

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 2 月 6 日(06.02.2014)



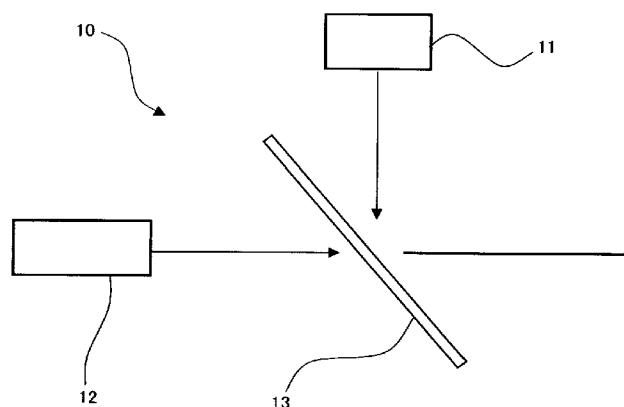
(10) 国際公開番号
WO 2014/020728 A1

- (51) 国際特許分類:
G03B 21/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/069610
- (22) 国際出願日: 2012 年 8 月 1 日(01.08.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): NEC ディスプレイソリューションズ株式会社(NEC DISPLAY SOLUTIONS, LTD.) [JP/JP]; 〒1080073 東京都港区三田一丁目 4 番 2 8 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 長瀬 法子 (NAGASE, Noriko) [JP/JP]; 〒1080073 東京都港区三田一丁目 4 番 2 8 号 NEC ディスプレイソリューションズ株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 宮崎 昭夫, 外(MIYAZAKI, Teruo et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門 2 丁目 1 0 番 1 号 虎ノ門ツインビルディング西棟 1 1 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: ILLUMINATION OPTICAL SYSTEM AND PROJECTION DISPLAY DEVICE

(54) 発明の名称: 照明光学系及び投射型表示装置

[図1]



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide an illumination optical system that is capable of emitting monochromatic light having high brightness while taking safety into consideration. The illumination optical system is provided with: a first light source that emits monochromatic coherent light having a first peak wavelength that belongs to a wavelength range of visible light; a second light source that emits monochromatic incoherent light having a second peak wavelength belonging to a wavelength range exhibiting the same color as the coherent light; and a dichroic mirror that predominantly reflects one of the coherent light and the incoherent light and predominantly transmits the other, and synthesizes the optical path of the coherent light and the optical path of the incoherent light.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/020728 A1



本発明の一目的は、安全性を考慮しつつ高輝度な単色光を出射可能な照明光学系を提供することにある。照明光学系は、可視光の波長領域に属する第1のピーク波長を有する単色のコヒーレント光を出射する第1の光源と、コヒーレント光と同一の色を示す波長領域に属する第2のピーク波長を有する単色のインコヒーレント光を出射する第2の光源と、コヒーレント光とインコヒーレント光のうち的一方を主に反射し、他方を主に透過するダイクロイックミラーであって、コヒーレント光の光路とインコヒーレント光の光路を合成するダイクロイックミラーと、を備えている。

明 細 書

発明の名称：照明光学系及び投射型表示装置

技術分野

[0001] 本発明は、コヒーレント光源とインコヒーレント光源とを含む照明光学系及び当該照明光学系を含む投射型表示装置に関する。

背景技術

[0002] 現在、プロジェクタのような投射型表示装置に用いられる光源として、主に水銀ランプが用いられている。しかしながら、環境汚染を防止するため、水銀フリーの製品の開発が望まれている。このような背景の元、水銀を含まない発光ダイオード（LED）やレーザダイオード（LD）を用いたプロジェクタが注目されている（特開2012-8549号公報参照）。LEDやLDは、単色光を出射する光源として知られている。特に、レーザ光は、指向性、単色性、可干渉性が高いため、高輝度で色再現性の良いプロジェクタの実現を可能にする。

[0003] ここで、「単色光」とは、単一の波長のみを有する光に限定されず、人が単一の色と認識する程度の波長分布を有する光を含むものとする。すなわち、本明細書において、「単色光」とは、ピーク波長を中心に、ある程度の波長分布を有する光を含むものとする。

