

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5961343号  
(P5961343)

(45) 発行日 平成28年8月2日(2016.8.2)

(24) 登録日 平成28年7月1日(2016.7.1)

(51) Int.Cl.		F 1			
<b>F 2 1 S</b>	<b>2/00</b>	<b>(2016.01)</b>	F 2 1 S	2/00	3 4 0
<b>G 0 3 B</b>	<b>21/00</b>	<b>(2006.01)</b>	G 0 3 B	21/00	D
<b>G 0 3 B</b>	<b>21/14</b>	<b>(2006.01)</b>	G 0 3 B	21/14	A

請求項の数 14 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2011-62417 (P2011-62417)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成23年3月22日 (2011.3.22)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2012-199075 (P2012-199075A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成24年10月18日 (2012.10.18)	(74) 代理人	100064908
審査請求日	平成26年3月6日 (2014.3.6)		弁理士 志賀 正武
審判番号	不服2015-6806 (P2015-6806/J1)	(74) 代理人	100146835
審判請求日	平成27年4月10日 (2015.4.10)		弁理士 佐伯 義文
		(74) 代理人	100140774
			弁理士 大浪 一徳
		(72) 発明者	官前 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光源装置及びプロジェクター

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

励起光を射出する励起光源と、  
前記励起光を受けて前記励起光とは異なる波長の蛍光を放射する蛍光体層と、  
前記蛍光体層の前記励起光が入射する側とは反対側に配置された、前記励起光と前記蛍光との双方を反射させる反射体と、  
前記励起光源と前記蛍光体層との間の光路上に配置された、前記蛍光を透過させる波長選択反射層と、を備え、  
前記波長選択反射層は、所定の入射角の範囲内の入射角で前記波長選択反射層に入射した励起光を透過して前記所定の入射角の範囲外の入射角で前記波長選択反射層に入射した励起光を反射するよう構成され、前記励起光源は、前記波長選択反射層に対して前記所定の入射角の範囲内の入射角で励起光を入射させることを特徴とする光源装置。

【請求項2】

前記波長選択反射層は、  $\text{min}$  となる入射角 で前記波長選択反射層に入射した励起光を透過し、  $< \text{min}$  となる入射角 で前記波長選択反射層に入射した励起光を反射するよう構成され、  
前記励起光源は、前記波長選択反射層に対して  $\text{min}$  となる入射角 で励起光を入射させることを特徴とする請求項1に記載の光源装置。

【請求項3】

前記波長選択反射層は、  $\text{max}$  となる入射角 で前記波長選択反射層に入射した

励起光を透過し、 $\theta > \theta_{max}$ となる入射角  $\theta$  で前記波長選択反射層に入射した励起光を反射するよう構成され、

前記励起光源は、前記波長選択反射層に対して  $\theta_{max}$ となる入射角  $\theta$  で励起光を入射させることを特徴とする請求項 1 に記載の光源装置。

【請求項 4】

前記励起光を前記蛍光体層に集光する集光レンズを備え、

前記励起光源は、複数のレーザー光源が配置されたレーザー光源アレイであり、

前記レーザー光源アレイは、複数のレーザー光を前記励起光として前記集光レンズの外周部に入射させ、

前記集光レンズは、当該集光レンズの外周部に入射した複数のレーザー光の光路を曲げて前記波長選択反射層へ前記レーザー光を入射させることを特徴とする請求項 2 に記載の光源装置。

10

【請求項 5】

前記レーザー光源アレイには、前記複数のレーザー光源がリング状に配置されていることを特徴とする請求項 4 に記載の光源装置。

【請求項 6】

前記レーザー光源アレイの中央部に配置されたレーザー光源は、前記複数のレーザー光源が配置された平面の法線に対して斜め方向に前記レーザー光を射出することを特徴とする請求項 4 に記載の光源装置。

【請求項 7】

前記レーザー光源アレイは、

相対的に短波長のレーザー光を前記励起光として射出するレーザー光源と、

相対的に長波長のレーザー光を前記励起光として射出するレーザー光源と、を備え、

前記レーザー光源アレイは、前記短波長のレーザー光を前記波長選択反射層に対して前記長波長のレーザー光よりも大きい入射角で入射させることを特徴とする請求項 4 ~ 6 のいずれか一項に記載の光源装置。

20

【請求項 8】

前記励起光を前記蛍光体層に集光する集光レンズを備え、

前記励起光源は、複数のレーザー光源が配置されたレーザー光源アレイであり、

前記レーザー光源アレイは、複数のレーザー光を前記励起光として前記集光レンズの中央部に入射させ、

前記集光レンズは、当該集光レンズの中央部に入射した複数のレーザー光を前記波長選択反射層へ入射させることを特徴とする請求項 3 に記載の光源装置。

30

【請求項 9】

前記レーザー光源アレイの外周部に配置されたレーザー光源は、前記複数のレーザー光源が配置された平面の法線に対して斜め方向に前記レーザー光を射出することを特徴とする請求項 8 に記載の光源装置。

【請求項 10】

前記レーザー光源アレイは、

相対的に短波長のレーザー光を前記励起光として射出するレーザー光源と、

相対的に長波長のレーザー光を前記励起光として射出するレーザー光源と、を備え、

前記レーザー光源アレイは、前記短波長のレーザー光を前記波長選択反射層に対して前記長波長のレーザー光よりも小さい入射角で入射させることを特徴とする請求項 8 または 9 に記載の光源装置。

40

【請求項 11】

前記複数のレーザー光源は、前記波長選択反射層へ P 偏光を入射させることを特徴とする請求項 4 ~ 10 のいずれか一項に記載の光源装置。

【請求項 12】

前記波長選択反射層は、前記蛍光体層の前記反射体とは反対側の面に配置されていることを特徴とする請求項 1 ~ 11 のいずれか一項に記載の光源装置。

50

## 【請求項 1 3】

前記励起光は青色光であり、前記蛍光は赤色光であることを特徴とする請求項 1 ~ 1 2 のいずれか一項に記載の光源装置。

## 【請求項 1 4】

請求項 1 ~ 1 3 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情報に応じて変調する光変調装置と、  
前記光変調装置からの変調光を投写画像として投写する投写光学系と、  
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】

10

## 【0001】

本発明は、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、励起光を発する光源と、光源から発せられた励起光により励起されて蛍光を発する蛍光体層と、を備えた光源装置が知られている。例えば、特許文献 1 の光源装置は、反射体の表面に形成された蛍光体層に励起光を照射して蛍光を放射させ、励起光の照射面から蛍光を取り出す構成となっている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

20

## 【0003】

【特許文献 1】特開 2 0 0 4 - 3 2 7 3 6 1 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

蛍光体層に入射した励起光は、蛍光体層を励起することにより蛍光に変換される成分以外に、蛍光に変換されずに散乱する成分もある。特許文献 1 の光源装置では、蛍光体層で蛍光に変換されずに散乱した励起光が蛍光体層の表面から外部に漏れてしまうことがある。外部に漏れた励起光については有効利用することが困難であるため、蛍光体の発光効率の低下が問題となる。

30

## 【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、蛍光体の発光効率の向上を図ることが可能な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】

上記の課題を解決するため、本発明の光源装置は、励起光を射出する励起光源と、前記励起光を受けて前記励起光とは異なる波長の蛍光を放射する蛍光体層と、前記蛍光体層の前記励起光が入射する側とは反対側に配置された、前記励起光と前記蛍光との双方を反射させる反射体と、前記励起光源と前記蛍光体層との間の光路上に配置された、前記蛍光を透過させる波長選択反射層と、を備え、前記波長選択反射層は、所定の入射角の範囲内の入射角で前記波長選択反射層に入射した励起光を透過して前記所定の入射角の範囲外の入射角で前記波長選択反射層に入射した励起光を反射するよう構成され、前記励起光源は、前記波長選択反射層に対して前記所定の入射角の範囲内の入射角で励起光を入射させることを特徴とする。

40

## 【0007】

この光源装置によれば、蛍光体層で蛍光に変換されずに散乱した励起光（反射体で反射した励起光）が波長選択反射層に入射する。蛍光体層から波長選択反射層へ所定の入射角の範囲外内の入射角で入射した励起光は、波長選択反射層で反射し、蛍光体層の内部で蛍光の励起に利用される。すなわち、蛍光体層から波長選択反射層へ戻る方向へ進行した励起光の少なくとも一部を、蛍光の励起に有効利用することができる。よって、蛍光体の発

50

光効率の向上を図ることが可能となる。

【0008】

前記光源装置において、前記波長選択反射層は、 $\theta_{min}$  となる入射角  $\theta$  で前記波長選択反射層に入射した励起光を透過し、 $\theta < \theta_{min}$  となる入射角  $\theta$  で前記波長選択反射層に入射した励起光を反射するよう構成され、前記励起光源は、前記波長選択反射層に対して  $\theta_{min}$  となる入射角  $\theta$  で励起光を入射させてもよい。

【0009】

この光源装置によれば、蛍光体層から波長選択反射層へ  $\theta < \theta_{min}$  となる入射角  $\theta$  で入射した励起光は、波長選択反射層で反射し、蛍光体層の内部で蛍光の励起に利用される。よって、蛍光体の発光効率の向上を図ることが可能となる。

10

【0010】

前記光源装置において、前記波長選択反射層は、 $\theta_{max}$  となる入射角  $\theta$  で前記波長選択反射層に入射した励起光を透過し、 $\theta > \theta_{max}$  となる入射角  $\theta$  で前記波長選択反射層に入射した励起光を反射するよう構成され、前記励起光源は、前記波長選択反射層に対して  $\theta_{max}$  となる入射角  $\theta$  で励起光を入射させてもよい。

