

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基材と、
前記基材の一面に設けられ、波長変換材料と無機バインダーとを含む波長変換層と、
前記波長変換層の前記基材とは反対側に設けられ、無機材料からなる光透過層と、
前記光透過層の前記波長変換層とは反対側に設けられた反射防止膜と、を備えた波長変換素子。

【請求項 2】

第 1 の波長域の第 1 の光を射出する光源と、
前記第 1 の光が入射され、前記第 1 の波長域と異なる第 2 の波長域の第 2 の光を射出する請求項 1 に記載の波長変換素子と、を備えた照明装置。 10

【請求項 3】

前記反射防止膜は、前記第 1 の波長域と前記第 2 の波長域とに対して反射防止作用を有する請求項 2 に記載の照明装置。

【請求項 4】

請求項 2 または請求項 3 に記載の照明装置と、
前記照明装置から射出された光を画像情報に応じて変調する光変調装置と、
前記光変調装置により変調された光を投射する投射光学系と、を備えたプロジェクター。

【請求項 5】

基材の一面に、蛍光体粉末と第 1 のガラス粉末とを含む第 1 の混合物を塗布する工程と、
前記基材に塗布された前記第 1 の混合物の上に、第 2 のガラス粉末を含む第 2 の混合物を塗布する工程と、
前記第 1 の混合物および前記第 2 の混合物を焼成する工程と、
焼成された前記第 2 の混合物の上に、反射防止膜を形成する工程と、を含む波長変換素子の製造方法。 20

【請求項 6】

基材の一面に、蛍光体粉末と第 1 のガラス粉末とを含む第 1 の混合物を塗布する工程と、
前記第 1 の混合物を焼成する工程と、
焼成された前記第 1 の混合物の上に、第 2 のガラス粉末を含む第 2 の混合物を塗布する工程と、
前記第 2 の混合物を焼成する工程と、
焼成された前記第 2 の混合物の上に、反射防止膜を形成する工程と、を含む波長変換素子の製造方法。 30

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、波長変換素子、照明装置、プロジェクター、および波長変換素子の製造方法に関する。 40

【背景技術】**【0002】**

近年、プロジェクター用の照明装置として、蛍光体を用いた照明装置が提案されている。この照明装置は、蛍光体に励起光を照射することにより励起光とは異なる波長域の蛍光を発生させ、蛍光を含む照明光を生成する。下記の特許文献 1 には、バインダーとしてのガラスと蛍光体とを含む蛍光体層と、蛍光体層の少なくとも一方の面に設けられた反射防止膜と、透光性基板と、を備えた波長変換体が開示されている。

【先行技術文献】**【特許文献】**

【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】特開 2 0 1 4 - 2 0 7 4 3 6 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

上記の波長変換体を製造する際には、蛍光体とガラスとを混合した蛍光体材料を透光性基板上に塗布した後、蛍光体材料を焼成して蛍光体層を形成する。その後、蛍光体層の一面に反射防止膜を形成する。しかしながら、蛍光体層の表面の平坦性は十分高くないため、このような蛍光体層の上に反射防止膜を直接形成しても、反射防止膜は十分な反射防止機能を発揮できない、という問題があった。

10

【 0 0 0 5 】

本発明の一つの態様は、上記の課題を解決するためになされたものであり、十分な反射防止機能を有する反射防止膜を備えた波長変換素子およびその製造方法を提供することを目的の一つとする。また、本発明の一つの態様は、十分な反射防止機能を有する反射防止膜を備えた波長変換素子を備え、十分な輝度の光を射出できる照明装置を提供することを目的の一つとする。また、本発明の一つの態様は、輝度に優れた照明装置を備え、明るい映像が得られるプロジェクターを提供することを目的の一つとする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

上記の目的を達成するため、本発明の一つの態様の波長変換素子は、基材と、前記基材の一面に設けられ、波長変換材料と無機バインダーとを含む波長変換層と、前記波長変換層の前記基材とは反対側に設けられ、無機材料からなる光透過層と、前記光透過層の前記波長変換層とは反対側に設けられた反射防止膜と、を備える。

20

【 0 0 0 7 】

本発明の一つの態様の波長変換素子においては、光透過層によって波長変換層の表面の平坦性が高められているため、反射防止膜の平坦性が高い。そのため、反射防止膜は、十分な反射防止機能が発揮できる。

