

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-162020

(P2013-162020A)

(43) 公開日 平成25年8月19日 (2013.8.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H O 1 S 5/022 (2006.01)</b>	H O 1 S 5/022	2 K 1 0 3
<b>G O 3 B 21/14 (2006.01)</b>	G O 3 B 21/14 A	5 F 1 7 3

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2012-24055 (P2012-24055)  
 (22) 出願日 平成24年2月7日 (2012.2.7)

(71) 出願人 000002369  
 セイコーエプソン株式会社  
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
 (74) 代理人 100064908  
 弁理士 志賀 正武  
 (74) 代理人 100140774  
 弁理士 大浪 一徳  
 (72) 発明者 柏木 章宏  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
 ーエプソン株式会社内  
 (72) 発明者 野島 重男  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ  
 ーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 波長変換素子、光源装置及びプロジェクター

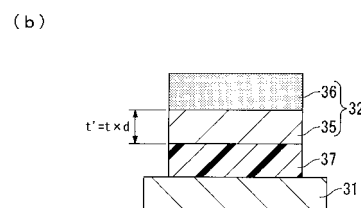
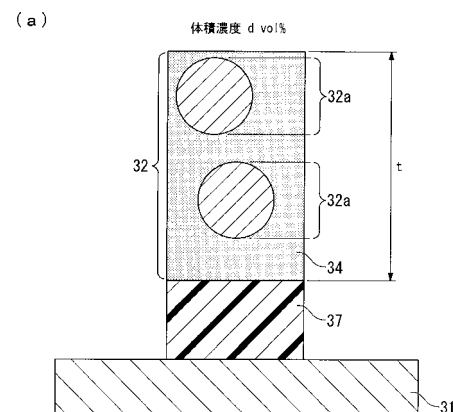
## (57) 【要約】

【課題】 高い発光効率を得ることができる波長変換素子、光源装置、及びプロジェクターを提供する。

## 【解決手段】

蛍光体32aとバインダー36とを含む蛍光体層32を有する波長変換素子に関する。蛍光体層32の膜厚に蛍光体32aの体積濃度を掛けることで得られる蛍光体領域35の厚みが15μm以上である。

【選択図】 図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

蛍光体とバインダーとを含む蛍光体層を有する波長変換素子であって、  
前記蛍光体層の膜厚に前記蛍光体の体積濃度を掛けることで得られる蛍光体領域の厚みが  $15\ \mu\text{m}$  以上であることを特徴とする波長変換素子。

**【請求項 2】**

前記蛍光体領域の厚みが  $20\ \mu\text{m}$  以上であることを特徴とする請求項 1 に記載の波長変換素子。

**【請求項 3】**

前記蛍光体領域の厚みが  $60\ \mu\text{m}$  以下であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の波長変換素子。

**【請求項 4】**

前記蛍光体領域の厚みが  $55\ \mu\text{m}$  以下であることを特徴とする請求項 3 に記載の波長変換素子。

**【請求項 5】**

前記蛍光体の体積濃度を  $15\ \text{vol}\%$  以上かつ  $50\ \text{vol}\%$  以下とすることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の波長変換素子。

**【請求項 6】**

前記蛍光体層は、励起光の照射によって赤又は緑のいずれか一つ以上の色を含む光を発することを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の波長変換素子。

**【請求項 7】**

請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の波長変換素子と、  
前記波長変換素子を励起させる励起光源と、を備えたことを特徴とする光源装置。

**【請求項 8】**

前記励起光源は、青色波長帯の光を発する固体発光素子であることを特徴とする請求項 7 に記載の光源装置。

**【請求項 9】**

前記励起光源は、複数の固体発光素子からなることを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の光源装置。

**【請求項 10】**

前記励起光源は、レーザーダイオードであることを特徴とする請求項 7 ～ 9 のいずれか一項に記載の光源装置。

**【請求項 11】**

前記蛍光体層を回転させることにより前記蛍光体層に対する前記励起光源の照射位置を逐次変化させることを特徴とする請求項 7 ～ 10 のいずれか一項に記載の光源装置。

**【請求項 12】**

請求項 7 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の光源装置と、  
前記光源装置から射出された光を画像信号で変調する光変調素子と、  
前記光変調素子により変調された光を投射する投射光学系と、を備えることを特徴とするプロジェクター。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、波長変換素子、光源装置及びプロジェクターに関するものである。

**【背景技術】****【0002】**

近年、プロジェクターの高性能化に関して、広色域かつ高効率な光源装置として、レーザー光源と、該レーザー光源から射出されたレーザー光によって励起されて蛍光光を発する蛍光体層を備えたものが知られている（例えば、下記特許文献 1 参照）。

**【先行技術文献】**

10

20

30

40

50

## 【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2010-4035号公報

## 【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記従来技術においては、高い発光効率を得ることができる条件を蛍光体の重量率によって規定するものの、全ての範囲で高い発光効率を得ることができると言い難かった。

【0005】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであって、高い発光効率を得ることができる波長変換素子、光源装置、及びプロジェクター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】