【0011】

この光源装置によれば、蛍光体層から波長選択反射層へ  $\theta > \theta_{max}$  となる入射角  $\theta$  で入射した励起光は、波長選択反射層で反射し、蛍光体層の内部で蛍光の励起に利用される。よって、蛍光体の発光効率の向上を図ることが可能となる。

【0012】

前記光源装置は、前記励起光を前記蛍光体層に集光する集光レンズを備え、前記励起光源は、複数のレーザー光源が配置されたレーザー光源アレイであり、前記レーザー光源アレイは、複数のレーザー光を前記励起光として前記集光レンズの外周部に入射させ、前記集光レンズは、当該集光レンズの外周部に入射した複数のレーザー光の光路を曲げて前記波長選択反射層へ前記レーザー光を入射させてもよい。

20

【0013】

この光源装置によれば、蛍光体層に対して複数のレーザー光が集光して照射されるため、高効率な光源を実現することができる。また、集光レンズの外周部に入射した複数のレーザー光の光路が曲げられるので、広角で入射した励起光を透過する波長選択反射層を用いる場合に好適である。

30

【0014】

前記光源装置において、前記レーザー光源アレイには、前記複数のレーザー光源がリング状に配置されていてもよい。

【0015】

この光源装置によれば、複数のレーザー光が集光レンズの外周部のみに入射するので、励起光が波長選択反射層を透過する入射角の条件をより満足させることができる。

【0016】

前記光源装置において、前記レーザー光源アレイの中央部に配置されたレーザー光源は、前記複数のレーザー光源が配置された平面の法線に対して斜め方向に前記レーザー光を射出してもよい。

40

【0017】

この光源装置によれば、レーザー光源アレイに配置された複数のレーザー光源から射出されるレーザー光のほぼ全てを集光レンズの外周部のみに入射させることができる。よって、複数のレーザー光を蛍光の励起に有効利用しつつ高効率な光源を実現することが可能となる。

【0018】

前記光源装置において、前記レーザー光源アレイは、相対的に短波長のレーザー光を前記励起光として射出するレーザー光源と、相対的に長波長のレーザー光を前記励起光として射出するレーザー光源と、を備え、前記レーザー光源アレイは、前記短波長のレーザー光を前記波長選択反射層に対して前記長波長のレーザー光よりも大きい入射角で入射させ

50

てもよい。

【0019】

波長選択反射層は短波長の光よりも長波長の光を透過する波長特性を有する。 <  $m$   $i$   $n$  となる入射角で波長選択反射層に入射する光に近づく成分は、波長選択反射層を透過する入射角の条件は満足しにくくなるものの、相対的に長波長の光となるため、蛍光体層に入射しやすくなる。よって、複数のレーザー光を蛍光の励起に有効利用することができる。

【0020】

前記光源装置において、前記励起光を前記蛍光体層に集光する集光レンズを備え、前記励起光源は、複数のレーザー光源が配置されたレーザー光源アレイであり、前記レーザー光源アレイは、複数のレーザー光を前記励起光として前記集光レンズの中央部に入射させ、前記集光レンズは、当該集光レンズの中央部に入射した複数のレーザー光を前記波長選択反射層へ入射させてもよい。

10

【0021】

この光源装置によれば、蛍光体層に対して複数のレーザー光が集光して照射されるため、高効率な光源を実現することができる。また、集光レンズの中央部に入射した複数のレーザー光を波長選択反射層に入射させるので、垂直に近い角度で入射した励起光を透過する波長選択反射層を用いる場合に好適である。

【0022】

前記光源装置において、前記レーザー光源アレイの外周部に配置されたレーザー光源は、前記複数のレーザー光源が配置された平面の法線に対して斜め方向に前記レーザー光を射出してもよい。

20

【0023】

この光源装置によれば、レーザー光源アレイに配置された複数のレーザー光源から射出されるレーザー光のほぼ全てを集光レンズの中央部に入射させることができる。よって、複数のレーザー光を蛍光の励起に有効利用しつつ高効率な光源を実現することが可能となる。

【0024】

前記光源装置において、前記レーザー光源アレイは、相対的に短波長のレーザー光を前記励起光として射出するレーザー光源と、相対的に長波長のレーザー光を前記励起光として射出するレーザー光源と、を備え、前記レーザー光源アレイは、前記短波長のレーザー光を前記波長選択反射層に対して前記長波長のレーザー光よりも小さい入射角で入射させてもよい。

30

【0025】

波長選択反射層は短波長の光よりも長波長の光を透過する波長特性を有する。 >  $m$   $a$   $x$  となる入射角で波長選択反射層に入射する光に近づく成分は、波長選択反射層を透過する入射角の条件は満足しにくくなるものの、相対的に長波長のレーザー光となるため、蛍光体層に入射しやすくなる。よって、複数のレーザー光を蛍光の励起に有効利用することができる。

【0026】

前記光源装置において、前記複数のレーザー光源は、前記波長選択反射層へP偏光を入射させてもよい。

40

【0027】

波長選択反射層は、一般に、S偏光に対してP偏光のほうが、カットオフ波長が長波長となる。このため、励起光としてP偏光を波長選択反射層に入射させることで、励起光が波長選択反射層において広い入射角で透過されやすくなる。一方、蛍光体層の内部の散乱により生じたS偏光は、P偏光よりもカットオフ波長が短波長となるため、P偏光に比べて波長選択反射層で反射されやすくなる。このため、蛍光体層の内部で散乱し、波長選択反射層を透過する励起光を少なくすることができる。よって、蛍光体の発光効率を向上させることができる。

50

## 【0028】

前記光源装置において、前記波長選択反射層は、前記蛍光体層の前記反射体とは反対側の面に配置されていてもよい。

## 【0029】

この光源装置によれば、波長選択反射層が蛍光体層と離間して配置された構成に比べて、波長選択反射層で反射して蛍光体層へ戻る励起光の拡がりを抑えることができる。よって、蛍光体層へ戻る方向に進行する励起光を蛍光体層に入射させ、蛍光体の発光効率を向上させることができる。

## 【0030】

前記光源装置において、前記励起光は青色光であり、前記蛍光は赤色光であってもよい。

10

## 【0031】

この光源装置によれば、蛍光が緑色光である場合に比べて、励起光のピーク波長と蛍光のピーク波長との差が大きくなる。このため、励起光とは異なる波長の蛍光を透過するとともに所定の入射角の範囲外の入射角で入射した励起光を反射する波長選択反射層の構成を実現することができる。

## 【0032】

本発明のプロジェクターは、上述した光源装置と、前記光源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、前記光変調装置からの変調光を投写画像として投写する投写光学系と、を備えることを特徴とする。

20

## 【0033】

このプロジェクターによれば、上述した光源装置を備えているので、効率よく明るい画像を得ることが可能な高品質のプロジェクターを提供することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0034】

【図1】本発明の第1実施形態に係る光源装置及びプロジェクターを示す模式図である。

【図2】同、光源装置が備える励起光源の正面図である。

【図3】同、光源装置の側面図である。

【図4】同、励起光源及び蛍光体層の発光特性を示すグラフである。

【図5】同、蛍光体層へ入射する励起光と蛍光体層で散乱する蛍光及び励起光を示す模式図である。

30

【図6】同、入射角を異ならせた場合の入射光の波長と透過率との関係の例を示した図である。

【図7】同、カットオフ波長について説明する図である。

【図8】同、光源装置が備える励起光源の第1変形例を示す正面図である。

【図9】同、光源装置の第1変形例を示す側面図である。

【図10】本発明の第2実施形態に係る光源装置が備える励起光源の正面図である。

【図11】同、光源装置の側面図である。

【図12】同、蛍光体層の発光特性を示すグラフである。

【図13】同、蛍光体層へ入射する励起光と蛍光体層で散乱する蛍光及び励起光を示す模式図である。

40

【図14】同、入射角を異ならせた場合の入射光の波長と透過率との関係の例を示した図である。

【図15】同、光源装置が備える励起光源の第1変形例を示す正面図である。

【図16】同、光源装置の第1変形例を示す側面図である。

【図17】本発明の第3実施形態に係る光源装置が備える励起光源の正面図である。

【図18】同、P偏光とS偏光について入射光の波長と透過率との関係の例を示した図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0035】

50

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、実際の構造と各構成における縮尺や数等が異なっている。

【 0 0 3 6 】

( 第 1 実施形態 )

図 1 は、本実施形態の光源装置 1 0 0 A 及びプロジェクター P J を示す模式図である。

図 1 に示すようにプロジェクター P J は、第 1 の光源装置 1 0 0 A、第 2 の光源装置 1 0 0 B、ダイクロイックミラー 2 0 0、液晶ライトバルブ ( 光変調素子 ) 3 0 0 R、液晶ライトバルブ 3 0 0 G、液晶ライトバルブ 3 0 0 B、色合成素子 4 0 0、投写光学系 5 0 0 を含んでいる。なお、第 1 の光源装置 1 0 0 A に含まれる構成が、本発明の光源装置に該当する。

10

【 0 0 3 7 】

プロジェクター P J は、概略すると以下のように動作する。第 1 の光源装置 1 0 0 A から射出された光は、ダイクロイックミラー 2 0 0 により赤色光 R および緑色光 G に分離される。また、第 2 の光源装置 1 0 0 B からは、青色光 B が射出される。これら赤色光 R、緑色光 G、青色光 B は、それぞれ対応する液晶ライトバルブ 3 0 0 R、液晶ライトバルブ 3 0 0 G、液晶ライトバルブ 3 0 0 B に入射して変調される。液晶ライトバルブ 3 0 0 R、液晶ライトバルブ 3 0 0 G、液晶ライトバルブ 3 0 0 B により変調された各色光は、色合成素子 4 0 0 に入射して合成される。色合成素子 4 0 0 により合成された光は、投写光学系 5 0 0 により壁やスクリーン等の被投射面 6 0 0 に拡大投写され、フルカラーの投写画像が表示される。以下、プロジェクター P J の各構成要素について説明する。