【 0 0 0 8 】

本発明の一つの態様の照明装置は、第 1 の波長域の第 1 の光を射出する光源と、前記第 1 の光が入射され、前記第 1 の波長域と異なる第 2 の波長域の第 2 の光を射出する本発明の一つの態様の波長変換素子と、を備える。

30

【 0 0 0 9 】

本発明の一つの態様の照明装置は、本発明の一つの態様の波長変換素子を備えているため、十分な輝度を有する光を射出することができる。

【 0 0 1 0 】

本発明の一つの態様の照明装置において、前記反射防止膜は、前記第 1 の波長域と前記第 2 の波長域とに対して反射防止作用を有していてもよい。

この構成によれば、第 1 の光と第 2 の光の双方に対して反射防止機能が発揮される。これにより、より高い輝度を有する光を射出することができる。

【 0 0 1 1 】

本発明の一つの態様のプロジェクターは、本発明の一つの態様の照明装置と、前記照明装置から射出された光を画像情報に応じて変調する光変調装置と、前記光変調装置により変調された光を投射する投射光学系と、を備える。

40

【 0 0 1 2 】

本発明の一つの態様のプロジェクターは、本発明の一つの態様の照明装置を備えているため、明るい映像を表示することができる。

【 0 0 1 3 】

本発明の一つの態様の波長変換素子の製造方法は、基材の一面に、蛍光体粉末と第 1 のガラス粉末とを含む第 1 の混合物を塗布する工程と、前記基材に塗布された前記第 1 の混合物の上に、第 2 のガラス粉末を含む第 2 の混合物を塗布する工程と、前記第 1 の混合物

50

および前記第 2 の混合物を焼成する工程と、焼成された前記第 2 の混合物の上に、反射防止膜を形成する工程と、を含む。

【 0 0 1 4 】

本発明の一つの態様の波長変換素子の製造方法は、蛍光体粉末と第 1 のガラス粉末とを含む第 1 の混合物を塗布する工程と、第 1 の混合物の上に第 2 のガラス粉末を含む第 2 の混合物を塗布する工程と、を備えているため、第 2 の混合物からなる層により第 1 の混合物からなる層の表面の凹凸が平坦化される。これにより、反射防止膜の平坦化が高くなるため、反射防止膜は十分な反射防止機能が発揮できる。また、本発明の一つの態様の波長変換素子の製造方法は、第 1 の混合物および第 2 の混合物を焼成する工程を備えているため、第 1 の混合物および第 2 の混合物の焼成が 1 回で済み、製造工程の簡略化が図れる。

10

【 0 0 1 5 】

本発明の他の一つの態様の波長変換素子の製造方法は、基材の一面に、蛍光体粉末と第 1 のガラス粉末とを含む第 1 の混合物を塗布する工程と、前記第 1 の混合物を焼成する工程と、焼成された前記第 1 の混合物の上に、第 2 のガラス粉末を含む第 2 の混合物を塗布する工程と、前記第 2 の混合物を焼成する工程と、焼成された前記第 2 の混合物の上に、反射防止膜を形成する工程と、を含む。

【 0 0 1 6 】

本発明の他の一つの態様の波長変換素子の製造方法によれば、反射防止膜の平坦性が高いため、反射防止膜は十分な反射防止機能が発揮できる。

【図面の簡単な説明】

20

【 0 0 1 7 】

【図 1】本発明の一実施形態のプロジェクターの概略構成図である。

【図 2】本発明の一実施形態の照明装置の概略構成図である。

【図 3】波長変換装置の断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 8 】

以下、本発明の一実施形態について、図 1 ~ 図 3 を用いて説明する。

なお、以下の各図面においては各構成要素を見やすくするため、構成要素によって寸法の縮尺を異ならせて示すことがある。

【 0 0 1 9 】

30

プロジェクター 1 は、内部に設けられた光源から射出された光束を変調して画像情報に応じた画像を形成し、当該画像をスクリーン S C 1 等の被投射面上に拡大投射する。

プロジェクター 1 は、図 1 に示すように、外装筐体 2 と、外装筐体 2 内に収納される光学ユニット 3 の他、図示を省略するが、プロジェクター 1 を制御する制御装置、冷却対象を冷却する冷却装置、およびプロジェクター 1 を構成する電子部品に電力を供給する電源装置を備える。

【 0 0 2 0 】

[光学ユニットの構成]

