて、蛍光部の厚みが１００μｍ厚い検討例５、及び、蛍光部の厚みが３６６μｍ厚い検討例４においては、０°方向の色度と４５°方向の色度とが色度範囲に収まっていない。

[0118] このように、蛍光部のＣｅ$^{3+}$濃度が０．０３％であり高い場合においては、蛍光部の厚みが１００μｍ以上変化してしまうと、０°方向の色度と４５°方向の色度との両方を色度範囲に収めることが不可能となる。

[0119] しかもさらに、検討例６に係る蛍光体デバイスにおいても、０°方向の色度と４５°方向の色度との差分は非常に大きいことが明らかである。

[0120] さらに、図９を用いて、蛍光部のＣｅ$^{3+}$濃度が０．０１％であり低い実施例１～実施例４及び検討例７に係る蛍光体デバイスについて説明する。

[0121] 図９が示すように、実施例１～実施例４に係る蛍光体デバイスの全てが、

０°方向の色度と４５°方向の色度とが色度範囲（矩形の破線）に収まっている。図７及び図８で示した検討例１～検討例６とは異なり、実施例１～実施例４に係る蛍光体デバイスにおいては、蛍光部の厚みが４００ｎｍ～８０５ｎｍと大きく変化しても、２つの方向の色度が色度範囲に収まっている。つまり、蛍光部のＣｅ$^{3+}$濃度が０．０１％であり低い実施例１～実施例４に係る蛍光体デバイスにおいては、蛍光部の厚みが変化しても、２つの方向の色度が変化し難いことが示されている。

[0122] また、検討例７に係る蛍光体デバイスにおいては、０°方向の色度と４５°方向の色度とが色度範囲（矩形の破線）に収まっているが、０°方向の色度と４５°方向の色度との差分は非常に大きいことが明らかである。一方で、実施例１～実施例４に係る蛍光体デバイスの全てにおいて、０°方向の色度と４５°方向の色度との差分は非常に小さく、つまりは、色度の角度依存性が小さいことが示されている。

[0123] ここでさらに、色度の角度依存性について、同程度の色度を示す、検討例６に係る蛍光体デバイス（図８参照）と、実施例２に係る蛍光体デバイス（図９参照）とについて比較する。実施例２に係る蛍光体デバイスにおける色度の角度依存性は、検討例６に係る蛍光体デバイスにおける色度の角度依存性よりも、小さい。つまり、同程度の色度の範囲においては、蛍光部のＣｅ$^{3+}$濃度が十分に低い実施例２に係る蛍光体デバイスは、より色度の角度依存性が小さいことが示されている。

[0124] このように、実施例１～実施例４においてはＣｅ$^{3+}$濃度が０．０１％であり厚みが３５０μｍ以上８２０μｍ以下であることで、検討例１～検討例７に比べて、出力光の色度の角度依存性が小さい蛍光体デバイスが実現されている。この原理について図１０Ａを用いて説明する。

[0125] 図１０Ａは、Ｃｅ$^{3+}$濃度及び厚みが励起光及び蛍光に与える影響を模式的に示した図である。

[0126] 図１０Ａにおいては、Ｃｅ$^{3+}$濃度及び厚みが変更された蛍光部と、蛍光部に到達する励起光（青色光）及び蛍光（黄色光）とが模式的に示されている

。青色光を示す実線矢印と黄色光を示す破線矢印との長さの比が、出力光における青色光強度と黄色光強度との比を示している。

[0127] 図１０Ａにおいては、Ｃｅ$^{3+}$濃度が高くかつ厚みが厚い蛍光部とは、検討例４に相当し、Ｃｅ$^{3+}$濃度が高くかつ厚みが薄い蛍光部とは、検討例６に相当する。また、Ｃｅ$^{3+}$濃度が低くかつ厚みが厚い蛍光部とは、実施例２に相当し、Ｃｅ$^{3+}$濃度が低くかつ厚みが薄い蛍光部とは、検討例７に相当する。

[0128] なお、同じ厚みの蛍光部でも、Ｃｅ$^{3+}$濃度が高い方が、破線矢印（黄色光）の長さが長く、つまりは、出力光の黄色光強度が大きい。これは、Ｃｅ$^{3+}$濃度が高い方が、青色光の吸収率が高く、黄色光に変換されやすいためである。同様に、同じＣｅ$^{3+}$濃度の蛍光部でも、厚みが厚い方が、破線矢印（黄色光）の長さが長く、つまりは、出力光の黄色光強度が大きい。これは、厚みが厚い方が、青色光が吸収されやすく、黄色光に変換されやすいためである。

[0129] 検討例４では、０°方向と４５°方向とで、実線矢印（青色光）の長さと破線矢印（黄色光）の長さの比の差が小さいため、色度の角度依存性は小さい。しかし、黄色光の強度が高いことから、出力光はほぼ黄色光となり、図８で示したように、０°方向の色度と４５°方向の色度とが色度範囲に収まらない。

[0130] 検討例６では、検討例４に比べて、０°方向と４５°方向とで黄色光の強度が低いことから、出力光は白色に近い光となる。しかし、０°方向と４５°方向とで、実線矢印（青色光）の長さと破線矢印（黄色光）の長さの比が異なるため、色度の角度依存性は大きい。

[0131] 実施例２では、検討例６に比べて、０°方向と４５°方向とで黄色光の強度が低いことから、出力光は白色に近い光となる。さらに、０°方向と４５°方向とで、実線矢印（青色光）の長さと破線矢印（黄色光）の長さの比の差が小さいため、色度の角度依存性は小さい。

[0132] 検討例７では、検討例６に比べて、０°方向と４５°方向とで青色光の強度が高いことから、出力光は青色光を多く含む白色の光となる。しかし、０

°方向と４５°方向とで、実線矢印（青色光）の長さと破線矢印（黄色光）の長さの比が異なるため、色度の角度依存性は大きい。

[0133] このように、蛍光部のCe^{3+}濃度及び厚みの両方が制御されることにより、実施例１～実施例４においては、検討例１～検討例７に比べて、出力光の色度の角度依存性が小さい蛍光体デバイスが実現される。

[0134] 図７～図９が示すように、検討例１～検討例７においては、０°方向の色度と４５°方向の色度との両方を色度範囲に収めることが困難であったり、０°方向の色度と４５°方向の色度との差分は非常に大きかったりすることが明らかである。特に、図７及び図８が示すように、Ce^{3+}濃度が十分に高い範囲では、厚みが１００μｍ程度変化するだけで、出力光の色度が大きく変わり、０°方向の色度と４５°方向の色度との差分は非常に大きい、という課題がある。

[0135] このような課題に対し、鋭意検討された結果、本願発明者らは、図１０Ａが示すメカニズムに基づき、０°方向及び４５°方向の色度が色度範囲に収まり、かつ、色度の角度依存性が小さい実施例１～実施例４に係る蛍光体デバイスが実現されることを見出した。

[0136] なお、上記の通り、実施例１～実施例４に係る蛍光体デバイスは、Ce^{3+}濃度と厚みとの観点から、本実施の形態に係る蛍光体デバイス１に相当するデバイスである。このため、実施例１～実施例４に係る蛍光体デバイスと同じく、本実施の形態に係る蛍光体デバイス１も、０°方向及び４５°方向の色度が色度範囲に収まり、かつ、色度の角度依存性が小さい蛍光体デバイスとなる。

[0137] ［蛍光部の厚み及び表面粗さの影響］

ここでさらに、蛍光部２１（つまりはＹＡＧ蛍光体セラミックス）の厚み及び表面粗さが蛍光体デバイス１の特性に与える影響について説明する。まず、蛍光部２１の厚みの影響について検討する。

[0138] 蛍光部２１の厚みの影響についての検討のために、９種類のサンプル（９種類の蛍光体デバイス）が作製された。この９種類のサンプルは、それぞれ

蛍光部の厚みが異なる。

[0139] ９種類のサンプルのうち６種類のサンプルは、図１が示す蛍光体デバイス１と同じ構成を有し、つまりは当該６種類のサンプルの蛍光部２１の厚みは３５０μｍ以上８２０μｍ以下である。具体的には、当該６種類のサンプルにおける蛍光部２１の設計厚みはそれぞれ、５７５μｍ、６４１μｍ、６８０μｍ、７４７μｍ、７５３μｍ及び８０２μｍである。なお以下、蛍光部２１の設計厚みが５７５μｍであるサンプルをサンプル５７５μｍ、６４１μｍであるサンプルをサンプル６４１μｍ、６８０μｍであるサンプルをサンプル６８０μｍ、７４７μｍであるサンプルをサンプル７４７μｍ、７５３μｍであるサンプルをサンプル７５３μｍ及び８０２μｍであるサンプルをサンプル８０２μｍと記載する場合がある。

[0140] また、９種類のサンプルのうち残りの３種類のサンプルは、蛍光部の厚みが異なる点を除いて図１が示す蛍光体デバイス１と同じ構成を有し、ここでは当該３種類のサンプルの蛍光部の厚みは８２０μｍより大きい。具体的には、当該３種類のサンプルにおける蛍光部の設計厚みは、８２６μｍ、８７３μｍ及び９１８μｍである。なお以下蛍光部の設計厚みが８２６μｍであるサンプルをサンプル８２６μｍ、８７３μｍであるサンプルをサンプル８７３μｍ及び９１８μｍであるサンプルをサンプル９１８μｍと記載する場合がある。

[0141] ここで、この９種類のサンプルの製造方法について説明する。まず、９種類のサンプルのそれぞれの蛍光部に使用するＹＡＧ蛍光体セラミックスが作製された。蛍光部に使用するＹＡＧ蛍光体セラミックスの目標組成は、実施例１～実施例４及び検討例７の蛍光体デバイスで使用されたＹＡＧ蛍光体セラミックスと同一とした。また、蛍光部に使用するＹＡＧ蛍光体セラミックスは、焼成が行われる工程（焼成工程）までは、実施例４の蛍光体デバイスで使用されたＹＡＧ蛍光体セラミックスと同一の方法で作製された。焼成工程まで行われたＹＡＧ蛍光体セラミックスは、その後、研磨装置（（株）ディスコ製、ＤＦＤ６３４０）及びダイシング装置（（株）ディスコ製、ＤＡ

Ｄ３３５０）が用いられて、縦が０．８ｍｍ、横が０．８ｍｍ、高さが１ｍｍ以上となるように形状加工された。次に、金型（φ１３ｍｍ）が準備され、当該金型に、平均一次粒子径が０．２８μｍのAl_2O_3粉末が投入された。その後、形状加工されたＹＡＧ蛍光体セラミックスが、金型を満たしたAl_2O_3粉末中に配置された。なお、この時、形状加工されたＹＡＧ蛍光体セラミックスは、金型を満たしたAl_2O_3粉末の中心付近に、高さ方向が地面と略垂直になるように配置された。そして、手動油圧プレス機（理研精機（株）製）が利用されて、略円柱形状に金型成型された。金型成型時のサンプルにかける圧力は、６ＭＰａとした。次に、冷間等方圧加圧（ＣＩＰ（Ｃｏｌｄ Ｉｓｏｓｔａｔｉｃ Ｐｒｅｓｓ））装置が利用されて、本成型された。本成型時の圧力は、２５０ＭＰａとした。このようにして、形状加工されたＹＡＧ蛍光体セラミックスが、Al_2O_3粉末中に配置された、複合成型体が作製された。作製された複合成型体は、箱型大気雰囲気炉が用いられて、焼成された。焼成温度は、１２００℃～１３００℃とした。焼成時間は、２時間とした。このようにして、形状加工されたＹＡＧ蛍光体セラミックスとAl_2O_3セラミックスとからなる、複合セラミックスが作製された。作製された複合セラミックスは、研磨装置（（株）ディスコ製、ＤＦＤ６３４０）が用いられて、９種類の厚みに変更された。厚みが変更された９種類の複合セラミックスのそれぞれは、ダイシング装置（（株）ディスコ製、ＤＡＤ３３５０）が用いられて、ＹＡＧ蛍光体セラミックスが略中心に配置されるように、縦が７．０ｍｍ、横が７．０ｍｍの正方形に形状加工された。そして、形状加工された複合セラミックスの各々は、誘電体多層膜及び反射防止膜を有する透光基材に載せられ、上記９種類のサンプルが作製された。なお、サンプル５７５μｍ、サンプル６４１μｍ、サンプル６８０μｍ、サンプル７４７μｍ、サンプル７５３μｍ及びサンプル８０２μｍは図１が示す蛍光体デバイス１と同じ構成を有する蛍光体デバイスであり、つまりは、蛍光体デバイス１に相当するサンプルである。

[0142] この９種類のサンプルは、蛍光部の厚み（図１の上下方向の厚み）がそれ

ぞれ変更されたサンプルである。９種類のサンプルのそれぞれから出力された出力光の全光束が測定された。

[0143] 図１０Ｂは、蛍光部の厚みがそれぞれ異なる９種類のサンプルの出力光の全光束が示された図である。ここでは、励起光を出射させるために投入された電力が５．２Ｗであるときの、９種類のサンプルのそれぞれの出力光の全光束が測定されている。

[0144] 表５は、９種類のサンプルの蛍光部の厚みと出力光の全光束とを示す表である。

[0145]

[表5]

蛍光部厚み（μｍ）	５７５	６４１	６８０	７４７	７５３	８０２	８２６	８７３	９１８
全光束（ｌｍ）	１２６２	１２４６	１２７５	１２８８	１２７４	１２７５	１２１９	１２５８	１３７３

[0146]　図１０Ｂ及び表５が示すように、９種類のサンプルから出力された出力光の全光束はいずれも、９３０ｌｍ以上であり、より具体的には、１２００ｌｍ以上であることが明らかである。さらに、蛍光部の厚みが厚いほど、全光束が高くなる傾向が示されている。

[0147]　なお、本実施の形態に係る蛍光体デバイス１を備える光源モジュール１００が例えば内視鏡に利用された場合には、蛍光体デバイス１から出力される

出力光の全光束は、９３０ｌｍ以上であることが求められる。蛍光部２１の厚みが３５０μｍ以上８２０μｍ以下である６種類のサンプル（つまりは、サンプル５７５μｍ、サンプル６４１μｍ、サンプル６８０μｍ、サンプル７４７μｍ、サンプル７５３μｍ及びサンプル８０２μｍ）は、上記の通り本実施の形態に係る蛍光体デバイス１に相当するサンプルであり、当該６種類のサンプルの出力光の全光束は、いずれも９３０ｌｍ以上である。従って、本実施の形態に係る蛍光体デバイス１（当該６種類のサンプルのそれぞれ）は、内視鏡に利用されることができる程度に、出力光の全光束が高いデバイスである。なお、蛍光部の厚みが８２０μｍよりも大きい３種類のサンプルも、全光束の観点からは、内視鏡に利用されることができる程度に、出力光の全光束が高いサンプルである。

[0148]　なおすでに、図９などを用いて、本実施の形態に係る蛍光体デバイス１が、０°方向及び４５°方向の色度が色度範囲に収まり、かつ、色度の角度依存性が小さい蛍光体デバイスであることが示されている。従って、本実施の形態においては、Ce^{3+}濃度が０．０１％であり厚みが３５０μｍ以上８２０μｍ以下であることで、出力光の色度の角度依存性が小さく、かつ、出力光の全光束が高い蛍光体デバイス１が実現されている。

[0149]　さらに、９種類のサンプルのそれぞれから出力された出力光の色温度が測定された。

[0150]　図１０Ｃは、蛍光部の厚みがそれぞれ異なる９種類のサンプルの色温度が示された図である。また図１０Ｃには９種類のサンプルの色温度に基づいて最小二乗法により算出された近似直線が一点鎖線で示されている。

[0151]　表６は、９種類のサンプルの蛍光部の厚みと出力光の色温度とを示す表である。

[0152]

[表6]

蛍光部厚み（μｍ）	色温度（Ｋ）
５７５	６６０６
６４１	６１４４
６８０	５９１０
７４７	５７０９
７５３	５５５７
８０２	５４８１
８２６	５４２２
８７３	５２４５
９１８	４９９５