20

【 0 0 3 8 】

光源装置 1 0 0 A は、光源部 ( 励起光源 ) 1 0 A、コリメート光学系 2 0、ダイクロイックミラー 3 0、ピックアップ光学系 4 0、発光素子 5 0、集光光学系 6 0、偏光変換素子 7 0、ロッドインテグレーター 8 0、平行化レンズ 9 0 が、光路上にこの順に配置された構成になっている。光源装置 1 0 0 A では、光源部 1 0 A から射出される励起光を発光素子 5 0 に照射することにより、発光素子 5 0 が備える蛍光体層 5 2 から、液晶ライトバルブの照明光として用いる蛍光を射出させる構成となっている。なお、蛍光体層 5 2 の表面 ( 入射面 ) には波長選択反射層 5 3 が形成されている。

30

【 0 0 3 9 】

図 2 に示すように、光源部 1 0 A は、基台 1 1 上に複数 ( 合計 2 4 個 ) のレーザー光源 1 2 が配置されたレーザー光源アレイである。光源部 1 0 A は、複数のレーザー光を集光レンズ 2 3 の外周部に入射させる。光源部 1 0 A には、複数のレーザー光源 1 2 がリング状に ( 基台 1 1 の中央部を除いた外周部に ) 配置されている。

【 0 0 4 0 】

図 3 は、光源装置 1 0 0 A の側面図である。なお、図 3 においては、便宜上、集光光学系 6 0、偏光変換素子 7 0、ロッドインテグレーター 8 0、及び平行化レンズ 9 0 の図示を省略している。

【 0 0 4 1 】

図 3 に示すように、光源部 1 0 A から射出された励起光は、光源部 1 0 A に含まれるコリメーターレンズアレイ 2 1 で平行化され、集光レンズ 2 3 で集光された後に平行化レンズ 2 5 を透過することにより、励起光全体として光線束が細められる。集光レンズ 2 3 は、当該集光レンズ 2 3 の外周部に入射した複数のレーザー光の光路を曲げて波長選択反射層 5 3 へ励起光を入射させる。励起光は、波長選択反射層 5 3 に相対的に大きい入射角で集光される。

40

【 0 0 4 2 】

光源部 1 0 A は、発光素子 5 0 が備える蛍光物質を励起させる励起光として、青色 ( 発光強度のピーク : 約 4 5 0 n m、図 4 ( a ) 参照 ) のレーザー光を射出する。図 4 ( a ) において、符号 L B で示すのは、光源部 1 0 A が励起光として射出する色光成分である。

50

## 【 0 0 4 3 】

なお、光源部 1 0 A は、図 2 , 3 に示すようなレーザー光源アレイではなく、1 つだけレーザー光源を用いることとしても良い。また、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、4 5 0 n m 以外のピーク波長を有する色光を射出する光源であっても構わない。図 1 では、光源部 1 0 A から射出される励起光を、符号 L B で示している。

## 【 0 0 4 4 】

コリメート光学系 2 0 を透過した励起光は、ダイクロイックミラー 3 0 で反射される。ダイクロイックミラー 3 0 は、ガラス表面に誘電体多層膜を積層したものである。ダイクロイックミラー 3 0 は、励起光の波長帯域の色光を選択的に反射させ、それ以外の波長帯域の色光を透過させる波長選択性を有している。具体的には、ダイクロイックミラー 3 0 は青色光を反射させ、青色光よりも長波長の光（例えば、4 9 0 n m よりも長波長の光）を透過させる。そして、励起光はピックアップ光学系 4 0 に入射する

10

## 【 0 0 4 5 】

ピックアップ光学系 4 0 は、凸レンズである第 1 レンズ 4 1 と、第 1 レンズ 4 1 を介した励起光が入射する片凸レンズである第 2 レンズ 4 2 と、を備えている。ピックアップ光学系 4 0 は、ダイクロイックミラー 3 0 で反射される励起光 L B の光線軸上に配置され、励起光 L B を発光素子 5 0 に集光する。

## 【 0 0 4 6 】

ピックアップ光学系 4 0 の集光角度は、例えば最小 4 5 度である。また、発光素子 5 0 上において、光源部 1 0 A に含まれるレーザー光源 1 2 の個々のスポットは、集光位置が完全には重畳しないように設定されており、例えば、各レーザー光源 1 2 のスポットが全体で 1 m m 角の略正形状を描くように構成されている。以下の説明において、励起光の「スポット」または「ビームスポット」とは、光源部 1 0 A に含まれるレーザー光源 1 2 のスポット全体（上述の例では、略正形状のスポット全体）を示す。

20

## 【 0 0 4 7 】

また、ピックアップ光学系 4 0 は、発光素子 5 0 にて等方的に発せられる蛍光を集光し、平行化する機能をも有している。

## 【 0 0 4 8 】

発光素子 5 0 は、板状の反射体 5 1 と、反射体 5 1 の励起光入射側の面に形成された蛍光体層 5 2 と、蛍光体層 5 2 の反射体 5 1 とは反対側の面に配置された波長選択反射層 5 3 と、を有している。蛍光体層 5 2 は、蛍光を発する蛍光体粒子を有しており、励起光（青色光）を吸収し黄色（発光強度のピーク：約 5 5 0 n m、図 4 ( b ) 参照）の蛍光に変換する機能を有する。図 4 ( b ) において符号 R で示した成分は、蛍光体層 5 2 が射出する黄色光のうち赤色光として利用可能な色光成分であり、符号 G で示した成分は、同様に緑色光として利用可能な色光成分である。図 1 では、赤色光を符号 R、緑色光を符号 G で示し、赤色光 R と緑色光 G とを含む蛍光を符号 R G で示している。

30

## 【 0 0 4 9 】

発光素子 5 0 から射出される蛍光 R G は、ピックアップ光学系 4 0 で平行化された後、ダイクロイックミラー 3 0 を透過して、集光光学系 6 0 に入射する。集光光学系 6 0 は、蛍光を集光し偏光変換素子 7 0 に入射させる。

40

## 【 0 0 5 0 】

偏光変換素子 7 0 は、入射する蛍光を P 偏光と S 偏光とに分離し、P 偏光および S 偏光のうちいずれか一方の偏光方向を他方の偏光の偏光方向と揃えて出射する機能を有している。

## 【 0 0 5 1 】

偏光変換素子 7 0 で偏光方向が揃えられた蛍光 R G は、ロッドインテグレーター 8 0 の一端側に入射する。ロッドインテグレーター 8 0 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、偏光変換素子 7 0 から射出された光を混合し、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 8 0

50



の光路方向に直交する断面形状は、液晶ライトバルブ300R、液晶ライトバルブ300G、液晶ライトバルブ300Bの画像形成領域の外形形状と略相似形となっている。

【0052】

ロッドインテグレーター80の他端側から射出された蛍光RGは、平行化レンズ90により平行化され、光源装置100Aから射出される。

【0053】

一方、第2の光源装置100Bは、青色光Bを射出するLED(Light Emitting Diode)光源である光源部10B、青色光Bが入射する第1レンズ27と当該第1レンズ27を透過したレーザー光を平行化する第2レンズ29とを有し光源部10Bから射出された青色光Bを平行化するコリメート光学系20B、光源装置100Aと同様の集光光学系60、ロッドインテグレーター80、平行化レンズ90が、光路上にこの順に配置された構成になっている。すなわち、光源装置100Bは、液晶ライトバルブ300Bの照明光として用いる青色光を射出する構成となっている。

10

【0054】

光源装置100Aから射出された蛍光RGは、ダイクロイックミラー200に入射する。ダイクロイックミラー200は、上述のダイクロイックミラー30と同様に、ガラス表面に誘電体多層膜を積層したものである。ダイクロイックミラー200は、緑色光Gを反射させ、赤色光Rを透過させる波長選択性を有している。

【0055】

蛍光RGに含まれる赤色光Rは、ダイクロイックミラー200を透過し、ミラー210にて反射して、液晶ライトバルブ300Rに入射する。また、蛍光RGに含まれる緑色光Gは、ダイクロイックミラー200で反射し、ミラー220にて反射して、液晶ライトバルブ300Gに入射する。

20

【0056】

光源装置100Bから射出された青色光Bは、ミラー230にて反射し、液晶ライトバルブ300Bに入射する。

【0057】

液晶ライトバルブ300R、液晶ライトバルブ300G、液晶ライトバルブ300B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310と液晶素子310を挟持する偏光素子320、330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320、330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。

30

【0058】

液晶ライトバルブ300R、液晶ライトバルブ300G、液晶ライトバルブ300Bは、画像情報を含んだ画像信号を供給するPC等の信号源(図示略)と電気的に接続されている。液晶ライトバルブ300R、液晶ライトバルブ300G、液晶ライトバルブ300Bは、供給された画像信号に基づいて、入射光を画素ごとに空間変調して画像を形成する。液晶ライトバルブ300R、液晶ライトバルブ300G、液晶ライトバルブ300Bは、それぞれ赤色画像、緑色画像、青色画像を形成する。液晶ライトバルブ300R、液晶ライトバルブ300G、液晶ライトバルブ300Bにより変調された光(形成された画像)は、色合成素子400に入射する。