光学ユニット 3 は、照明装置 3 1、色分離装置 3 2、平行化レンズ 3 3、光変調装置 3 4、色合成装置 3 5 および投射光学系 3 6 を備える。

40

照明装置 3 1 は、照明光 W L を射出する。なお、照明装置 3 1 の構成については、後述する。

色分離装置 3 2 は、照明装置 3 1 から入射された照明光 W L を、赤 (R)、緑 (G) および青 (B) の 3 つの色光に分離する。色分離装置 3 2 は、ダイクロイックミラー 3 2 1、ダイクロイックミラー 3 2 2、反射ミラー 3 2 3、反射ミラー 3 2 4、反射ミラー 3 2 5、リレーレンズ 3 2 6、およびリレーレンズ 3 2 7 を備える。

【 0 0 2 1 】

ダイクロイックミラー 3 2 1 は、照明装置 3 1 からの照明光 W L を、赤色光 L R とその他の色光 (緑色光 L G および青色光 L B) とに分離する。ダイクロイックミラー 3 2 1 は、赤色光 L R を透過させるとともに、その他の色光 (緑色光 L G および青色光 L B) を反

50

射させる。ダイクロイックミラー 3 2 2 は、その他の色光を緑色光 L G と青色光 L B とに分離する。ダイクロイックミラー 3 2 2 は、緑色光 L G を反射するとともに、青色光 L B を透過させる。

【 0 0 2 2 】

反射ミラー 3 2 3 は、赤色光 L R の光路中に配置され、ダイクロイックミラー 3 2 1 を透過した赤色光 L R を光変調装置 3 4 R に向けて反射させる。反射ミラー 3 2 4 および反射ミラー 3 2 5 は、青色光 L B の光路中に配置され、ダイクロイックミラー 3 2 2 を透過した青色光 L B を光変調装置 3 4 B に導く。緑色光 L G は、ダイクロイックミラー 3 2 2 によって光変調装置 3 4 G に向けて反射される。

【 0 0 2 3 】

リレーレンズ 3 2 6 およびリレーレンズ 3 2 7 は、青色光 L B の光路中のダイクロイックミラー 3 2 2 の後段に配置されている。リレーレンズ 3 2 6 およびリレーレンズ 3 2 7 は、青色光 L B の光路長が赤色光 L R および緑色光 L G の光路長よりも長いことによる青色光 L B の光損失を補償する。

【 0 0 2 4 】

平行化レンズ 3 3 は、光変調装置 3 4 に入射する光を平行化する。赤、緑および青の各色光用の平行化レンズを、それぞれ平行化レンズ 3 3 R、平行化レンズ 3 3 G、および平行化レンズ 3 3 B とする。赤、緑および青の各色光用の光変調装置を、それぞれ光変調装置 3 4 R、光変調装置 3 4 G、および光変調装置 3 4 B とする。

【 0 0 2 5 】

光変調装置 3 4 R、光変調装置 3 4 G および光変調装置 3 4 B は、それぞれ入射される赤色光 L R、緑色光 L G および青色光 L B を変調して、画像情報に応じた色画像を形成する。光変調装置 3 4 R、光変調装置 3 4 G および光変調装置 3 4 B は、入射される光を変調する液晶パネルにより構成される。図示は省略するが、光変調装置 3 4 R、光変調装置 3 4 G および光変調装置 3 4 B の入射側および射出側にはそれぞれ偏光板が配置されている。

【 0 0 2 6 】

色合成装置 3 5 には、光変調装置 3 4 R、光変調装置 3 4 G および光変調装置 3 4 B の各々からの画像光が入射される。色合成装置 3 5 は、赤色光 L R、緑色光 L G および青色光 L B のそれぞれに対応した画像光を合成し、合成された画像光を投射光学系 3 6 に向けて射出する。色合成装置 3 5 は、例えばクロスダイクロイックプリズムにより構成されている。

【 0 0 2 7 】

投射光学系 3 6 は、色合成装置 3 5 により合成された画像光をスクリーン S C 1 等の被投射面に投射する。このような構成により、スクリーン S C 1 に拡大された画像が投射される。投射光学系 3 6 は、例えば複数の投射レンズにより構成されている。

【 0 0 2 8 】

[照明装置]