[0153]　図１０Ｃ及び表６が示すように、９種類のサンプルから出力された出力光

の色温度はいずれも、４５００Ｋ以上７０００Ｋ以下であることが明らかである。さらに、蛍光部の厚みが厚いほど、色温度が小さくなる傾向が示されている。

[0154] 本実施の形態に係る蛍光体デバイス１を備える光源モジュール１００が、例えば内視鏡に利用された場合には、蛍光体デバイス１から出力される出力光の色温度は、３５００Ｋ以上１５０００Ｋ以下であるとよく、４５００Ｋ以上７０００Ｋ以下であるとよりよく、５０５０Ｋ以上５８１０Ｋ以下であるとさらに適した範囲である。蛍光部２１の厚みが７４７μｍ以上８０２μｍ以下である３種類のサンプル（つまりは、サンプル７４７μｍ、サンプル７５３μｍ及びサンプル８０２μｍ）は、上記の通り本実施の形態に係る蛍光体デバイス１に相当するサンプルである。当該３種類のサンプルの出力光の色温度は、いずれも５０５０Ｋ以上５８１０Ｋ以下であり、つまりは上記のより適した範囲内の値である。また、図１０Ｃの近似直線を用いて算出すると、蛍光部の厚みが７２６μｍ以上９０２μｍ以下の範囲のサンプルであれば、色温度が上記のより適した範囲内の値になると推定される。なお、蛍光部の厚みの変化により色温度が変化することは、図１０Ａなどで説明された通りである。このように、本実施の形態に係る蛍光体デバイス１（例えば当該３種類のサンプル）は、蛍光部２１の厚みが７２６μｍ以上８２０μｍ以下であることで、出力光の色温度がより適した範囲となり、かつ、図９で示したように出力光の色度の角度依存性が小さい。従って、本実施の形態に係る蛍光体デバイス１は、より内視鏡に利用されやすくなる。なお、蛍光部２１の厚みは、上記に限られず、７５０μｍ以上８２０μｍ以下であってもよく、７７０μｍ以上８２０μｍ以下であってもよく、７９０μｍ以上８２０μｍ以下であってもよい。

[0155] 続いて、蛍光部２１の表面粗さの影響について検討する。

[0156] 蛍光部２１の表面粗さの影響についての検討のために、図１が示す蛍光体デバイス１と同じ構成を有する４種類のサンプルが作製された。この４種類のサンプルは、蛍光部２１の光入射面２１１及び光出射面２１２の表面粗さ

がそれぞれ変更されたサンプルである。

[0157] ここで、この４種類のサンプルの製造方法について説明する。まず、４種類のサンプルのそれぞれの蛍光部２１に使用するＹＡＧ蛍光体セラミックスが作製された。蛍光部２１に使用するＹＡＧ蛍光体セラミックスの目標組成は、実施例１～実施例４及び検討例７の蛍光体デバイスで使用されたＹＡＧ蛍光体セラミックスと同一とした。また、蛍光部２１に使用するＹＡＧ蛍光体セラミックスは、焼成が行われる工程（焼成工程）までは、実施例１～実施例３及び検討例７の蛍光体デバイスで使用されたＹＡＧ蛍光体セラミックスと同一の方法で作製された。この４種類のサンプルについての焼成工程以降の工程は、上記９種類のサンプルと同じ工程によって作製され、複合セラミックスの研磨工程において砥石の粒度を変更したこと以外は、上記９種類のサンプルの製造方法と同じ方法によって作製された。そして、４種類のサンプルのそれぞれから出力された出力光の全光束が測定された。

[0158] 図１０Ｄは、蛍光部２１の表面粗さがそれぞれ異なる４種類のサンプルの出力光の全光束が示された図である。ここでは、励起光を出射させるために投入された電力が５．２Ｗであるときの、４種類のサンプルのそれぞれの出力光の全光束が測定されている。

[0159] また、４種類のサンプルは、以下の通りに研磨されることで、それぞれの表面粗さが異なる。光出射面２１２が砥石粒度１４００番、かつ、光入射面２１１が砥石粒度８０００番で研磨されたサンプル（以下サンプル（１４００／８０００）と記載）が作製された。光出射面２１２が砥石粒度６００番、かつ、光入射面２１１が砥石粒度６００番で研磨されたサンプル（以下サンプル（６００／６００）と記載）が作製された。光出射面２１２が砥石粒度１４００番、かつ、光入射面２１１が砥石粒度１４００番で研磨されたサンプル（以下サンプル（１４００／１４００）と記載）が作製された。光出射面２１２が砥石粒度４０００番、かつ、光入射面２１１が砥石粒度４０００番で研磨されたサンプル（以下サンプル（４０００／４０００）と記載）が作製された。

[0160] また、サンプル（１４００／８０００）が２個、サンプル（６００／６００）が２個、サンプル（１４００／１４００）が２個、及び、サンプル（４０００／４０００）が３個作製されている。

[0161] また、図１０Ｄの横軸は、４種類のサンプルのそれぞれにおける光出射面２１２の研磨に用いられた砥石粒度が示されている。さらに、図１０Ｄには、砥石粒度と、表面粗さ（より具体的には、算術平均粗さＲａ）との相関が示されている。つまり、サンプル（６００／６００）の光出射面２１２及び光入射面２１１のそれぞれのＲａは１４５ｎｍである。サンプル（１４００／１４００）の光出射面２１２及び光入射面２１１のそれぞれのＲａは１３７ｎｍである。サンプル（１４００／８０００）の光出射面２１２のＲａは１３７ｎｍである。なお、サンプル（１４００／８０００）の光入射面２１１のＲａは１１ｎｍである。サンプル（４０００／４０００）の光出射面２１２及び光入射面２１１のそれぞれのＲａは２０ｎｍである。

[0162] また、サンプル（１４００／８０００）が基準となるサンプルであり、十分に全光束が高いサンプルである。他のサンプルについても、サンプル（１４００／８０００）と同等の全光束が得られるとよい。

[0163] ２個のサンプル（６００／６００）の全光束の平均値、２個のサンプル（１４００／１４００）の全光束の平均値、及び、３個のサンプル（４０００／４０００）の全光束の平均値はそれぞれ、２個のサンプル（１４００／８０００）の全光束の平均値と同等である。

[0164] 図１０Ｄが示すように、光入射面２１１のＲａが２０ｎｍ以上であることで、基準となるサンプル（１４００／８０００）と同程度の全光束を得ることができる。また、光入射面２１１のＲａが５００ｎｍ以下であることで、基準となるサンプル（１４００／８０００）と同程度の全光束を得ることができることが本願発明者らの検討により明らかとなっている。さらには、光入射面２１１のＲａが２０ｎｍ以上１４５ｎｍ以下であることで、基準となるサンプル（１４００／８０００）と同程度の全光束を得ることができることも、図１０Ｄから明らかである。また、基準となるサンプル（１４００／

８０００）の光入射面２１１のＲａは１１ｎｍである。光入射面２１１のＲａが１１ｎｍであるサンプル（１４００／８０００）に比べて、光入射面２１１のＲａが２０ｎｍ以上であるサンプルを製造するための工数又はコストは、低減される。つまり、低コストで、基準となるサンプル（１４００／８０００）と同程度の全光束の出力光を出力する蛍光体デバイス１を実現することができる。

[0165] ［光反射部の特性］

さらに、光反射部２２についてより詳細に説明する。ここでは、光反射部２２の作製方法と、物性とについて説明する。

[0166] ［光反射部の特性］では、光反射部２２に係る３個のサンプルが作製された。ここでは、後述する焼成温度がそれぞれ変更された、３個のサンプルが作製された。

[0167] それぞれのサンプルの原料として、平均粒子径０．２μｍであり、α型の結晶系を有するAl_2O_3粉末が用いられた。

[0168] このAl_2O_3粉末は、手動油圧プレス機（理研精機（株）製）と金型（φ１３ｍｍ）とが利用されて、円柱形状に金型成型された。Al_2O_3粉末が金型成型されるときに、それぞれのサンプルにかける圧力は、６ＭＰａとした。次に、冷間等方圧加圧装置を利用して、金型成型されたサンプルのそれぞれが本成型された。本成型されるときに、それぞれのサンプルにかけられる圧力は、２５０ＭＰａとした。なお、金型成型及び本成型が行われる際に、バインダーは使用されなかった。このようにして、光反射部２２の原料の成型体を得た。

[0169] さらに、当該成型体が、大気電気炉が利用されて、焼成された。焼成温度は、約１１００℃以上約１５００℃以下の範囲内であり、焼成温度が変更されることで、密度が異なる３個のサンプルが作製された。

[0170] 次に、アルキメデス法により、焼成後のそれぞれのサンプルの密度が評価された。そして、Al_2O_3の理論密度を３．９５ｇ／cm^3として、それぞれのサンプルの理論密度に対する比率が算出された。

[0171]　３個のサンプルのそれぞれの密度は、３．２３０ｇ／ｃｍ^3、３．７８８ｇ／ｃｍ^3、及び、３．９５０ｇ／ｃｍ^{3}であった。また、３個のサンプルのそれぞれの理論密度に対する比率は、８１．１％、９５．０％、及び、１００％であった。また、以下では、密度が３．２３０ｇ／ｃｍ^{3}のサンプルを第１サンプル、密度が３．７８８ｇ／ｃｍ^{3}のサンプルを第２サンプル、密度が３．９５０ｇ／ｃｍ^{3}のサンプルを第３サンプルとして記載する場合がある。なお、焼成温度が高いほど、サンプルの密度は高くなり、つまりはサンプルの理論密度に対する比率は高くなる。

[0172]　上記の通り、本実施の形態に係る光反射部２２の密度（つまりは光反射性セラミックスの密度）は、理論密度の９８％以下であればよいため、第１サンプル、及び、第２サンプルが光反射部２２に相当する。上記の通り、光反射部２２の主成分は光反射性セラミックスであるため、光反射部２２に相当する第１及び第２サンプルの主成分も光反射性セラミックスである。

[0173]　さらに、光反射部２２に係る３個のサンプルについて、可視光領域における光反射性が測定された。

[0174]　図１１は、第１～第３サンプルの光反射率の相対値が示された図である。なお、図１１には、光反射部２２に相当する第１及び第２サンプルと、光反射部２２に相当しない第３サンプルとが示されている。

[0175]　また、光反射率の相対値は、以下のように測定される。それぞれのサンプルの可視光反射率（光反射率の相対値）が、スペクトロフルオロメーター（日本分光（株）、ＦＰ－６５００）により、評価された。ここでは、板状の硫酸バリウム部材の４００ｎｍ以上８００ｎｍ以下の波長領域の光の反射強度に対する、それぞれのサンプルの４００ｎｍ以上８００ｎｍ以下の波長領域の光の反射強度の比率が、光反射率の相対値として測定された。つまり、光反射率の相対値とは、相対反射率を意味する。

[0176]　図１１が示すように、理論密度に対する比率が低いサンプルほど、光反射率の相対値が高いことが示されている。上記の通り、本実施の形態に係る蛍光体デバイス１においては、蛍光部２１から放出される出力光（白色光）の

うち横方向側に進行する光は、光反射部２２で反射して、蛍光部２１に戻って蛍光部２１から外部に放射される。よって、光反射部２２の光反射率の相対値が高いほど、蛍光体デバイス１から出力された出力光が増加する。

[0177] 本実施の形態においては、光反射部２２に相当するサンプルの密度（つまりは光反射性セラミックスの密度）は、理論密度の９８％以下であればよく、９５％以下であればよりよく、９０％以下であればさらによい。光反射部２２の主成分である光反射性セラミックスの密度が上記範囲であることで、光反射率の相対値を高めることができる。

[0178] 続いて、光反射部２２に係る３個のサンプルの表面状態が、走査型電子顕微鏡により観察された。観察の際の倍率は、５０００倍とした。

[0179] 図１２は、第１～第３サンプルの表面状態が示された画像を示す図である。なお、図１２には、光反射部２２に相当する第１及び第２サンプルと、光反射部２２に相当しない第３サンプルとが示されている。

[0180] 図１２が示すように、理論密度に対する比率が低いサンプルほど、つまりは、焼成温度が低いサンプルほど、サンプルにおける空隙が小さくなっている。特に、光反射部２２に相当する第１及び第２サンプルにおける空隙のサイズは、１００ｎｍ以上２０００ｎｍ以下である。上記の通り、光反射部２２に相当する第１及び第２サンプルの主成分が光反射性セラミックスであることから、本実施の形態に係る光反射性セラミックスにおける空隙のサイズは、１００ｎｍ以上２０００ｎｍ以下である。

[0181] 空隙のサイズ、つまりは、光散乱部２３のサイズがこの範囲であることで、蛍光部２１から放出される出力光（白色光）を光散乱により反射させることができるため、図１１が示すように、光反射率の相対値を高めることができる。

[0182] なお、本実施の形態に係る光反射性セラミックスにおける空隙のサイズは、上記に限られない。当該空隙の平均サイズは、１００ｎｍ以上１００００ｎｍ以下であればよく、１００ｎｍ以上５０００ｎｍ以下であればよりよく、１００ｎｍ以上２０００ｎｍ以下であればさらによい。当該空隙の平均サ

イズが上記範囲であれば、蛍光部２１から放出される出力光（白色光）を光散乱により反射させせることができるため光反射率の相対値を高めることができる。

[0183] ［光反射部が出力光に与える影響の検討］

さらに、本実施の形態に係る光反射部２２の密度（つまりは光反射性セラミックスの密度）が蛍光体デバイス１の発光面積及び出力光の全光束に与える影響について、検討が行われた。まずは、発光面積に与える影響について説明する。

[0184] ［光反射部が出力光に与える影響の検討］では、図１が示す蛍光体デバイス１と同じ構成を有する３個のサンプルが作製された。この３個のサンプルは、光反射部２２の密度がそれぞれ変更されたサンプルである。

[0185] 図１３は、光反射部２２の密度がそれぞれ異なる３個のサンプルの発光画像が示された図である。なお、図１３には、発光画像の撮像時に、アパーチャ無の場合の発光画像と、アパーチャ有の場合の発光画像とが示されている。また、図４と同じく、発光画像においては、励起光が照射された場合の輝度の分布がグラデーションで示されており、色が薄いほど輝度が高く、色が濃いほど輝度が低い。また、６個の発光画像のそれぞれにおいて、（ａ）－（ａ）線における輝度分布がスペクトルＡで、（ｂ）－（ｂ）線における輝度分布がスペクトルＢで示されている。

[0186] また、光反射部２２の密度がそれぞれ異なる３個のサンプルは、具体的には以下の通りである。

[0187] ３個のサンプルのそれぞれは、１２００℃、１２５０℃及び１３００℃で光反射部２２が焼成されている。異なる焼成温度で焼成されることで、光反射部２２の密度がそれぞれ異なる３個のサンプルが作製された。

[0188] １２００℃で焼成されたサンプルにおける光反射部２２の理論密度に対する比率は約８９％であり、当該サンプルを以下サンプル（１２００℃）と記載する。１２５０℃で焼成されたサンプルにおける光反射部２２の理論密度に対する比率は約９２％であり、当該サンプルを以下サンプル（１２５０℃

）と記載する。１３００℃で焼成されたサンプルにおける光反射部２２の理論密度に対する比率は約９５％であり、当該サンプルを以下サンプル（１３００℃）と記載する。

[0189] 図１１で説明したとおり、焼成温度が高いほど、つまりは、理論密度に対する比率が高いほど、光反射率が低下する。図１３で説明される３個のサンプルにおいても、サンプル（１２００℃）、サンプル（１２５０℃）及びサンプル（１３００℃）の順に光反射率が低下する。このため、図１３が示すように、サンプル（１３００℃）つまりは理論密度に対する比率が約９５％であるサンプルは、他の２個のサンプルに比べ光反射率が低く、光反射部２２の中にまで蛍光及び励起光が進んでしまう。従って、サンプル（１３００℃）は、他の２個のサンプルに比べて、発光面積が拡がってしまっている。

[0190] さらに、発光面積の拡がりの程度について、図１４を用いて説明する。

[0191] 図１４は、光反射部２２の密度がそれぞれ異なる３個のサンプルのそれぞれの蛍光部２１の面積（蛍光部面積）、発光面積、及び、発光面積を蛍光部面積で除した値が示された図である。なお、発光面積を蛍光部面積で除した値は、発光面積／蛍光部面積で示されている。蛍光部面積及び発光面積は左縦軸に対応し、発光面積を蛍光部面積で除した値は右縦軸に対応する。さらに、図１４には、光反射部２２の焼成温度と理論密度に対する比率との相関が示されている。

[0192] ３個のサンプルのそれぞれで、発光面積は蛍光部面積よりも大きい。しかし、発光面積を蛍光部面積で除した値は、１３００℃で焼成されたサンプル（サンプル（１３００℃））が最も大きく、発光面積の拡がりの程度が最も大きいサンプルがサンプル（１３００℃）であることが示された。

[0193] 光反射部２２の光反射率が低いと蛍光部２１の発光面積が拡がり、この結果、蛍光体デバイス１の上方に設けられたライトガイドに入射する出力光が減ってしまう。つまりは、出力光の利用効率が低減される。

[0194] 従って、光反射部２２の反射率は高いほどよく、つまり光反射部２２の密度は、低い方がよい。例えば、光反射部２２の密度（つまりは光反射性セラ

ミックスの密度）を理論密度の９８％以下とするとよい。さらに、光反射部２２の密度（つまりは光反射性セラミックスの密度）は、９５％以下であればよりよく、９０％以下であればさらによい。このような構成により、光反射部２２の光反射率を高めることができ、蛍光部２１の発光面積の拡がりが抑制される。この結果、蛍光体デバイス１の上方に設けられたライトガイドに入射する出力光が増加し、出力光の利用効率が高められた蛍光体デバイス１が実現される。

