

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6582465号  
(P6582465)

(45) 発行日 令和1年10月2日(2019.10.2)

(24) 登録日 令和1年9月13日 (2019.9.13)

(51) Int.Cl.  
**G03B** 21/14 (2006.01)  
**G03B** 21/00 (2006.01)  
**G02B** 1/115 (2015.01)  
**G02B** 19/00 (2006.01)  
**G02B** 13/00 (2006.01)

F 1	GO 3 B	21/14
	GO 3 B	21/00
	GO 2 B	1/115
	GO 2 B	19/00
	GO 2 B	13/00

求項の数 12 (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2015-53610 (P2015-53610)
(22) 出願日	平成27年3月17日 (2015. 3. 17)
(65) 公開番号	特開2016-173484 (P2016-173484A)
(43) 公開日	平成28年9月29日 (2016. 9. 29)
審査請求日	平成30年3月2日 (2018. 3. 2)

(73) 特許権者 000001270  
コニカミノルタ株式会社  
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号

(74) 代理人 110001195  
特許業務法人深見特許事務所

(72) 発明者 寺本 みゆき  
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コ  
ニカミノルタ株式会社内

(72) 発明者 澤井 靖昌  
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コ  
ニカミノルタ株式会社内

(72) 発明者 高原 浩滋  
東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コ  
ニカミノルタ株式会社内

(54) 【発明の名称】 投影レンズおよびプロジェクター

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】  
光源としてレーザー光を用いるプロジェクターに使用される投影レンズであって、

前記レーザー光は、  
光源として青色レーザー光、緑色レーザー光、および、赤色レーザー光を含み、  
当該投影レンズは、軸外光での透過率の短波長シフトを前提として、上記レーザー光波  
長の範囲より10nmから15nm長波長寄りにして、波長645nm以上680nm以  
下の間に光軸の透過率の極大値を有する 投影レンズ

### 【請求項2】

当該投影レンズは、複数枚のレンズを有し、

半数以上の前記レンズの表面に、波長 645 nm 以上 680 nm 以下の間に反射率の極小値を有する反射防止膜が成膜されている、

請求項 1 に記載の投影レンズ。

### 【請求項 3】

波長 660 nm 以上 680 nm 以下の間に光軸の透過率の極大値を有する、請求項 1 に記載の投影レンズ。

#### 【請求項4】

当該投影レンズは、複数枚のレンズを有し、

半数以上の前記レンズの表面に、波長660nm以上680nm以下の間に反射率の極小値を有する反射防止膜が成膜されている、

請求項 1 に記載の投影レンズ。

【請求項 5】

波長 530 nm 以上 570 nm 以下の間に、当該投影レンズの光軸の透過率の極大値を有する、

請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の投影レンズ。

【請求項 6】

当該投影レンズは、複数枚のレンズを有し、

半数以上の前記レンズの表面に、波長 530 nm 以上 570 nm 以下の間に反射率の極小値を有する反射防止膜が成膜されている、

請求項 5 に記載の投影レンズ。

10

【請求項 7】

波長 550 nm 以上 570 nm 以下の間に光軸の透過率の極大値が有する、

請求項 5 に記載の投影レンズ。

【請求項 8】

当該投影レンズは、複数枚のレンズを有し、

半数以上の前記レンズの表面に、波長 550 nm 以上 570 nm 以下の間に反射率の極小値を有する反射防止膜が成膜されている、

請求項 7 に記載の投影レンズ。

【請求項 9】

前記反射防止膜は、

20

高屈折率材料として酸化チタン含有材料、中間屈折率材料として酸化アルミニウム含有材料、低屈折率材料としてフッ化マグネシウムまたは二酸化ケイ素を用いる、請求項 2、請求項 4、請求項 6、請求項 8 のいずれか 1 項に記載の投影レンズ。

【請求項 10】

光源としてレーザー光を用いるプロジェクターに使用される投影レンズであって、

前記レーザー光は、

光源として波長域の異なる第 1 の青色レーザー光、第 2 の青色レーザー光、第 1 の緑色レーザー光、第 2 の緑色レーザー光、第 1 の赤色レーザー光、および、第 2 の赤色レーザー光を含む、

請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の投影レンズ。

30

【請求項 11】

請求項 1 から請求項 10 のいずれか 1 項に記載の投影レンズを用いた、プロジェクター。

【請求項 12】

光源を用いるプロジェクターに使用される投影レンズであって、

光源として青色レーザー光、緑色レーザー光、および、赤色レーザー光を含み、

当該投影レンズは、軸外光での透過率の短波長シフトを前提として、上記レーザー光波長の範囲より 10 nm から 15 nm 長波長寄りにして、波長 645 nm 以上 680 nm 以下の間に光軸の透過率の極大値を有する、投影レンズ。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

この発明は、投影レンズおよびプロジェクターに関する。

【背景技術】

【0002】

プロジェクターでの色バランスに言及している発明の例を下記に示す。特開 2005-266115 公報（特許文献 1）には、液晶プロジェクターにおいてダイクロミラーの分離および合成について配置を工夫することで色バランスの改善を行なう技術が開示されている。特開 2001-183764 公報（特許文献 2）には、液晶プロジェクターにおいて透過波長を制限することで、色温度や色純度を向上させる技術が開示されている。

50

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0003】**

【特許文献1】特開2005-266115公報

【特許文献2】特開2001-183764公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

ランプ光源を用いたプロジェクターは、波長によりランプ強度が異なる。たとえば、赤色の波長域は強度分布に合わせて短めの620nm付近の透過率を重視し、650nm付近の透過率が低くても画像の明るさや色味に大きな問題は生じなかった。 10

**【0005】**

レーザー光源を用いたプロジェクターは、レーザー光波長近傍の透過率が低くなると、画像の明るさや色味が極端に悪化するという課題がある。

**【0006】**

レーザー光源を用いたプロジェクターは、画像の明るさに関する課題を解決するに、青色、緑色、赤色の3色に対応する波長について全て反射率を低くすることが望ましい。しかし、レンズ表面の反射防止膜の帯域幅の影響で、特に赤色領域にて光量が不足しやすい傾向にある。

**【0007】**

したがって、本発明は上記課題を解決することにあり、赤色領域の透過率を重視することで、赤色領域の光量不足を改善することを目的とした、投影レンズおよびプロジェクターを提供することにある。 20

**【課題を解決するための手段】****【0008】**

この発明に基づいた投影レンズによれば、光源としてレーザー光を用いるプロジェクターに使用される投影レンズであって、上記レーザー光は、光源として波長域の異なる第1の青色レーザー光、第2の青色レーザー光、第1の緑色レーザー光、第2の緑色レーザー光、第1の赤色レーザー光、および、第2の赤色レーザー光を含み、当該投影レンズは、波長645nm以上680nm以下の間に光軸の透過率の極大値を有する。 30

**【0009】**

他の形態においては、当該投影レンズは、複数枚のレンズを有し、半数以上の上記レンズの表面に、波長645nm以上680nm以下の間に反射率の極小値を有する反射防止膜が成膜されている。

**【0010】**

他の形態においては、波長660nm以上680nm以下の間に光軸の透過率の極大値を有する。

**【0011】**

他の形態においては、当該投影レンズは、複数枚のレンズを有し、半数以上の上記レンズの表面に、波長660nm以上680nm以下の間に反射率の極小値を有する反射防止膜が成膜されている。 40