図 2 は、本実施形態のプロジェクター 1 における照明装置 3 1 の構成を示す概略図である。

照明装置 3 1 は、照明光 W L を色分離装置 3 2 に向けて射出する。図 2 に示すように、照明装置 3 1 は、励起用光源装置 3 1 1 と、アフォーカル光学系 3 1 2 と、ホモジナイザー光学系 3 1 3 と、ダイクロイックミラー 3 1 4 と、ピックアップ光学系 3 1 6 と、インテグレーター光学系 3 1 7 と、偏光変換素子 3 1 8 と、重畳レンズ 3 1 9 と、波長変換装置 4 と、青色用光源装置 3 3 0 と、コンデンサーレンズ 3 3 1 と、反射板 3 3 2 と、回転拡散板 3 3 3 と、を備えている。励起用光源装置 3 1 1 は、アレイ光源 3 1 1 A と、コリメーター光学系 3 1 1 B と、を備えている。青色用光源装置 3 3 0 は、アレイ光源 3 3 0 A と、コリメーター光源系 3 3 0 B と、を備えている。

本実施形態のアレイ光源 3 1 1 A は、特許請求の範囲の光源に対応する。

【 0 0 2 9 】

10

20

30

40

50

励起光源装置 3 1 1 のアレイ光源 3 1 1 A は、複数の半導体レーザー 3 1 1 1 により構成されている。具体的に、アレイ光源 3 1 1 A は、アレイ光源 3 1 1 A から射出される光束の照明光軸 $A \times 1$ と直交する平面内に複数の半導体レーザー 3 1 1 1 がアレイ状に配列されている。詳しくは後述するが、波長変換装置 4 から射出された蛍光 Y L の主光線の光軸を $A \times 2$ としたとき、照明光軸 $A \times 1$ と光軸 $A \times 2$ とは同一平面内にあり、かつ、互いに直交している。照明光軸 $A \times 1$ 上においては、アレイ光源 3 1 1 A と、コリメーター光学系 3 1 1 B と、アフォーカル光学系 3 1 2 と、ホモジナイザー光学系 3 1 3 と、ダイクロイックミラー 3 1 4 と、がこの順に並んで配置されている。

【0030】

アレイ光源 3 1 1 A を構成する半導体レーザー 3 1 1 1 は、例えば 440 ~ 480 nm の波長域にピーク波長を有する励起光（青色光 B L）を射出する。半導体レーザー 3 1 1 1 から射出される青色光 B L は、コヒーレントな直線偏光である。青色光 B L は、ダイクロイックミラー 3 1 4 に向けて照明光軸 $A \times 1$ と平行に射出される。

10

【0031】

アレイ光源 3 1 1 A は、半導体レーザー 3 1 1 1 が射出する青色光 B L がダイクロイックミラー 3 1 4 に対して S 偏光として入射するように構成されている。アレイ光源 3 1 1 A から射出された青色光 B L は、コリメーター光学系 3 1 1 B に入射する。

本実施形態において、半導体レーザー 3 1 1 1 から射出される波長域 440 ~ 480 nm の励起光（青色光 B L）は、特許請求の範囲の第 1 の波長域の第 1 の光に対応する。

20

【0032】

コリメーター光学系 3 1 1 B は、アレイ光源 3 1 1 A から射出された青色光 B L を平行光に変換する。コリメーター光学系 3 1 1 B は、例えば半導体レーザー 3 1 1 1 に対応してアレイ状に配置された複数のコリメーターレンズ 3 1 1 2 を備えている。コリメーター光学系 3 1 1 B を通過することにより平行光に変換された青色光 B L は、アフォーカル光学系 3 1 2 に入射する。

【0033】

アフォーカル光学系 3 1 2 は、コリメーター光学系 3 1 1 B から入射された青色光 B L の光束径を調整する。アフォーカル光学系 3 1 2 は、レンズ 3 1 2 1 と、レンズ 3 1 2 2 と、を備える。アフォーカル光学系 3 1 2 を通過することによりサイズが調整された青色光 B L は、ホモジナイザー光学系 3 1 3 に入射する。

30

【0034】

ホモジナイザー光学系 3 1 3 は、ピックアップ光学系 3 1 6 とともに、被照明領域における青色光 B L による照度分布を均一化する。ホモジナイザー光学系 3 1 3 は、一対のマルチレンズアレイ 3 1 3 1、マルチレンズアレイ 3 1 3 2 を備えている。ホモジナイザー光学系 3 1 3 から射出された青色光 B L は、ダイクロイックミラー 3 1 4 に入射する。