[0195] 続いて、光反射部２２の密度（つまりは光反射性セラミックスの密度）が蛍光体デバイス１の出力光の全光束に与える影響について説明する。

[0196] 図１５は、光反射部２２の密度がそれぞれ異なる３個のサンプルの発光特性の一例を示す図である。

[0197] 図１５の横軸は、光源２から励起光を出射させるために投入された電力（投入電力）である。図１５の縦軸は、３個のサンプルのそれぞれの出力光の全光束を示す。アパーチャ無（ＡＰ無）の場合には、３個のサンプルのそれぞれの出力光の全ての全光束が測定されている。一方、アパーチャ有（ＡＰ有）の場合には、３個のサンプルのそれぞれの出力光のうちアパーチャ（ＡＰ）を通過した出力光の全光束が測定されている。なお、アパーチャ（ＡＰ）を通過した出力光が、ライトガイドに入射する出力光でもある。

[0198] 図１５が示すように、アパーチャ無（ＡＰ無）の場合には、３個のサンプルのそれぞれの出力光の全光束は、同じ投入電力であれば、同程度である。しかし、アパーチャ有（ＡＰ有）の場合には、サンプル（１３００℃）の出力光の全光束は、サンプル（１２００℃）及びサンプル（１２５０℃）のそれぞれの出力光の全光束よりも１５％程度低下している。

[0199] 図１６は、光反射部２２の密度がそれぞれ異なる３個のサンプルの発光特性の他の一例を示す図である。

[0200] 図１５の横軸は、光源２から励起光を出射させるために投入された電力（投入電力）である。図１５の縦軸は、３個のサンプルのそれぞれにおける、アパーチャ無（ＡＰ無）の場合の出力光の全光束に対するアパーチャ有（Ａ

Ｐ有）の場合の出力光の全光束の割合を示す。

[0201] 図１６が示すように、サンプル（１３００℃）においては、アパーチャ無（ＡＰ無）の場合の出力光の全光束に対するアパーチャ有（ＡＰ有）の場合の出力光の全光束の割合が、他の２個のサンプルよりも低い。つまり、アパーチャ（ＡＰ）が有ることで、他の２個のサンプルに比べて、サンプル（１３００℃）の出力光の全光束が大きく低下する。図１４で示したように、サンプル（１３００℃）は、発光面積の拡がりが、他の２個のサンプルに比べて大きい。このため、サンプル（１３００℃）の出力光のうちアパーチャ（ＡＰ）を通過することができない出力光の割合が、他の２個のサンプルに比べて多くなってしまう。従って、アパーチャ（ＡＰ）が設けられることで、他の２個のサンプルに比べて、サンプル（１３００℃）の出力光のうちアパーチャ（ＡＰ）を通過した出力光の全光束が大きく低下してしまう。例えば、投入電力が５．２Ｗのときには、他の２個のサンプルに比べて、サンプル（１３００℃）では、アパーチャ無（ＡＰ無）の場合の出力光の全光束に対するアパーチャ有（ＡＰ有）の場合の出力光の全光束の割合が４ポイント程度低下する。

[0202] 図１５及び図１６が示すように、光反射部２２の理論密度に対する比率が低いほど、つまりは、光反射部２２の光反射率が高いほど、アパーチャ（ＡＰ）を通過する出力光の割合を増やし、ライトガイドに入射する出力光を増やすことができる。つまりは、出力光の利用効率が高い蛍光体デバイス１を実現することができる。

[0203] ［光反射部の光反射性の検討］

［光反射部の光反射性の検討］でさらに、光反射部２２に係る１０個のサンプルが作製された。なお、この１０個のサンプルは、上記の第１～第３サンプルとは異なるサンプルであるが、原料となるAl_2O_3粉末が異なる点、及び、焼成温度が異なる点を除いて、同じ作製方法によって作製されている。

[0204] この１０個のサンプルは、２種類のサンプルに分類される。この２種類の

サンプルは、互いに異なる種類のAl_2O_3粉末が用いられて作製されている。２種類のサンプルのうち一方の種類のサンプルは、５個のサンプルを含み、この５個のサンプルを識別のため第４～第８サンプルと記載する。２種類のサンプルのうちまた他の一方の種類のサンプルは、５個のサンプルを含み、この５個のサンプルを識別のため第９～第１３サンプルと記載する。

[0205] また、第４～第８サンプルのそれぞれには、Al_2O_3粉末としてＴＭ－５Ｄ（大明化学工業（株））、第９～第１３サンプルのそれぞれには、Al_2O_3粉末としてＡＫＰ－７００（住友化学（株））が用いられている。ＴＭ－５Ｄの平均一次粒子径は、０．２μｍ、ＡＫＰ－７００の平均一次粒子径は、０．１７μｍ未満である。

[0206] さらに、第４～第１３サンプルが作製される際の、焼成温度について説明する。第４及び第９サンプルは、それぞれ１１５０℃で焼成されている。第５及び第１０サンプルは、それぞれ１２００℃で焼成されている。第６及び第１１サンプルは、それぞれ１２５０℃で焼成されている。第７及び第１２サンプルは、それぞれ１３００℃で焼成されている。第８及び第１３サンプルは、それぞれ１４００℃で焼成されている。

[0207] 図１７は、第４～第８サンプルの光反射率の相対値が示された図である。図１８は、第９～第１３サンプルの光反射率の相対値が示された図である。光反射率の相対値の測定方法は、第１～第３サンプルと同じである。なお、図１７及び図１８では、硫酸バリウム部材の測定波長ごとの反射率を１として、第４～第１３サンプルの光反射率の相対値が示されている。なお、図１７及び図１８では、括弧内に焼成温度が示されている。

[0208] 図１７及び図１８が示すように、第４～第１３サンプルのいずれにおいても、長波長領域（例えば５００ｎｍ以上８００ｎｍ以下の波長領域）に比べて、短波長領域（例えば４００ｎｍ以上４５０ｎｍ以下の波長領域）では光反射率の相対値が低下している。しかしながら、第４～第７、第９及び第１０サンプルにおいては、この短波長領域での光反射率の相対値の低下が抑制されており、つまりは、全ての可視光領域において、同程度の光反射率の相

対値が示されている。

[0209] このように、長波長の光反射率の相対値に対して、短波長の光反射率の相対値が高いとよい。具体的には、長波長の光反射率の相対値（つまりは、相対反射率）を１００％とした場合に、短波長の光反射率の相対値（相対反射率）が９５％以上であるとよい。

[0210] 一例として、長波長とは、５００ｎｍ以上８００ｎｍ以下の１つの波長であり、短波長とは、長波長よりも短い波長であり、４００ｎｍ以上４５０ｎｍ以下の１つの波長である。この例の場合、例えば、長波長は７００ｎｍであり短波長は４００ｎｍであり、長波長（７００ｎｍ）の光反射率の相対値を１００％とした場合に、短波長（４００ｎｍ）の光反射率の相対値が９５％以上である。第４サンプルにおいて、長波長（７００ｎｍ）及び短波長（４００ｎｍ）のそれぞれの光反射率の相対値は１．０１及び０．９８である。長波長（７００ｎｍ）の光反射率の相対値である１．０１を１００％とすると、短波長（４００ｎｍ）の光反射率の相対値である０．９８は、９７％となる。つまり、第４サンプルにおいては、長波長の光反射率の相対値（相対反射率）を１００％とした場合に、短波長の光反射率の相対値（相対反射率）が９５％以上を満たしている。また、第５～第７、第９及び第１０サンプルにおいても同様である。

[0211] 第４～第７、第９及び第１０サンプルが示すように、光反射部２２において、長波長の光反射率の相対値（相対反射率）を１００％とした場合に、短波長の光反射率の相対値（相対反射率）が９５％以上であればよい。この構成により、光反射部２２の光反射率をより広い波長領域で高めることができ、蛍光部２１の発光面積の拡がりが抑制される。この結果、蛍光体デバイス１の上方に設けられたライトガイドに入射する出力光が増加し、出力光の利用効率が高められた蛍光体デバイス１が実現される。

[0212] ［効果など］

発明１は、基板部材１０と、蛍光部２１及び光反射部２２を有し基板部材１０に設けられる波長変換部材２０と、を備える蛍光体デバイス１である。

蛍光部２１は、光入射面２１１及び光出射面２１２を有し、光反射部２２は、光出射面２１２の方向から見て、蛍光部２１の周囲に設けられている。蛍光部２１の主成分は、Ce^{3+}を含むＹＡＧ蛍光体セラミックスである。光反射部２２の主成分は、光反射性セラミックスである。ＹＡＧ蛍光体セラミックスのCe^{3+}濃度は、０．００５％以上０．０２％以下である。ＹＡＧ蛍光体セラミックスの厚みは、３５０μｍ以上８２０μｍ以下である。

[0213] 図９及び図１０Ａで示したように、蛍光部のCe^{3+}濃度及び厚みの両方が制御されることにより、実施例１～実施例４においては、検討例１～検討例７に比べて、出力光の色度の角度依存性が小さい蛍光体デバイスが実現されている。上記の実施例１～実施例４の蛍光体デバイスは、蛍光部のCe^{3+}濃度及び厚みの観点から、蛍光体デバイス１に相当するデバイスである。よって、本実施の形態に係る蛍光体デバイス１も、上記の構成により、出力光の色度の角度依存性が小さいデバイスとして実現されている。

[0214] さらに、図９で示したように、実施例１～実施例４においては、０°方向の色度と４５°方向の色度との両方が上記の色度範囲（矩形の破線）に収まっている。上記の実施例１～実施例４の蛍光体デバイスは、蛍光体デバイス１に相当するデバイスである。つまり、蛍光体デバイス１は、内視鏡用途として利用可能な色度範囲に収まる出力光を出力することができる。

[0215] 以上のように本実施の形態に係る蛍光体デバイス１は、内視鏡用途として利用可能な色度範囲に収まる出力光を出力し、かつ、この出力光の色度の角度依存性が小さいデバイスである。色度の角度依存性が小さいため、蛍光体デバイス１が内視鏡に利用された場合でも、当該内視鏡から出力される光の色度の角度依存性が小さくすることができる。蛍光体デバイス１は、内視鏡用途として、より性能が高いデバイスである。

[0216] また、図１０Ｂ及び表５が示すように、蛍光部２１の厚み（つまりはＹＡＧ蛍光体セラミックスの厚み）が３５０μｍ以上８２０μｍ以下である６種類のサンプル（蛍光体デバイス１に相当するサンプル）の出力光の全光束は、いずれも９３０ｌｍ以上である。従って、本実施の形態に係る蛍光体デバ

イス１は、内視鏡に利用されることができる程度に、出力光の全光束が高いデバイスである。

[0217] 以上まとめると、本実施の形態においては、出力光の色度の角度依存性が小さく、かつ、出力光の全光束が高い蛍光体デバイス１が実現されており、このような蛍光体デバイス１は、内視鏡用途として、さらに性能が高いデバイスである。

[0218] 発明２は、光反射性セラミックスの密度は、理論密度の９５％以下である、発明１の蛍光体デバイス１である。

[0219] これにより、図１１が示すように、光反射部２２（光反射性セラミックス）の光反射率が高められる。このため、蛍光部２１から放出される出力光（白色光）のうち横方向側に進行する光は、光反射部２２で反射して、蛍光部２１に戻って蛍光部２１から外部に放射される。よって、蛍光体デバイス１から出力された出力光を増加させることができる。このため、例えば、図５が示すように、蛍光体デバイス１から出力された出力光に基づくライトガイド光の全光束をより高めることができる。

[0220] 発明３は、光反射性セラミックスにおいて、長波長の光の相対反射率を１００％とした場合に、長波長よりも短い波長である短波長の光の相対反射率は、９５％以上である、発明１又は２の蛍光体デバイス１である。

[0221] これにより、図１７及び図１８で示したように、光反射部２２の光反射率をより広い波長領域で高めることができ、蛍光部２１の発光面積の拡がりが抑制される。この結果、蛍光体デバイス１の上方に設けられたライトガイドに入射する出力光が増加し、出力光の利用効率が高められた蛍光体デバイス１が実現される。

[0222] 発明４は、ＹＡＧ蛍光体セラミックスの密度は、理論密度の９８％以上である、発明１～３のいずれか１つの蛍光体デバイス１である。

[0223] これにより、蛍光部２１の耐熱性及び放熱性を向上させることができ、熱による蛍光部２１の発光効率の低下が起こりにくい。また、蛍光部２１として蛍光体セラミックス層を用いることで、蛍光の散乱による光損失を抑制で

きるため、蛍光部２１の変換効率を向上させることができる。よって、蛍光体デバイス１から出力された出力光を増加させることができる。このため、例えば、図５が示すように、蛍光体デバイス１から出力された出力光に基づくライトガイド光の全光束をより高くめることができる。

[0224] 発明５は、ＹＡＧ蛍光体セラミックスの厚みは、７２６μｍ以上８２０μｍ以下である、発明１～４のいずれか１つの蛍光体デバイス１である。

[0225] 図１０Ｃ及び表６が示すように、蛍光部２１の厚み（ＹＡＧ蛍光体セラミックスの厚み）が７２６μｍ以上８２０μｍ以下である３種類のサンプル（蛍光体デバイス１に相当するサンプル）の色温度は、５０５０Ｋ以上５８１０Ｋ以下である。従って、本実施の形態に係る蛍光体デバイス１（例えば当該３種類のサンプルのそれぞれ）は、出力光の色温度がより適した範囲となるため、より内視鏡に利用されやすくなる。

[0226] 発明６は、光入射面２１１の算術平均粗さＲａは、２０ｎｍ以上５００ｎｍ以下である、発明１～５のいずれか１つの蛍光体デバイス１である。

[0227] これにより、図１０Ｄで説明の通り、蛍光体デバイス１の出力光は、基準となるサンプル（１４００／８０００）の出力光と同程度の全光束を得ることができる。また、これにより、光入射面２１１のＲａが１１ｎｍであるサンプル（１４００／８０００）に比べて、本実施の形態に係る蛍光体デバイス１を製造するための工数又はコストは、低減される。つまり、低コストで、基準となるサンプル（１４００／８０００）と同程度の全光束の出力光を出力する蛍光体デバイス１を実現することができる。

[0228] 発明７は、光反射性セラミックスの主成分は、アルミナセラミックスである発明１～６のいずれか１つの蛍光体デバイス１である。光反射性セラミックスにおける空隙のサイズは、１００ｎｍ以上２０００ｎｍ以下である。

[0229] これにより、空隙のサイズ、つまりは、光散乱部２３がこの範囲であることで、蛍光部２１から放出される出力光（白色光）を光散乱により反射させることができるため、図１１が示すように、光反射率の相対値を高めることができる。

[0230] 発明８は、発明１～７のいずれか１つの蛍光体デバイス１を備える光源モジュール１００である。

[0231] 上記の通り、蛍光体デバイス１は、出力光の色度の角度依存性が小さいデバイスである。このような蛍光体デバイス１を備える光源モジュール１００も、出力光の色度の角度依存性が小さいモジュールとなる。さらに、蛍光体デバイス１は、内視鏡用途として利用可能な色度範囲に収まる出力光を出力し、かつ、この出力光の色度の角度依存性が小さいデバイスでもある。よって、光源モジュール１００も、内視鏡用途として利用可能な色度範囲に収まる出力光を出力し、かつ、この出力光の色度の角度依存性が小さいモジュールでもある。

[0232] （他の実施の形態）

以上、本発明に係る蛍光体デバイス１について、実施の形態に基づいて説明したが、本発明は、上記実施の形態に限定されるものではない。本発明の主旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を実施の形態に施したもの、および、異なる実施の形態における構成要素を組み合わせて構築される別の形態も、本発明の範囲に含まれる。

[0233] 例えば、上記実施の形態１、２において、基板部材１０は、透光基材１１に加えて、誘電体多層膜１２及び反射防止膜１３を有していたが、これに限らない。具体的には、基板部材１０は、誘電体多層膜１２及び反射防止膜１３を有しておらず、透光基材１１のみによって構成されていてもよい。

[0234] また、上記実施の形態において、光源モジュール１００は、蛍光体デバイス１に入射する励起光が蛍光体デバイス１を透過する透過型の発光装置であったが、これに限らない。例えば、光源モジュール１００は、蛍光体デバイス１に入射する励起光が蛍光体デバイス１を透過せずに蛍光体デバイス１で反射する反射型の発光装置であってもよい。つまり、光源モジュール１００は、光源２から出射する光が波長変換部材２０で反射するように構成されていてもよい。この場合、波長変換部材２０が形成される基板部材１０は、反射基板となり、波長変換部材２０の上方から励起光が照射される。