【0006】

本発明者らは、鋭意研究の結果、発光効率は蛍光体層の厚み方向に含有される蛍光体の量によって変化することを見出した。具体的には、蛍光体の量が少ない場合には、励起光のうち蛍光光に変換されない成分が多くなるため発光効率が低下し、一方蛍光体の量が多すぎると他の蛍光体に再吸収される蛍光光が増えるため発光効率が低下する。そして、蛍光体層の膜厚に蛍光体の体積濃度を掛けることで得られる蛍光体領域の厚みを規定することで発光効率の高い波長変換素子を得ることができるといった知見を得た。そして、その知見に基づき、本発明を完成させた。

【0007】

本発明の光源装置は、蛍光体とバインダーとを含む蛍光体層を有する波長変換素子であって、前記蛍光体層の膜厚に前記蛍光体の体積濃度を掛けることで得られる蛍光体領域の厚みが15  $\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする。

【0008】

本発明の波長変換素子によれば、蛍光体領域の厚みが15  $\mu\text{m}$ 以上とされるので、後述の結果に示されるように高い発光効率を得ることができる。

【0009】

また、上記波長変換素子においては、前記蛍光体領域の厚みが20  $\mu\text{m}$ 以上であるのが好ましい。この構成によれば、蛍光体領域の厚みが20  $\mu\text{m}$ 以上とされるので、後述の結果に示されるように、さらに高い発光効率を得ることができる。

【0010】

また、上記波長変換素子においては、前記蛍光体領域の厚みが60  $\mu\text{m}$ 以下であるのが好ましい。この構成によれば、蛍光体領域の厚みが60  $\mu\text{m}$ 以下とされるので、高い発光効率を得ることができる。

【0011】

また、上記波長変換素子においては、前記蛍光体領域の厚みが55  $\mu\text{m}$ 以下であるのが好ましい。この構成によれば、蛍光体領域の厚みが55  $\mu\text{m}$ 以下とされるので、さらに高い発光効率を得ることができる。

【0012】

また、上記波長変換素子においては、前記蛍光体の体積濃度を15 vol %以上かつ50 vol %以下とするのが好ましい。この構成によれば、蛍光体の体積濃度が15 vol %以上かつ50 vol %以下とされるので、高い発光効率を得ることができる。また、蛍光体から発せられる光を効率的に利用できる。

【0013】

また、上記波長変換素子においては、前記蛍光体層は、励起光の照射によって赤又は緑のいずれか一つ以上の色を含む光を発することが好ましい。この構成によれば、赤又は緑の少なくともいずれかを含んだ蛍光光を高い発光効率で得ることができる。

【0014】

10

20

30

40

50

本発明の光源装置は、上記の波長変換素子と、前記波長変換素子を励起させる励起光源と、を備えたことを特徴とする。

【0015】

本発明の光源装置によれば、上述したように高い発光効率を得ることが可能な波長変換素子を備えるので、該波長変換素子自体を備える光源装置も発光効率が高く信頼性の高いものとなる。

【0016】

また、上記光源装置においては、前記励起光源は、青色波長帯の光を発する固体発光素子であるのが好ましい。この構成によれば、青色波長帯の光を照射する固体発光素子を用いることで励起光を例えば表示装置における青色の光として利用することができる。

10

【0017】

また、上記光源装置においては、前記励起光源は、複数の固体発光素子からなるのが好ましい。この構成によれば、固体発光素子を複数備えるので、波長変換素子に励起光を良好に照射できる。

【0018】

また、上記光源装置においては、前記励起光源は、レーザーダイオードであるのが好ましい。この構成によれば、励起光源がレーザーダイオードから構成されるので、消費電力を抑えることができる。

【0019】

また、上記光源装置においては、前記蛍光体層を回転させることにより前記蛍光体層に対する前記励起光源の照射位置を逐次変化させるのが好ましい。この構成によれば、蛍光体層に対する励起光の照射位置が逐次変化するので、励起光が局所的に照射されることで蛍光体層が過熱されるのを防止できる。

20

【0020】

本発明のプロジェクターは、上記の光源装置と、前記光源装置から射出された光を画像信号で変調する光変調素子と、前記光変調素子により変調された光を投射する投射光学系と、を備えることを特徴とする。

【0021】

本発明のプロジェクターによれば、上述したように高い発光効率を得ることが可能な光源装置を備えるので、該光源装置自体を備えるプロジェクター自体も発光効率が高く信頼性の高いものとなる。

30

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】プロジェクターの光学系を示す模式図である。

【図2】回転蛍光板の構成を示す斜視図である。

【図3】(a)、(b)は蛍光体層の構成を示す模式的な図である。

【図4】蛍光体領域の厚みと蛍光体層の規格化した発光効率との関係を示すグラフである。

【図5】体積濃度と規格化した蛍光光取り込み効率との関係を示すグラフ。

【図6】蛍光光取り込み効率を説明するための図である。

40

【図7】蛍光体層の膜質と体積濃度との関係を示す表である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下、図面を参照して、本発明の実施の形態について説明する。かかる実施の形態は、本発明の一態様を示すものであり、この発明を限定するものではなく、本発明の技術的思想の範囲内で任意に変更可能である。また、以下の図面においては、各構成をわかりやすくするために、実際の構造における縮尺や数等が異なっている。