【0035】

ダイクロイックミラー 3 1 4 は、第 1 の波長帯の青色光 B L を、S 偏光成分と P 偏光成分とに分離する偏光分離機能を有する。ダイクロイックミラー 3 1 4 は、青色光 B L の S 偏光成分を反射させ、青色光 B L の P 偏光成分を透過させる。したがって、青色光 B L は、S 偏光の励起光 B L s として、波長変換装置 4 に向けて反射される。

40

【0036】

また、ダイクロイックミラー 3 1 4 は、第 1 の波長帯（青色光 B L の波長帯）とは異なる第 2 の波長帯（緑色光 G L および赤色光 R L）の光を、偏光状態にかかわらず透過させる色分離機能を有する。

【0037】

ピックアップ光学系 3 1 6 は、励起光 B L s を波長変換素子 4 1 に向けて集光させる。ピックアップ光学系 3 1 6 は、レンズ 3 1 6 1 と、レンズ 3 1 6 2 と、を備えている。具体的に、ピックアップ光学系 3 1 6 は、入射された複数の光束（励起光 B L s）を後述する波長変換素子 4 1 に向けて集光させるとともに、波長変換素子 4 1 上で互いに重畳させる。

50

【0038】

ピックアップ光学系316からの励起光B L sは、波長変換素子41に入射する。波長変換素子41は、励起光B L sを赤色光および緑色光を含む蛍光Y Lに変換して射出する。蛍光Y L（黄色光）は、500～700nmの波長域にピーク波長を有する。波長変換素子41の構成については、後述する。

本実施形態における波長域500～700nmの蛍光は、特許請求の範囲の第2の波長域の第2の光に対応する。

【0039】

波長変換装置4から射出された蛍光Y Lは、ピックアップ光学系316を通過し、ダイクロイックミラー314に入射する。

10

【0040】

青色用光源装置330のアレイ光源330Aは、複数の半導体レーザー3301により構成されている。具体的に、アレイ光源330Aは、アレイ光源311Aと同方向に配列されている。アレイ光源330Aと、コリメーター光学系330Bと、コンデンサーレンズ331と、2つの反射板332と、回転拡散板333と、がこの順に配置されている。

【0041】

アレイ光源330Aを構成する半導体レーザー3301は、例えば440～480nmの波長域にピーク波長を有する青色光B L Bを射出する。半導体レーザー3301から射出される青色光B L Bは、コヒーレントな直線偏光である。青色光B L Bは、コリメーター光学系330Bにより平行化された後、コンデンサーレンズ331により、回転拡散板333上にある程度の面積をもって集光される。

20

【0042】

反射板332は、光線の角度を変えるために配置されたミラーである。回転拡散板333の表面には、数μmから数十μm程度の大きさの複数のマイクロレンズが配置されている。回転拡散板333は、図示しないモーターにて回転される。これにより、コンデンサーレンズ331から出射された青色光B L Bを30°～60°程度の発散角に拡散させることができる。これは、半導体レーザー3301のスペックルを除去するためのものである。青色光B L Bは、回転拡散板333からダイクロイックミラー314に向けて射出される。

【0043】

ダイクロイックミラー314によって、蛍光Y Lと青色光B L Bとが合成され、白色の照明光W Lが生成される。照明光W Lは、ダイクロイックミラー314から射出され、インテグレーター光学系317に入射する。

30

【0044】

インテグレーター光学系317は、後述する重畳レンズ319とともに、被照明領域における照度分布を均一化する。インテグレーター光学系317は、一对のレンズアレイ3171，レンズアレイ3172を備える。これら一对のレンズアレイ3171，レンズアレイ3172は、複数のレンズがアレイ状に配列された構成を有する。インテグレーター光学系317から射出された照明光W Lは、偏光変換素子318に入射する。

【0045】

偏光変換素子318は、偏光分離膜と、位相差板と、を備える。偏光変換素子318は、照明光W Lを直線偏光に変換する。偏光変換素子318から射出された照明光W Lは、重畳レンズ319に入射する。

40

重畳レンズ319は、照明光W Lを被照明領域において重畳させることにより、被照明領域の照度分布を均一化する。

【0046】

[波長変換装置]

図3は、波長変換素子41を含む波長変換装置4の断面図である。

図3に示すように、波長変換装置4は、放熱板42と、モーター43と、波長変換素子41と、を備える。波長変換素子41は、基材411と、波長変換層412と、光透過層

50

４１３と、反射防止膜４１４と、を備える。なお、基材４１１と波長変換層４１２との間に、例えば基材４１１と波長変換層４１２との密着性を高める層が設けられていてもよい。