[0004] レーザ光はコヒーレント光であるため、レーザの出力が低くても、レーザ光を直視すると人体に障害を与えることがある。そのため、人体への安全に配慮する必要がある。しかし、安全性と明るさはトレードオフの関係にある。すなわち、安全性を考慮してレーザ光源の出力を下げると、明るさは低下する。逆に、明るさを増大させると、レーザ光源の出力が高くなり、安全性に欠ける。

[0005] したがって、安全性を考慮しつつ高輝度な単色光を出射可能な照明光学系を提供することが望まれる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開 2 0 1 2 - 8 5 4 9 号公報

発明の概要

[0007] 一実施形態における照明光学系は、可視光の波長領域に属する第1のピーク波長を有する単色のコヒーレント光を出射する第1の光源と、コヒーレント光と同一の色を示す波長領域に属する第2のピーク波長を有する単色のインコヒーレント光を出射する第2の光源と、コヒーレント光とインコヒーレント光のうちの一方を主に反射し、他方を主に透過するダイクロイックミラーであって、コヒーレント光の光路とインコヒーレント光の光路を合成するダイクロイックミラーと、を備えている。

[0008] 本発明の投射型表示装置は、上記の照明光学系を含んでいる。

[0009] 上記構成の照明光学系では、コヒーレント光とインコヒーレント光とを合成することによって、コヒーレント光の出力を抑制しつつも、高輝度な単色光を実現することができる。その結果、安全性を考慮しつつ高輝度な単色光を出射可能な照明光学系を提供することが可能となる。

[0010] 本発明の上記及び他の目的、特徴、利点は、本発明を例示した添付の図面を参照する以下の説明から明らかとなろう。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の一実施形態における照明光学系の概略構成を示す図である。

[図2]図1に示すダイクロイックミラーの特性の一例を示すグラフである。

[図3]ダイクロイックミラーの特性と各光源から出射した光の強度との関係の一例を示すグラフである。

[図4]ダイクロイックミラーの特性と各光源から出射した光の強度との関係の別の例を示すグラフである。

[図5]図1に示す照明光学系を含む投写型表示装置の構成を示す模式図である。

[図6]投射レンズの瞳径と視角との関係を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0012] 次に、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。

[0013] 図 1 は、本発明の一実施形態における照明光学系の概略構成を示している。

照明光学系 10 は、第 1 の光源 11 と、第 2 の光源 12 と、ダイクロイックミラー 13 と、を備えている。第 1 の光源 11 は偏光したコヒーレント光源である。第 2 の光源 12 は無偏光のインコヒーレント光源である。第 1 の光源 11 は、例えばレーザダイオードのようなレーザ光源であって良い。第 2 の光源 12 は、例えば発光ダイオード (LED) であって良い。

[0014] 第 1 の光源 11 は、可視光の波長領域に属する第 1 のピーク波長 λ_1 を有する単色のコヒーレント光を射出する。このコヒーレント光は偏光している光である。第 2 の光源 12 は、上記コヒーレント光と同一の色を示す波長領域に属する第 2 のピーク波長 λ_2 を有する単色のインコヒーレント光を射出する。このインコヒーレント光は偏光していない光、すなわち、無偏光光である。第 1 の光源 11 と第 2 の光源 12 とは、同一色の波長領域に属する光を射出する。

[0015] 第 1 の光源 11 及び第 2 の光源 12 は、例えば、赤色波長領域の光と青色波長領域の光と緑色波長領域の光のうちのいずれかを射出する。ここで、青色波長領域は 440 nm ~ 500 nm の範囲であり、緑色波長領域は 500 ~ 580 nm であり、赤色波長領域は 580 nm ~ 750 nm である。