【0024】

図1は、本発明の光源装置が適用された照明装置を含むプロジェクターの光学系を示す模式図である。図1に示すように、プロジェクター100は、光源装置10Aと、色分離

50

導光光学系 20 と、光変調装置としての液晶光変調装置 40 R、液晶光変調装置 40 G、液晶光変調装置 40 B と、クロスダイクロイックプリズム 50 及び投写光学系 60 と、を備えている。光源装置 10 A は、励起光源 10、第 1 集光レンズ 55、回転蛍光板 30、コリメート光学系 85、第 2 集光レンズ 90、ロッドインテグレーター 80、及び平行化レンズ 70 を備えている。すなわち、励起光源 10 から射出される励起光 E L の光路上には、第 1 集光レンズ 55、回転蛍光板 30、コリメート光学系 85、第 2 集光レンズ 90、ロッドインテグレーター 80、平行化レンズ 70 がこの順に配置されている。

【0025】

励起光源 10 は、複数のレーザー光源 12 が行方向及び列方向に沿って 2 次元配列されたレーザー光源アレイから構成されるものである。なお、レーザー光源アレイは、本発明における固体発光素子を構成するものである。

10

【0026】

レーザー光源 12 は、後述する回転蛍光板 30 が備える蛍光物質を励起させる励起光 E L として、青色波長帯（発光強度のピーク：450 nm 付近）のレーザー光を射出するレーザーダイオードから構成されるものである。このようにレーザーダイオードからなるレーザー光源 12 を用いることで励起光源 10 の消費電力を抑えることができる。なお、レーザー光源 12 は、後述する蛍光物質を励起させることができる波長の光であれば、450 nm 以外のピーク波長を有する色光を射出する励起光源であっても構わない。

【0027】

色分離導光光学系 20 は、ダイクロイックミラー 21、ダイクロイックミラー 22、反射ミラー 23、反射ミラー 24、反射ミラー 25 及びリレーレンズ 26 を備えている。色分離導光光学系 20 は、光源装置 10 A からの光を赤色光、緑色光及び青色光に分離し、赤色光、緑色光及び青色光のそれぞれの色光を照明対象となる液晶光変調装置 40 R、液晶光変調装置 40 G、液晶光変調装置 40 B に導光する機能を有する。

20

【0028】

ダイクロイックミラー 21、ダイクロイックミラー 22 は、基板上に、所定の波長領域の光を反射して、他の波長領域の光を透過させる波長選択透過膜が形成されたミラーである。具体的には、ダイクロイックミラー 21 は、青色光成分を透過させ、赤色光成分及び緑色光成分を反射する。ダイクロイックミラー 22 は、緑色光成分を反射して、赤色光成分を透過させる。

30

【0029】

反射ミラー 23、反射ミラー 24、反射ミラー 25 は、入射した光を反射するミラーである。具体的には、反射ミラー 23 は、ダイクロイックミラー 21 を透過した青色光成分を反射する。反射ミラー 24、反射ミラー 25 は、ダイクロイックミラー 22 を透過した赤色光成分を反射する。

【0030】

ダイクロイックミラー 21 を透過した青色光は、反射ミラー 23 で反射され、青色光用の液晶光変調装置 40 B の画像形成領域に入射する。ダイクロイックミラー 21 で反射された緑色光は、ダイクロイックミラー 22 でさらに反射され、緑色光用の液晶光変調装置 40 G の画像形成領域に入射する。ダイクロイックミラー 22 を透過した赤色光は、入射側の反射ミラー 24、リレーレンズ 26、射出側の反射ミラー 25 を経て赤色光用の液晶光変調装置 40 R の画像形成領域に入射する。

40

【0031】

液晶光変調装置 40 R、液晶光変調装置 40 G、液晶光変調装置 40 B は、通常知られたものを用いることができ、例えば、液晶素子 41 と液晶素子 41 を挟持する偏光素子 42、偏光素子 43 とを有した、透過型の液晶ライトバルブ等の光変調装置により構成される。偏光素子 42、偏光素子 43 は、例えば透過軸が互いに直交する構成（クロスニコル配置）となっている。

【0032】

液晶光変調装置 40 R、液晶光変調装置 40 G、液晶光変調装置 40 B は、入射された色

50

光を画像情報に応じて変調してカラー画像を形成するものであり、光源装置 10 A の照明対象となる。これら液晶光変調装置 40 R、液晶光変調装置 40 G 及び液晶光変調装置 40 B によって、入射された各色光の光変調が行われる。