【００４７】

放熱板４２は、例えばアルミニウム等の熱伝導率の高い金属からなる板体で構成されている。放熱板４２には、放熱板４２を回転させる手段としてのモーター４３が接続されている。本実施形態の放熱板４２は円板状である。モーター４３の回転軸４３Ｃは、放熱板４２の平面形状である円の中心に設けられている。放熱板４２は、モーター４３の回転によって回転する。ただし、放熱板４２の平面形状は、必ずしも円に限ることはなく、他の形状でもよい。

10

【００４８】

基材４１１は、例えば酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）、酸化ジルコニウム（ ZrO_2 ）等の金属酸化物を含む焼結体で構成されている。したがって、基材４１１は、金属酸化物の複数の結晶を含み、一部の隣り合う結晶間には空隙が設けられている。このように、基材４１１は、金属酸化物の粒界に空隙が存在することにより光の反射および散乱が大きいという特性を有する。そのため、基材４１１は、反射材として機能する。基材４１１、波長変換層４１２、光透過層４１３および反射防止膜４１４は、放熱板４２の周方向に沿った円環状の形状を有する。

【００４９】

波長変換層４１２は、基材４１１の一面に設けられている。波長変換層４１２は、波長変換材料と、無機バインダーと、を含む。本実施形態の波長変換材料は、蛍光体である。波長変換層４１２は、蛍光体が無機バインダーの内部に分散した構成を有する。本実施形態では、蛍光体として、Ceイオンが含有されたYAG（Yttrium Aluminum Garnet）蛍光体を用いられる。無機バインダーとして、例えば錫リン酸塩系ガラス、硼珪酸塩系ガラス、ビスマス系ガラス等が用いられる。具体的には、 $ZnO-B_2O_3-SiO_2$ 系ガラス、 R_2O （R：アルカリ金属）- $PbO-SiO_2$ 系ガラス、 R_2O （R：アルカリ金属）- $CaO-PbO-SiO_2$ 系ガラス、 $BaO-Al_2O_3-B_2O_3-SiO_2$ 系ガラス、 $B_2O_3-SiO_2$ 系ガラス等が挙げられる。

20

【００５０】

光透過層４１３は、波長変換層４１２の基材４１１と反対側の面に設けられている。光透過層４１３は、例えばガラス等の無機材料から構成されている。光透過層４１３がガラスで構成される場合、光透過層４１３には、波長変換層４１２の無機バインダーを構成するガラスと同種のガラスが用いられることが好ましい。すなわち、光透過層４１３には、例えば錫リン酸塩系ガラス、硼珪酸塩系ガラス、ビスマス系ガラス等が用いられることが好ましい。ただし、光透過層４１３として、波長変換層４１２の無機バインダーを構成するガラスとは異なるガラスが用いられてもよい。

30

【００５１】

反射防止膜４１４は、光透過層４１３の波長変換層４１２とは反対側の面に設けられている。反射防止膜４１４は、例えば誘電体多層膜で構成されている。具体的には、反射防止膜４１４は、シリコン酸化膜とチタン酸化膜とが交互にそれぞれ３層積層された積層膜で構成されている。反射防止膜４１４が誘電体多層膜で構成される場合、誘電体多層膜を構成する各膜の厚み、層数等を変えることにより、反射防止機能を発揮する波長域を調整できる。

40

【００５２】

反射防止膜４１４は、波長域４４０～４８０nmの励起光（青色光）、波長域５００～７００nmの蛍光（黄色光）の双方に対して反射防止機能を有することが好ましい。

【００５３】

以下、波長変換素子４１の製造方法について説明する。

基材４１１を構成する金属酸化物粉末、例えば Al_2O_3 粉末に、バインダー、可塑剤および有機溶媒等を添加した後、攪拌、混合し、基材形成用のスラリーを調製する。

50

次に、スラリーをシート状に形成した後、プレス加工により型抜きを行って所定の形状（例えば円環状）のグリーン成形品を作製する。次に、グリーン成形品を焼結することにより、金属酸化物を含む焼結体からなる基材 4 1 1 を作製する。