**【0012】**

他の形態においては、波長530nm以上570nm以下の間に、当該投影レンズの光軸の透過率の極大値を有する。

**【0013】**

他の形態においては、当該投影レンズは、複数枚のレンズを有し、半数以上の上記レンズの表面に、波長530nm以上570nm以下の間に反射率の極小値を有する反射防止膜が成膜されている。

**【0014】**

他の形態においては、波長550nm以上570nm以下の間に光軸の透過率の極大値 50

が有する。

【0015】

他の形態においては、当該投影レンズは、複数枚のレンズを有し、半数以上の上記レンズの表面に、波長 550 nm 以上 570 nm 以下の間に反射率の極小値を有する反射防止膜が成膜されている。

【0016】

他の形態においては、上記反射防止膜は、高屈折率材料として酸化チタン含有材料、中間屈折率材料として酸化アルミニウム含有材料、低屈折率材料としてフッ化マグネシウムまたは二酸化ケイ素を用いる。

【0017】

この発明に基づいたプロジェクターは、上述のいずれかに記載の投影レンズを用いている。

【0018】

この発明に基づいた他の局面における投影レンズは、光源としてレーザー光を用いるプロジェクターに使用される投影レンズであって、上記レーザー光は、光源として波長域の異なる第1の青色レーザー光、第2の青色レーザー光、第1の緑色レーザー光、第2の緑色レーザー光、第1の赤色レーザー光、および、第2の赤色レーザー光を含み、当該投影レンズは、波長 645 nm 以上の波長域に光軸の透過率の極大値を有する。

【0019】

この発明に基づいたさらに他の局面における投影レンズは、光源を用いるプロジェクターに使用される投影レンズであって、上記光源は、波長域の異なる第1の青色光源、第2の青色光源、第1の緑色光源、第2の緑色光源、第1の赤色光源、および、第2の赤色光源を含み、当該投影レンズは、波長 645 nm 以上 680 nm 以下の間に光軸の透過率の極大値を有する。

【発明の効果】

【0020】

この発明によれば、赤色領域の透過率を重視することで、赤色領域の光量不足を改善することを目的とした、投影レンズおよびプロジェクターの提供を可能とする。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】実施の形態におけるプロジェクターの全体構成を示す図である。

【図2】実施の形態におけるカラープリズムユニットの全体構成を示す図である。

【図3】実施の形態における他のプロジェクターの全体構成を示す図である。

【図4】実施例1におけるレンズの反射防止膜の構成を示す図である。

【図5】実施例1の分光反射率を示す図である。

【図6】実施例2におけるレンズの反射防止膜の構成を示す図である。

【図7】実施例2の分光反射率を示す図である。

【図8】実施例3におけるレンズの反射防止膜の構成を示す図である。

【図9】実施例3の分光反射率を示す図である。

【図10】比較例1におけるレンズの反射膜の構成を示す図である。

【図11】比較例1の分光反射率を示す図である。

【図12】実施例4における投影レンズの光軸での全系透過率を示す図である。

【図13】実施例5における投影レンズの光軸での全系透過率を示す図である。

【図14】実施例6における投影レンズの光軸での全系透過率を示す図である。

【図15】比較例2における投影レンズの光軸での全系透過率を示す図である。

【図16】比較例3における投影レンズの光軸での全系透過率を示す図である。

【図17】比較例4における投影レンズの光軸での全系透過率を示す図である。

【図18】実施例7における投影レンズの構成を示す図である。

【図19】実施例7における投影レンズの光軸上での全系透過率を示す図である。

【図20】実施例7における投影レンズの光軸外での全系透過率を示す図である。

10

20

30

40

50

【図21】実施例7における投影レンズの反射防止膜を適用したレンズの適用枚数と透過率との関係を示す図である。

【図22】実施例8における投影レンズの構成を示す図である。

【図23】実施例8における投影レンズのグループ分けの構成を示す図である。

【図24】実施例8における投影レンズの光軸上での全系透過率を示す図である。

【図25】実施例8における投影レンズの光軸外での全系透過率を示す図である。

【図26】実施例8における投影レンズの反射防止膜を適用したレンズの「変更なし」、「全数変更」、「A B変更」、「A C変更」、および、「B C変更」と透過率との関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0022】

この発明に基づいた実施の形態におけるプロジェクター用投影レンズおよびそれを用いたプロジェクターを、図を参照しながら説明する。なお、以下に説明する実施の形態において、個数、量などに言及する場合、特に記載がある場合を除き、本発明の範囲は必ずしもその個数、量などに限定されない。また、同一の部品、相当部品に対しては、同一の参考番号を付し、重複する説明は繰り返さない場合がある。また、以下の各図に示す照明光および投影光は、主光線を図示している。

【0023】

以下に示す実施の形態は、投影レンズおよびプロジェクターに関するものであり、たとえば、デジタル・マイクロミラー・デバイス(digital micromirror device)やLCD(liquid crystal display)等の画像表示素子の表示画像をスクリーンに投影するための投影レンズと、それを備えたプロジェクターに関するものである。

20

【0024】

3D (three dimensions) プロジェクターの表示方式のひとつに、RGBの各色でそれぞれ2つの波長のレーザー光を照明光として用いる方式がある。具体的には各色の2波長での波長差や偏光の違いで別々の光路へ分離し合成することで、右眼用と左眼用の二つの異なるカラー画像を表示することができる。

【0025】

従来のランプ光源を用いたプロジェクターでは、ランプ強度の波長分布に従って赤色の波長域は、短めの620nm辺りの透過率を重視しており、650nm辺りは透過率が低くても画像の明るさや色味に大きな問題は生じなかった。一方、レーザー光源を用いる場合は、レーザー光波長近傍の透過率が低くなると、画像の明るさや色味が極端に悪化するという課題がある。

30

【0026】

レンズ透過率は、主に投影レンズ硝材の吸収損失とレンズの表面に設けられている反射防止膜の分光透過率に影響を受けるが、硝材損失は光学設計上の硝材選択により決まってしまうため、反射防止膜の分光透過率により波長のバランスを制御することが現実的である。

【0027】

従来は色バランスを制御するため、光量の多い色を減光するフィルターを入れる手法を取ることがあった。しかし、この方法だと、光源の光の一部を意図的に捨てることになり、その分光源のパワーを上げることが必要になり効率的ではない。

40

【0028】

レーザー光源を使用する際に、画像の明るさに関する課題を解決するには、青色(波長: 440nmから470nm)、緑色(波長: 520nmから560nm)、赤色(波長: 630nmから665nm)の3色の波長について、全て反射率を低くすることが望ましい。しかし、レンズ表面の反射防止膜の帯域幅の影響で、特に赤色領域にて光量が不足しやすい傾向にある。そのため、本実施の形態では、赤色領域の透過率を重視することで、赤色領域の光量不足を改善することを目的としている。

【0029】

50

波長 645 nm から 680 nm および波長 530 nm から 570 nm の波長範囲は、軸外光での透過率の短波長シフトを前提として、上記レーザー光波長の範囲より 10 nm から 15 nm 長波長寄りにしている。

【0030】

また、3D表示ではRGB各色で2つの帯域の波長を使用するが、その2つの帯域で光量が多くかつ光量の差異が小さいことが望ましいため、一の観点においては、各色について2波長（波長 645 nm 以上 680 nm 以下の間、波長 530 nm 以上 570 nm）の指定の波長範囲内に透過率の場合は極大値、反射率の場合には極小値があることを条件とした。