[0235] また、上記実施の形態において、光源モジュール１００は、蛍光体デバイス１が動かない固定型の発光装置であったが、これに限らない。具体的には、光源モジュール１００は、蛍光体デバイス１が回転する回転型の発光装置であってもよい。この場合、蛍光体デバイス１は、例えば、回転する蛍光体ホイールとして用いることができる。

[0236] なお、基板部材１０と波長変換部材２０とは、透明接着層を介して接着されていてもよい。基板部材１０と波長変換部材２０とが透明接着層を介して接着されていることで、波長変換部材２０が基板部材１０に固定されるので、物理的信頼性の高い蛍光体デバイスを実現できる。

[0237] このような蛍光体デバイスについて以下、図１９を用いて説明する。

[0238] 図１９は、他の例に係る蛍光体デバイス３の構成を示す図である。図１９において、（ａ）は、蛍光体デバイス３の上面図であり、（ｂ）は、（ａ）のＸＩＸｂ－ＸＩＸｂ線における蛍光体デバイス３の断面図である。

[0239] この他の例に係る蛍光体デバイス３は、透明接着層３０を備える点で、上記の実施の形態に係る蛍光体デバイス１とは異なる。つまり、蛍光体デバイス３は、基板部材１０と、波長変換部材２０と、透明接着層３０とを備える。

[0240] 図１９の通り、波長変換部材２０は基板部材１０の上方に設けられており、ここでは、基板部材１０と波長変換部材２０とは透明接着層３０によって接着されている。この他の例では、基板部材１０と波長変換部材２０の光反射部２２とは透明接着層３０を介して接着されており、基板部材１０と波長変換部材２０の蛍光部２１とは透明接着層３０を介して接着されていない。

[0241] 透明接着層３０には、矩形状の開口部３１（空気層）が設けられている。具体的には、透明接着層３０の上面視形状は、矩形状の開口部３１を有し且つ外形が矩形状の矩形枠状である。また、上面視において、開口部３１の外形は蛍光部２１の外形よりも大きく、蛍光部２１は開口部３１に内包されている。換言すると、上面視で、蛍光部２１と透明接着層３０とは、重ならない。この矩形状の開口部３１の上方に蛍光部２１が設けられているため、蛍

光部２１は、透明接着層３０と接することはない。

[0242] 透明接着層３０の厚さは、特に限定されるものではないが、０．５μｍ以上５０μｍ以下である。より好ましくは、透明接着層３０の厚さは、５μｍ以上１０μｍ以下である。

[0243] この他の例において、光源２に相当する光源が設置された場合に、当該光源から出射した光は、基板部材１０の裏面に入射する。基板部材１０に入射した光源の光は、基板部材１０及び開口部３１を透過して波長変換部材２０の蛍光部２１に到達する。

[0244] このとき、蛍光部２１の黄色蛍光体（ＹＡＧ蛍光体）は、光源の青色光の一部を吸収して励起されて蛍光として黄色光を発する。そして、蛍光部２１では、この黄色光と黄色蛍光体に吸収されなかった光源の青色光とが混合されて白色光となり、蛍光部２１からは出力光としてこの白色光が放射される。つまり、波長変換部材２０から出力光（白色光）が取り出される。

[0245] 蛍光部２１の屈折率と蛍光部２１の下方に位置する開口部３１（空気層）の屈折率とは、異なる値である。よって、蛍光部２１が発する黄色光のうち光源側に向かう光は、蛍光部２１と開口部３１との界面で、屈折率の差によって反射されて光源側とは反対側に進むことになる。よって、波長変換部材２０から取り出される出力光の全光束がより高くなる。

[0246] なお、上記の他の例においては、蛍光部２１は、透明接着層３０と接することはなかったが、これに限られない。例えば、基板部材１０と波長変換部材２０の蛍光部２１とが透明接着層３０によって接着されていてもよい。この場合には、開口部３１は設けられておらず、基板部材１０と蛍光部２１とが透明接着層３０を介して接着されているだけではなく、基板部材１０と光反射部２２とについても透明接着層３０を介して接着されている。この場合、励起光の照射によって蛍光部２１に発生した熱は、透明接着層３０も介して放熱されるため、熱による蛍光部２１の発光効率の低下がより起こりにくい。

[0247] また、ＹＡＧ蛍光体セラミックスのCe^{3+}濃度は、以下の範囲であっても

よい。

[0248] ＹＡＧ蛍光体セラミックスのＣｅ$^{3+}$濃度は、０．００１％以上０．０５％以下であるとよく、０．００２％以上０．０４％以下であるとよりよく、０．００５％以上０．０２％以下であるとさらよい。上記の通り、当該濃度が低いほど、出力光の色度の角度依存性が小さくなる。

[0249] また、ＹＡＧ蛍光体セラミックスの厚みは、１００μｍ以上１５００μｍ以下であるとよく、２００μｍ以上１０００μｍ以下であるとよりよく、３５０μｍ以上８２０μｍ以下であるとさらによい。上記の通り、ＹＡＧ蛍光体セラミックスのＣｅ$^{3+}$濃度が０．００５％以上０．０２％以下である場合に、当該厚みが上記範囲に収まることで、出力光の色度の角度依存性が小さくなる。なお、ＹＡＧ蛍光体セラミックスの厚みは、３５０μｍ以上８０５μｍ以下であってもよく、４００μｍ以上８０５μｍ以下であってもよく、６５９μｍ以上８０５μｍ以下であってもよい。図９が示すように、当該厚みが上記範囲に収まることで、出力光の色度の角度依存性が小さくなる。

[0250] なお、構成要素の主成分とは、当該構成要素を構成する成分の中で重量として最も多く含まれる成分という意味である。例えば、構成要素が蛍光部２１である場合に、蛍光部２１の主成分とは、蛍光部２１を構成する成分の中で重量として最も多く含まれる成分という意味であり、実施の形態においては、Ｃｅ$^{3+}$を含むＹＡＧ蛍光体セラミックスである。

[0251] また、より具体的には、主成分とは、当該構成要素を構成する成分の中で５０重量％以上含まれる成分であればよく、８０重量％以上含まれる成分であればよりよく、９０重量％以上含まれる成分であればさらによい。

[0252] また、上記の実施の形態は、請求の範囲またはその均等の範囲において種々の変更、置き換え、付加、省略などを行うことができる。

符号の説明

[0253] １、１ｘ、１ａ、３　蛍光体デバイス

１０、１０ａ　基板部材

２０、２０ｘ　波長変換部材

２１、２１ａ、２５ｘ　蛍光部

２２　光反射部

１００　光源モジュール

２１１　光入射面

２１２　光出射面

請求の範囲

[請求項1] 基板部材と、

蛍光部及び光反射部を有し、前記基板部材に設けられる波長変換部材と、を備え、

前記蛍光部は、光入射面及び光出射面を有し、

前記光反射部は、前記光出射面の方向から見て、前記蛍光部の周囲に設けられ、

前記蛍光部の主成分は、Ｃｅ$^{3+}$を含むＹＡＧ蛍光体セラミックスであり、

前記光反射部の主成分は、光反射性セラミックスであり、

前記ＹＡＧ蛍光体セラミックスのＣｅ$^{3+}$濃度は、０．００５％以上０．０２％以下であり、

前記ＹＡＧ蛍光体セラミックスの厚みは、３５０μｍ以上８２０μｍ以下である

蛍光体デバイス。

[請求項2] 前記光反射性セラミックスの密度は、理論密度の９５％以下である

請求項１に記載の蛍光体デバイス。

[請求項3] 前記光反射性セラミックスにおいて、長波長の光の相対反射率を１００％とした場合に、前記長波長よりも短い波長である短波長の光の相対反射率は、９５％以上である

請求項１に記載の蛍光体デバイス。

[請求項4] 前記ＹＡＧ蛍光体セラミックスの密度は、理論密度の９８％以上である

請求項１に記載の蛍光体デバイス。

[請求項5] 前記ＹＡＧ蛍光体セラミックスの厚みは、７２６μｍ以上８２０μｍ以下である

請求項１に記載の蛍光体デバイス。

[請求項6] 前記光入射面の算術平均粗さは、２０ｎｍ以上５００ｎｍ以下であ

る

請求項１に記載の蛍光体デバイス。

[請求項7] 前記光反射性セラミックスの主成分は、アルミナセラミックスであり、

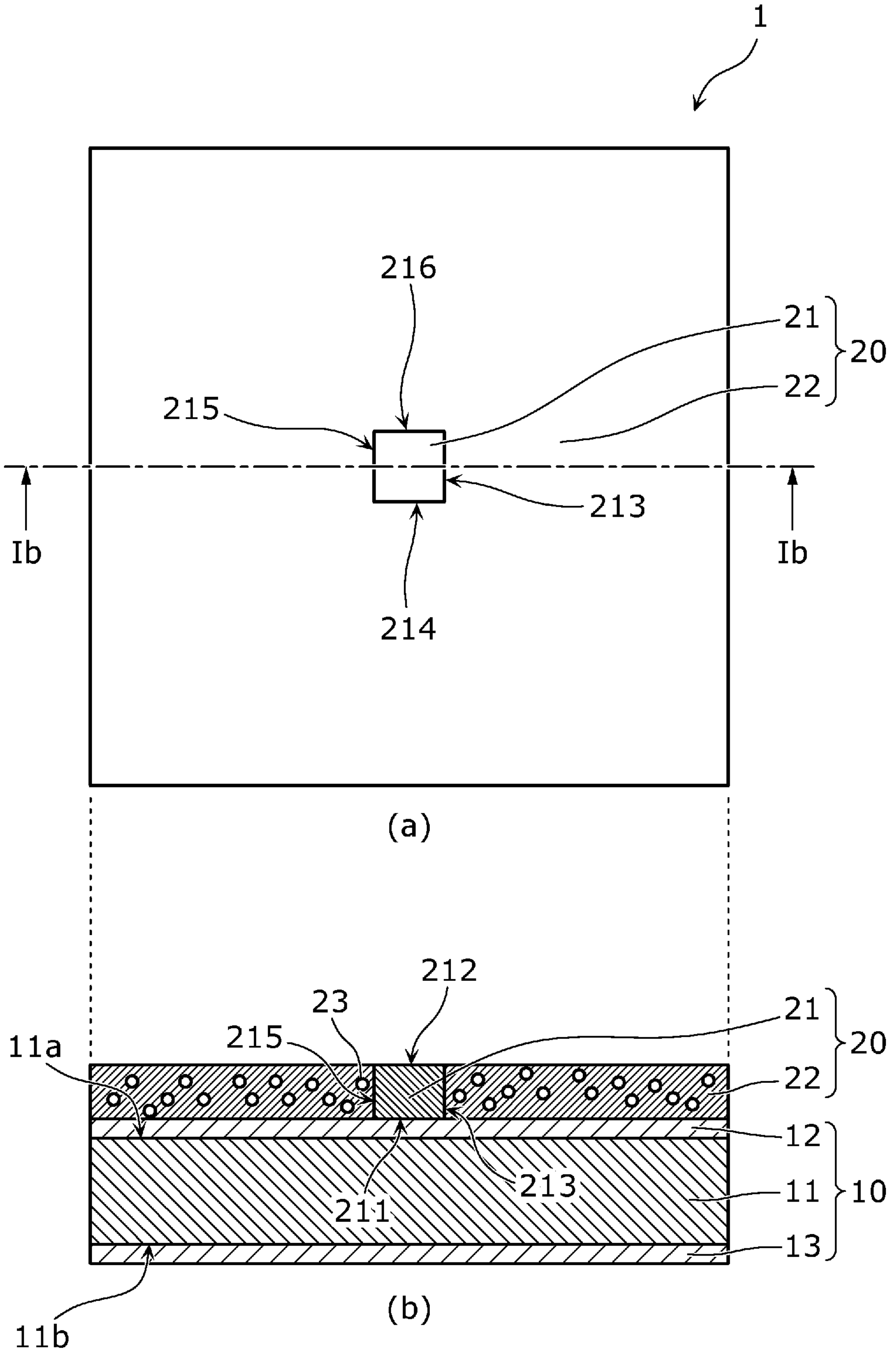
前記光反射性セラミックスにおける空隙のサイズは、１００ｎｍ以上２０００ｎｍ以下である

請求項１に記載の蛍光体デバイス。

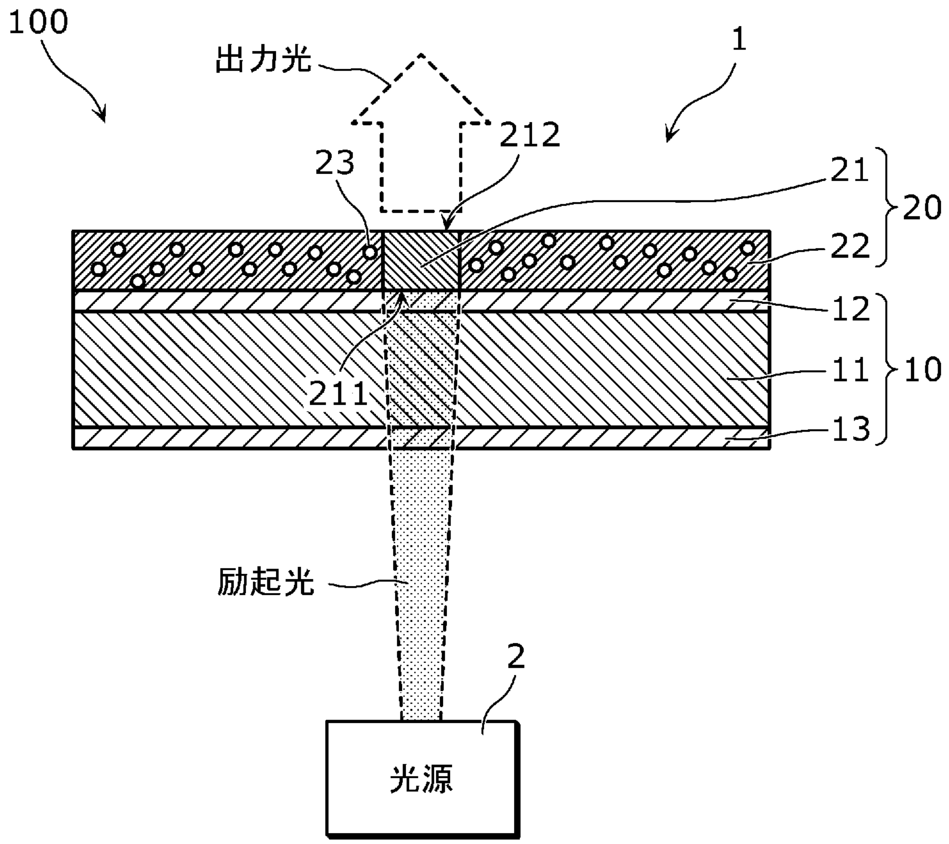
[請求項8] 請求項１～７のいずれか１項に記載の蛍光体デバイスを備える

光源モジュール。

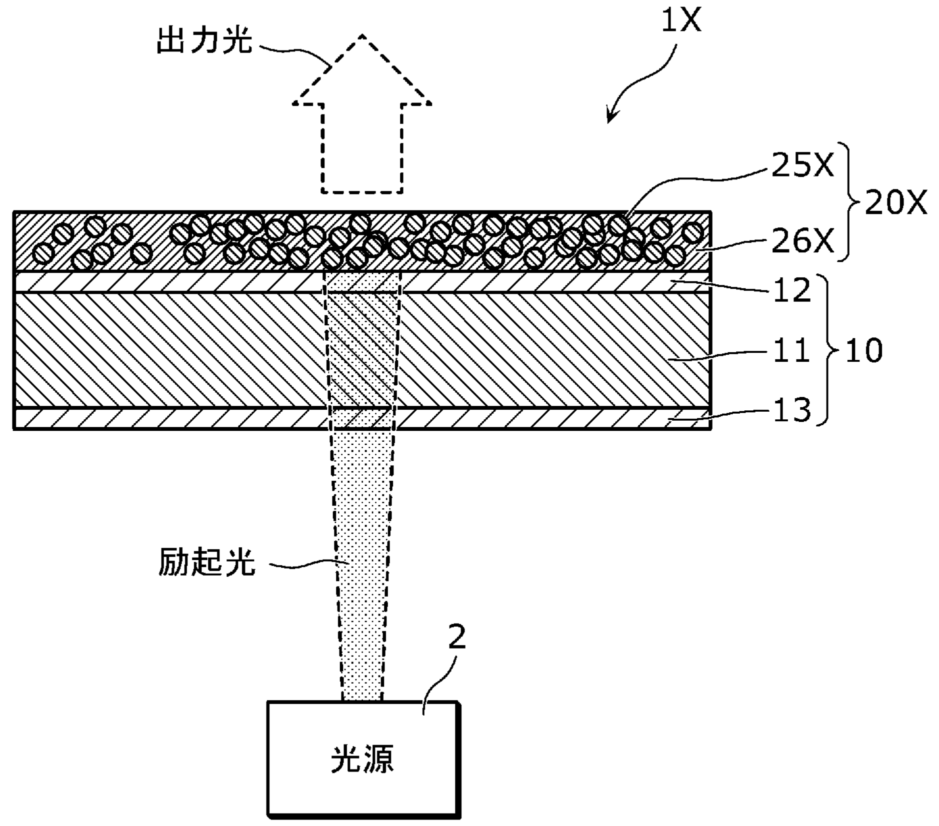
[図1]