40

【0059】

色合成素子400は、ダイクロイックプリズム等により構成される。ダイクロイックプリズムは、4つの三角柱プリズムが互いに貼り合わされた構造になっている。三角柱プリズムにおいて貼り合わされる面は、ダイクロイックプリズムの内面になる。ダイクロイックプリズムの内面に、赤色光Rが反射し緑色光Gが透過するミラー面と、青色光Bが反射し緑色光Gが透過するミラー面とが互いに直交して形成されている。ダイクロイックプリズムに入射した緑色光Gは、ミラー面を通過してそのまま射出される。ダイクロイックプリズムに入射した赤色光R、青色光Bは、ミラー面で選択的に反射あるいは透過して、緑色光Gの射出方向と同じ方向に射出される。このようにして3つの色光(画像)が重ね合わ

50

されて合成され、合成された色光が投写光学系 5 0 0 によって被投射面 6 0 0 に拡大投写される。

本実施形態のプロジェクター P J では、以上のようにして画像表示を行う。

【 0 0 6 0 】

図 5 は、蛍光体層 5 2 へ入射する励起光と蛍光体層 5 2 で散乱する蛍光及び励起光を示す模式図である。なお、図 5 において、符号 L 1 は励起光であり、符号 L 2 は蛍光である。

【 0 0 6 1 】

図 5 に示すように、発光素子 5 0 は、板状の反射体 5 1 と、反射体 5 1 の励起光入射側の面に形成された蛍光体層 5 2 と、蛍光体層 5 2 の反射体 5 1 とは反対側の面に配置された波長選択反射層 5 3 と、を有している。

10

【 0 0 6 2 】

反射体 5 1 は、光（励起光である青色光及び蛍光である黄色光）を反射する表面を有しており、形成材料としては例えば、アルミニウム基板などの光反射性を有する金属材料の板材や、石英ガラス、水晶、サファイア（単結晶コランダム）、透明樹脂などの光透過性を有する形成材料の板材の表面に反射膜を形成したものをを用いることができる。本実施形態の反射体 5 1 は、アルミニウム基板を用いて形成されているものとする。

【 0 0 6 3 】

蛍光体層 5 2 は、ガラス粉末と蛍光体粉末との焼結体である。蛍光体層 5 2 は、反射体 5 1 の上面に貼り付けられている。蛍光体層 5 2 を構成する蛍光体としては、例えば Y A G（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。

20

【 0 0 6 4 】

蛍光体は、570 nm 付近を中心として、概ね 490 nm ~ 750 nm の波長領域の蛍光を放射する（図 4（b）中実線参照）。この蛍光には、530 nm 付近を中心とする波長領域の G 光（図 4（b）中一点鎖線参照）、630 nm 付近を中心とする波長領域の R 光（図 4（b）中波線参照）が含まれている。光源装置 1 0 0 A は、G 光及び R 光を含む蛍光 L 2 を射出する。

【 0 0 6 5 】

波長選択反射層 5 3 は、例えば、誘電体多層膜である。波長選択反射層 5 3 は、例えば、 $TiO_2$  を高屈折率材、 $SiO_2$  を低屈折率材、BK7 などの光学ガラスを基板とする、40 層から 50 層の層構造をなしている。

30

【 0 0 6 6 】

波長選択反射層 5 3 は、蛍光体層 5 2 から放射された蛍光 L 2 を透過させる。また、波長選択反射層 5 3 は、光源部 1 0 A から射出された励起光 L 1 のうち所定の入射角で波長選択反射層 5 3 に入射した光を透過させる。

【 0 0 6 7 】

波長選択反射層 5 3 の蛍光体層 5 2 とは反対側の光入射面 5 3 a の法線と、光入射面 5 3 a に入射する励起光の光束の主光線とがなす角度を入射角  $\theta_1$ 、入射角  $\theta_1$  のうち最小の入射角を  $\theta_{min}$  とする。ここで、「励起光の光束の主光線」とは、所定の励起光の光束の中心を通る光線である。「最小の入射角」とは、光入射面 5 3 a に入射する複数の励起光のうち最も光入射面 5 3 a の法線寄りに入射する励起光の入射角（光入射面 5 3 a に入射する励起光の光束を構成する複数の光線のうち最も光入射面 5 3 a の法線寄りに入射する光線の入射角）である。

40

【 0 0 6 8 】

波長選択反射層 5 3 は、入射角  $\theta_1$  が  $\theta_{min} + \theta_1$  となる入射角で波長選択反射層 5 3 に入射した励起光を透過させる。また、波長選択反射層 5 3 は、蛍光体層 5 2 の内部に入射し蛍光体層 5 2 で散乱され光入射面 5 3 a とは反対側の面に入射した励起光のうち入射角  $\theta_2$  が  $\theta_2 < \theta_{min}$  となる入射角で蛍光体層 5 2 から波長選択反射層 5 3 に入射した励起光を反射させる。

【 0 0 6 9 】

50

なお、波長選択反射層53は、入射角 $\theta_1$ が $\theta_1 < \theta_{min}$ となる入射角で波長選択反射層53に入射した励起光を反射させる機能を有する。本実施形態では、波長選択反射層53へ入射角 $\theta_1$ が $\theta_{min} > \theta_1$ となる入射角で励起光を入射させる構成を採用している。このため、波長選択反射層53の光入射面53aに入射する励起光は、光入射面53aで反射されることはほとんどなく、波長選択反射層53を透過して蛍光体層52の内部に入射する。

【0070】

ピックアップ光学系40を経て波長選択反射層53に入射する励起光の最小の入射角 $\theta_{min}$ は、例えば45度である。波長選択反射層53は、例えば、450nm付近の波長の光について、最小の入射角 $\theta_{min}$ よりも大きい入射角で進行する成分を透過させ、最小の入射角 $\theta_{min}$ よりも小さい入射角で進行する成分を反射させるように設計されている。

10

【0071】

図6は、入射角を異ならせた場合の入射光の波長と透過率との関係の例を示した図である。図7は、カットオフ波長について説明する図である。

【0072】

カットオフ波長は、波長選択反射層53の波長特性及び入射角が決められている場合において、波長選択反射層53に入射する光の透過率が当該光の波長の変化に対して減少し始める波長である。本実施形態では、450nm付近の、波長選択反射層53に入射する光の透過率が当該光の波長の減少に対して減少し始める波長である。図7に示すように、カットオフ波長 $\lambda_c$ は、ある入射角で波長選択反射層53に入射する光についての波長と透過率との関係を表した場合に、波長の減少に対して透過率が所定の傾きで減少する部分S1を当該傾きに沿って延伸させて、透過率が仮想的に100%となるとき波長である。このような入射角で入射する光については、カットオフ波長 $\lambda_c$ よりも長い波長である場合に100%近く、例えば95%程度の透過率を確保する。一方、波長がカットオフ波長 $\lambda_c$ よりも短くなるに従い、透過率が低下するとともに反射率が增大することとなる。

20

【0073】

波長選択反射層53は、入射角が大きくなるに従い、カットオフ波長 $\lambda_c$ が短波長となる波長特性を備える。波長選択反射層53は、最小の入射角 $\theta_{min}$ で入射する光についてのカットオフ波長 $\lambda_c$ が、励起光が持つ波長である450nm付近に設定されている。この条件の場合、最小の入射角 $\theta_{min}$ よりも大きい入射角で波長選択反射層53に入射する光についてのカットオフ波長 $\lambda_c$ は、励起光の波長よりも短波長となる。波長選択反射層53のカットオフ波長 $\lambda_c$ は、例えば、入射角が0度(垂直入射)のとき490nm、入射角が30度のとき460nm、入射角が45度のとき450nm、と設定されている。

30

【0074】

波長選択反射層53は、450nmの励起光については、カットオフ角度 $\theta_c$ が、最小の入射角 $\theta_{min}$ よりも若干小さくなるように設定されている。ここで、「カットオフ角度 $\theta_c$ 」とは、波長選択反射層53の波長特性及び入射光の波長が決められている場合において、入射角の減少に対して透過率が減少し始める入射角である。つまり、カットオフ角度 $\theta_c$ は、波長選択反射層53に入射する励起光の透過及び反射の境界となる入射角である。例えば、最小の入射角 $\theta_{min}$ が45度である場合、カットオフ角度は40度付近に設定される。波長選択反射層53は、カットオフ角度 $\theta_c$ よりも大きい入射角で入射する励起光のうち、最小の入射角 $\theta_{min}$ よりも大きい入射角 $\theta_1$ で入射する成分を透過する。なお、波長選択反射層53は、蛍光が持つ490nm以上の波長に対しては、広い入射角で透過するよう設計されている。

40

【0075】

ピックアップ光学系40を経て波長選択反射層53に入射する波長450nm付近の励起光L1は、最小の入射角 $\theta_{min}$ である45度よりも大きい入射角で波長選択反射層5

50

3に入射することにより、ほぼ全てが波長選択反射層53を透過する。波長選択反射層53を透過し、蛍光体層52に入射した励起光L1の一部は蛍光L2に変換される。蛍光体層52で発生した蛍光L2は、発光位置を中心として散乱する。

【0076】

蛍光L2のうち、蛍光体層52で散乱し、波長選択反射層53に向かって進行した成分は、波長選択反射層53を透過し、外部へ射出される。また、反射体51に向かって進行した成分は、反射体51の表面で反射する。反射体51の表面で反射した蛍光L2は、波長選択反射層53に向かって進行し、外部へ射出される。

【0077】

蛍光体層52に入射した励起光L1のうち蛍光L2に変換されなかった成分は、蛍光体層52で散乱する。励起光L1のうち、蛍光体層52で散乱し、波長選択反射層53に向かって進行し、入射角 $\theta_2$ が $\theta_2 < \theta_{min}$ となる入射角で波長選択反射層53に入射した成分は、波長選択反射層53で反射する。波長選択反射層53で反射した励起光L1は、蛍光体層52の内部を反射体51に向かって進行する。蛍光体層52の内部を進行する励起光L1の一部は、蛍光L2に変換される。蛍光L2に変換された成分及び励起光L1として残存した成分は、それぞれ蛍光体層52で散乱する。