【0033】

例えば、液晶光変調装置 40 R、液晶光変調装置 40 G、液晶光変調装置 40 B は、一対の透明基板に液晶を密閉封入した透過型の液晶光変調装置であり、ポリシリコン TFT をスイッチング素子として、与えられた画像情報に応じて、偏光素子 42 から射出された 1 種類の直線偏光の偏光方向を変調する。

【0034】

クロスダイクロイックプリズム 50 は、偏光素子 43 から射出された色光毎に変調された光学像を合成してカラー画像を形成する光学素子である。このクロスダイクロイックプリズム 50 は、4 つの直角プリズムを貼り合せた平面視略正形状をなしている。直角プリズムを貼り合せた略 X 字状の界面には、誘電体多層膜が形成されている。略 X 字状の一方の界面に形成された誘電体多層膜は、赤色光を反射するものであり、他方の界面に形成された誘電体多層膜は、青色光を反射するものである。これらの誘電体多層膜によって赤色光及び青色光は曲折され、緑色光の進行方向が揃えられることにより、3 つの色光が合成される。

【0035】

クロスダイクロイックプリズム 50 から射出されたカラー画像は、投写光学系 60 によって拡大投写され、スクリーン SCR 上で画像を形成する。

【0036】

第 1 集光レンズ 55 は、例えば凸レンズからなる。第 1 集光レンズ 55 は、励起光源 10 から射出されるレーザー光の光線軸上に配置され、励起光源 10 から射出された励起光 EL (複数のレーザー光) を、集光スポット径が 1 mm 以下となるように集光する。

【0037】

回転蛍光板 30 はいわゆる透過型の回転蛍光板である。回転蛍光板 30 は、図 2 に示すように、モーター 33 により回転駆動される円板状の基板 31 の回転方向に沿って、蛍光体層 32 が形成されてなる。蛍光体層 32 が形成されている領域は、励起光 EL が入射する領域 S (以下、励起光入射領域 S と称する場合もある) を含む。後述するように、蛍光体層 32 は蛍光体粒子とバインダーとを含み、本発明における波長変換素子に相当する。基板 31 がモーター 33 によって回転軸の周りに回転駆動されることにより、励起光入射領域 S は、回転軸の周りを基板 31 に対して相対的に移動する。

【0038】

基板 31 は、励起光 EL を透過する材料よりなる。基板 31 の材料としては、例えば、石英ガラス、水晶、サファイア、光学ガラス、透明樹脂等を用いることができる。基板 31 と蛍光体層 32 との間には、誘電体多層膜 37 が設けられている。誘電体多層膜 37 はダイクロイックミラーとして機能するものであり、励起光 EL である 450 nm 付近の光は透過し、蛍光体層 32 から射出される蛍光の波長範囲 (490 nm ~ 750 nm) を含む 490 nm 以上の光は反射するようになっている。なお、基板 31 の形状は、円板状に限るものではない。

【0039】

蛍光体層 32 は基板 31 とともに、例えば使用時において 7500 rpm で回転する。詳しい説明は省略するが、基板 31 の直径は 50 mm であり、基板 31 に入射する励起光 EL の光軸が基板 31 の回転中心から約 22.5 mm 離れた場所に位置するように構成されている。つまり、基板 31 は、励起光 EL の集光スポットが約 18 m / 秒で蛍光体層 32 上を移動するような回転速度で回転する。

【0040】

このような基板 31 では、蛍光体層 32 に励起光 EL が入射されると、蛍光体層 32 の励起光入射領域 S に対応する部分が発熱する。そして、この発熱した部分 (発熱部分) は、基板 31 が回転することにより、回転軸の周りを円を描いて移動し、再び、励起光入射

10

20

30

40

50

領域 S に戻るというサイクルを繰り返す。すなわち、蛍光体層 32 に対する励起光 E L の照射位置を逐次変化させることができる。これにより、発熱部分が移動の過程で冷却されるようにしている。

【0041】

励起光源 10 から射出されたレーザー光（青色光）は、励起光 E L として前記誘電体多層膜を介して蛍光体層 32 に入射し、蛍光体層 32 は励起光 E L が入射する側とは反対側に向けて蛍光（赤色光及び緑色光）を射出する。

【0042】

蛍光体層 32 は、蛍光を発する蛍光体粒子を有しており、励起光 E L（青色光）を吸収し、概ね 490 ~ 750 nm の蛍光に変換する機能を有する。この蛍光には、緑色光（波長 530 nm 付近）及び赤色光（波長 630 nm 付近）が含まれる。

10

【0043】

蛍光体粒子は、励起光源 10 から射出される励起光 E L を吸収し、蛍光を発する粒子状の蛍光物質である。例えば、蛍光体粒子には、波長が約 450 nm の青色光によって励起されて蛍光を発する物質が含まれており、励起光 E L の一部を、赤色の波長帯域から緑色の波長帯域まで含む光（黄色光）に変換して射出する。なお、励起光 E L の一部は、上記黄色光に変換されない。すなわち、光源装置 10 A からは赤色、緑色、青色を含む白色光が射出されるようになっている。