1
216
21
20
22
215
213
Ib
Ib
214
(a)
212
23
21
20
215
11a
22
12
213
11
10
211
13
(b)
11b

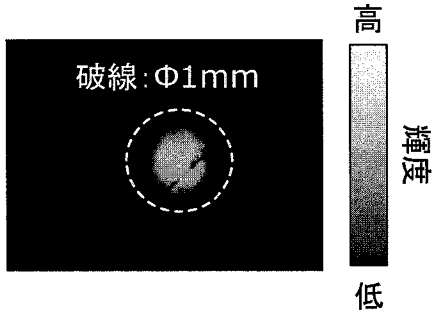
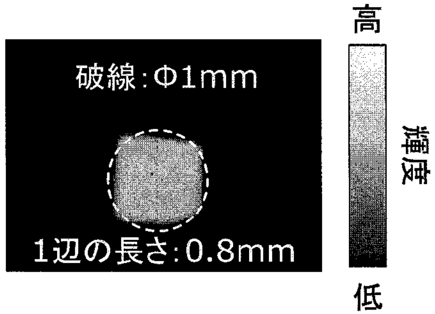
[図2]


100
出力光
1
212
23
21
20
22
12
211
11
10
13
励起光
2
光源

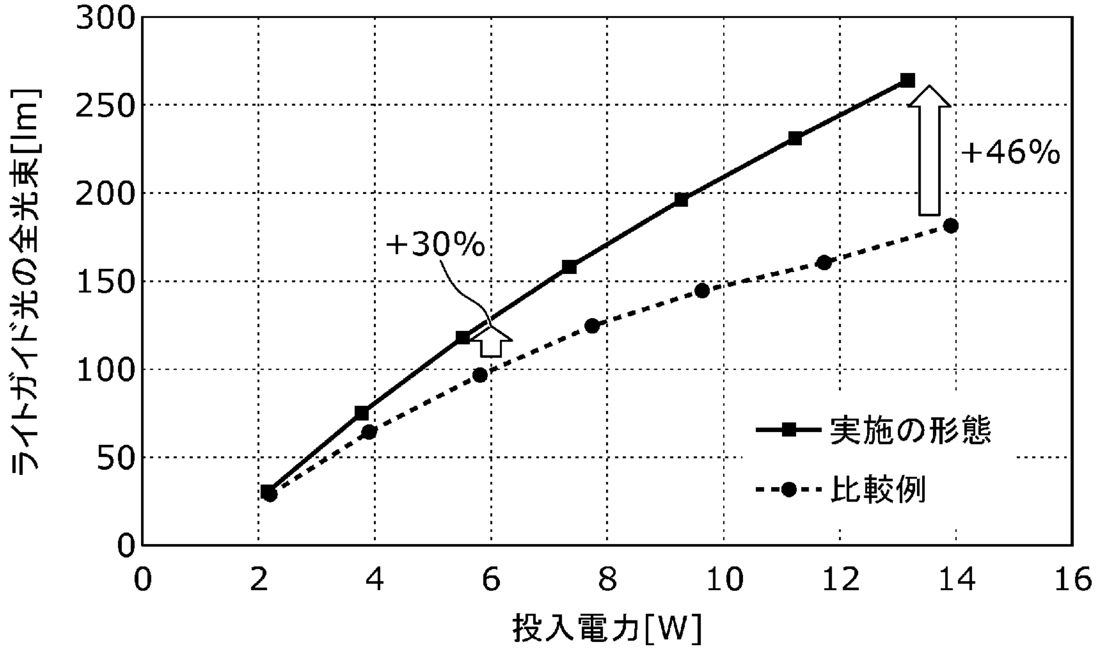
[図3]


出力光
1X
25X
20X
26X
12
11
10
13
励起光
2
光源

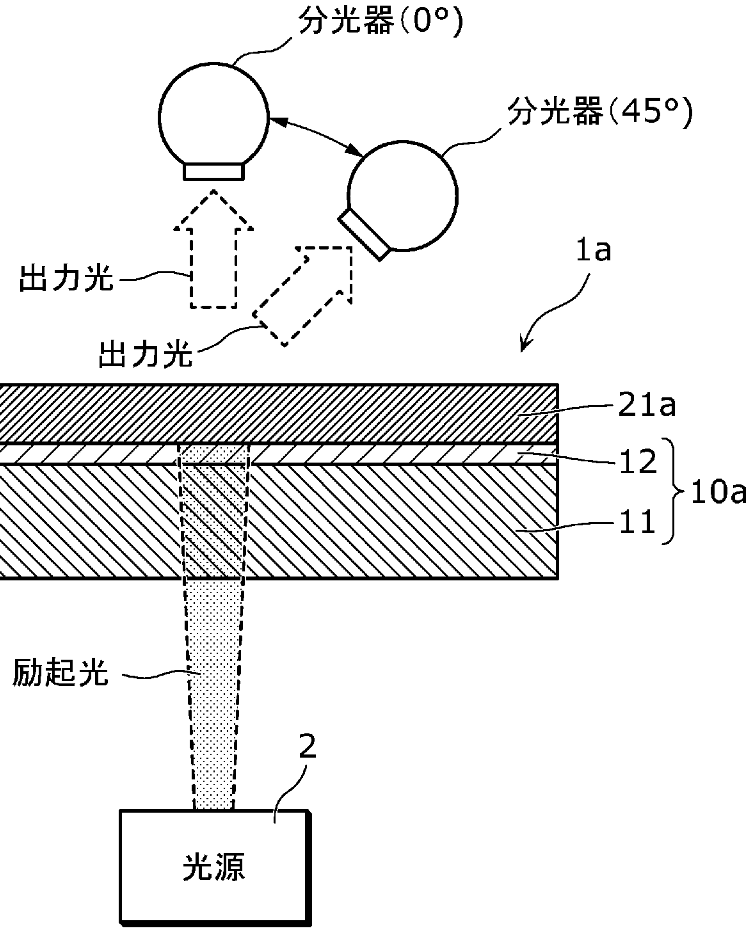
[図4]

	比較例	実施の形態
発光画像		
光反射部	無	有
光反射部密度	-	81.1%
発光面積	約0.34mm^2	約0.64mm^2
蛍光部	粒子	セラミックス
屈折率	1.95	1.83
Ce^{3+}濃度	約0.1%	0.01%
厚み	約20µm	500～700µm
蛍光部密度	-	98.8%

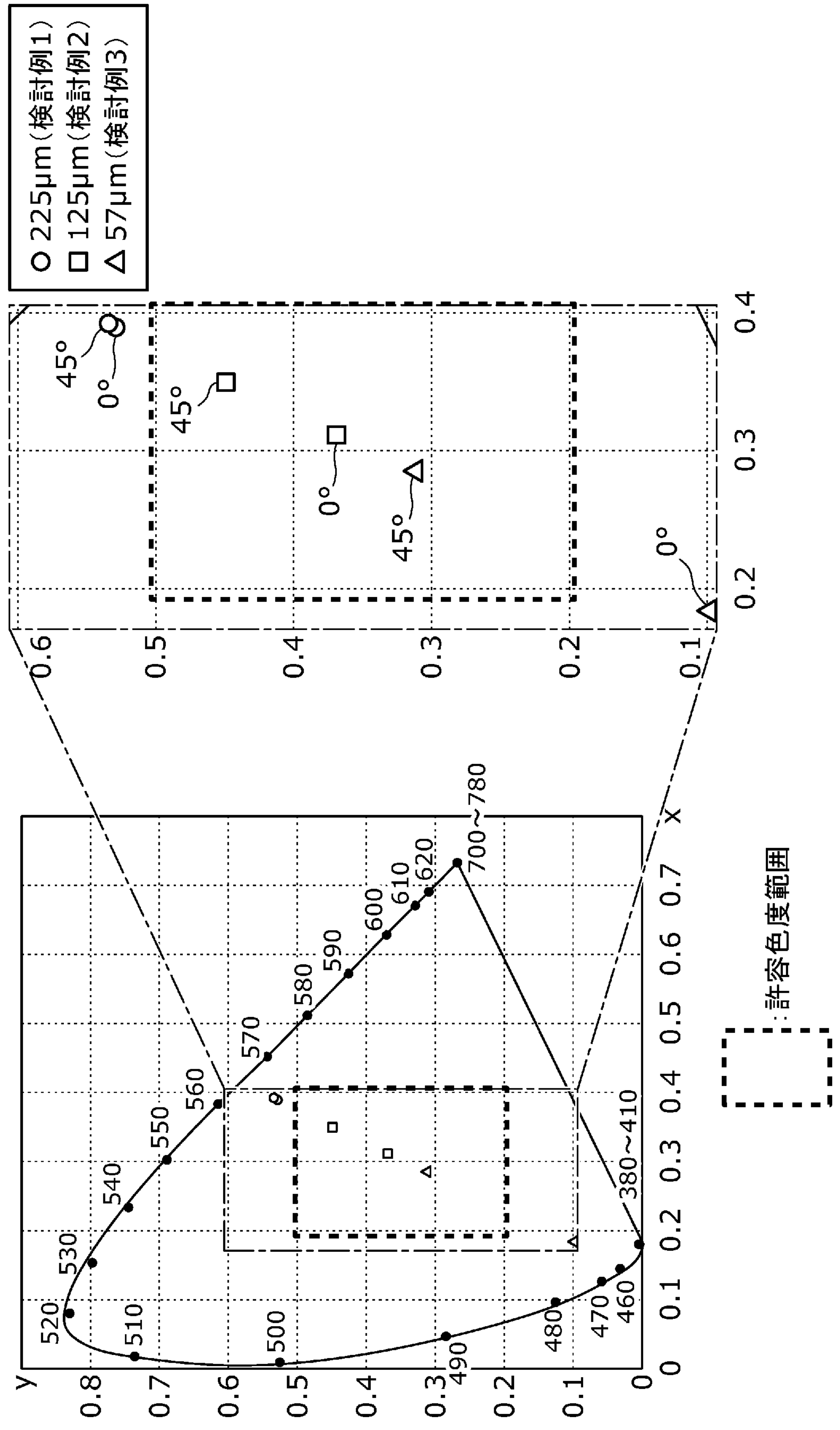
[図5]


300
250
200
150
100
50
0
ライトガイド光の全光束[lm]
0
2
4
6
8
10
12
14
16
投入電力[W]
+30%
+46%
実施の形態
比較例

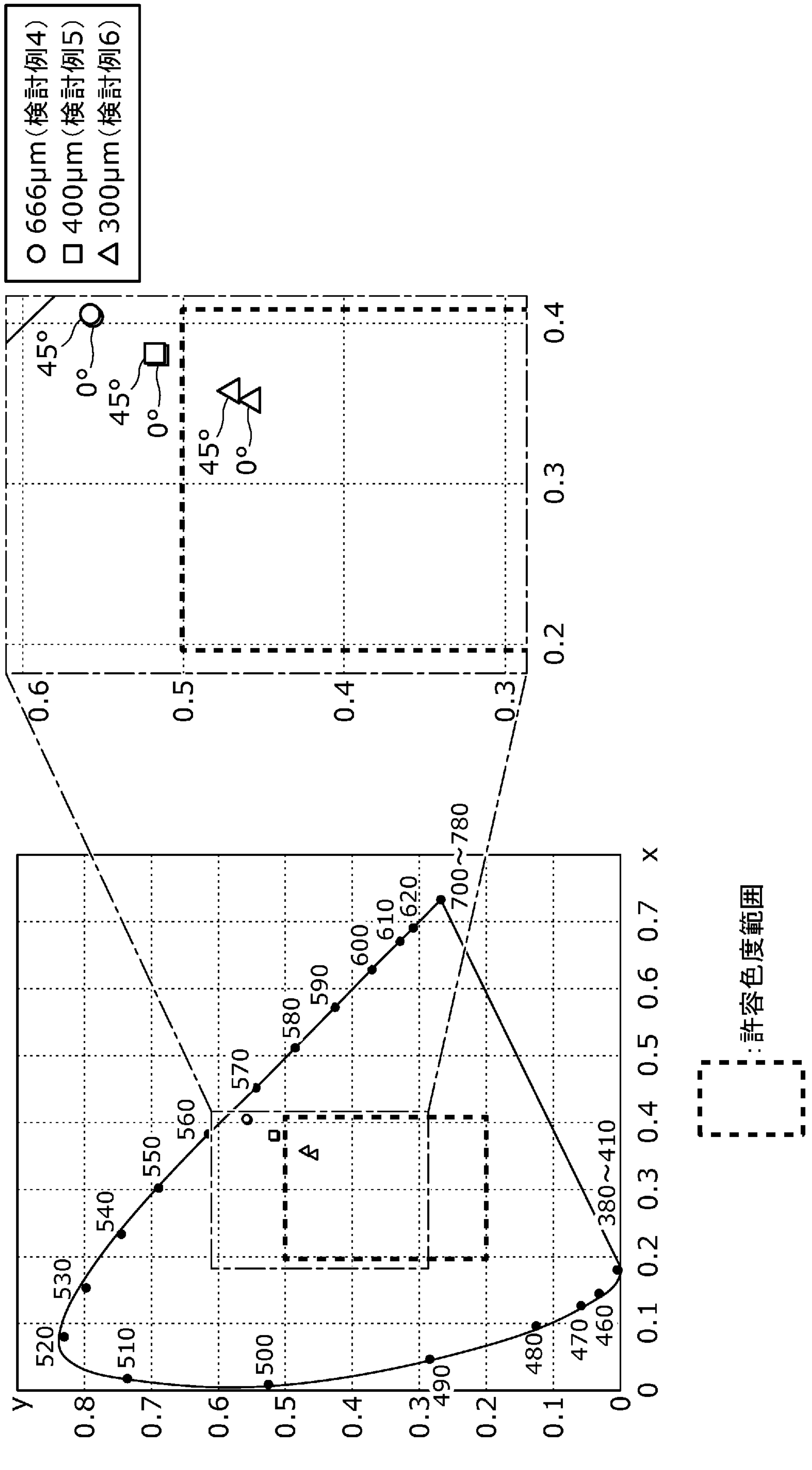
[図6]


分光器(0°)
分光器(45°)
出力光
出力光
1a
21a
12
11
10a
励起光
2
光源

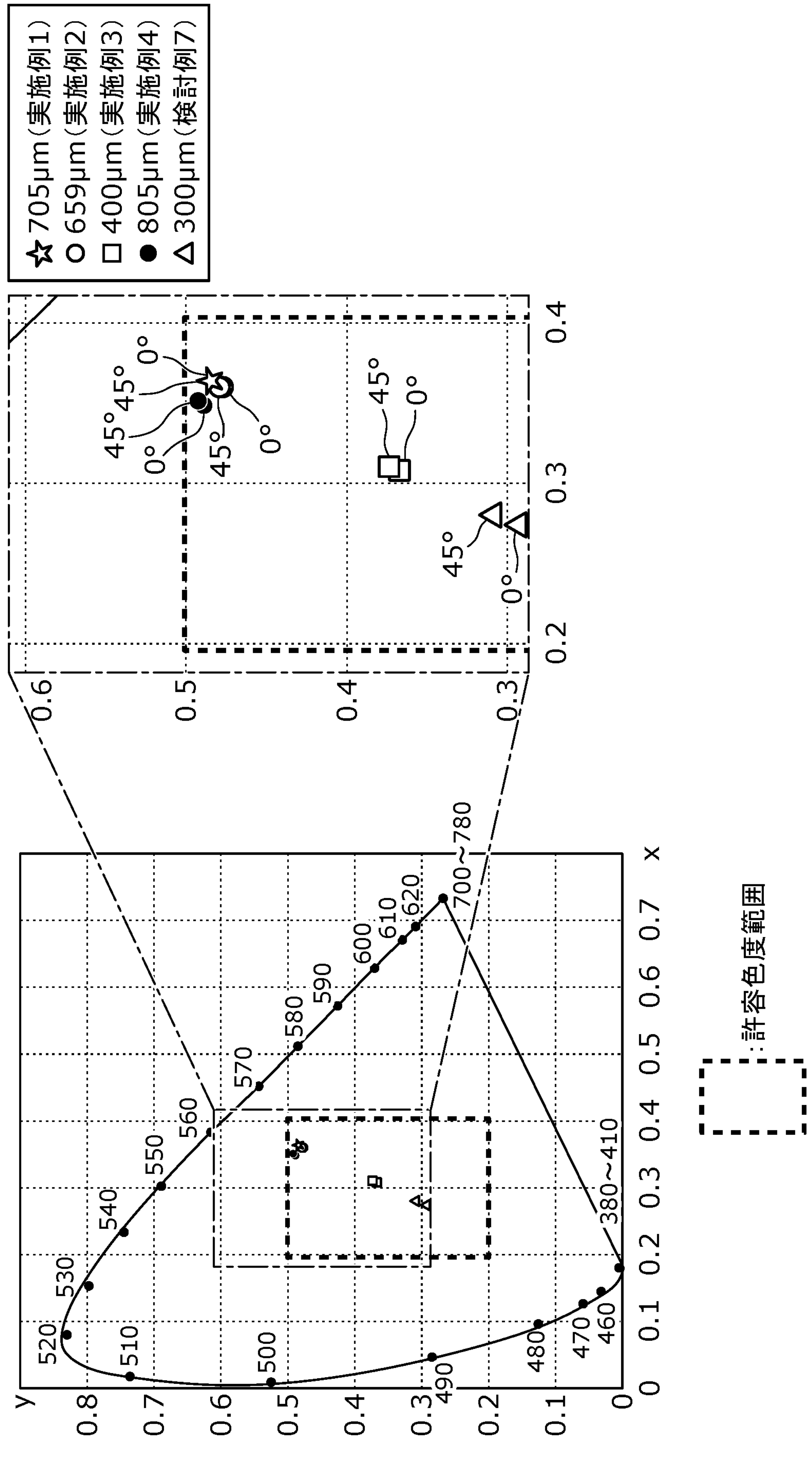
[図7]