[0016] 第 1 の光源 11 及び第 2 の光源 12 は、例えば、赤色光、青色光または緑色光のような単色光を射出する。ここで、「単色光」とは、単一の波長のみを有する光に限定されず、人に単一の色と認識される程度の波長分布を有する光を含むものとする。すなわち、本明細書において、「単色光」とは、ピーク波長を中心に波長分布を有する光を含む。

[0017] ダイクロイックミラー 13 は、第 1 の光源 11 から出射したコヒーレント光と、第 2 の光源 12 から出射したインコヒーレント光とを合成する。図 1 に示す例では、第 1 の光源 11 から出射したコヒーレント光はダイクロイックミラー 13 で反射する。第 2 の光源 12 から出射したインコヒーレント光はダイクロイックミラー 13 を透過する。ダイクロイックミラー 13 で反射

したコヒーレント光と、ダイクロイックミラー 13 を透過したインコヒーレント光とは、合成されて同一の方向に進む。

[0018] 図 1 に示す例では、ダイクロイックミラー 13 は、第 1 の光源 11 から出射したコヒーレント光を主に反射し、第 2 の光源 12 から出射したインコヒーレント光を主に透過する。ここで、コヒーレント光のダイクロイックミラー 13 への入射角も、インコヒーレント光のダイクロイックミラー 13 への入射角も共に 45 度である。

[0019] レーザ光のようなコヒーレント光は、レーザの出力が低くても、人体に障害を与えることがある。上記の照明光学系 10 は、コヒーレント光とインコヒーレント光とを合成することによって、コヒーレント光の光源 11 の出力が小さくても、高輝度な単色光を出射可能となる。そのため、高輝度な単色光を維持したまま、人体への安全に配慮し、光源 11 の出力を下げることも可能となる。

[0020] 図 2 は、ダイクロイックミラー 13 の反射／透過特性を示している。図 2 に示す特性を有するダイクロイックミラーは、波長 λ_3 より長い波長を有する S 偏光の光を主に反射し、波長 λ_3 より短い波長を有する S 偏光の光を主に透過する。また、このダイクロイックミラーは、波長 λ_4 より長い波長を有する無偏光の光を主に反射し、波長 λ_4 より短い波長を有する無偏光の光を主に透過する。さらに、このダイクロイックミラーは、波長 λ_5 より長い波長を有する P 偏光の光を主に反射し、波長 λ_5 より短い波長を有する P 偏光の光を主に透過する。ここで、 $\lambda_3 \sim \lambda_5$ は、透過率が 50% になる分離波長であり、 $\lambda_3 < \lambda_4 < \lambda_5$ の関係がある。換言すると、波長 λ_3 が一番短い波長で、波長 λ_5 が一番長い波長である。本実施例においては、S 偏光の光又は P 偏光の光はコヒーレント光に相当し、無偏光の光はインコヒーレント光に相当する。

[0021] 図 3 は、ダイクロイックミラーの特性と各光源から出射した光の強度との関係の一例を示すグラフである。第 1 の光源 (LD) 11 から出射したコヒーレント光の波長 λ_1 は、第 2 の光源 (LED) 12 から出射したインコヒ

ーレント光の波長 λ_2 よりも長い。第1の光源(LD)11から出射したコヒーレント光の偏光方向は、ダイクロイックミラー13の反射面に対してS偏光とされていて良い。また、ダイクロイックミラー13は、S偏光(コヒーレント光)に対する分離波長 λ_3 が、無偏光(インコヒーレント光)に対する分離波長 λ_4 よりも短いという特性を有する。この場合、図3に示すように、「 $\lambda_1 > \lambda_3$ かつ $\lambda_2 < \lambda_4$ 」という関係を満たすことが好ましい。ここで、「 $\lambda_3 < \lambda_4$ 」という関係があるので、「 $\lambda_3 = \lambda_4$ 」という関係を満たす場合と比較して、 λ_1 と λ_2 との差を小さくすることができる。つまり、第2の光源(LED)12から出射するインコヒーレント光のピーク波長 λ_2 を、第1の光源(LD)11から出射するコヒーレント光のピーク波長 λ_1 に近づけることが可能である。