【0031】

一方、他の観点においては、軸外光の透過率および反射率を重視して、2波長（波長 645 nm 以上 680 nm 以下の間、波長 530 nm 以上 570 nm の間）、特に長波長側へ極値を持つことを条件とした。透過率の場合には極大値、反射率の場合には極小値があることを条件としている。

【0032】

以下に、本実施の形態におけるプロジェクターおよびそのプロジェクターに採用される投影レンズについて、図を参照しながら説明する。

【0033】

（プロジェクター 1000）

図1および図2を参照して、プロジェクター 1000 の構成について説明する。図1は、プロジェクターの全体構成を示す図、図2は、カラーブリズムユニットの全体構成を示す図である。光源は、波長 445 nm の第1の青色レーザー光源 BL1、波長 465 nm の第2の青色レーザー光源 BL2、波長 525 nm の第1の緑色レーザー光源 GL1、波長 547 nm の第2の緑色レーザー光源 GL2、波長 637 nm の第1の赤色レーザー光源 RL1、波長 657 nm の第2の赤色レーザー光源 RL2 で構成される。各レーザー光源は、コントローラー 1 により制御されている。

【0034】

各レーザー光源は、ファイバー FB を経由してロッドインテグレーター 2 に入射させている。ロッドインテグレーター 2 に入射した光は、ここで内面反射を繰り返し、均一な光量分布となって他端の射出面より射出する。ロッドインテグレーター 2 の射出面直後には集光レンズ 3 が配置されている。集光レンズ 3 の後方にはリレー光学系 4 が配置されている。

【0035】

ロッドインテグレーター 2 から射出した光は、集光レンズ 3 で効率よくリレー光学系 4 に導かれ、折り返しミラー 5 を経て、TIR (total internal reflection) ブリズムユニット 20 の入射側に配置されたエントランスレンズ 23 を介して、TIR ブリズムユニット 20 からカラーブリズムユニット 100 を経て DMD 24 を照明する。以上のロッドインテグレーター 2 からエントランスレンズ 23 までを照明光学系 10 とする。

【0036】

TIR ブリズムユニット 20 は、それぞれ略三角柱状の第1ブリズム 21 と第2ブリズム 22 とを有し、各ブリズム斜面間にエアギャップ層 AG が設けられている。このTIR ブリズムユニット 20 によって、DMD 24 に対する入力光と出力光との分離が行なわれる。

【0037】

照明光学系 10 から射出した照明光は第2ブリズム 22 に入射し、エアギャップ層 AG を形成する斜面に全反射条件を満たす角度で入射し全反射してカラーブリズムユニット 100 に入射する。カラーブリズムユニット 100 で照明光は、赤色、緑色、青色の各色に分解される。カラーブリズムユニット 100 は、図2に示すように、略三角柱状のクリアブリズム 101、青色ブリズム 102、赤色ブリズム 103、および、ブロック状の緑色ブリズム 104 が、順次組み合わされている。

10

20

30

40

50

## 【0038】

クリアプリズム101と青色プリズム102との間には、エアギャップ層AGが設けられ、投影光軸に対し傾斜している。投影光軸とエアギャップ層AGの法線からなる面は、TIRプリズムユニット20のエアギャップ層AGと投影光軸からなる面と直交している。

## 【0039】

青色プリズム102と赤色プリズム103との間には、青色光を反射する青色ダイクロイック面102a、および、それに隣接してエアギャップ層AGが設けられている。このエアギャップ層AGは投影光軸に対し傾斜しており、投影光軸とエアギャップ層AGの法線からなる面は、TIRプリズムユニット20のエアギャップ層AGと投影光軸からなる面と直交している。傾斜方向は、クリアプリズム101と青色プリズム102によるエアギャップ層AGの傾き方向とは逆方向である。

## 【0040】

赤色プリズム103と緑色プリズム104との間には、赤色光を反射する赤色ダイクロイック面103a、および、それに隣接してエアギャップ層AGが設けられている。このエアギャップ層AGも投影光軸に対し傾斜しており、投影光軸とエアギャップ層AGの法線からなる面は、同様にTIRプリズムユニット20のエアギャップ層AGの法線と投影光軸からなる面と直交している。傾斜方向は、クリアプリズム101と青色プリズム102によるエアギャップ層AGの傾き方向と同じ方向である。

## 【0041】

クリアプリズム101の入射出面より入射した照明光は、クリアプリズム101を通過後、青色プリズム102に入射し、青色ダイクロイック面102aで青色光が反射され、他の赤色光および緑色光は透過する。

## 【0042】

青色ダイクロイック面102aで反射された青色光は、クリアプリズム側のエアギャップ層AGにより全反射され、青色プリズム側面である青色入射出面102bより射出して、青色用DMD120を照明する。

## 【0043】

青色ダイクロイック面102aを透過した赤色光と緑色光のうち、赤色光は赤色ダイクロイック面103aで反射され、緑色光は透過する。赤色ダイクロイック面103aで反射された赤色光は、赤色ダイクロイック面103aに隣接して設けられたエアギャップ層AGにより全反射され、赤色プリズム側面である赤色入射出面103bより射出して、赤色用DMD110を照明する。

## 【0044】

赤色ダイクロイック面103aを透過した緑色光は、緑色プリズム104の下面である緑色入射出面104bより射出して、緑色用DMD130を照明する。

## 【0045】

青色用DMD120で反射された青色の投影光は、青色入射出面102bに入射してクリアプリズム101側のエアギャップ層AGで全反射された後、青色ダイクロイック面102aで反射される。

## 【0046】

赤色用DMD110で反射された赤色の投影光は、赤色入射出面103bに入射して、青色ダイクロイック面102bに隣接して設けられたエアギャップ層AGにより全反射された後、赤色ダイクロイック面103aで反射され、更に青色ダイクロイック面102aを透過する。

## 【0047】

緑色用DMD130で反射された緑色の投影光は、緑色入射出面104bに入射して、赤色ダイクロイック面103a、および、青色ダイクロイック面102aを透過する。

## 【0048】

その後、これら赤色、青色、および、緑色の各投影光は、同一光軸に合成され、クリア

10

20

30

40

50

プリズム 101 の入射出面から射出して、TIR プリズムユニット 20 に入射する。TIR プリズムユニット 20 に入射した投影光は、ここでは全反射条件を満たさないのでエアギャップ層 AG を透過し、投影レンズ 30 によってスクリーン（図示省略）に投影される。

【0049】

第 1 の赤色レーザー光源 RL1、第 1 の青色レーザー光源 BL1、および、第 1 の緑色レーザー光源 GL1 と、第 2 の赤色レーザー光源 RL2、第 2 の青色レーザー光源 BL2、および、第 2 の緑色レーザー光源 GL2 とは、交互に発光するようにコントローラー 1 で制御されている。

【0050】

第 1 の赤色レーザー光源 RL1、第 1 の青色レーザー光源 BL1、および、第 1 の緑色レーザー光源 GL1 が発光している時に DMD には左目用の画像が表示され、第 2 の赤色レーザー光源 RL2、第 2 の青色レーザー光源 BL2、および、第 2 の緑色レーザー光源 GL2 が発光している時に DMD には右目用の画像が表示される。

【0051】

鑑賞者は、左目に第 1 の赤色レーザー光源 RL1、第 1 の青色レーザー光源 BL1、および、第 1 の緑色レーザー光源 GL1 の光のみが透過するフィルター、右目に第 2 の赤色レーザー光源 RL2、第 2 の青色レーザー光源 BL2、および、第 2 の緑色レーザー光源 GL2 の光のみを透過するフィルターを装着することで、3D の画像を鑑賞することができる。