○ 225μm（検討例1）
□ 125μm（検討例2）
△ 57μm（検討例3）
45°
0°
45°
0°
45°
0°
x
y
700～780
620
610
600
590
580
570
560
550
540
530
520
510
500
490
480
470
460
380～410
:許容色度範囲

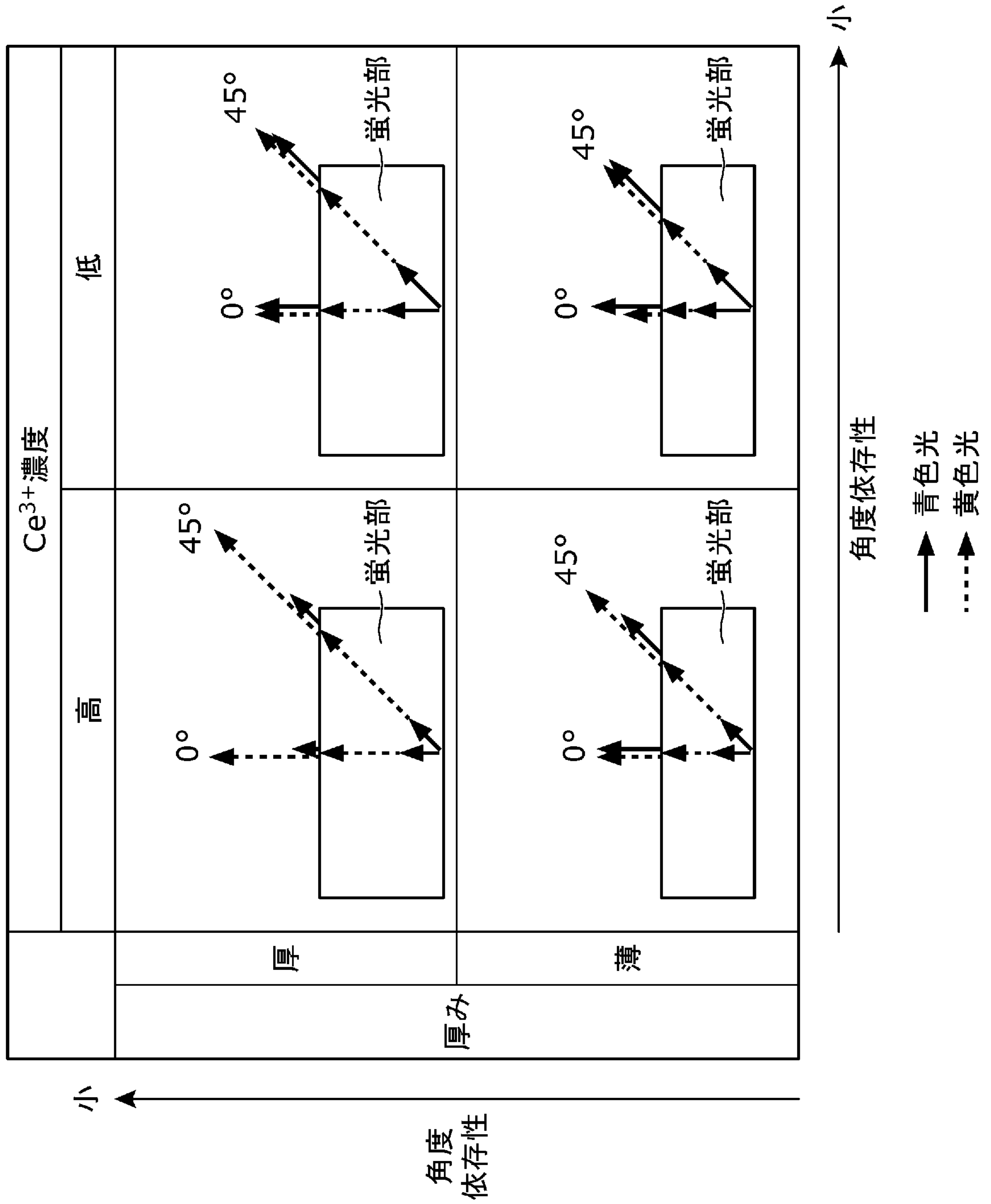
[図8]


○ 666μm（検討例4）
□ 400μm（検討例5）
△ 300μm（検討例6）
45°
0°
x
y
380~410
700~780
:許容色度範囲

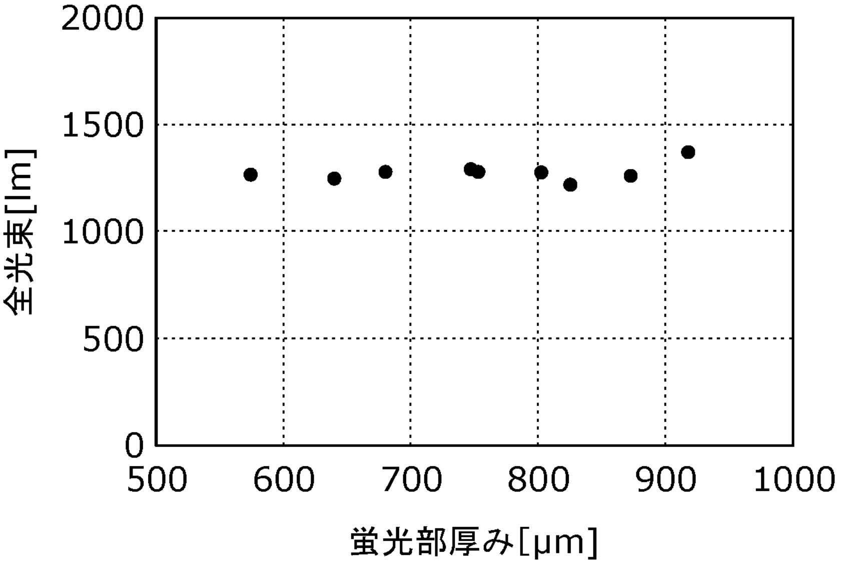
[図9]


705μm（実施例1）
659μm（実施例2）
400μm（実施例3）
805μm（実施例4）
300μm（検討例7）
:許容色度範囲
x
y
700～780
380～410
0°
45°

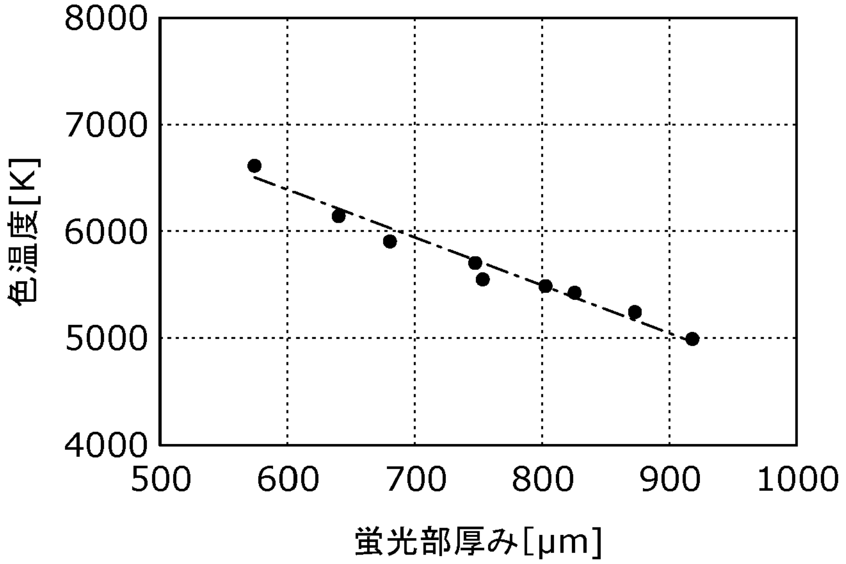
[図10A]



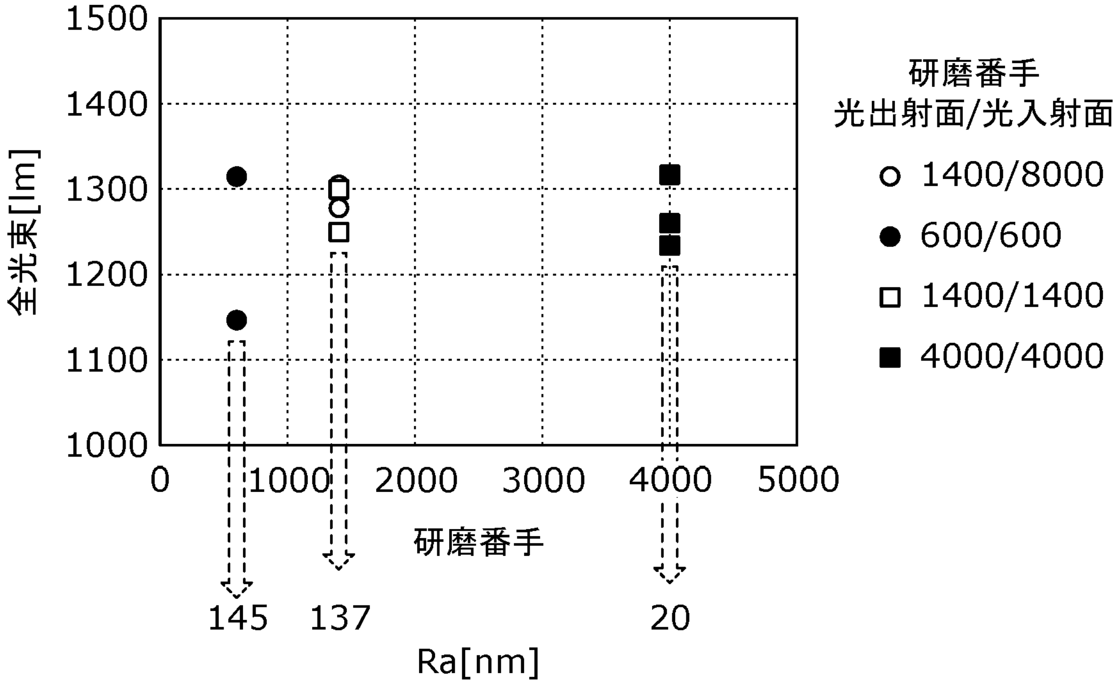
[図10B]



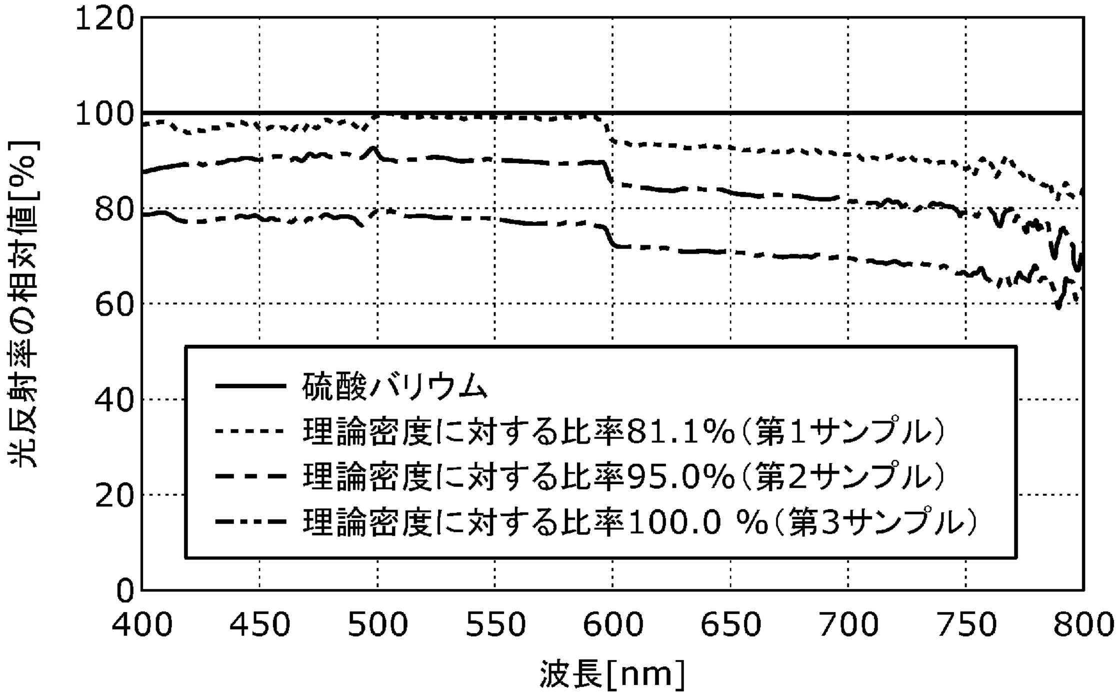
[図10C]



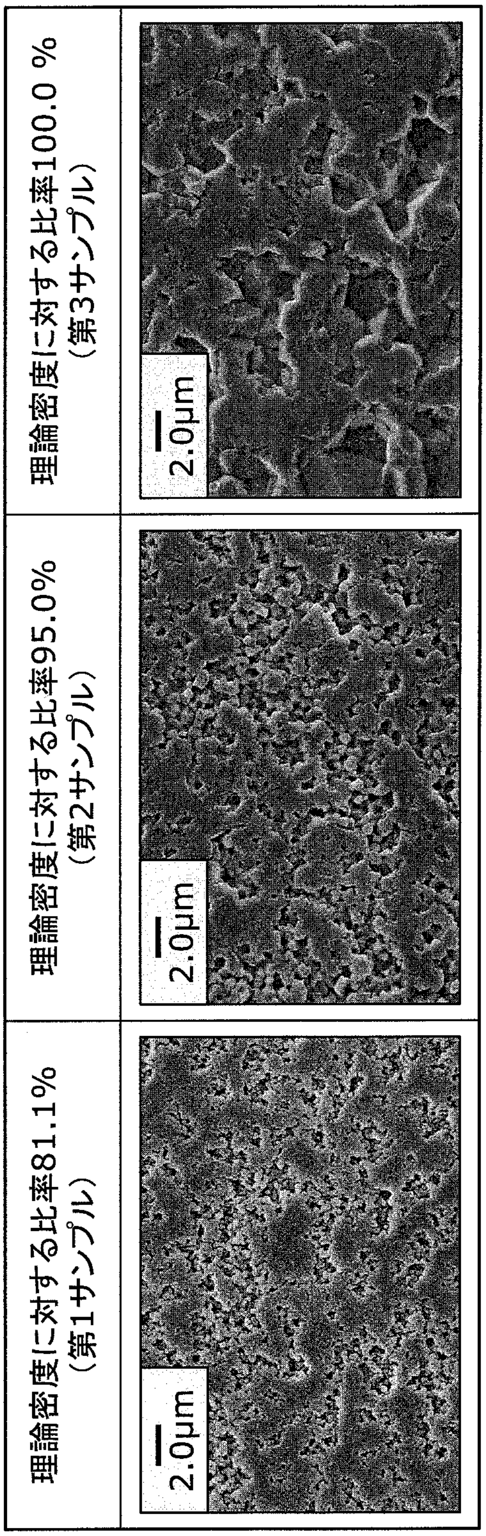
[図10D]