【0078】

散乱した蛍光L2のうち、波長選択反射層53に向かって進行した成分は、外部へ射出される。また、反射体51に向かって進行した成分は、反射体51の表面で反射されて波長選択反射層53に向かって進行し、外部へ射出される。一方、散乱された励起光L1のうち、波長選択反射層53に向かって進行し、入射角 $\theta_2$ が $\theta_2 < \theta_{min}$ となる入射角で波長選択反射層53に入射した成分は、波長選択反射層53で反射し、蛍光体層52の内部を反射体51に向かって進行する。

【0079】

なお、励起光L1のうち、蛍光体層52で散乱し、波長選択反射層53に向かって進行し、入射角 $\theta_2$ が $\theta_{min} < \theta_2$ となる入射角で波長選択反射層53に入射した成分は、波長選択反射層53を透過する。波長選択反射層53を透過した励起光L1のほぼ全ては、ピックアップ光学系40に取り込まれることなく外部に射出される。

【0080】

本実施形態の光源装置100Aによれば、蛍光体層52で蛍光に変換されずに散乱した励起光L1（反射体51で反射した励起光L1）が波長選択反射層53に入射する。蛍光体層52から波長選択反射層53へ所定の入射角の範囲外の入射角（ $\theta_2 < \theta_{min}$ となる入射角）で入射した励起光L1は、波長選択反射層53で反射し、蛍光体層52の内部で蛍光L2の励起に利用される。すなわち、蛍光体層52から波長選択反射層53へ戻る方向へ進行した励起光L1の少なくとも一部を、蛍光L2の励起に有効利用することができる。よって、蛍光体の発光効率の向上を図ることが可能となる。

【0081】

また、この構成によれば、蛍光体層52に対して複数のレーザー光が集光して照射されるため、高効率な光源を実現することができる。また、集光レンズ23の外周部に入射した複数のレーザー光の光路が曲げられるので、広角で入射した励起光を透過する波長選択反射層53を用いる場合に好適である

【0082】

また、この構成によれば、レーザー光源アレイに複数のレーザー光源12がリング状に配置されているので、複数のレーザー光が集光レンズ23の外周部のみに入射する。このため、励起光L1が波長選択反射層53を透過する入射角の条件をより満足させることができる。

【0083】

また、この構成によれば、波長選択反射層53が蛍光体層52と離間して配置された構成に比べて、波長選択反射層53で反射して蛍光体層52へ戻る励起光L1の拡がりを抑えることができる。よって、蛍光体層52へ戻る方向に進行する励起光L1を蛍光体層5

10

20

30

40

50

2に入射させ、蛍光体の発光効率を向上させることができる。

【0084】

本実施形態のプロジェクターPJによれば、上述した光源装置100Aを備えているので、効率よく明るい画像を得ることが可能な高品質のプロジェクターPJを提供することができる。

【0085】

なお、本実施形態では、波長選択反射層53が蛍光体層52の表面（蛍光体層52の反射体51とは反対側の面）に形成されているが、これに限らない。例えば、波長選択反射層53は、光源部10Aと蛍光体層52との間の光路上（具体的には、ピックアップ光学系40と蛍光体層52との間の光路上）に配置されていてもよい。

10

【0086】

（第1実施形態の第1変形例）

図8は、第1実施形態に係る光源装置が備える励起光源の第1変形例を示す正面図である。

図9は、第1実施形態に係る光源装置の第1変形例を示す側面図である。

【0087】

本変形例に係る光源装置100A1は、上述の光源部10Aに替えて光源部10A1を備えている点で上述の第1実施形態に係る光源装置100Aと異なっている。その他の点は上述の構成と同様であるので、図1～図3と同様の要素には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

20

【0088】

図8に示すように、光源部10A1は、基台11上にレーザー光源12が6個×6個の正方形に2次元配列（合計36個）で並べられているレーザー光源アレイである。

【0089】

図9に示すように、光源部10A1の複数のレーザー光源12のうち、基台11の中央部に配置されたレーザー光源12は、複数のレーザー光源12が配置された平面の法線に対して斜め方向に励起光を射出する。例えば、基台11上に配置された36個のレーザー光源12のうち、基台11の中央部に配置された12個のレーザー光源12は、当該レーザー光源12から射出されるレーザー光の光束の主光線が集光レンズ23の外周部を通るよう基台11の上面に対して傾斜している。一方、基台11の外周部に配置された24個のレーザー光源12は、上述した第1実施形態の配置状態と同様である。光源部10A1から出射された励起光は、光源部10A1に含まれるコリメーターレンズアレイ21で平行化され、集光レンズ23で集光された後に平行化レンズ25を透過することにより、励起光全体として光線束が細められる。

30

【0090】

本変形例の光源装置100A1によれば、レーザー光源アレイに配置された複数のレーザー光源12から射出されるレーザー光のほぼ全てを集光レンズ23の外周部のみに入射させることができる。よって、複数のレーザー光を蛍光の励起に有効利用しつつ高効率な光源を実現することが可能となる。

【0091】

（第1実施形態の第2変形例）

本変形例に係る光源装置は、上述の光源部10Aにおいて、相対的に短波長のレーザー光を励起光として射出するレーザー光源12と、相対的に長波長のレーザー光を励起光として射出するレーザー光源12とを備える。本変形例の光源部は、短波長のレーザー光を波長選択反射層53に対して長波長の光よりも大きい入射角で入射させる。例えば、相対的に基台11の外側に配置されたレーザー光源12（例えば4隅に配置されたレーザー光源12）は、基準波長の光（例えば450nmの光）よりも短波長のレーザー光（例えば445nmの光）を励起光として射出する。一方、相対的に基台11の内側に配置されたレーザー光源12は、基準波長の光よりも長波長の光（例えば455nmの光）を励起光として射出する。

40

50

## 【0092】

波長選択反射層53は、透過と反射の特性が切り換わる周辺では、同じ入射角で入射する光に対して、短波長の光よりも長波長の光を透過しやすい波長特性を有する。また、同じ波長の光に対して、入射角が小さい光よりも入射角が大きい光を透過しやすい特性を有する。すなわち、ある入射角では透過しない波長の光であっても、入射角を大きくすれば透過する場合がある。よって、短波長の光を射出するレーザー光源12を基台11の外側に配置し、長波長の光を射出するレーザー光源12を基台11の内側に配置すれば、両方のレーザー光を共に波長選択反射層53を透過させることができ、蛍光体層52に入射させることができる。よって、複数のレーザー光を蛍光の励起に有効利用することができる。

10

## 【0093】

(第2実施形態)

図10は、第2実施形態に係る光源装置100A2が備える励起光源10A2を示す正面図である。

図11は、第2実施形態に係る光源装置100A2を示す側面図である。

## 【0094】

本実施形態に係る光源装置100A2は、上述の光源部10Aに替えて光源部10A2を備えている点、上述の発光素子50に替えて赤色光を発する発光素子50Aを備えている点で上述の第1実施形態に係る光源装置100Aと異なっている。その他の点は上述の構成と同様であるので、図1～図7と同様の要素には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。なお、図示はしないが、緑色光の蛍光を放射する蛍光体層を有する発光素子は、赤色光の蛍光を放射する発光素子50Aとは別に配置されている。緑色光の蛍光を放射する発光素子は、液晶ライトバルブ300Gを照射している。

20

## 【0095】

図10に示すように、光源部10A2は、基台11上に複数(合計12個)のレーザー光源12が配置されたレーザー光源アレイである。光源部10A2には、複数のレーザー光源12が基台11の4隅を除いた中央部に配置されている。

## 【0096】

図11は、光源装置100A2の側面図である。なお、図11においては、便宜上、集光光学系60、偏光変換素子70、ロッドインテグレーター80、及び平行化レンズ90の図示を省略している。

30

## 【0097】

図11に示すように、光源部10A2から射出された励起光は、光源部10A2に含まれるコリメーターレンズアレイ21で平行化され、集光レンズ23で集光された後に平行化レンズ25を透過することにより、励起光全体として光線束が細められる。集光レンズ23は、当該集光レンズ23の中央部に入射した複数のレーザー光を波長選択反射層53へ入射させる。励起光は、波長選択反射層53に相対的に小さい入射角で集光される。

## 【0098】

図13は、蛍光体層52Aへ入射する励起光と蛍光体層52Aで散乱する蛍光及び励起光を示す模式図である。

40

## 【0099】

図13に示すように、発光素子50Aは、板状の反射体51と、反射体51の励起光入射側の面に形成された蛍光体層52Aと、蛍光体層52Aの反射体51とは反対側の面に配置された波長選択反射層53Aと、を有している。

## 【0100】

蛍光体層52Aは、ガラス粉末と蛍光体粉末との焼結体である。蛍光体層52Aは、反射体51の上面に貼り付けられている。蛍光体層52Aを構成する蛍光体としては、例えば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。

## 【0101】

蛍光体は、620nm付近を中心として、概ね550nm～750nmの波長領域の蛍

50

光を放射する（図12参照）。この蛍光には、630nm付近を中心とする波長領域のR光が含まれている。光源装置100A2は、R光を含む蛍光L2を射出する。

【0102】

波長選択反射層53Aは、例えば、誘電体多層膜である。波長選択反射層53Aは、例えば、 $TiO_2$ を高屈折率材、 $SiO_2$ を低屈折率材、BK7などの光学ガラスを基板とする、40層から50層の層構造をなしている。