【 0 0 5 4 】

次に、基材 4 1 1 の一面に、蛍光体粉末と第 1 のガラス粉末とを含む第 1 の混合物を塗布する。この工程では、粒径が数 μm の蛍光体粉末と、蛍光体粉末の粒径と同等、あるいはそれ以下の粒径を有するガラス粉末と、有機物と、を混合した第 1 の混合物を作製し、第 1 の混合物を基材 4 1 1 の一面に塗布する。上述したように、蛍光体粉末として、Ce イオンが含有された YAG (Yttrium Aluminum Garnet) 蛍光体の粉末が用いられる。第 1 のガラス粉末として、例えば錫リン酸塩系ガラス、硼珪酸塩系ガラス、ビスマス系ガラス等の粉末が用いられる。有機物は、粉末同士を結びつける接着剤として機能する。

10

【 0 0 5 5 】

次に、基材 4 1 1 に塗布された第 1 の混合物の上に、第 2 のガラス粉末を含む第 2 の混合物を塗布する。この工程では、粒径が数 μm のガラス粉末と、有機物と、を混合した第 2 の混合物を作製し、第 2 の混合物を第 1 の混合物の上に重ねて塗布する。第 2 のガラス粉末として、第 1 のガラス粉末と同種のガラス粉末を用いることが好ましい。あるいは、第 2 のガラス粉末として、第 1 のガラス粉末と異なるガラス粉末を用いてもよいが、その場合には同程度の融点を有するガラス粉末を用いることが好ましい。

【 0 0 5 6 】

次に、第 1 の混合物および第 2 の混合物が塗布された基材 4 1 1 を加熱し、第 1 の混合物および第 2 の混合物を焼成する。この工程では、ガラス粉末の融点である数百 の温度で焼成を行う。この温度での焼成により有機物は蒸散する。この工程を経た後、基材 4 1 1 の一面に蛍光体とガラスとが混在した波長変換層 4 1 2 が形成され、さらに波長変換層 4 1 2 の上にガラスからなる光透過層 4 1 3 が形成される。

20

【 0 0 5 7 】

次に、焼成された第 1 の混合物および第 2 の混合物の上に、反射防止膜 4 1 4 を形成する。この工程では、蒸着法、スパッタ法等の成膜法を用いてシリコン酸化膜とチタン酸化膜とが交互に積層された誘電体多層膜を形成し、反射防止膜 4 1 4 とする。

以上の工程により、本実施形態の波長変換素子 4 1 が作製される。

【 0 0 5 8 】

30

本発明者は、波長変換層上に反射防止膜が直接形成された従来の波長変換素子の場合、波長変換層の表面が粗く、反射防止膜が均等に形成されていないため、所望の波長変換効率が得られないことを見出した。例えば蛍光体粉末とガラス粉末とを焼結した波長変換層を形成する場合、蛍光体粉末の粒子が波長変換層の表面近傍に存在し、粒子形状が反映された凹凸が波長変換層の表面に形成されるため、波長変換層の表面が粗くなる、と考えられる。

【 0 0 5 9 】

この問題を改善するため、本実施形態の波長変換素子 4 1 においては、光透過層 4 1 3 によって波長変換装置 1 2 の表面の平坦性が高められているため、反射防止膜 4 1 4 の平坦性が高い。したがって、反射防止膜 4 1 4 は、十分高い反射防止機能を発揮することができる。

40

【 0 0 6 0 】

特に本実施形態の反射防止膜 4 1 4 は、励起光、蛍光の双方に対して反射防止機能を有するため、励起光が波長変換層 4 1 2 に入射する際に、波長変換層 4 1 2 の表面反射が少なく、波長変換層 4 1 2 に到達する励起光の量が従来に比べて多い。さらに、蛍光が波長変換層 4 1 2 から射出される際にも、波長変換層 4 1 2 の表面反射が少なく、波長変換層 4 1 2 から射出される蛍光の量が従来に比べて多い。その結果、本実施形態によれば、従来よりも多くの蛍光を射出できる波長変換素子 4 1 を得ることができる。

【 0 0 6 1 】

また、本実施形態の波長変換素子 4 1 の製造方法においては、波長変換層用のガラス粉

50

末と光透過層用のガラス粉末に同種のガラス粉末、もしくは同程度の融点を有するガラス粉末を用いている。そのため、第１の混合物と第２の混合物を基材４１１上に連続して塗布した後、第１の混合物と第２の混合物を一括して焼成することができる。そのため、第１の混合物および第２の混合物の焼成が１回で済み、製造工程の簡略化が図れる。