【0044】

蛍光体粒子としては、通常知られた YAG（イットリウム・アルミニウム・ガーネット）系蛍光体を用いることができる。例えば、平均粒径が 10  $\mu$ m の (Y, Gd)<sub>3</sub>(Al, Ga)<sub>5</sub>O<sub>12</sub>:Ce で示される組成の YAG 系蛍光体を用いることができる。なお、蛍光体粒子の形成材料は、1 種であっても良く、2 種以上の形成材料を用いて形成されている粒子を混合したものを蛍光体粒子として用いることとしても良い。

20

【0045】

コリメート光学系 85 は、回転蛍光板 30 と第 2 集光レンズ 90 との間の光（励起光 E L 及び蛍光）の光路上に配置されている。コリメート光学系 85 は、回転蛍光板 30 からの光の広がり抑える第 1 レンズ 81 と、第 1 レンズ 81 から入射される光を平行化する第 2 レンズ 82 と、各レンズ同士を固定するベース部 83 を含んで構成されている。第 1 レンズ 81 は、例えば凸のメニスカスレンズからなり、第 2 レンズ 82 は、例えば凸レンズからなる。コリメート光学系 85 は、回転蛍光板 30 からの光を略平行化した状態で第 2 集光レンズ 90 に入射させる。蛍光体層 32 から射出される光（蛍光光）はランバート発光することからコリメート光学系 85 は回転蛍光板 30 に対して近接した状態に配置されている。具体的には、例えばコリメート光学系 85 と回転蛍光板 30 との隙間は 1 mm 程度に設定されている。

30

【0046】

第 2 集光レンズ 90 は、例えば凸レンズからなる。第 2 集光レンズ 90 は、コリメート光学系 85（第 2 レンズ 82）を透過する光の光線軸上に配置され、コリメート光学系 85 を透過した光を集光する。

【0047】

第 2 集光レンズ 90 を透過した光は、ロッドインテグレーター 80 の一端側に入射する。ロッドインテグレーター 80 は、光路方向に延在する角柱状の光学部材であり、内部を透過する光に多重反射を生じさせることにより、第 2 集光レンズ 90 を透過した光を混合し、輝度分布を均一化するものである。ロッドインテグレーター 80 の光路方向に直交する断面形状は、液晶光変調装置 40 R、液晶光変調装置 40 G、液晶光変調装置 40 B の画像形成領域の外形形状と略相似形となっている。

40

ロッドインテグレーター 80 の他端側から射出された光は、平行化レンズ 70 により平行化され、光源装置 10 A から射出される。

【0048】

ところで、本発明者らは、上述した回転蛍光板 30 の蛍光体層 32 における発光効率は

50

蛍光体層 3 2 の厚み方向に含有される蛍光体（蛍光体粒子）の量によって変化することを見出した。具体的には、蛍光体の量が少ない場合には、励起光のうち蛍光光に変換されない成分が多くなるため発光効率が低下し、一方、蛍光体の量が多すぎると他の蛍光体に再吸収される蛍光光が増えるため発光効率が低下する。ここで、発光効率とは、励起光源 1 0 から蛍光体層 3 2 に照射された励起光 E L の光量に対する、蛍光体層 3 2 から射出された蛍光光の光量の割合によって規定されるものである。すなわち、発光効率が 1 0 0 % の場合とは、励起光源 1 0 から照射された励起光 E L の光量と、蛍光体層 3 2 で変換されて射出される蛍光光の光量とが同じ場合を意味する。

#### 【 0 0 4 9 】

図 3 は蛍光体層 3 2 の膜厚と蛍光体層 3 2 における蛍光体の体積濃度とに基づいて、蛍光体層 3 2 の厚み方向において含有される蛍光体領域 3 5 の厚みを得る方法を説明するための模式図である。図 3 ( a ) に示すように、蛍光体層 3 2 は、誘電体多層膜 3 7 上に形成されたバインダー 3 4 と複数の蛍光体粒子 3 2 a とを含む。複数の蛍光体粒子 3 2 a はバインダー 3 4 中に分散されている。なお、図 3 ( a ) においては複数の蛍光体粒子 3 2 a がバインダー 3 4 中に分散されてなる蛍光体層 3 2 の一部のみを模式的に図示している。

10

#### 【 0 0 5 0 】

バインダー 3 4 としては、光透過性を有する樹脂材料を用いることができ、中でも高い耐熱性を有するシリコン樹脂を好適に用いることができる。

#### 【 0 0 5 1 】

ここで、図 3 ( a ) に示したように複数の蛍光体粒子 3 2 a がバインダー 3 4 中に分散されてなる蛍光体層 3 2 を、図 3 ( b ) に示すように、互いに分離されたバインダー領域 3 6 と蛍光体領域 3 5 とからなるとみなす。蛍光体領域 3 5 は蛍光体粒子 3 2 a のみから構成され、バインダー領域 3 6 は蛍光体粒子 3 2 a 以外の材料から構成される。