[0022] 図4は、ダイクロイックミラーの特性と各光源から出射した光の強度との関係の別の例を示すグラフである。第1の光源(LD)11から出射したコヒーレント光の波長 λ_1 は、第2の光源(LED)12から出射したインコヒーレント光の波長 λ_2 よりも短い。図4に示す特性を有するダイクロイックミラーは、波長 λ_6 より長い波長を有するS偏光の光を主に透過し、波長 λ_6 より短い波長を有するS偏光の光を主に反射する。また、このダイクロイックミラーは、波長 λ_7 より長い波長を有する無偏光の光を主に透過し、波長 λ_7 より短い波長を有する無偏光の光を主に反射する。さらに、このダイクロイックミラーは、波長 λ_8 より長い波長を有するP偏光の光を主に透過し、波長 λ_8 より短い波長を有するP偏光の光を主に反射する。ここで、 $\lambda_6 \sim \lambda_8$ は、透過率が50%になる分離波長であり、 $\lambda_6 > \lambda_7 > \lambda_8$ の関係がある。換言すると、波長 λ_6 が一番長い波長で、波長 λ_8 が一番短い波長である。

[0023] 第1の光源(LD)11から出射したコヒーレント光はS偏光である。この場合、ダイクロイックミラー13は、S偏光(コヒーレント光)に対する分離波長 λ_6 が、無偏光(インコヒーレント光)に対する分離波長 λ_7 よりも長いという特性を有する。この場合、図4に示すように、「 $\lambda_1 < \lambda_6$ か

「 $\lambda_2 > \lambda_7$ 」という関係を満たすことが好ましい。ここで、「 $\lambda_6 > \lambda_7$ 」という関係があるので、「 $\lambda_6 = \lambda_7$ 」という関係を満たす場合と比較して、 λ_1 と λ_2 との差を小さくすることができる。

[0024] 以上、S偏光のコヒーレント光をダイクロイックミラー13で反射し、無偏光のインコヒーレント光をダイクロイックミラー13で透過させ、2つの光を合成する場合について説明した。この場合、コヒーレント光とインコヒーレント光のピーク波長を互いに近づけることができるので、色純度の劣化が防止できる。

[0025] ところで、第1の光源(LD)11を90度回転するとP偏光のコヒーレント光を得ることができる。そして、このP偏光のコヒーレント光(波長 λ_{1P})と無偏光のインコヒーレント光(波長 λ_2)を合成することもできる。この場合は、無偏光のインコヒーレント光をダイクロイックミラーで反射し、P偏光のコヒーレント光をダイクロイックミラーで透過するようにするのが好ましい。具体的には、図2と図3に示す特性のダイクロイックミラーを用い、「 $\lambda_{1P} < \lambda_5$ 、 $\lambda_2 > \lambda_4$ 、 $\lambda_{1P} > \lambda_2$ 」の関係を満たせばよい。図4に示す特性のダイクロイックミラーを用いる場合には、「 $\lambda_{1P} > \lambda_8$ 、 $\lambda_2 < \lambda_7$ 、 $\lambda_{1P} < \lambda_2$ 」の関係を満たせばよい。このようにすることでも、コヒーレント光とインコヒーレント光のピーク波長を互いに近づけることができる。

[0026] 次に、上記の照明光学系を備えた投射型表示装置について説明する。図5は、一実施形態における投射型表示装置としてのプロジェクタの構成を示している。

[0027] 投射型表示装置は、第1の照明光学系10aと第2の照明光学系10bと第3の照明光学系21、23を備えている。第1の照明光学系10aと第2の照明光学系10bは、図1に示す照明光学系と同様の構成を有する。

[0028] 第1の照明光学系10aは、第1の光源11aと、第2の光源12aと、第1のダイクロイックミラー13aと、を有する。第1の光源11aは、赤色領域内の波長を有する単色のコヒーレント光を射出するレーザ光源である