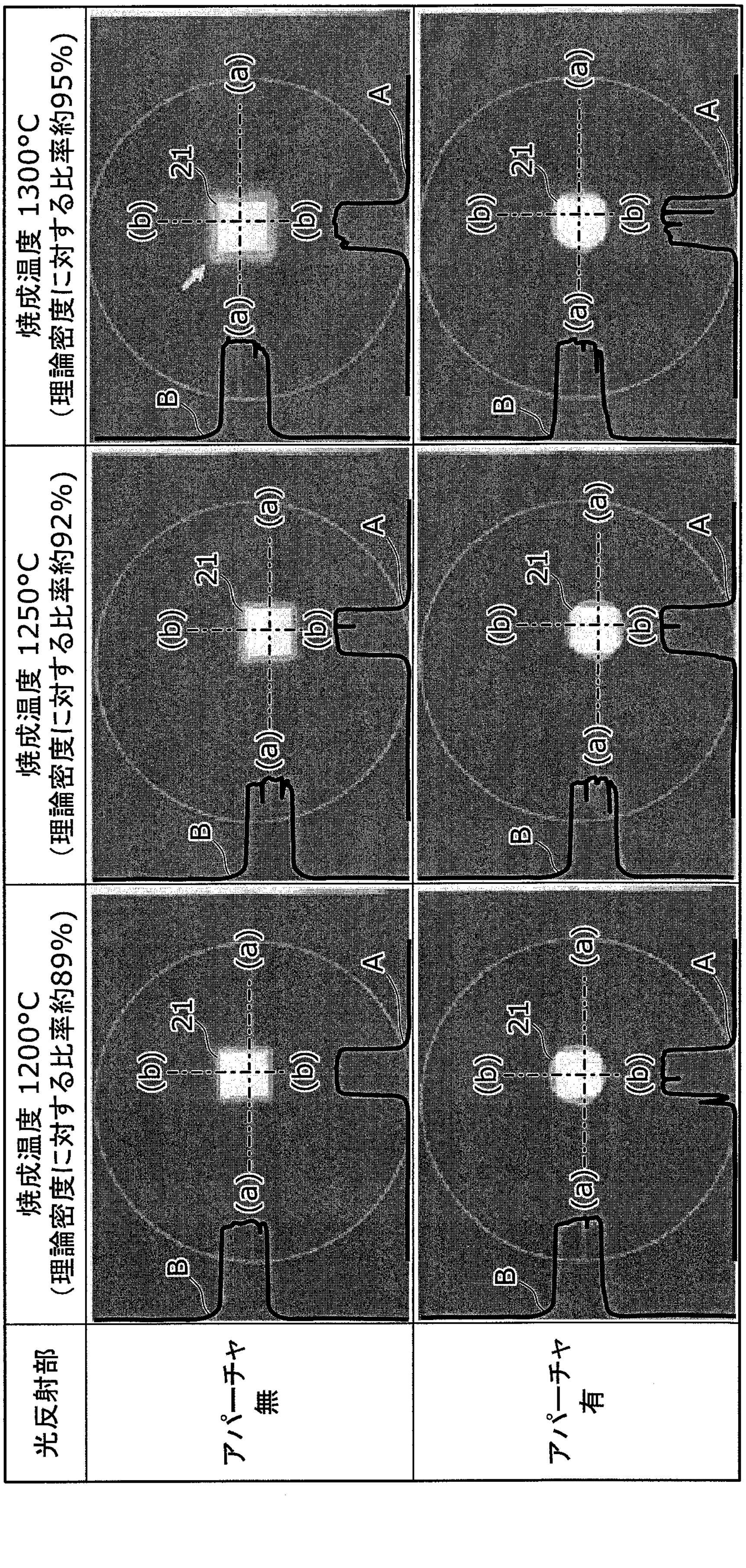
[図11]


120
100
80
60
40
20
0
400
450
500
550
600
650
700
750
800
光反射率の相対値[%]
波長[nm]
硫酸バリウム
理論密度に対する比率81.1%(第1サンプル)
理論密度に対する比率95.0%(第2サンプル)
理論密度に対する比率100.0 %(第3サンプル)

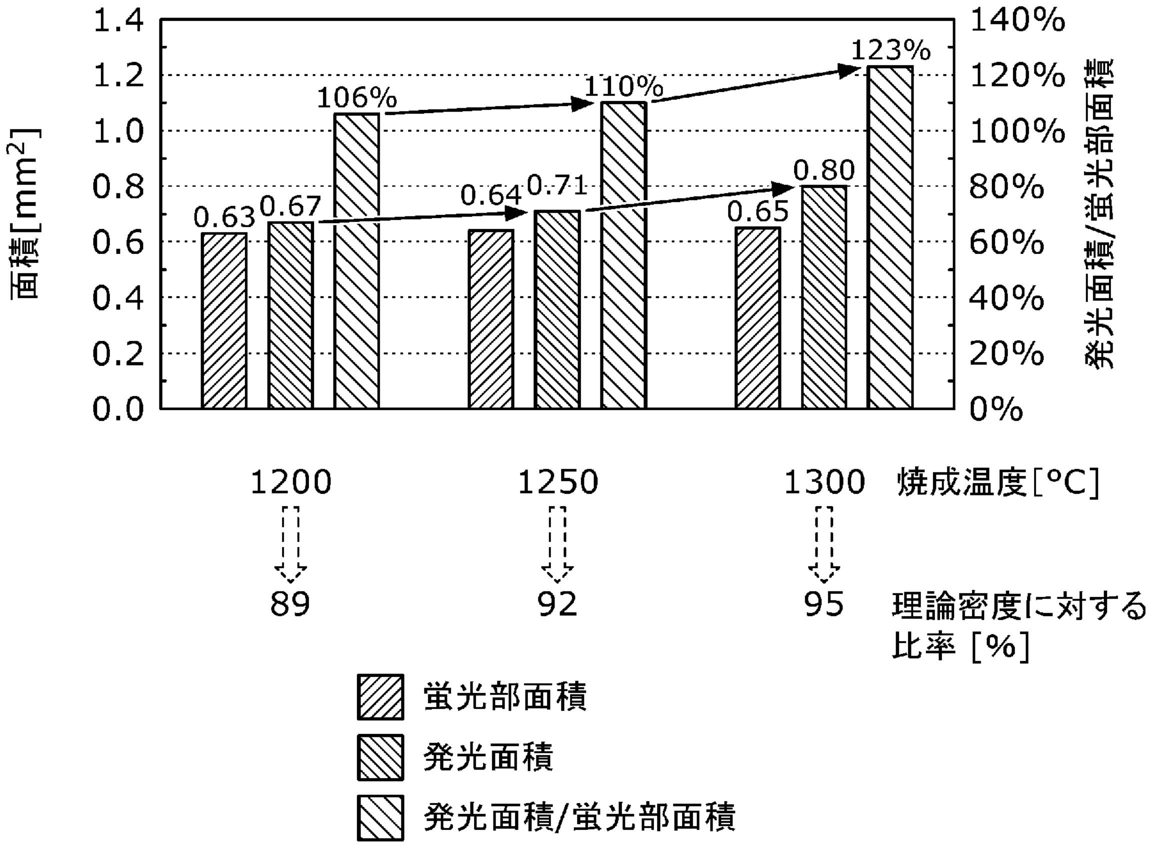
[図12]


理論密度に対する比率100.0 %
（第3サンプル）
2.0μm
理論密度に対する比率95.0%
（第2サンプル）
2.0μm
理論密度に対する比率81.1%
（第1サンプル）
2.0μm

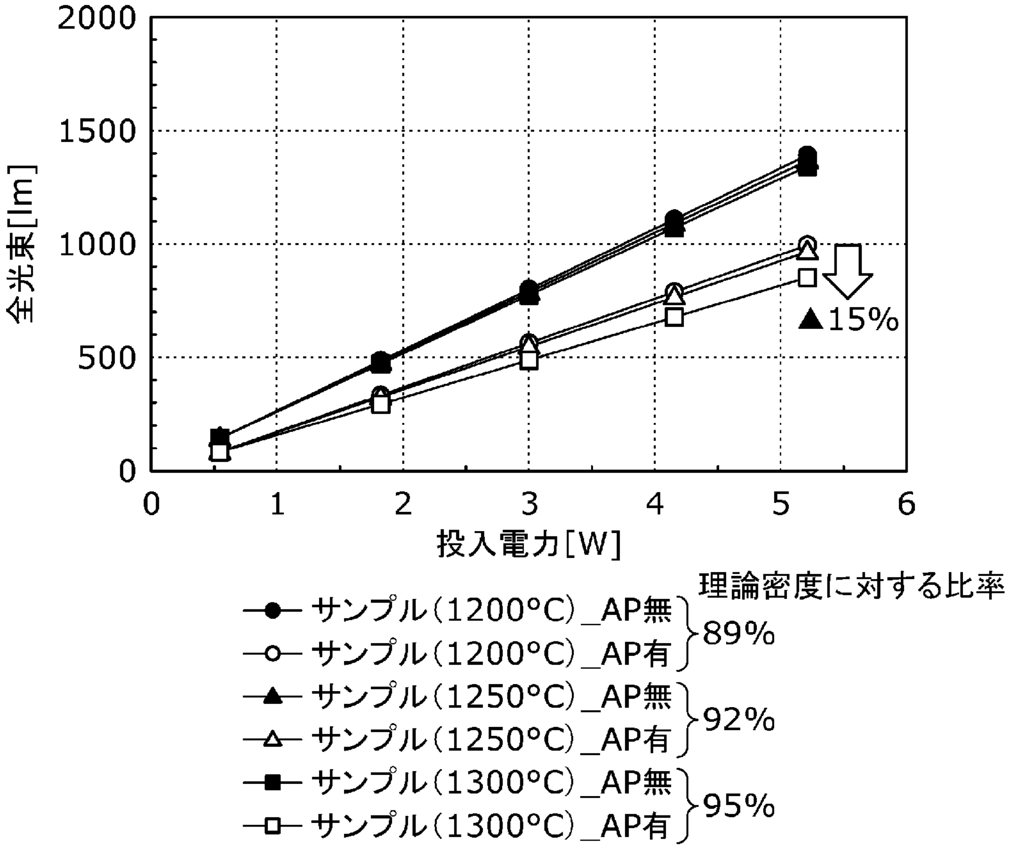
[図13]


光反射部
アパーチャ無
アパーチャ有
焼成温度 1200°C
(理論密度に対する比率約89%)
焼成温度 1250°C
(理論密度に対する比率約92%)
焼成温度 1300°C
(理論密度に対する比率約95%)
(a)
(b)
21
A
B

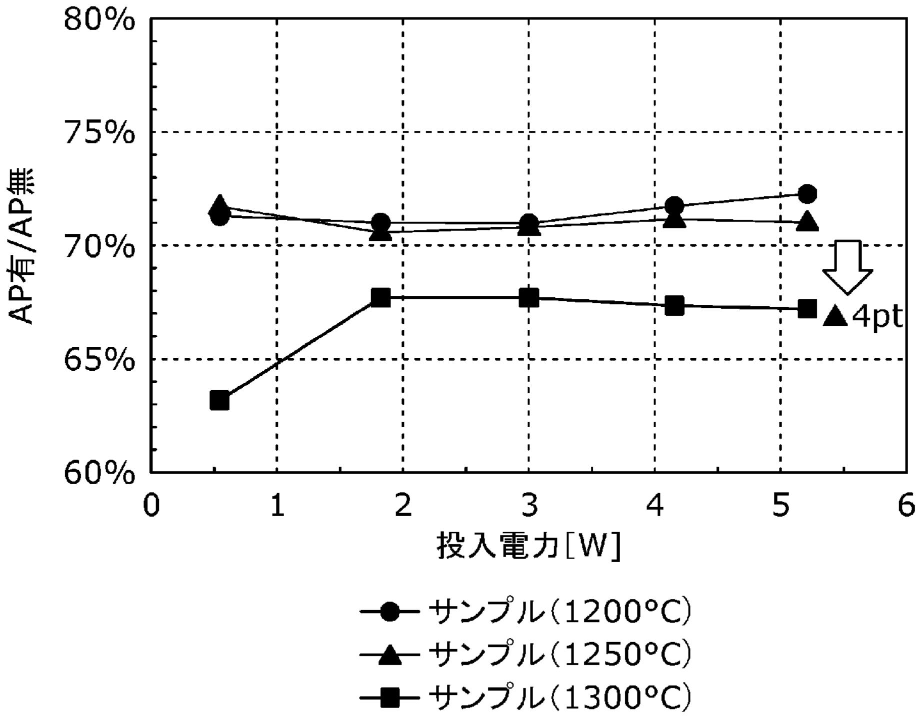
[図14]


1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
面積[mm2]
140%
120%
100%
80%
60%
40%
20%
0%
発光面積/蛍光部面積
0.63
0.67
106%
0.64
0.71
110%
0.65
0.80
123%
1200
1250
1300
焼成温度[°C]
89
92
95
理論密度に対する比率 [%]
蛍光部面積
発光面積
発光面積/蛍光部面積

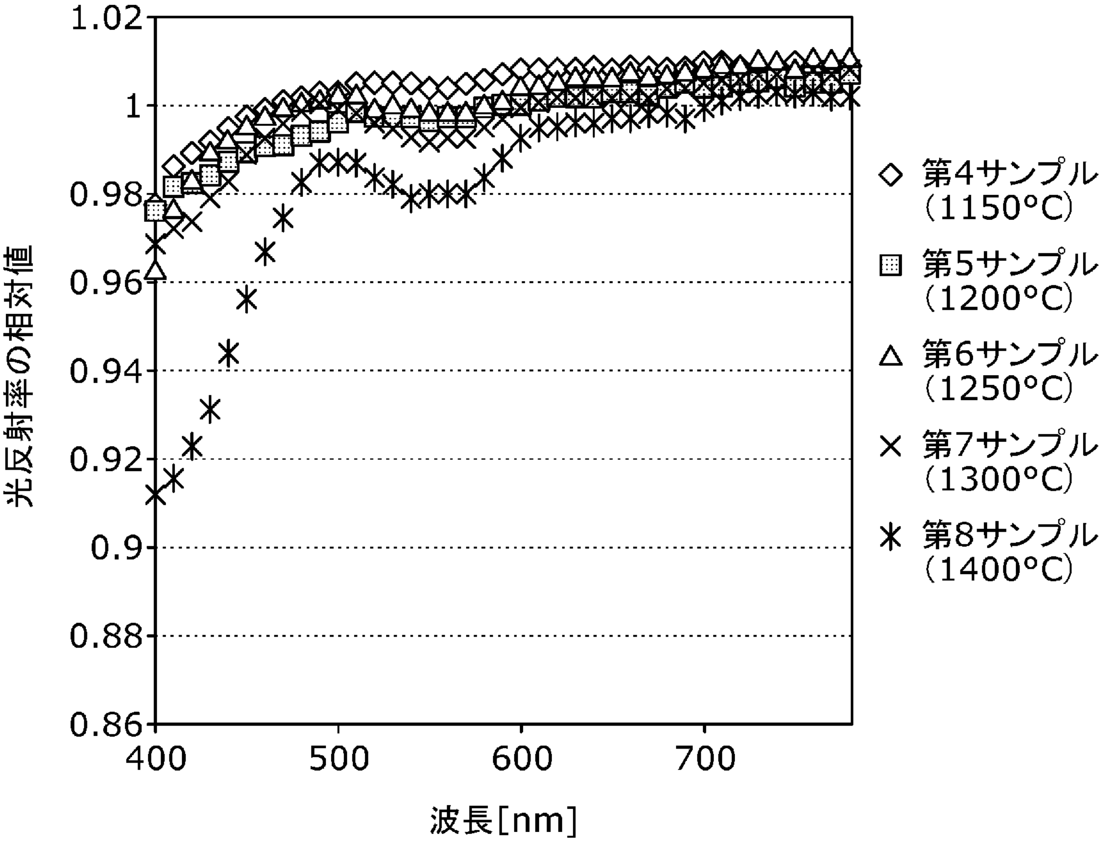
[図15]


2000
1500
1000
500
0
全光束[lm]
0
1
2
3
4
5
6
投入電力[W]
▲15%
理論密度に対する比率
サンプル(1200°C)_AP無
サンプル(1200°C)_AP有
89%
サンプル(1250°C)_AP無
サンプル(1250°C)_AP有
92%
サンプル(1300°C)_AP無
サンプル(1300°C)_AP有
95%