20

#### 【 0 0 5 2 】

蛍光体領域 3 5 の厚さは、蛍光体層 3 2 の膜厚に蛍光体の体積濃度を掛けることによって得られる。ここで、蛍光体層 3 2 における複数の蛍光体粒子 3 2 a の体積濃度が蛍光体層 3 2 における蛍光体の体積濃度に相当する。図 3 ( a ) 中において、蛍光体層 3 2 の厚みを  $t$  とし、蛍光体の体積濃度を  $d \text{ vol } \%$  とする。また、図 3 ( b ) 中において、蛍光体領域 3 5 の厚みを  $t'$  とする。この場合、蛍光体領域 3 5 の厚み  $t'$  は、 $t' = t \times d$  / 1 0 0 の式によって得られる。

30

#### 【 0 0 5 3 】

図 4 は、蛍光体領域 3 5 の厚み（単位； $\mu\text{m}$ ）と蛍光体層 3 2 の規格化した発光効率との関係を示すグラフである。また、図 4 においては、蛍光体の体積濃度を 1 5 v o l %、3 0 v o l %、5 0 v o l % に設定した際の上述の関係を示している。なお、図 4 に示した規格化した発光効率は、体積濃度が 3 0 v o l % の場合の発光効率の最大値を基準として規格化してある。体積濃度が 3 0 v o l % の場合、実用上十分高い発光効率を得られる。

#### 【 0 0 5 4 】

図 4 のグラフからは、蛍光体領域 3 5 の厚み  $t'$  が 1 5  $\mu\text{m}$  未満となると、発光効率が急激に低下し、規格化した発光効率が 0 . 8 5 未満になることが確認できる。この理由は次のように考えられる。蛍光体領域 3 5 の厚み  $t'$  が 1 5  $\mu\text{m}$  未満となると、蛍光体層 3 2 内に分散する蛍光体粒子 3 2 a の数が減少し、各蛍光体粒子 3 2 a 間の隙間が大きくなる。その結果、励起光 E L のうち蛍光体粒子 3 2 a に入射せずに蛍光光に変換されない成分が増加するためである。

40

#### 【 0 0 5 5 】

これに対し、蛍光体領域 3 5 の厚み  $t'$  が 1 5  $\mu\text{m}$  以上であれば、厚み  $t'$  が 1 5  $\mu\text{m}$  未満の場合よりも高い規格化した発光効率を得られることが確認できる。従って、蛍光体領域 3 5 の厚さ  $t'$  を 1 5  $\mu\text{m}$  以上とすることが好ましい。このような厚みの蛍光体領域 3 5 を有する蛍光体層 3 2 によれば、励起光 E L が照射されることで高い効率で蛍光光を

50



発生させることができる。

【0056】

また、蛍光体領域35の厚さ $t'$ を $20\mu\text{m}$ 以上とすれば発光効率がさらに高くなり、概ね0.9以上の規格化した発光効率を得られる。従って、蛍光体領域35の厚さ $t'$ を $20\mu\text{m}$ 以上とすることがさらに好ましい。

【0057】

また、蛍光体領域35の厚み $t'$ を $60\mu\text{m}$ 以下とするのが好ましい。図4のグラフからは、蛍光体領域35の厚み $t'$ が $60\mu\text{m}$ よりも大きくなると規格化した発光効率が0.85未満まで低下することが確認できる。この理由は次のように考えられる。蛍光体領域35の厚み $t'$ が $60\mu\text{m}$ よりも大きくなると、蛍光体層32内に分散する蛍光体粒子32aの数が増加し、各蛍光体粒子32a間の隙間が小さくなる。その結果、蛍光体粒子32aから射出された蛍光光が別の蛍光体粒子32aによって吸収されることで発光効率が低下するためである。

10

【0058】

また、蛍光体領域35の厚さ $t'$ が $55\mu\text{m}$ 以下であれば、概ね0.9以上の規格化した発光効率を得られる。従って、蛍光体領域35の厚さ $t'$ を $55\mu\text{m}$ 以下とすることがさらに好ましい。

【0059】

また、蛍光体の体積濃度を15vol%以上かつ50vol%以下とすることが好ましい。図4のグラフからは、蛍光体の体積濃度を15vol%以上かつ50vol%以下とすれば、0.85以上の高い規格化した発光効率を得られることが確認できる。ここで、体積濃度を15vol%~50vol%の範囲に設定することの根拠について、図5、図6、図7を用いて説明する。

20

【0060】

図5は蛍光体領域35の厚さ $t'$ が一定の場合における、蛍光体の体積濃度と規格化した蛍光光取り込み効率との関係を示すグラフである。なお、図5に示した蛍光光取り込み効率は、体積濃度が50vol%の場合における蛍光光取り込み効率を基準として規格化してある。体積濃度が50vol%の場合、実用上十分高い蛍光光取り込み効率（例えば、90%以上）が得られる。ここで、蛍光光取り込み効率とは、蛍光体層32から射出された蛍光光のうちコリメート光学系85に取り込まれる割合を示すものである。蛍光光取り込み効率が100%とは蛍光体層32からの蛍光光が全部コリメート光学系85に取り込まれることを意味する。