。第2の光源12aは、赤色領域内の波長を有する単色のインコヒーレント光を射出する。

[0029] 第1のダイクロイックミラー13aは、第1の光源11aから出射したコヒーレント光と、第2の光源12aから出射したインコヒーレント光とを合成する。具体的には、第1のダイクロイックミラー13aは、図3に示す特性を有していて良い。この場合、第1の光源11aから出射したコヒーレント光はS偏光である。

[0030] 第2の照明光学系10bは、第3の光源11bと、第4の光源12bと、第2のダイクロイックミラー13bと、を有する。第3の光源11bは、青色領域内の波長を有するコヒーレント光を射出するレーザ光源である。第2の光源12bは、青色領域内の波長を有するインコヒーレント光を射出する。第2のダイクロイックミラー13bは、第3の光源11bから出射したコヒーレント光と、第4の光源12bから出射したインコヒーレント光とを合成する。この場合、第2の光源11bから出射したコヒーレント光はS偏光である。

[0031] 第3の照明光学系は緑色の光を射出する。第3の照明光学系は、青色のレーザ光を出射するレーザダイオード21と、光の照射により緑色の蛍光を発生する緑色蛍光体23と、を備えている。ここで、レーザダイオード21は、緑色蛍光体23を励起させる波長の光を出射できればよいので、緑色よりも波長が短い光（例えば、青色や紫外線）であればよい。

[0032] レーザダイオード21から出射した青色レーザ光は、ダイクロイックミラー22を透過し、緑色蛍光体23に照射される。これにより緑色蛍光体23は、励起し、緑色に対応する波長を有する緑色光を放出する。

[0033] 投射型表示装置は、赤色光の光路と青色光の光路と緑色光の光路とを合成する合成光学系22、24を有する。合成光学系は、ダイクロイックミラー22、24から構成されている。ダイクロイックミラー22は、赤色波長領域及び青色波長領域の光を透過し、緑色波長領域の光を反射する特性を有する。ダイクロイックミラー24は、赤色波長領域及び緑色波長領域の光を透

過し、青色波長領域の光を反射する特性を有する。なお、合成光学系は、図 5 に示す具体的な構成に限定されず、3 色の光を合成できる構成であれば良い。

[0034] 第 1 の照明光学系 10 a から出射された赤色の合成光は、ダイクロイックミラー 22 及びダイクロイックミラー 24 を透過する。

[0035] 第 3 の照明光学系の蛍光体 23 から放出された緑色光は、ダイクロイックミラー 22 で反射する。これにより、緑色光は、第 1 の照明光学系 10 a から出射された赤色光と合成される。

[0036] 緑色光と赤色光との合成光は、ダイクロイックミラー 24 を透過する。第 2 の照明光学系 10 b から出射された青色の合成光は、ダイクロイックミラー 24 で反射する。これにより、赤色光と緑色光と青色光とが合成される。

[0037] 3 色の光が合成された合成光は、レンズ群 31 を透過し、TIR プリズム 32 に入射する。TIR プリズム 32 に入射した合成光は、TIR プリズム 32 の全反射面で反射し、反射型画像素子 33 に入射する。反射型画像素子 33 としては、デジタルミラーデバイス (DMD) を用いることができる。

[0038] DMD は、マトリックス状に配列された多数の微小ミラーを備えた半導体型投写デバイスである。各微小ミラーが、投射される画像の画素に対応する。各微小ミラーはその鏡面をねじれ軸周りに所定の角度、例えば ± 12 度または ± 10 度、傾斜することができるよう構成されている。

[0039] 各微小ミラーの下部に設けられた電極を駆動することにより、各微小ミラーを、ON 状態 ($+12$ 度傾斜) と OFF 状態 (-12 度) とに切り替えることができる。ON 状態の微小ミラーに入射した光は、投写レンズ 34 の方向に反射され、スクリーンに拡大投影される。OFF 状態の微小ミラーに入射した光は、投写レンズ 34 とは異なる方向に反射され、スクリーンに投影されない。各微小ミラーにおいて ON 状態と OFF 状態の切り替えを高速で行い、ON 状態と OFF 状態の時間的な比率を変化させる。これにより、各画素の階調を表現することができる。