【0103】

波長選択反射層53Aは、蛍光体層52から放射された蛍光L2を透過させる。また、波長選択反射層53Aは、光源部10Aから射出された励起光L1のうち所定の入射角で波長選択反射層53Aに入射した光を透過させる。

10

【0104】

波長選択反射層53Aの蛍光体層52とは反対側の光入射面53Aaの法線と、光入射面53Aaに入射する励起光の光束の主光線とがなす角度を入射角 $\theta_1$ 、入射角 $\theta_1$ のうち最大の入射角を $\theta_{1max}$ とする。ここで、「最大の入射角」とは、光入射面53Aaに入射する複数の励起光のうち最も光入射面53Aaの法線と離間して入射する励起光の入射角（光入射面53Aaに入射する励起光の光束を構成する複数の光線のうち最も光入射面53Aaの法線と離間して入射する光線の入射角）である。

【0105】

波長選択反射層53Aは、入射角 $\theta_1$ が $\theta_{1max}$ となる入射角で波長選択反射層53Aに入射した励起光を透過させる。また、波長選択反射層53Aは、蛍光体層52Aの内部に入射し蛍光体層52Aで散乱され光入射面53Aaとは反対側の面に入射した励起光のうち入射角 $\theta_2$ が $\theta_2 > \theta_{2max}$ となる入射角で蛍光体層52Aから波長選択反射層53Aに入射した励起光を反射させる。

20

【0106】

なお、波長選択反射層53Aは、入射角 $\theta_1$ が $\theta_1 > \theta_{1max}$ となる入射角で波長選択反射層53Aに入射した励起光を反射させる機能を有する。本実施形態では、波長選択反射層53Aへ入射角 $\theta_1$ が $\theta_{1max}$ となる入射角で励起光を入射させる構成を採用している。このため、波長選択反射層53Aの光入射面53Aaに入射する励起光は、光入射面53Aaで反射されることはほとんどなく、波長選択反射層53Aを透過して蛍光体層52Aの内部に入射する。

30

【0107】

ピックアップ光学系40を経て波長選択反射層53Aに入射する励起光の最大の入射角 $\theta_{1max}$ は、例えば10度である。波長選択反射層53Aは、例えば、450nm付近の波長の光について、最大の入射角 $\theta_{1max}$ よりも小さい入射角で進行する成分を透過させ、最大の入射角 $\theta_{1max}$ よりも大きい入射角で進行する成分を反射させるように設計されている。

【0108】

図14は、入射角を異ならせた場合の入射光の波長と透過率との関係の例を示した図である。

【0109】

波長選択反射層53Aは、入射角が小さくなるに従い、カットオフ波長 $\lambda_c$ が長波長となる波長特性を備える。本実施形態でのカットオフ波長は、450nm付近の、波長選択反射層53Aに入射する光の透過率が当該光の波長の増加に対して減少しはじめる波長である。波長選択反射層53Aは、最大の入射角 $\theta_{1max}$ で入射する光についてのカットオフ波長 $\lambda_c$ が、励起光が持つ波長である450nm付近に設定されている。この条件の場合、最大の入射角 $\theta_{1max}$ よりも小さい入射角で波長選択反射層53Aに入射する光についてのカットオフ波長 $\lambda_c$ は、励起光の波長よりも長波長となる。波長選択反射層53Aのカットオフ波長 $\lambda_c$ は、例えば、入射角が0度（垂直入射）のとき470nm、入射角が13度のとき450nm、入射角が45度のとき425nm、と設定されている。

40

【0110】

50

波長選択反射層 5 3 A は、4 5 0 n m の励起光については、カットオフ角度  $c$  が、最大の入射角  $m a x$  よりも若干大きくなるように設定されている。ここで、「カットオフ角度  $c$ 」とは、波長選択反射層 5 3 A の波長特性及び入射光の波長が決められている場合において、入射角の増大に対して透過率が減少し始める入射角である。つまり、カットオフ角度  $c$  は、波長選択反射層 5 3 A に入射する励起光の透過及び反射の境界となる入射角である。例えば、最大の入射角  $m a x$  が 1 0 度である場合、カットオフ角度  $c$  は 1 3 度付近に設定される。波長選択反射層 5 3 A は、カットオフ角度  $c$  よりも小さい入射角で入射する励起光のうち、最大の入射角  $m a x$  よりも小さい入射角  $1$  で入射する成分を透過する。なお、波長選択反射層 5 3 A は、蛍光が持つ 5 5 0 n m 以上の波長に対しては、広い入射角で反射するよう設計されている。

10

## 【 0 1 1 1 】

ピックアップ光学系 4 0 を経て波長選択反射層 5 3 A に入射する波長 4 5 0 n m 付近の励起光 L 1 は、最大の入射角  $m a x$  である 1 0 度よりも小さい入射角で波長選択反射層 5 3 A に入射することにより、ほぼ全てが波長選択反射層 5 3 A を透過する。波長選択反射層 5 3 A を透過し、蛍光体層 5 2 A に入射した励起光 L 1 の一部は蛍光 L 2 に変換される。蛍光体層 5 2 A で発生した蛍光 L 2 は、発光位置を中心として散乱する。

## 【 0 1 1 2 】

蛍光 L 2 のうち、蛍光体層 5 2 A で散乱し、波長選択反射層 5 3 A に向かって進行した成分は、波長選択反射層 5 3 A を透過し、外部へ射出される。また、反射体 5 1 に向かって進行した成分は、反射体 5 1 の表面で反射する。反射体 5 1 の表面で反射した蛍光 L 2

20

## 【 0 1 1 3 】

蛍光体層 5 2 A に入射した励起光 L 1 のうち蛍光 L 2 に変換されなかった成分は、蛍光体層 5 2 A で散乱する。励起光 L 1 のうち、蛍光体層 5 2 A で散乱し、波長選択反射層 5 3 A に向かって進行し、入射角  $2$  が  $2 > m a x$  となる入射角で波長選択反射層 5 3 A に入射した成分は、波長選択反射層 5 3 A で反射する。波長選択反射層 5 3 A で反射した励起光 L 1 は、蛍光体層 5 2 A の内部を反射体 5 1 に向かって進行する。蛍光体層 5 2 A の内部を進行する励起光 L 1 の一部は、蛍光 L 2 に変換される。蛍光 L 2 に変換された成分及び励起光 L 1 として残存した成分は、それぞれ蛍光体層 5 2 A で散乱する。

## 【 0 1 1 4 】

散乱した蛍光 L 2 のうち、波長選択反射層 5 3 A に向かって進行した成分は、外部へ射出される。また、反射体 5 1 に向かって進行した成分は、反射体 5 1 の表面で反射されて波長選択反射層 5 3 A に向かって進行し、外部へ射出される。一方、散乱された励起光 L 1 のうち、波長選択反射層 5 3 A に向かって進行し、入射角  $2$  が  $2 > m a x$  となる入射角で波長選択反射層 5 3 A に入射した成分は、波長選択反射層 5 3 A で反射し、蛍光体層 5 2 A の内部を反射体 5 1 に向かって進行する。

30

## 【 0 1 1 5 】

本実施形態の光源装置 1 0 0 A 2 によれば、蛍光体層 5 2 A で蛍光に変換されずに散乱した励起光 L 1 (反射体 5 1 で反射した励起光 L 1) が波長選択反射層 5 3 A に入射する。蛍光体層 5 2 A から波長選択反射層 5 3 A へ所定の入射角の範囲外の入射角 ( $2 > m a x$  となる入射角) で入射した励起光 L 1 は、波長選択反射層 5 3 A で反射し、蛍光体層 5 2 A の内部で蛍光 L 2 の励起に利用される。すなわち、蛍光体層 5 2 A から波長選択反射層 5 3 A へ戻る方向へ進行した励起光 L 1 の少なくとも一部を、蛍光 L 2 の励起に有効利用することができる。よって、蛍光体の発光効率の向上を図ることが可能となる。

40

## 【 0 1 1 6 】

また、この構成によれば、蛍光体層 5 2 A に対して複数のレーザー光が集光して照射されるため、高効率な光源を実現することができる。また、集光レンズ 2 3 の中央部に入射した複数のレーザー光を波長選択反射層 5 3 A に入射させるので、垂直に近い角度で入射した励起光を透過する波長選択反射層 5 3 A を用いる場合に好適である。

## 【 0 1 1 7 】

50



また、この構成によれば、励起光が青色光であり蛍光が赤色光であるので、蛍光が緑色光である場合に比べて、励起光のピーク波長と蛍光のピーク波長との差が大きくなる。このため、励起光とは異なる波長の蛍光を透過するとともに所定の入射角の範囲外の入射角 ( $2 > \theta_{max}$  となる入射角) で入射した励起光を反射する波長選択反射層 53A の構成を実現することができる。

【0118】

また、この構成によれば、レーザー光源 12 をレーザー光源アレイの中央部に集めることができるので、光源部 10A2 の小型化を図ることができる。

【0119】

(第2実施形態の第1変形例)

図15は、第2実施形態に係る光源装置が備える励起光源の第1変形例を示す正面図である。

図16は、第2実施形態に係る光源装置の第1変形例を示す側面図である。

【0120】

本変形例に係る光源装置 100A3 は、上述の光源部 10A2 に替えて光源部 10A3 を備えている点で上述の第2実施形態に係る光源装置 100A2 と異なっている。その他の点は上述の構成と同様であるので、図10、図11と同様の要素には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

【0121】

図15に示すように、光源部 10A3 は、基台 11 上にレーザー光源 12 が6個×6個の正方形に2次元配列(合計36個)で並べられているレーザー光源アレイである。