【0052】

（プロジェクター 2000）

次に、図 3 を参照して、2 組の光学系で 3D 投影をするプロジェクター 2000 の構成について説明する。図 3 は、プロジェクター 2000 の全体構成を示す図である。

【0053】

第 1 光学系 L には、第 1 の赤色レーザー光源 RL1、第 1 の青色レーザー光源 BL1、および、第 1 の緑色レーザー光源 GL1 を配置し、第 2 光学系 R には、第 2 の赤色レーザー光源 RL2、第 2 の青色レーザー光源 BL2、および、第 2 の緑色レーザー光源 GL2 第を配置する。

【0054】

第 1 光学系 L および第 2 光学系 R のそれぞれの光学系は、図 1 および図 2 の光学系と同様の作用で、第 1 光学系 L の投影レンズ 30L からは、第 1 の赤色レーザー光源 RL1、第 1 の青色レーザー光源 BL1、および、第 1 の緑色レーザー光源 GL1 を用いた、左目用の画像が投影され、第 2 光学系 R の投影レンズ 30R からは、第 2 の赤色レーザー光源 RL2、第 2 の青色レーザー光源 BL2、および、第 2 の緑色レーザー光源 GL2 を用いた、右目用の画像が投影される。

【0055】

鑑賞者は、左目に第 1 の赤色レーザー光源 RL1、第 1 の青色レーザー光源 BL1、および、第 1 の緑色レーザー光源 GL1 の光のみが透過するフィルター、右目に第 2 の赤色レーザー光源 RL2、第 2 の青色レーザー光源 BL2、および、第 2 の緑色レーザー光源 GL2 の光のみを透過するフィルターを装着することで、3D の画像を鑑賞することができる。

【0056】

このプロジェクター 2000 の場合、鑑賞者の左目および右目には、図 1 に示すプロジェクター 1000 とは異なり、途切れることなく投影された画像が目に入ってくるので、ちらつきもなく快適な 3D 画像を鑑賞することができる。

【0057】

以降で説明する本実施の形態における投影レンズは、プロジェクター 1000 の投影レンズ 30、プロジェクター 2000 の投影レンズ 30L, 30R のいずれにも適用することができるものである。

10

20

30

40

50

## 【0058】

## (実施例1)

図4に、実施例1におけるレンズの反射防止膜の構成を示し、図5に実施例1の分光反射率を示す。図4に示すレンズには、BK7が用いられ、第1層膜に、 $TiO_2 + La_2O_3$ （屈折率2.1、物理膜厚18.8nm）、第2層膜に、 $MgF_2$ （屈折率1.385、物理膜厚26.0nm）、第3層膜に、 $TiO_2 + La_2O_3$ （屈折率2.1、物理膜厚86.0nm）、第4層膜に、 $MgF_2$ （屈折率1.385、物理膜厚8.2nm）、第5層膜に、 $TiO_2 + La_2O_3$ （屈折率2.1、物理膜厚54.5nm）、第6層膜に、 $MgF_2$ （屈折率1.385、物理膜厚23.8nm）、第7層膜に、 $TiO_2 + La_2O_3$ （屈折率2.1、物理膜厚144.9nm）、および、第8層膜に、 $MgF_2$ （屈折率1.385、物理膜厚95.5nm）が、順に積層されている。  
10

## 【0059】

その結果、図5に示す、波長(nm)と反射率(%)との関係を示すグラフに現れるように、波長645nmから680nmの範囲に反射防止膜の反射率の極小値を持っており、また、波長530nmから570nmの範囲にも反射防止膜の反射率の極小値をもっている。

## 【0060】

## (実施例2)

図6に、実施例2におけるレンズの反射防止膜の構成を示し、図7に実施例2の分光反射率を示す。図6に示すレンズには、LAC8が用いられ、第1層膜に、 $TiO_2 + La_2O_3$ （屈折率2.1、物理膜厚23.5nm）、第2層膜に、 $MgF_2$ （屈折率1.385、物理膜厚13.3nm）、第3層膜に、 $TiO_2 + La_2O_3$ （屈折率2.1、物理膜厚93.0nm）、第4層膜に、 $MgF_2$ （屈折率1.385、物理膜厚14.4nm）、第5層膜に、 $TiO_2 + La_2O_3$ （屈折率2.1、物理膜厚45.3nm）、第6層膜に、 $MgF_2$ （屈折率1.385、物理膜厚27.6nm）、第7層膜に、 $TiO_2 + La_2O_3$ （屈折率2.1、物理膜厚142.4nm）、および、第8層膜に、 $MgF_2$ （屈折率1.385、物理膜厚95.4nm）が、順に積層されている。  
20

## 【0061】

その結果、図7に示す、波長(nm)と反射率(%)との関係を示すグラフに現れるように、波長645nmから680nmの範囲に反射防止膜の反射率の極小値を持っており、また、波長530nmから570nmの範囲にも反射防止膜の反射率の極小値をもっている。  
30

## 【0062】

## (実施例3)

図8に、実施例3におけるレンズの反射防止膜の構成を示し、図9に実施例3の分光反射率を示す。図8に示すレンズには、BK7が用いられ、第1層膜に、 $Al_2O_3$ （屈折率1.62、物理膜厚161.2nm）、第2層膜に、 $MgF_2$ （屈折率1.385、物理膜厚21.7nm）、第3層膜に、 $Al_2O_3$ （屈折率1.62、物理膜厚101.2nm）、第4層膜に、 $TiO_2 + La_2O_3$ （屈折率2.1、物理膜厚121.5nm）、および、第5層膜に、 $MgF_2$ （屈折率1.385、物理膜厚95.1nm）が、順に積層されている。  
40

## 【0063】

その結果、図9に示す、波長(nm)と反射率(%)との関係を示すグラフに現れるように、波長645nmから680nmの範囲に反射防止膜の反射率の極小値を持っており、また、波長530nmから570nmの範囲にも反射防止膜の反射率の極小値をもっている。

## 【0064】

## (比較例1)

図10に、比較例1におけるレンズの反射防止膜の構成を示し、図11に比較例1の分光反射率を示す。図10に示すレンズには、BK7が用いられ、第1層膜に、 $MgF_2$ （  
50

屈折率 1.385、物理膜厚 26.6 nm)、第 2 層膜に、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (屈折率 1.62、物理膜厚 100.6 nm)、第 3 層膜に、TiO<sub>2</sub> + La<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (屈折率 2.1、物理膜厚 124.1 nm)、および、第 5 層膜に、MgF<sub>2</sub> (屈折率 1.385、物理膜厚 95.1 nm)、が、順に積層されている。

【0065】

その結果、図 11 に示す、波長 (nm) と反射率 (%) との関係を示すグラフに現れるように、波長 645 nm から 680 nm の範囲に反射防止膜の反射率の極小値は有しておらず、また、波長 530 nm から 570 nm の範囲にも反射防止膜の反射率の極小値は有していない。

【0066】

なお、上記した各実施例および比較例においては、TiO<sub>2</sub> + La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgF<sub>2</sub> の膜材料を記載しているが、膜材料については、これらの膜種に限定されず、高屈折率材料として酸化チタン含有材料、中間屈折率材料として酸化アルミニウム含有材料、低屈折率材料としてフッ化マグネシウムまたは二酸化ケイ素を用いてもよい。