[0040] スクリーンにカラー画像を投影するためには、各色の光を時間的に分離し

てDMDに入射させる。つまり、各色のパルスが時間的に重ならないように、第1～第3の照明光学系から射出される光のパルスを制御する。一例として、赤色の光を投影する場合は、赤色の光が当る瞬間だけ微小ミラーをON状態にする。

[0041] ON状態の微小ミラーで反射した光は、TIRプリズム32を透過し、投影レンズ34を通してスクリーンへ結像する。これにより、スクリーン上にカラー画像が表示される。

[0042] 第1の照明光学系10a、第2の照明光学系10b第3の照明光学系21, 23は、例えば240Hzの周波数で、各色の光パルスを発する。互いに異なる色の光パルスは同時には射出されない。つまり、赤色のパルス、緑色のパルス、青色のパルスは、時間的に分離して、順番に点灯される。一例として、青色光の点灯シーケンスは15%、赤色の点灯シーケンス25%とすることができる。

[0043] 以下、上記の投射型表示装置において、レーザの安全性について説明する。レーザの安全性については、国際電気標準会議が制定する国際規格IEC 60825-1で規定されている。この規格では、レーザは波長や強度等に応じてクラス分けされる。そのクラス毎に、許容される最大の放出レベルである「被ばく放出限界」が定められている。被ばく放射限界を求める計算式は、レーザ光の波長や被ばく時間に応じて詳細に定められている。上記のクラス分けは、以下の3つの要求事項に基づいて行われる。3つの要求事項の中で最も制限の強い被ばく放出限界の値が用いられる。

・要求事項1

パルス列内のどの単一パルスからの露光も、単一パルスに対する被ばく放射限界を超えてはならない。

・要求事項2

放出持続時間T内のパルス列の平均パワーの被ばく放射限界は、放出持続時間Tの時間幅を有する単一パルスの被ばく放射限界に対応するパワーを超えてはならない。

・要求事項 3

パルス当たりのエネルギーは、補正係数 C_5 を乗じた単一パルスに対する被ばく放射限界を超えてはならない。ただし、パルスの持続時間が 0.25 秒未満の場合だけ、補正係数 C_5 を乗じる。

[0044] ここでは、人間の瞬きの時間、つまりレーザ光を見てから回避行動をとるまでの時間（約 0.25 sec ）に対して網膜が損傷しないという安全性が確保されるクラスに対して検討する。上記の各要求事項における被ばく放射限界を求める計算式は、光線の波長や被ばく放射時間によって、細かく分類されている。レーザ光の波長が $400 \sim 700 \text{ nm}$ では、それぞれの要求事項の被ばく放射限界 $A_1 \sim A_3$ は以下のように表される。

・要求事項 1 : $A_1 = 7 \times 10^{-4} \times t^{0.75} \times C_6 \text{ [J]}$

(波長 $\lambda = 400 \sim 700 \text{ nm}$, $t < 0.25 \text{ [sec]}$)

・要求事項 2 : $A_2 = C_6 \times 10^{-3} \text{ [W]}$

(波長 $\lambda = 400 \sim 700 \text{ nm}$, $t \geq 0.25 \text{ [sec]}$)

・要求事項 3 : $A_3 = (\text{要求事項 1 の計算結果}) \times C_5$

ここで、 C_5 , C_6 は補正係数であり、 t は放出持続時間（被ばくする時間）を表す。

[0045] 本実施例において、被ばく放射限界を求めるため、まず、青色レーザ光源または赤色レーザ光源から出射される青色光または赤色光の各パルスのパルス幅（時間幅） t_{p_blue} , t_{p_red} を算出する。一般的に各光源からの単一パルスのパルス幅 t_p は、「 $t_p = (1 / \text{周波数}) \times \text{点灯シーケンス}$ 」と表される。