【0122】

図16に示すように、光源部 10A3 の複数のレーザー光源 12 のうち、基台 11 の外周部に配置されたレーザー光源 12 は、複数のレーザー光源 12 が配置された平面の法線に対して斜め方向に励起光を射出する。例えば、基台 11 上に配置された36個のレーザー光源 12 のうち、基台 11 の外周部に配置された24個のレーザー光源 12 は、当該レーザー光源 12 から射出されるレーザー光の光束の主光線が集光レンズ 23 の中央部を通るよう基台 11 の上面に対して傾斜している。一方、基台 11 の中央部に配置された12個のレーザー光源 12 は、上述した第2実施形態の配置状態と同様である。光源部 10A3 から出射された励起光は、光源部 10A3 に含まれるコリメーターレンズアレイ 21 で平行化され、集光レンズ 23 で集光された後に平行化レンズ 25 を透過することにより、励起光全体として光線束が細められる。

【0123】

本変形例の光源装置 100A3 によれば、レーザー光源アレイに配置された複数のレーザー光源 12 から射出されるレーザー光のほぼ全てを集光レンズ 23 の中央部に入射させることができる。よって、複数のレーザー光を蛍光の励起に有効利用しつつ高効率な光源を実現することが可能となる。

【0124】

(第2実施形態の第2変形例)

本変形例に係る光源装置は、上述の光源部 10A2 において、相対的に短波長のレーザー光を励起光として射出するレーザー光源 12 と、相対的に長波長のレーザー光を励起光として射出するレーザー光源 12 とを備える。本変形例の光源部は、相対的に基台 11 の外側に配置されたレーザー光源 12 は、基準波長の光(例えば450nmの光)よりも短波長の光(例えば445nmの光)を励起光として射出する。一方、相対的に基台 11 の内側に配置されたレーザー光源 12 (例えば中央部に4つ配置されたレーザー光源 12) は、基準波長の光よりも長波長のレーザー光(例えば455nmの光)を励起光として射出する。

【0125】

波長選択反射層 53A は、透過と反射の特性が切り換わる周辺では、同じ入射角で入射する光に対して、長波長の光よりも短波長の光を透過しやすい波長特性を有する。また、

10

20

30

40

50

同じ波長の光に対して、入射角が大きい光よりも入射角が小さい光を透過しやすい波長特性を有する。すなわち、ある入射角では透過しない波長の光であっても、入射角を小さくすれば透過する場合がある。よって、短波長の光を射出するレーザー光源 1 2 を基台 1 1 の外側に配置し、長波長の光を射出するレーザー光源 1 2 を基台 1 1 の内側に配置すれば、両方のレーザー光を共に波長選択反射層 5 3 A を透過させることができ、蛍光体層 5 2 A に入射させることができる。よって、複数のレーザー光を蛍光の励起に有効利用することができる。

【 0 1 2 6 】

( 第 3 実施形態 )

図 1 7 は、第 3 実施形態に係る光源装置が備える励起光源を示す正面図である。

10

【 0 1 2 7 】

本実施形態に係る光源装置は、上述の光源部 1 0 A に替えて光源部 1 0 A 4 を備えている点で上述の第 1 実施形態に係る光源装置 1 0 0 A と異なっている。その他の点は上述の構成と同様であるので、図 2 と同様の要素には同一の符号を付し、詳細な説明は省略する。

【 0 1 2 8 】

図 1 7 に示すように、光源部 1 0 A 4 は、基台 1 1 上に複数 ( 合計 2 4 個 ) のレーザー光源 1 2 A 4 が配置されたレーザー光源アレイである。各レーザー光源 1 2 A 4 は、基台 1 1 の上面に対して偏光面が放射状に揃えられている。各レーザー光源 1 2 A 4 は、波長選択反射層の入射面へ P 偏光で入射する光を射出する。なお、図 1 7 中の両矢印は、光源部 1 0 A 4 から射出される光の偏光方向を表すものとする。

20

【 0 1 2 9 】

図 1 8 は、P 偏光及び S 偏光について透過率と入射光の波長との関係の例を表した図である。ここでは、波長選択反射層の入射面へ所定の入射角 ( 例えば 4 5 度 ) で入射する P 偏光  $L_p$  及び S 偏光  $L_s$  を示している。

【 0 1 3 0 】

波長選択反射層は、P 偏光に比べて S 偏光のほうが反射しやすい特性を有する。波長選択反射層のカットオフ波長  $c$  は、S 偏光に比べて P 偏光のほうが長波長となる。本変形例の波長選択反射層は、P 偏光に特化する波長特性で設計されている。

【 0 1 3 1 】

本実施形態の光源装置によれば、励起光として P 偏光を波長選択反射層に入射させることで、励起光が波長選択反射層において広い入射角で透過されやすくなる。一方、蛍光体層の内部の散乱により生じた S 偏光は、P 偏光よりもカットオフ波長が短波長となるため、P 偏光に比べて波長選択反射層で反射されやすくなる。このため、蛍光体層の内部で散乱し、波長選択反射層を透過する励起光を少なくすることができる。よって、蛍光体の発光効率を向上させることができる。

30

【 0 1 3 2 】

なお、光源部 1 0 A 4 は、複数のレーザー光源の全てが P 偏光を射出するものである場合に限られない。複数のレーザー光源の一部には、P 偏光以外の光を射出するものが混在していてもよい。

40

【 0 1 3 3 】

また、光源部 1 0 A 4 は、第 1 実施形態と同様の構成 ( 複数のレーザー光源が基台の外周部に配置される構成 ) に限らず、第 2 実施形態と同様の構成 ( 複数のレーザー光源が基台の中央部に配置される構成 ) においても適用可能である。

【 0 1 3 4 】

プロジェクターは、光変調装置に透過型の液晶ライトバルブを用いるものに限られない。また、プロジェクターは、反射型の LCOS ( Liquid Crystal On Silicon ) や DMD ( Digital Micromirror Device ) を低起用してもよい。また、プロジェクターは、画像信号に応じて変調された光を被照射面上にて走査させる走査光学系、例えば MEMS ミラー等を適用してもよい。

50

【 0 1 3 5 】

本発明は、投写画像を観察する側から投写するフロント投写型プロジェクターに適用する場合にも、投写画像を観察する側とは反対の側から投写するリア投写型プロジェクターに適用する場合にも、適用することができる。

【 0 1 3 6 】

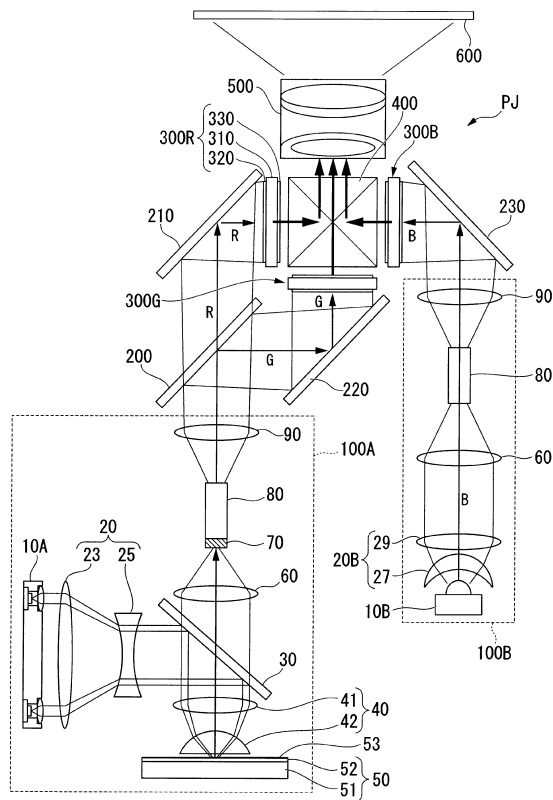
上記各実施形態においては、本発明の光源装置をプロジェクターに適用した例について説明したが、これに限らない。例えば、本発明の光源装置を他の光学機器（例えば、光ディスク装置、自動車のヘッドランプ、照明機器等）に適用することも可能である。

【 符号の説明 】

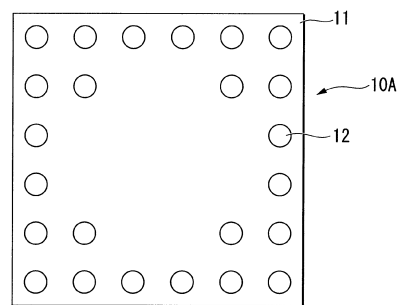
【 0 1 3 7 】

10A, 10A1, 10A2, 10A3, 10A4...光源部(励起光源)、12, 12A, 12B...レーザー光源、23...集光レンズ(集光手段)、51...反射体、52, 52A...蛍光体層、53, 53A...波長選択反射層、100A, 100A1, 100A2, 100A3...光源装置、400R, 400G, 400B...液晶ライトバルブ(光変調装置)、600...投写光学系、L1...励起光、L2...蛍光、PJ...プロジェクター、1, 2...入射角