【0067】

(実施例 4)

図 12 に、実施例 4 として、投影レンズの光軸での全系透過率を示す。波長 530 nm 以上 570 nm 以下、および、波長 645 nm 以上 680 nm 以下の範囲に極大値を持っている。この投影レンズは、たとえば、上述の実施例 1 から実施例 3 のような分光反射率の反射防止膜を半数以上のレンズ面に設けて構成している。

【0068】

(実施例 5)

図 13 に、実施例 5 として、投影レンズの光軸での全系透過率を示す。波長 530 nm 以上 570 nm 以下、および、波長 645 nm 以上 680 nm 以下の範囲に極大値を持っている。この投影レンズは、たとえば、上述の実施例 1 から実施例 3 のような分光反射率の反射防止膜を半数以上のレンズ面に設けて構成している。

【0069】

(実施例 6)

図 14 に、実施例 6 として、投影レンズの光軸での全系透過率を示す。波長 530 nm 以上 570 nm 以下、および、波長 645 nm 以上 680 nm 以下の範囲に極大値を持っている。この投影レンズは、たとえば、上述の実施例 1 から実施例 3 のような分光反射率の反射防止膜を半数以上のレンズ面に設けて構成している。

【0070】

ここで、実施例 4 から実施例 6 の投影レンズの構成上の違いについて説明する。実施例 4 は、16 枚のレンズを用いた投影レンズ光学系で、反射防止膜の適用面数は 32 枚である。実施例 5 は、17 枚のレンズを用いた投影レンズ光学系で、反射防止膜の適用面数は 34 枚である。実施例 6 は、15 枚のレンズを用いた投影レンズ光学系で、反射防止膜の適用面数は 30 枚である。

【0071】

(比較例 2)

図 15 に、比較例 2 として、投影レンズの光軸での全系透過率を示す。波長 530 nm 以上 570 nm 以下、および、波長 645 nm 以上 680 nm 以下の範囲に極大値はもっていない。この投影レンズは、たとえば、上述の比較例 1 のような分光反射率の反射防止膜をレンズ面に設けて構成している。

【0072】

(比較例 3)

図 16 に、比較例 3 として、投影レンズの光軸での全系透過率を示す。波長 530 nm 以上 570 nm 以下、および、波長 645 nm 以上 680 nm 以下の範囲に極大値はもっていない。この投影レンズは、たとえば、上述の比較例 1 のような分光反射率の反射防止膜をレンズ面に設けて構成している。

10

20

30

40

50

## 【0073】

## (比較例4)

図17に、比較例4として、投影レンズの光軸での全系透過率を示す。波長530nm以上570nm以下、および、波長645nm以上680nm以下の範囲に極大値はもっていない。この投影レンズは、たとえば、上述の比較例1のような分光反射率の反射防止膜をレンズ面に設けて構成している。

## 【0074】

ここで、比較例2から比較例4の投影レンズの構成上の違いについて説明する。比較例2は、16枚のレンズを用いた投影レンズ光学系で、反射防止膜の適用面数は32枚である。比較例3は、17枚のレンズを用いた投影レンズ光学系で、反射防止膜の適用面数は34枚である。比較例4は、15枚のレンズを用いた投影レンズ光学系で、反射防止膜の適用面数は30枚である。よって、実施例4と比較例2、実施例5と比較例3、実施例6と比較例4は、それぞれ同一の投影レンズ光学系で反射防止膜を変更したものとなる。

## 【0075】

上記比較例2から比較例4において、波長530nm以上570nm以下、および、波長645nm以上680nm以下の範囲における透過率は、91%から92%程度であるが、実施例4から実施例6では、波長530nm以上570nm以下、および、波長645nm以上680nm以下の範囲における透過率は、94%以上と向上した。本実施例および比較例により、明るさを向上する効果が確認できた。

## 【0076】

## (実施例7)

次に、実施例7として、適用するレンズの枚数(面数)について確認を行なった。図18に、本実施例における投影レンズ30Aの構成を示す。投影レンズ30Aの系においては、L1～L11の合計11枚のレンズが用いられている。全てのレンズ面の反射防止膜が、従来例の反射防止膜の場合を「変更なし」、全てのレンズ面の反射防止膜の半数を実施例1と同等の分光反射率を持つ反射防止膜へ変更した場合を「半数変更」、全てのレンズ面の反射防止膜を実施例1と同等の分光反射率を持つ反射防止膜へ変更した場合を「全数変更」と記載した。

## 【0077】

図19は、投影レンズ30Aの光軸上での全系透過率である。「全数変更」、「半数変更」の場合は、波長530nm以上570nm以下、および、波長645nm以上680nm以下の範囲に極大値を有している。一方、「変更なし」の場合は、波長530nm以上570nm以下、および、波長645nm以上680nm以下の範囲に極大値を有していない。

## 【0078】

図20は、投影レンズ30Aの光軸外での全系透過率である。光軸外の赤色波長域では、「半数変更」、「全数変更」での透過率向上の効果が確認できる。これは高入射角の光線に対して透過率の低下が起こりにくくなっているためである。また、波長645nmから680nmおよび波長530nmから570nmの波長範囲は、軸外光での透過率の短波長シフトを前提として、レーザー光波長の範囲より10nmから15nm長波長寄りにしたことにより透過率向上の効果が得られていると考えられる。

## 【0079】

図21を参照して、本実施例の反射防止膜を適用したレンズの適用枚数と透過率との関係について説明する。図21に示すように、光軸上および光軸外での、「全系透過率(W(B, G, R))」、「青色透過率(B:波長440nm～470nm)」、「緑色透過率(G:波長520nm～560nm)」、および、「赤色透過率(R:波長630nm～665nm)」を示す図である。本実施例の反射防止膜を適用したレンズの適用枚数が増えるのに伴い、投影レンズ30Aの「全系透過率」が高くなっていることが確認できた。

## 【0080】

10

20

30

40

50

(実施例 8 )

次に、実施例 8 として、19枚のレンズを有する投影レンズ30Bの系において、6枚、6枚、7枚の3グループに分け、実施例1と同等の分光反射率を持つ反射防止膜を適用したレンズを適用する位置による差を確認した。

【0081】

図22に、投影レンズ30Bの構成を示す。Group-Aは、レンズL1からレンズL6を有している。Group-Bは、レンズL7からレンズL12を有している。Group-Cは、レンズL13からレンズL19を有している。Group-A、Group-B、および、Group-Cの3区分として、全グループに適用した場合、2ヶ所ずつに適用した場合の全系透過率を確認した。

10

【0082】

具体的には、図23に示すように、Group-AからGroup-Cの全てに適用した場合を「全数変更」と称し、Group-AおよびGroup-Bに適用した場合を「AB変更」と称し、Group-AおよびGroup-Cに適用した場合を「AC変更」と称し、Group-BおよびGroup-Cに適用した場合を「BC変更」と称した。

【0083】

図24は、投影レンズ30Bの光軸上での全系透過率である。「全数変更」、「AB変更」、「AC変更」、および、「BC変更」の場合は、波長530nm以上570nm以下、および、波長645nm以上680nm以下の範囲に極大値を有している。一方、「変更なし」の場合は、波長530nm以上570nm以下、および、波長645nm以上680nm以下の範囲に極大値を有していない。