30

【0061】

図6は蛍光光取り込み効率を説明するための模式図である。図6(a)は蛍光体層32における蛍光体の体積濃度が50vol%の場合に対応し、図6(b)は蛍光体層32における蛍光体の体積濃度が30vol%の場合に対応するものである。

【0062】

図6では基板31を省略してあるが、前述したように、基板31と蛍光体層32の間には誘電体多層膜37が設けられている。従って、蛍光体粒子32aから発せられた蛍光光は、蛍光体層32の誘電体多層膜37とは反対側の射出面38から射出される。図6(a)、(b)に示されるように、蛍光体粒子32aから発せられた蛍光光は、蛍光体層32内を射出面38に向かって導波する時に、バインダー領域36の影響を受けることで励起光ELの光軸方向から視て外側に拡がってしまう。なお、図6(a)、(b)中における領域A1とは蛍光体層32から射出される蛍光光のうち、コリメート光学系85に取り込まれる成分を含む領域を示し、領域A2とは蛍光体層32から射出される蛍光光のうち、コリメート光学系85に取り込まれない成分を含む領域を示すものである。

40

【0063】

蛍光体層32中に占めるバインダー領域36の割合は、体積濃度が30vol%の場合の方が体積濃度が50vol%の場合よりも大きい。そして、図6(a)、図6(b)に示したように、蛍光体領域35の厚さ $t'$ が同じであれば、バインダー領域36の厚さ(

50

$t - t'$ ) は、体積濃度が 30 vol % の場合の方が体積濃度が 50 vol % の場合よりも厚い。このようにバインダー領域 36 が厚いと、上述した蛍光光の拡がりが大きくなる。したがって、蛍光光のうち、コリメート光学系 85 に取り込まれない成分を含む領域 A2 の割合が大きくなる。

【0064】

図 5 のグラフを見ると、体積濃度が 15 vol % よりも低くなると規格化した蛍光光取り込み効率が急激に低下することが確認できる。これは、上述のように蛍光体層 32 中におけるバインダー領域 36 が厚くなることで、蛍光光のうちコリメート光学系 85 に取り込まれない成分が急激に増加することによるものであると考えられる。従って、体積濃度を 15 vol % 以上とすれば、蛍光光を効率的に利用できる。

10

【0065】

図 7 は蛍光体層 32 の膜質と体積濃度との関係を示す表である。図 7 は、蛍光体の体積濃度が 50 vol % よりも高く、具体的に 60 vol %、70 vol % となると膜質が低下することを示している。ここで、膜質が低下するとは、製造した膜の表面がポーラスになることを意味する。これは、体積濃度が高くなり過ぎると、蛍光体層 32 を良好に成膜することが難しくなるからである。このような膜質が低下した蛍光体層 32 は、蛍光光を良好に生じさせることができないので、0.85 の規格化した発光効率を得ることができず、十分な発光効率が得られるとは言い難い。従って、体積濃度を 50 vol % 以下とすれば、励起光を効率的に蛍光光に変換することができ、十分高い規格化した発光効率を得ることができる。以上の理由により、蛍光体の体積濃度を 15 vol % 以上かつ 50 vol % 以下とすることが好ましい。

20

【0066】

本発明による蛍光体層 32 (波長変換素子) は蛍光光を高い効率で発生することができる。そのため、本発明による波長変換素子を有する光源装置 10A は、蛍光光を高い効率で発生させることができる。

【0067】

以上に述べたように本実施形態に係るプロジェクター 100 によれば、上述のように高い発光効率で蛍光光を生じさせる光源装置 10A を備えるので、プロジェクター 100 自体も発光効率が高く信頼性の高いものとなる。