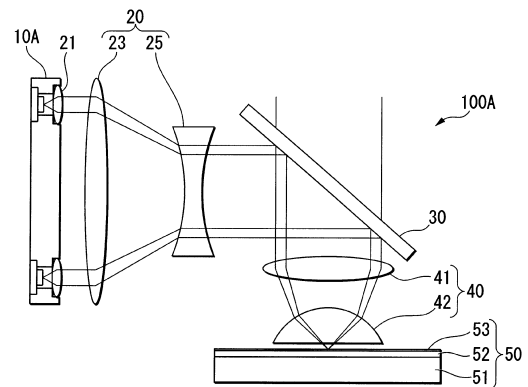
【 図 1 】



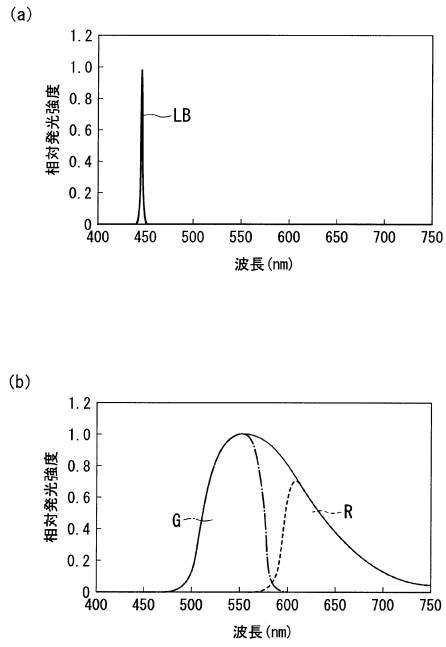
【 図 2 】



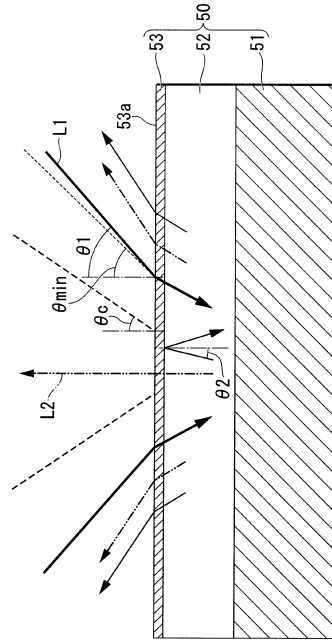
【 図 3 】



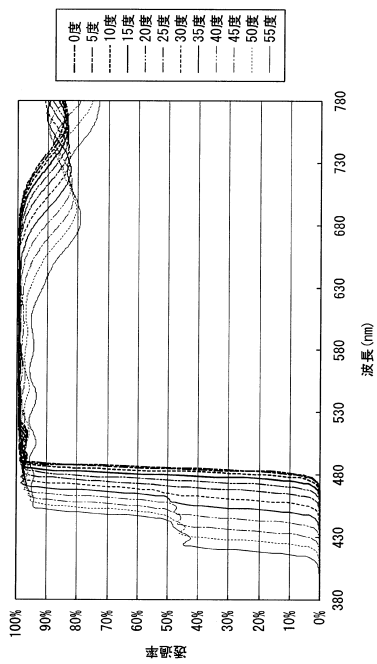
【 図 4 】



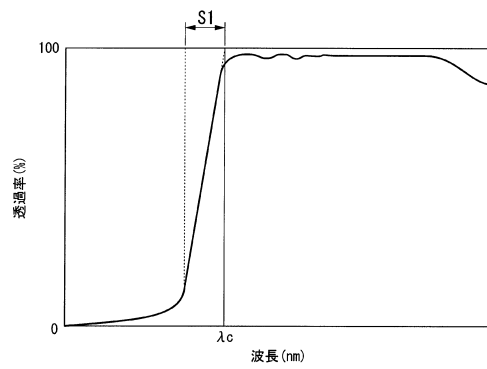
【 図 5 】



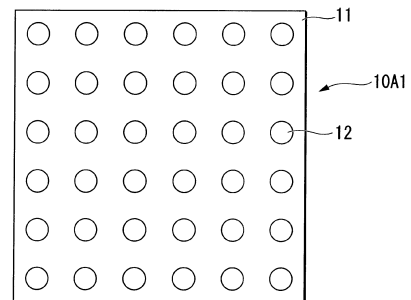
【 図 6 】



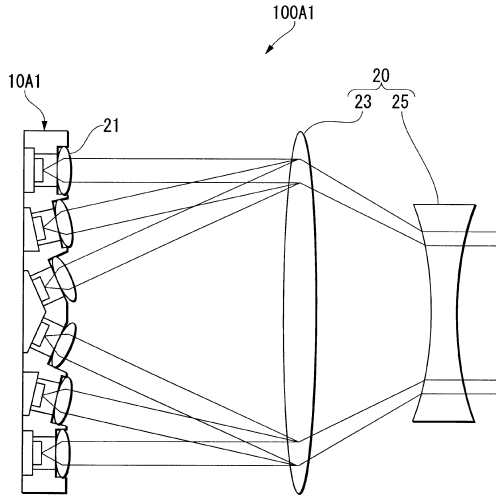
【 図 7 】



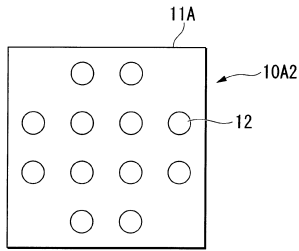
【 図 8 】



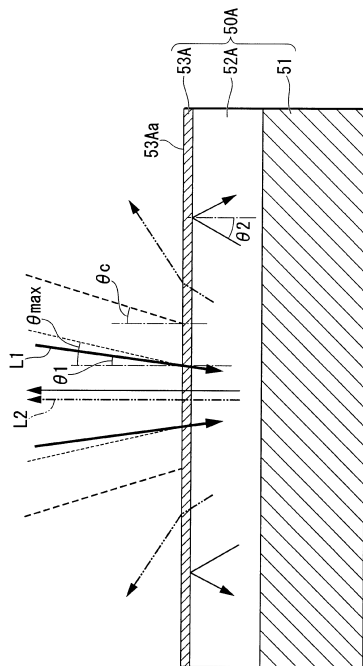
【 図 9 】



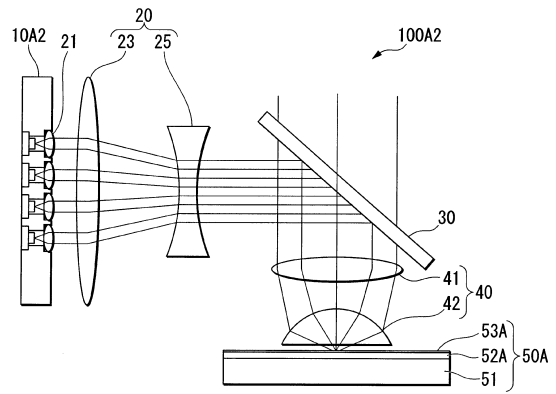
【 図 10 】



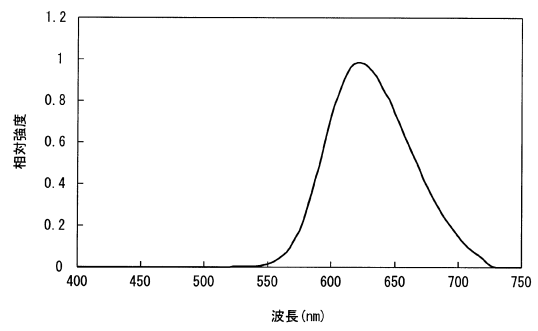
【 図 13 】



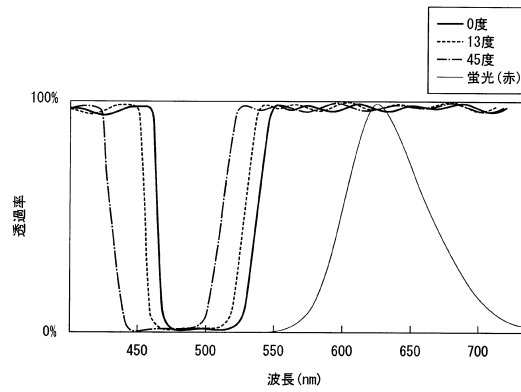
【 図 11 】



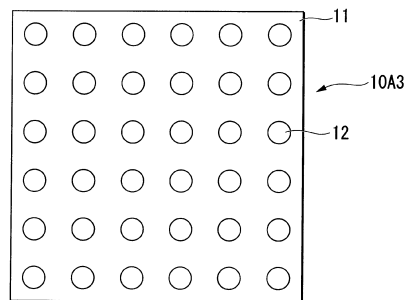
【 図 12 】



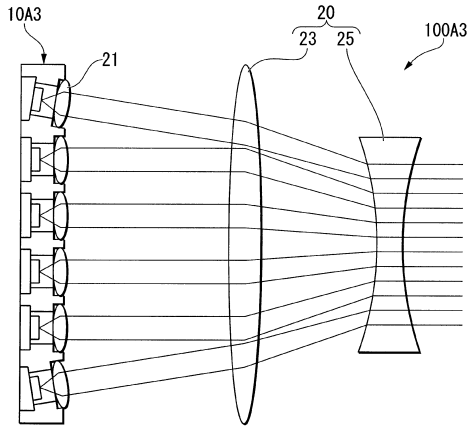
【 図 14 】



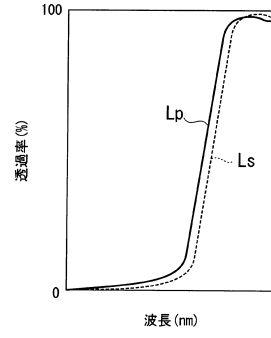
【 図 15 】



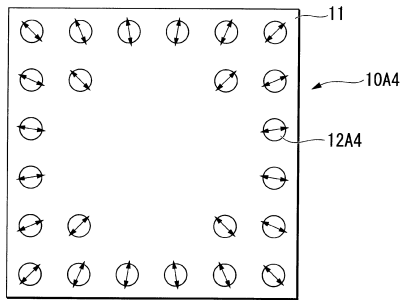
【図16】



【図18】



【図17】



フロントページの続き

合議体

審判長 和田 雄二

審判官 島田 信一

審判官 森林 宏和

(56)参考文献 特開2005-195768(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F21S2/00,G03B21/00