20

【0084】

図25は、投影レンズ30Bの光軸外での全系透過率である。光軸外の赤色波長域では、「全数変更」、「AB変更」、「AC変更」、および、「BC変更」での透過率向上の効果が確認できる。これは高入射角の光線に対して透過率の低下が起こりにくくなっているためである。また、波長645nmから680nmおよび波長530nmから570nmの波長範囲は、軸外光での透過率の短波長シフトを前提として、レーザー光波長の範囲より10nmから15nm長波長寄りにした効果が得られていると考えられる。

【0085】

図26を参照して、本実施例の投影レンズ30Bにおいて、反射防止膜を適用したレンズの「変更なし」、「全数変更」、「AB変更」、「AC変更」、および、「BC変更」と透過率との関係について説明する。図26は、光軸上および光軸外での、「全系透過率(W(B, G, R))」、「青色透過率(B:波長440nm~470nm)」、「緑色透過率(G:波長520nm~560nm)」、および、「赤色透過率(R:波長630nm~665nm)」を示す図である。光軸上においては「AC変更」、「BC変更」の透過率が高いためGroup-Cの変更の効果が高いことが確認できた。また、光軸外においては「AB変更」、「AC変更」の透過率が高いためGroup-Aの変更の効果が高いことが確認できた。

30

【0086】

たとえば、一部のレンズにのみ反射防止膜の変更を適用する場合には、上記のように特に有効な位置へ適用することで、限られた条件内でのより高い効果を期待することができる。

40

【0087】

以上、本実施の形態における投影レンズおよびその投影レンズを採用したプロジェクターによれば、明るさを向上する効果が得られる。特に、レーザー光源にて不足しがちな赤色光、緑色光について効果を得ることができる。

【0088】

なお、本実施の形態における効果は、光源としてレーザー光を用いるプロジェクターに使用される投影レンズであって、このレーザー光は、光源として波長域の異なる第1の青色レーザー光、第2の青色レーザー光、第1の緑色レーザー光、第2の緑色レーザー光、

50

第1の赤色レーザー光、および、第2の赤色レーザー光を含み、当該投影レンズは、波長645nm以上の波長域に光軸の透過率の極大値を有する投影レンズであれば、明るさを向上する効果が得られる。特に、レーザー光源にて不足しがちな赤色光、緑色光について効果を得ることができる。

#### 【0089】

また、レーザー光源に限定されるものではなく、光源を用いるプロジェクターに使用される投影レンズであって、この光源は、波長域の異なる第1の青色光源、第2の青色光源、第1の緑色光源、第2の緑色光源、第1の赤色光源、および、第2の赤色光源を含み、当該投影レンズは、波長645nm以上680nm以下の間に光軸の透過率の極大値を有する投影レンズであれば、同様の効果を得ることができる。

10

#### 【0090】

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

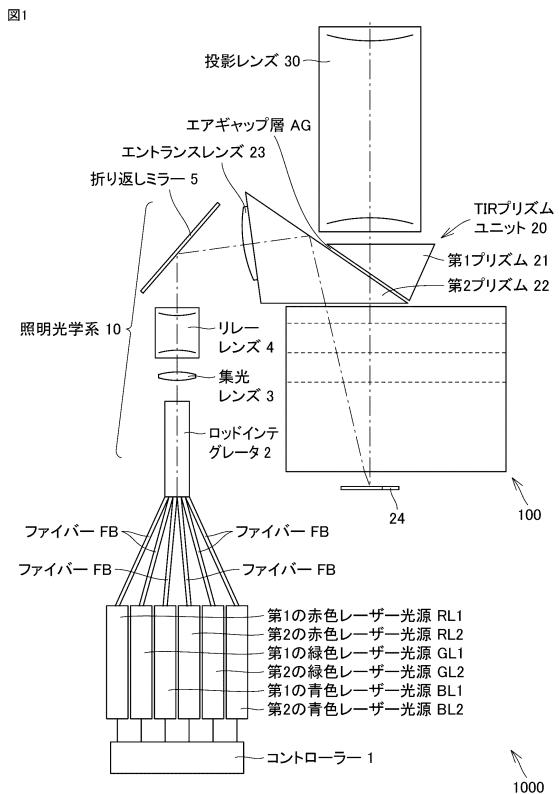
#### 【符号の説明】

#### 【0091】

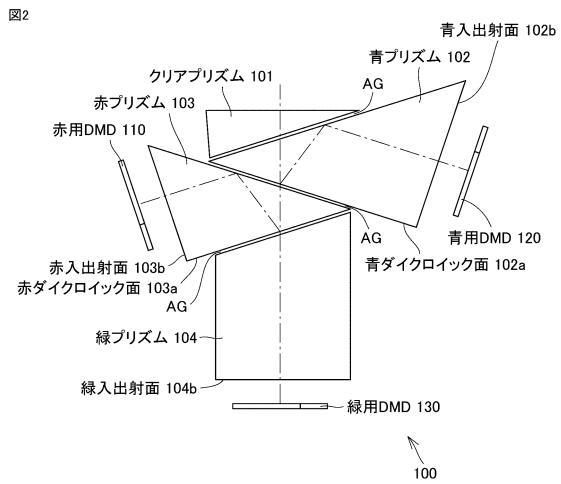
1 コントローラー、2 ロッドインテグレーター、3 集光レンズ、4 リレー光学系、5 折り返しミラー、10 照明光学系、20 TIRプリズムユニット、21 第1プリズム、23 エントランスレンズ、24 DMD、30A, 30B, 30L, 30R 投影レンズ、100 カラープリズムユニット、101 クリアプリズム、102 青色プリズム、102a 青色ダイクロイック面、102b 青色入射出面、103 赤色プリズム、103a 赤色ダイクロイック面、103b 赤色入射出面、104 緑色プリズム、104b 緑色入射出面、110 赤色用DMD、120 青色用DMD、130 緑色用DMD、1000, 2000 プロジェクター、AG エアギャップ層、BL1 第1の青色レーザー光源、BL2 第2の青色レーザー光源、FB ファイバー、GL1 第1の緑色レーザー光源、GL2 第2の緑色レーザー光源、RL1 第1の赤色レーザー光源、RL2 第2の赤色レーザー光源。