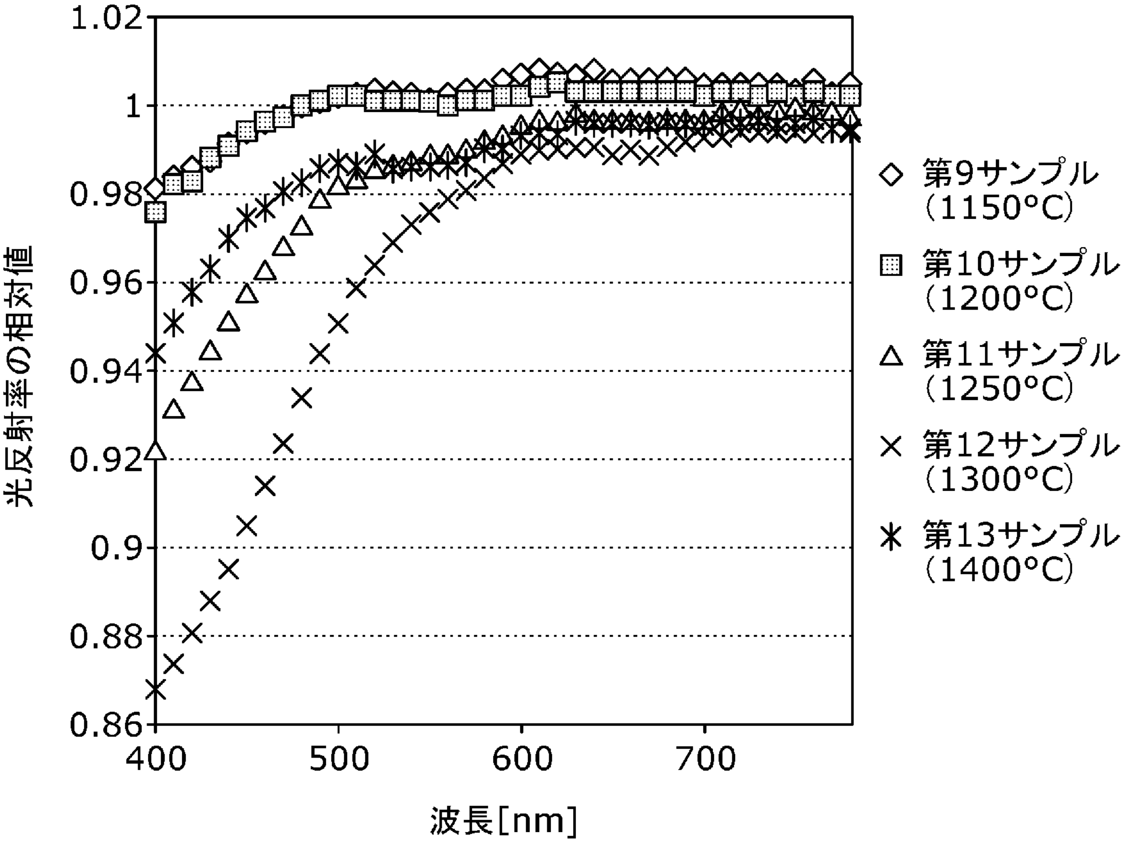
[図16]


80%
75%
70%
65%
60%
AP有/AP無
0
1
2
3
4
5
6
投入電力[W]
▲4pt
サンプル(1200°C)
サンプル(1250°C)
サンプル(1300°C)

[図17]

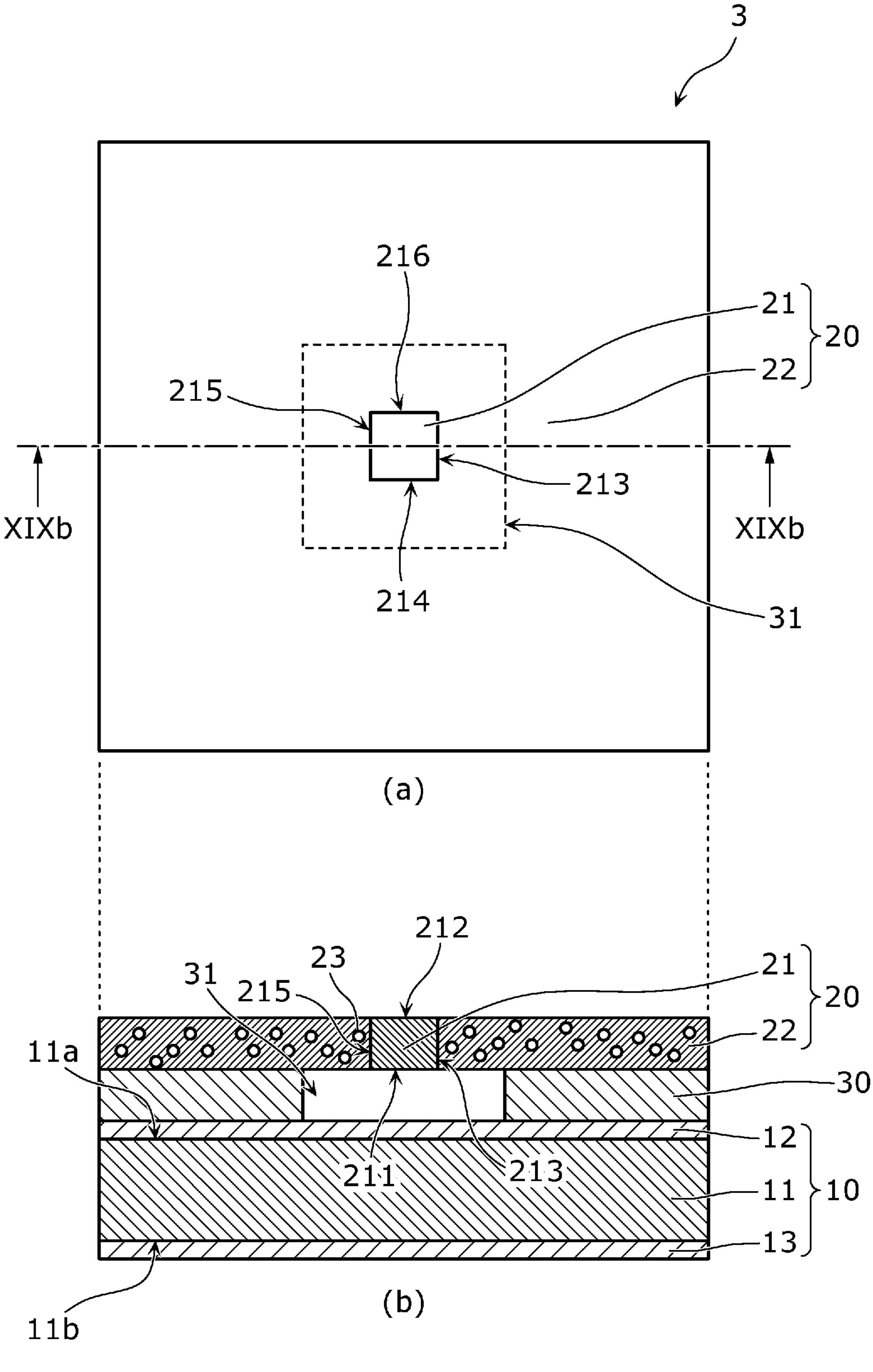

1.02
1
0.98
0.96
0.94
0.92
0.9
0.88
0.86
光反射率の相対値
400
500
600
700
波長[nm]
第4サンプル(1150°C)
第5サンプル(1200°C)
第6サンプル(1250°C)
第7サンプル(1300°C)
第8サンプル(1400°C)

[図18]



1.02
1
0.98
0.96
0.94
0.92
0.9
0.88
0.86
光反射率の相対値
400
500
600
700
波長[nm]
第9サンプル (1150°C)
第10サンプル (1200°C)
第11サンプル (1250°C)
第12サンプル (1300°C)
第13サンプル (1400°C)

[図19]


3
216
21
20
22
215
XIXb
XIXb
213
214
31
(a)
212
23
31
215
21
20
22
11a
30
12
211
213
11
10
13
11b
(b)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/019582

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 5/20(2006.01)i; ***C09K 11/80***(2006.01)i; ***F21S 2/00***(2016.01)i; ***F21V 9/20***(2018.01)i; ***F21V 9/30***(2018.01)i; ***F21V 9/32***(2018.01)i; ***F21V 11/08***(2006.01)i; ***H01L 33/50***(2010.01)i; ***H01L 33/60***(2010.01)i; *F21Y 115/30*(2016.01)n
FI: G02B5/20; C09K11/80; F21S2/00 311; F21S2/00 330; F21S2/00 610; F21V9/20; F21V9/30; F21V9/32; F21V11/08; H01L33/50; H01L33/60; F21Y115:30

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)

G02B5/20; C09K11/80; F21S2/00; F21V9/20; F21V9/30; F21V9/32; F21V11/08; H01L33/50; H01L33/60; F21Y115/30

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2019-053130 A (NICHIA CHEM. IND. LTD.) 04 April 2019 (2019-04-04) claims, paragraphs [0019]-[0029], fig. 1-2, 8-9	1-8
Y	JP 2011-519149 A (PANASONIC CORP.) 30 June 2011 (2011-06-30) paragraphs [0124]-[0127]	1-8
Y	JP 2021-522546 A (APPOTRONICS CORPORATION LTD.) 30 August 2021 (2021-08-30) paragraphs [0014]-[0015]	1-8
Y	WO 2015/060350 A1 (KOHA CO., LTD.) 30 April 2015 (2015-04-30) paragraphs [0023]-[0026], [0038]-[0052], [0054], [0065], [0076]-[0081], fig. 4	1-8
Y	JP 2019-029648 A (NIPPON ELECTRIC GLASS CO., LTD.) 21 February 2019 (2019-02-21) claims, paragraphs [0017]-[0019]	6
Y	WO 2012/014360 A1 (KOITO MANUFACTURING CO., LTD.) 02 February 2012 (2012-02-02) paragraph [0044]	6

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
18 July 2023	**01 August 2023**

Name and mailing address of the ISA/JP	Authorized officer
Japan Patent Office (ISA/JP) **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2023/019582

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-024278 A (STANLEY ELECTRIC CO., LTD.) 04 February 2010 (2010-02-04) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2010-027704 A (STANLEY ELECTRIC CO., LTD.) 04 February 2010 (2010-02-04) entire text, all drawings	1-8
A	WO 2019/031016 A1 (NGK SPARK PLUG CO., LTD.) 14 February 2019 (2019-02-14) entire text, all drawings	1-8
A	WO 2019/102787 A1 (NIPPON ELECTRIC GLASS CO., LTD.) 31 May 2019 (2019-05-31) paragraphs [0058]-[0062], fig. 2	1-8
P, A	WO 2022/118558 A1 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 09 June 2022 (2022-06-09) entire text, fig. 5B	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/019582

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2019-053130 A	04 April 2019	US 2019/0081452 A1 claims, paragraphs [0040]-[0050], fig. 1-2, 8-9	
JP 2011-519149 A	30 June 2011	US 2011/0090703 A1 paragraphs [0225]-[0230] US 2013/0292728 A1 WO 2009/148176 A1 EP 2297278 A1 CN 102015961 A TW 201003998 A	
JP 2021-522546 A	30 August 2021	US 2022/0090762 A1 paragraphs [0021]-[0022] WO 2019/205737 A1 EP 3786706 A1 CN 110398875 A	
WO 2015/060350 A1	30 April 2015	US 2016/0043289 A1 paragraphs [0036]-[0039], [0049]-[0062], [0066], [0074], [0086]-[0091], fig. 4 US 2017/0179346 A1 US 2020/0203581 A1 EP 3000864 A1 CN 105283526 A KR 10-2016-0040744 A KR 10-2016-0089539 A CN 108538991 A CN 110835534 A CN 110838540 A JP 2015-81313 A	
JP 2019-029648 A	21 February 2019	US 2021/0091274 A1 paragraphs [0019]-[0021] WO 2019/021846 A1 DE 112018003792 T TW 201910287 A CN 110494776 A KR 10-2020-0027912 A	
WO 2012/014360 A1	02 February 2012	US 2013/0105850 A1 paragraph [0066] EP 2600427 A1 CN 103026515 A	
JP 2010-024278 A	04 February 2010	(Family: none)	
JP 2010-027704 A	04 February 2010	(Family: none)	
WO 2019/031016 A1	14 February 2019	JP 2019-32472 A TW 201921042 A	
WO 2019/102787 A1	31 May 2019	US 2020/0243726 A1 paragraphs [0042]-[0067], fig. 2 DE 112018005684 T CN 111213075 A	
WO 2022/118558 A1	09 June 2022	JP 2022-89745 A TW 202223287 A	

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2023/019582

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G02B 5/20(2006.01)i; C09K 11/80(2006.01)i; F21S 2/00(2016.01)i; F21V 9/20(2018.01)i;
F21V 9/30(2018.01)i; F21V 9/32(2018.01)i; F21V 11/08(2006.01)i; H01L 33/50(2010.01)i;
H01L 33/60(2010.01)i; F21Y 115/30(2016.01)n
FI: G02B5/20; C09K11/80; F21S2/00 311; F21S2/00 330; F21S2/00 610; F21V9/20; F21V9/30; F21V9/32;
F21V11/08; H01L33/50; H01L33/60; F21Y115:30

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））

G02B5/20; C09K11/80; F21S2/00; F21V9/20; F21V9/30; F21V9/32; F21V11/08; H01L33/50; H01L33/60;
F21Y115/30

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	１９７１－２０２３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２３年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2019-053130 A (日亜化学工業株式会社) 04.04.2019 (2019-04-04) [特許請求の範囲],段落[0019]-[0029],図1-2,8-9	1-8
Y	JP 2011-519149 A (パナソニック株式会社) 30.06.2011 (2011-06-30) 段落[0124]-[0127]	1-8
Y	JP 2021-522546 A (深▲せん▼光峰科技股▲分▼有限公司) 30.08.2021 (2021-08-30) 段落[0014]-[0015]	1-8
Y	WO 2015/060350 A1 (株式会社光波) 30.04.2015 (2015-04-30) 段落[0023]-[0026],[0038]-[0052],[0054],[0065],[0076]-[0081],図4	1-8
Y	JP 2019-029648 A (日本電気硝子株式会社) 21.02.2019 (2019-02-21) [特許請求の範囲],段落[0017]-[0019]	6

☑ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　　☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
18.07.2023	01.08.2023

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
横川　美穂 20 4749
電話番号 03-3581-1101 内線 3271

C.　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	WO 2012/014360 A1 (株式会社小糸製作所) 02.02.2012 (2012-02-02) 段落[0044]	6
A	JP 2010-024278 A (スタンレー電気株式会社) 04.02.2010 (2010-02-04) 全文,全図	1-8
A	JP 2010-027704 A (スタンレー電気株式会社) 04.02.2010 (2010-02-04) 全文,全図	1-8
A	WO 2019/031016 A1 (日本特殊陶業株式会社) 14.02.2019 (2019-02-14) 全文,全図	1-8
A	WO 2019/102787 A1 (日本電気硝子株式会社) 31.05.2019 (2019-05-31) [0058]-[0062],図2	1-8
P, A	WO 2022/118558 A1 (パナソニックＩＰマネジメント株式会社) 09.06.2022 (2022-06-09) 全文,図5B	1-8

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2023/019582

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2019-053130 A	04.04.2019	US 2019/0081452 A1 Claims,[0040]-[0050],FIGs.1-2,8-9	
JP 2011-519149 A	30.06.2011	US 2011/0090703 A1 [0225]-[0230]	
		US 2013/0292728 A1	
		WO 2009/148176 A1	
		EP 2297278 A1	
		CN 102015961 A	
		TW 201003998 A	
JP 2021-522546 A	30.08.2021	US 2022/0090762 A1 [0021]-[0022]	
		WO 2019/205737 A1	
		EP 3786706 A1	
		CN 110398875 A	
WO 2015/060350 A1	30.04.2015	US 2016/0043289 A1 [0036]-[0039],[0049]-[0062],[0066],[0074],[0086]-[0091],FIG.4	
		US 2017/0179346 A1	
		US 2020/0203581 A1	
		EP 3000864 A1	
		CN 105283526 A	
		KR 10-2016-0040744 A	
		KR 10-2016-0089539 A	
		CN 108538991 A	
		CN 110835534 A	
		CN 110838540 A	
		JP 2015-81313 A	
JP 2019-029648 A	21.02.2019	US 2021/0091274 A1 [0019]-[0021]	
		WO 2019/021846 A1	
		DE 112018003792 T	
		TW 201910287 A	
		CN 110494776 A	
		KR 10-2020-0027912 A	
WO 2012/014360 A1	02.02.2012	US 2013/0105850 A1 [0066]	
		EP 2600427 A1	
		CN 103026515 A	
JP 2010-024278 A	04.02.2010	(ファミリーなし)	
JP 2010-027704 A	04.02.2010	(ファミリーなし)	
WO 2019/031016 A1	14.02.2019	JP 2019-32472 A	
		TW 201921042 A	
WO 2019/102787 A1	31.05.2019	US 2020/0243726 A1 [0042]-[0067],FIG.2	
		DE 112018005684 T	
		CN 111213075 A	
WO 2022/118558 A1	09.06.2022	JP 2022-89745 A	
		TW 202223287 A	