【００６２】

上記の製造方法の他に、下記の製造方法を採用してもよい。

第１の混合物を基板に塗布した後に焼成すると、第１の混合物の中の有機物を蒸発させるとともにガラス自体を溶融させることができる。このようにして形成した波長変換層４１２においては、ガラス自体の表面の平坦度は高いが、蛍光体の結晶の一部がその表面から突出している。そのため、波長変換層４１２の表面の平坦性はあまり高くない。

10

【００６３】

次に、波長変換層４１２の表面に第２の混合物を塗布し、再度焼成して光透過層４１３を形成する。これにより、突出した蛍光体の結晶の一部は光透過層４１３で被覆されるため、十分に高い平坦性が得られる。

最後に、光透過層４１３の上に反射防止膜４１４を形成する。

上記の製造方法によっても、十分な反射防止機能を有する反射防止膜４１４を備えた波長変換素子４１を製造できる。

【００６４】

なお、本発明の技術範囲は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

20

例えば上記実施形態では、基材の一面側から励起光が入射し、励起光が入射した面から蛍光が射出する形態の波長変換素子、いわゆる反射型の波長変換素子の例を挙げた。この形態に代えて、反射部材を備えていない透光性基材を備えた波長変換素子、いわゆる透過型の波長変換素子に本発明を適用することもできる。

【００６５】

その他、波長変換素子、照明装置およびプロジェクターの各種構成要素の形状、数、配置、材料などについては、上記実施形態に限らず、適宜変更が可能である。また、上記実施形態では、本発明による照明装置を、液晶ライトバルブを用いたプロジェクターに搭載した例を示したが、これに限られない。光変調装置としてデジタルマイクロミラーデバイスを用いたプロジェクターに搭載してもよい。

30

【００６６】

上記実施形態では、本発明による照明装置をプロジェクターに搭載した例を示したが、これに限られない。本発明による照明装置は、照明器具や自動車のヘッドライト等にも適用することができる。

【００６７】

上記実施形態では、波長変換素子として蛍光体を用いた波長変換素子の例を挙げたが、これに限られない。波長変換素子として、例えば GaN、GaAs 等の化合物半導体を用いた波長変換素子であってもよい。

【符号の説明】

【００６８】

40

３１…照明装置、３４，３４Ｒ，３４Ｇ，３４Ｂ…光変調装置、３６…投射光学系、４１…波長変換素子、４１１Ａ…アレイ光源（励起用光源）、４１１…基材、４１２…波長変換層、４１３…光透過層、４１４…反射防止膜。

【 図 2 】

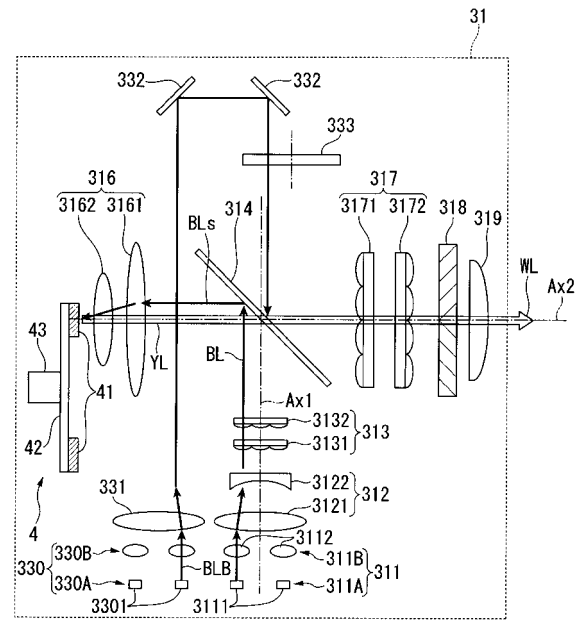
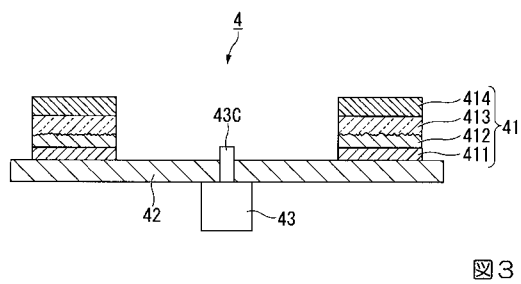


图 2

【 図 3 】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2K203 FA03 FA23 FA34 FA44 FA45 FA54 FA62 GA03 GA35 GA36
GA40 HA10 HA30 HB22 HB26 HB29 MA04