20

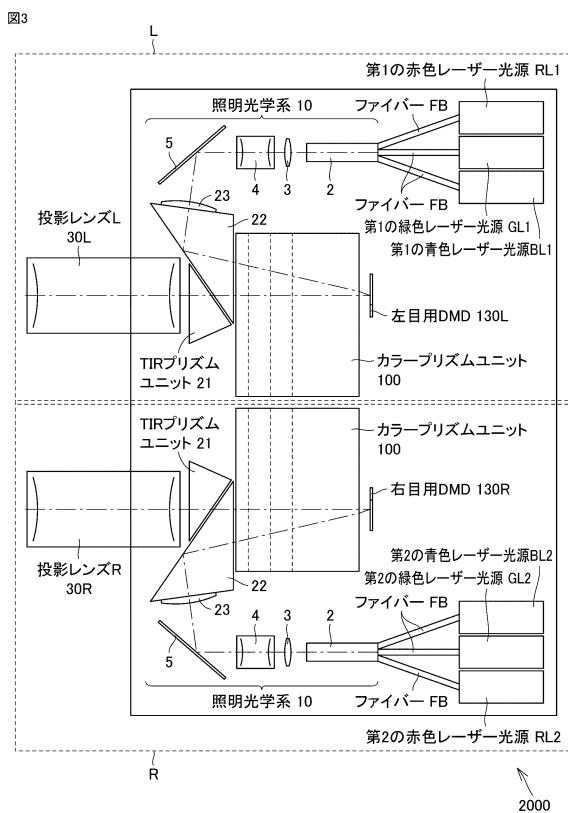
【図1】



【図2】



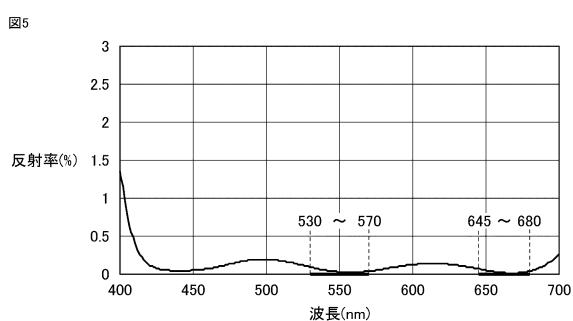
【図3】



【図4】

	Air	屈折率	物理膜厚(nm)
8	MgF <sub>2</sub>	1.385	95.5
7	TiO <sub>2</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.1	144.9
6	MgF <sub>2</sub>	1.385	23.8
5	TiO <sub>2</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.1	54.5
4	MgF <sub>2</sub>	1.385	8.2
3	TiO <sub>2</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.1	86.0
2	MgF <sub>2</sub>	1.385	26.0
1	TiO <sub>2</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.1	18.8
	BK7		

【図5】

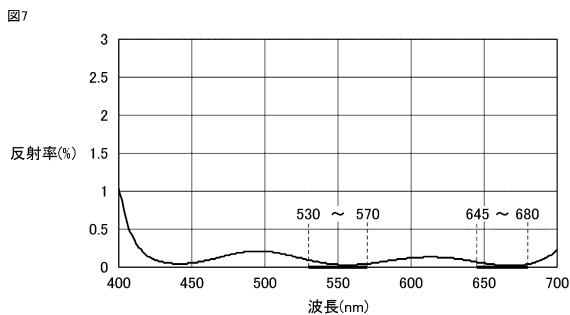


【図6】

図6

	Air	屈折率	物理膜厚(nm)
8	MgF2	1.385	95.4
7	TiO <sub>2</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.1	142.4
6	MgF2	1.385	27.6
5	TiO <sub>2</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.1	45.3
4	MgF2	1.385	14.4
3	TiO <sub>2</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.1	93.0
2	MgF2	1.385	13.3
1	TiO <sub>2</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.1	23.5
	LAC8		

【図7】

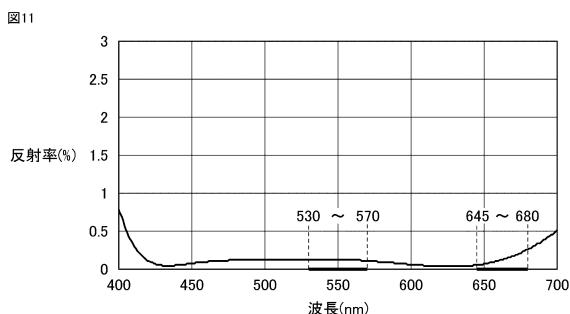


【図8】

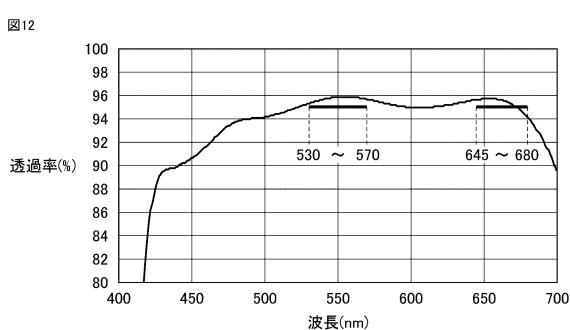
図8

	Air	屈折率	物理膜厚(nm)
5	MgF2	1.385	95.1
4	TiO <sub>2</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.1	121.5
3	AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.62	101.2
2	MgF2	1.385	21.7
1	AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.62	161.2
	BK7		

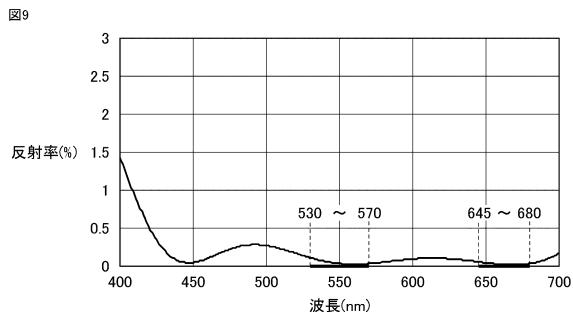
【図11】



【図12】



【図9】

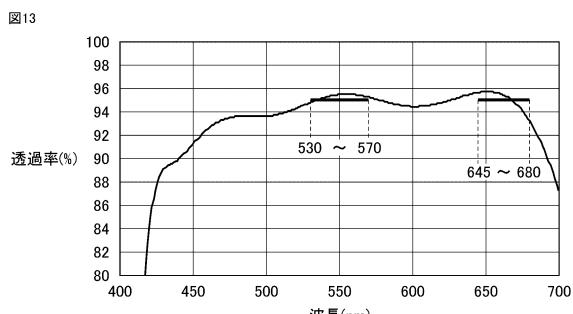


【図10】

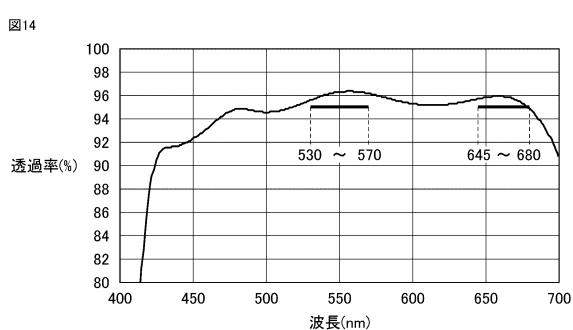
図10

	Air	屈折率	物理膜厚(nm)
4	MgF2	1.385	93.3
3	TiO <sub>2</sub> +La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.1	124.1
2	AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.62	100.6
1	MgF2	1.385	26.6
	BK7		