[0046] ここで、本実施例では、周波数 $= 240 \text{ [Hz]}$ で各光源を順番に点灯し、青色光の点灯シーケンスは 15% 、赤色の点灯シーケンス 25% であるとする。したがって、青色光及び赤色光の各パルスのパルス幅 t_{p_blue} , t_{p_red} は以下のように求められる。

[0047] $t_{p\_blue} = (1 / 240 \text{ [Hz]}) \times 0.15 = 0.625 \times 10^{-3} \text{ [s]}$
 (1)

$$t_{p_{red}} = (1 / 240 \text{ [Hz]}) \times 0.25 = 1.04 \times 10^{-3} \text{ [s]} \quad (2)$$

これらの値 $t_{p_{blue}}$, $t_{p_{red}}$ が、要求事項 1 における放出持続時間に相当する。

[0048] 次に、補正係数 C_6 を求める。補正係数 C_6 は、下記の式：

$$C_6 = \alpha / \alpha_{min} \quad (3)$$

により求めることができる。

[0049] ここで、「 α 」は視角、つまり、投影される物体の両端から目までの二直線が作る角度である。 α_{min} は、一般的に考えられ得る最小の視角を表している。最も小さく絞られたときにおいて、眼球網膜上の像の大きさは $25 \sim 30 \text{ } [\mu\text{m}]$ であり、眼球の焦点距離は約 17 [mm] である。これらの数値を用いて最小の視角を計算すると、 $\alpha_{min} \doteq 1.5$ となる。

[0050] 図 7 に示すように、瞳から $L = 100 \text{ [mm]}$ 離れた位置での視角 α を求める。図 7 より、

$$\cos(\alpha / 2) = L / b \quad (4)$$

という関係式が導かれる。

[0051] ここで、「 b 」は図中の長さ「 a 」を用いて、下記式：

$$b = ((a / 2)^2 + L^2)^{1/2} \quad (5)$$

で表される。

[0052] また、長さ「 a 」は、投写レンズの瞳径「 d 」を用いて下記式：

$$a = d / 2^{1/2} \quad (6)$$

で表される。

[0053] したがって、上記 (4) ～ (6) 式より、視角 α は、投写レンズの瞳径 d と L を用いて、下記数式：

$$\alpha = 2 \times \cos^{-1} (L / (d^2 / 8 + L^2)^{1/2}) \quad (7)$$

で表される。

[0054] 本実施例の投写レンズの瞳径 d は、青色光に対して $d_{blue} = 2.3 \text{ [mm]}$ であり、赤色光に対して $d_{red} = 2.2 \text{ [mm]}$ である。なお、このレンズ

の瞳径は、実測値であるため、レーザ光の色（波長）によって若干の差がある。各光に対するレンズの瞳径と、長さ $L (= 100 \text{ [mm]})$ とを上記数式に代入すると、各光に対する視覚 α_{blue} , α_{red} が以下のように得られる。

$$\alpha_{\text{blue}} \doteq 23.8 \text{ [mrad]} \quad (8)$$

$$\alpha_{\text{red}} \doteq 22.0 \text{ [mrad]} \quad (9)$$

これらの視覚の値と、上記の $\alpha_{\text{min}} = 1.5$ の値を上記数式に代入することで、それぞれの色のレーザ光に対する補正係数 $C6_{\text{blue}}$, $C6_{\text{red}}$ が、

$$C6_{\text{blue}} = 15.9 \quad (10)$$

$$C6_{\text{red}} = 14.7 \quad (11)$$

のように求められる。

[0055] 次に、補正係数 $C5$ を求める。補正係数 $C5$ は下記数式で与えられる。

$$[0056] \quad C5 = N^{-0.25}$$

ここで、 N は、放出持続時間内に放出されるパルス数である。本実施例では、人間の瞬きの時間 (0.25 [sec]) に対して網膜が損傷しない安全が確保される範囲を考慮するため、発生する可能性のある全ての放出持続時間は 0.25 [sec] である。したがって、放出持続時間内の各色のレーザ光のパルス数 N は、