【0068】

なお、本発明は上記実施形態に限定されることは無く、発明の趣旨を逸脱しない範囲内において適宜変更可能である。

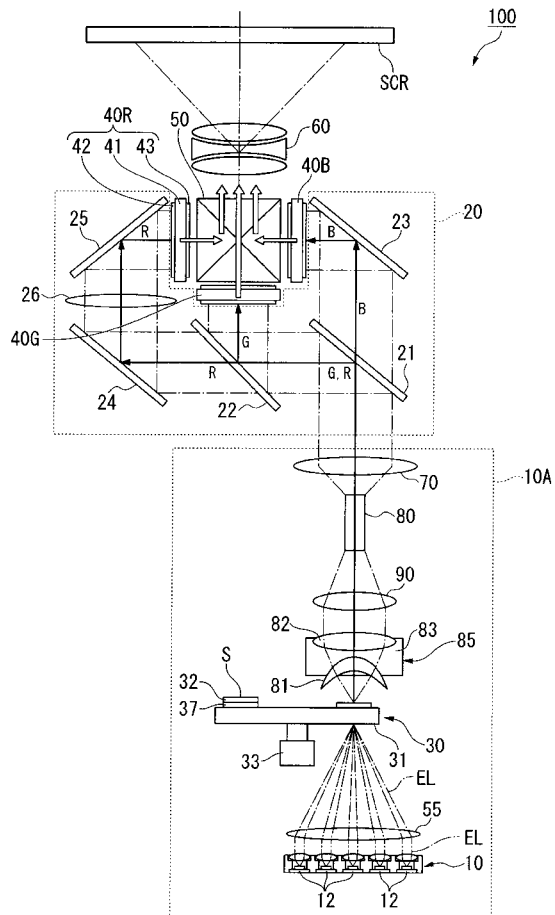
30

【符号の説明】

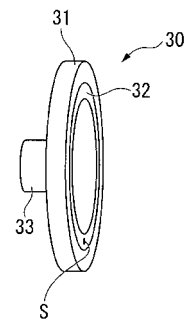
【0069】

10 ... 励起光源、10A ... 光源装置、12 ... レーザー光源、30 ... 回転蛍光板、31 ... 基板、32 ... 蛍光体層、32a ... 蛍光体粒子、34 ... バインダー、35 ... 蛍光体領域、36 ... バインダー領域、100 ... プロジェクター

【図 1】

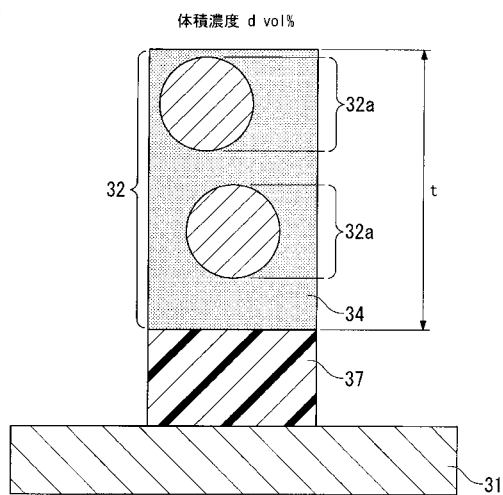


【図 2】

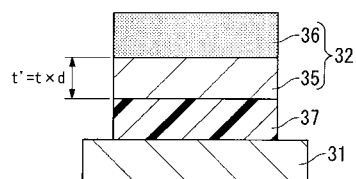


【図 3】

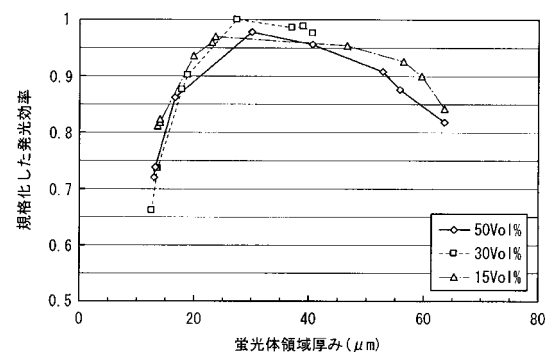
(a)



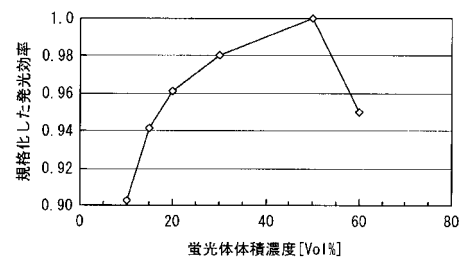
(b)



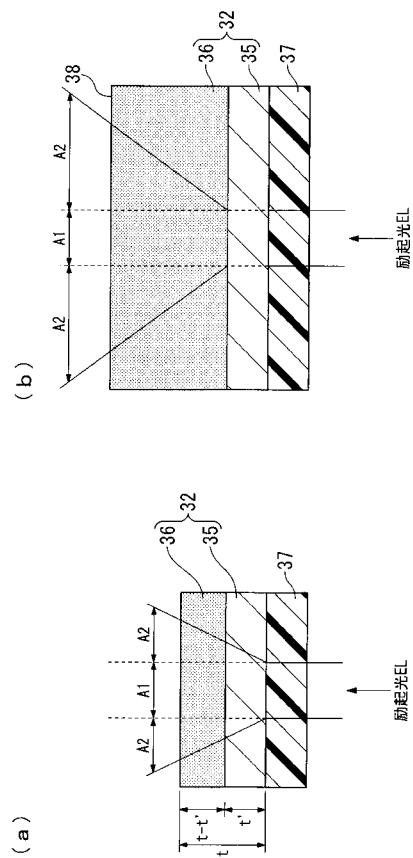
【図 4】



【図 5】



【 図 6 】



【 図 7 】

濃度と成膜について

濃度	40Vol%	50Vol%	60Vol%	70Vol%
膜質	○	○	×	×

---

フロントページの続き

(72)発明者 宮前 章

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 2K103 AA01 AA05 AA11 AB04 AB10 BA02 BA11 BC47 BC51 CA13  
5F173 MA10 MB10 MC15 MF10 MF18 MF27 MF28 MF32 MF39 MF40