【図13】

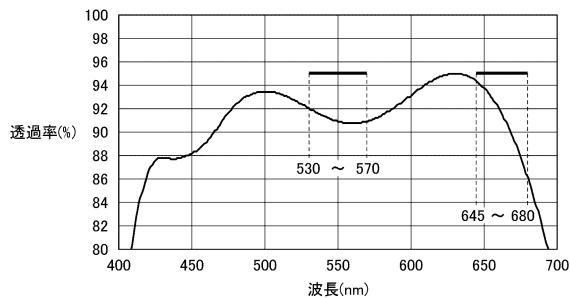


【図14】



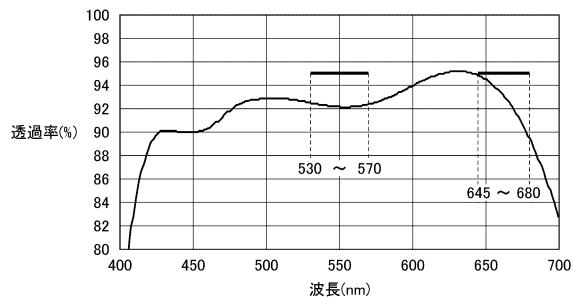
【図15】

図15



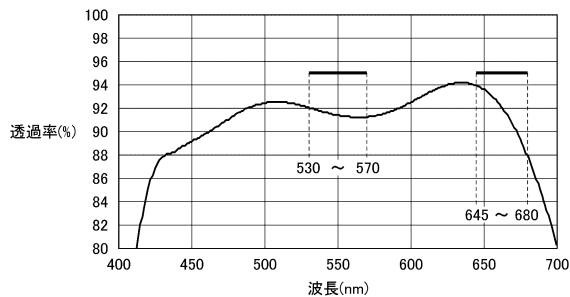
【図17】

図17



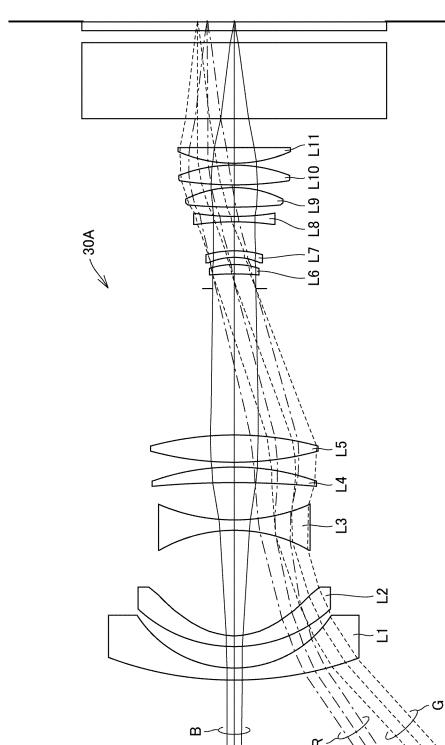
【図16】

図16



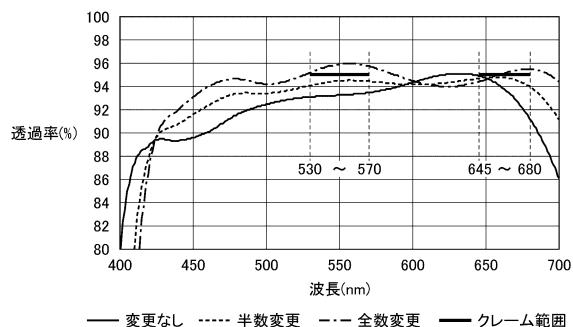
【図18】

図18



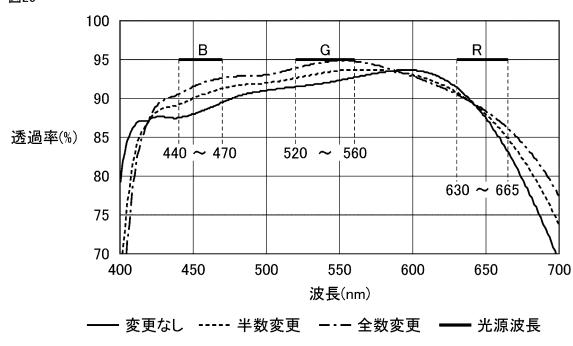
【図19】

図19



【図20】

図20



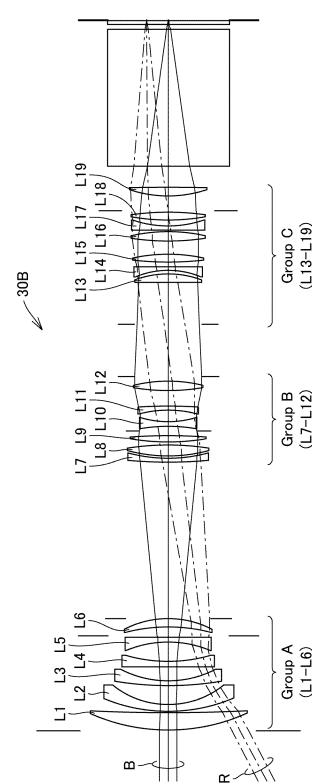
【図21】

図21

	光軸上			光軸外		
	変更なし	半数変更	全数変更	変更なし	半数変更	全数変更
全系透過率	92.7	93.5	94.6	83.1	84.0	85.3
B(440~470nm)	89.9	91.6	93.5	86.6	88.1	89.6
G(520~560nm)	93.2	93.9	95.5	89.3	89.5	91.5
R(630~665nm)	94.6	94.7	94.6	72.9	74.3	74.5

【図22】

図22



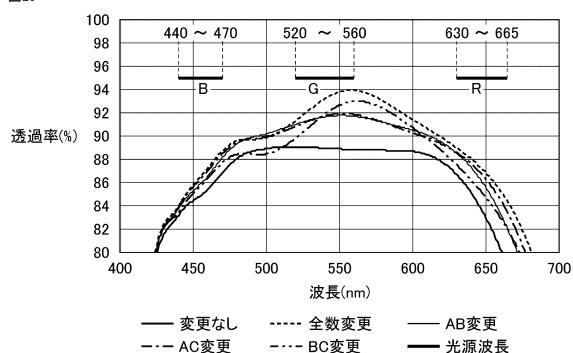
【図23】

図23

レンズ位置	変更内容				
	変更なし	全数変更	AB変更	AC変更	BC変更
Gr-A	—	○	○	○	—
Gr-B	—	○	○	—	○
Gr-C	—	○	—	○	○

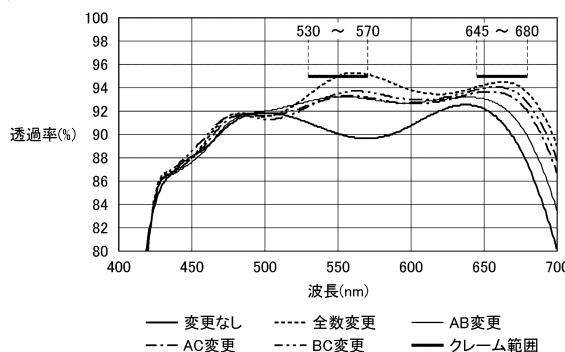
【図25】

図25



【図24】

図24



【図26】

図26

		光軸上				光軸外			
		全数変更	AB変更	AC変更	BC変更	全数変更	AB変更	AC変更	BC変更
W(B,G,R)	90.5	92.6	91.7	91.9	92.2	85.9	89.1	88.0	88.4
B(B440-470)	88.6	88.9	88.3	88.7	89.3	85.5	86.5	86.0	86.3
G(520-565)	90.6	94.2	93.0	92.9	93.0	89.0	93.0	91.6	91.7
R(630-665)	92.1	94.1	93.0	93.5	93.8	83.3	87.0	85.8	86.5

---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
H 0 4 N 9/31 (2006.01) H 0 4 N 9/31

審査官 石本 努

(56)参考文献 特表2015-502558 (JP, A)  
特開2007-213021 (JP, A)  
特開2001-100002 (JP, A)  
特開2013-238709 (JP, A)  
特開2009-134217 (JP, A)  
特開2000-047102 (JP, A)  
特開2009-069369 (JP, A)  
国際公開第2014/132796 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 B 1 / 1 0 - 1 / 1 8  
9 / 0 0 - 2 1 / 3 6  
2 5 / 0 0 - 2 5 / 0 4  
2 7 / 0 0 - 2 7 / 6 4  
G 0 3 B 2 1 / 0 0 - 2 1 / 1 0  
2 1 / 1 2 - 2 1 / 1 3  
2 1 / 1 3 4 - 2 1 / 3 0  
3 3 / 0 0 - 3 3 / 1 6  
H 0 4 N 5 / 6 6 - 5 / 7 4