$$N = 0.25 \text{ [sec]} \times 240 \text{ [Hz]} = 60 \quad (12)$$

となる。

[0057] したがって、補正係数 $C5$ は、

$$C5 = 60^{-0.25} \quad (13)$$

によって表される。

[0058] 補正係数 $C6$ の値と上記数式 (1) の $t_{p_{\text{blue}}}$ の値を用いると、青色レーザ光に対する要求事項 1 の被ばく放射限界 $A1_{\text{blue}}$ は以下のように表される。

$$A1_{\text{blue}} = 7 \times 10^{-4} \times t_{p_{\text{blue}}}^{0.75} \times C6_{\text{blue}} \text{ [J]} = 43.90 \times 10^{-6} \text{ [J]}$$

ここで、被ばく時間 $t_{p\_blue} = 0.625 \times 10^{-3} [sec]$ で割って、被ばく放射限界 A_{1_blue} を単位換算すると、 $70.23 [mW]$ となる。

[0059] 次に、補正係数 C_6 の値を用いると、青色レーザ光に対する要求事項 2 の被ばく放射限界 A_{2_blue} は以下のように表される。

$$A_2 = C_6 \times 10^{-3} [W] = 15.9 \times 10^{-3} [W]$$

上記の A_2 の値は、時間基準 ($T = 0.25 [sec]$) での放出パワーを指している。そこで、 $T = 0.25 [sec]$ を掛けて、被ばく放射限界 A_{1_blue} を単位換算すると、 $3.975 [J]$ となる。さらに、この値を、一パルス当りのエネルギーを求めるためにパルス数 N で割り、一パルスの被ばく時間 t_p で割って単位換算すると、 $105.8 [mW]$ となる。

[0060] 次に、要求事項 3 の被ばく放射限界 A_{3_blue} を A_{1_blue} と同様に単位換算すると、 $25.23 [mW]$ になる。したがって、最も制限の厳しい要求事項は、要求事項 3 となる。

[0061] 赤色レーザ光に対しても、各要求事項 1～3 について、上記と同様に単位換算すると、要求事項 1 について $57.22 [mW]$ 、要求事項 2 について $58.9 [mW]$ 、要求事項 3 について $20.6 [mW]$ という値が得られる。したがって、赤色レーザ光についても、最も制限の厳しい要求事項は、要求事項 3 となる。

[0062] 上記の計算によれば、各色レーザ光の被曝放射限界は $25.23 [mW]$ となり、赤色レーザ光の被曝放射限界は $25.23 [mW]$ となる。この値は、投写レンズ 34 から出射した直後で、人間の瞬きの時間 $0.25 [sec]$ 内に網膜が損傷しないことが確保される範囲の放出限界の値である。ここで求めた被ばく放射限界は、人間の瞳径 $\phi 7 [mm]$ の開口に入射可能な値である。これを、投写レンズ 34 の出射直後で、光透過可能な面積における被ばく放射限界の値に換算する。本実施例において、投写レンズ 34 の光透過面積は、 $274.3 [mm^2]$ であった。したがって、投写レンズ出射直後での被ばく放射限界は、上記の値に、「投写レンズ光透過面積/ $\phi 7$ 開口面積」を乗じた値として得られる。すなわち、青色レーザ光について、投写レ

レンズ出射直後での被ばく放射限界は、 179.75 [mW] であり、赤色レーザー光について、投写レンズ出射直後での被ばく放射限界は、 144.63 [mW] である。

[0063] 上記の投射型表示装置では、スクリーンに白色を表す場合においても、第1～第3の照明光学系を同時に点灯することはない。したがって、投射型表示装置の被ばく放射限界は、各々の色に対応する照明光学系の被ばく放射限界と同じになる。

[0064] 実際に用いられた第1の光源(LD) 11aから出射された赤色レーザー光のピーク波長での視感度は、 109.2 [lm/W] である。また、第3の光源(LD) 11bから出射された青色レーザー光のピーク波長での視感度は、 32.8 [lm/W] である。これらの値を用いると、投写レンズ34出射直後における青色光の明るさ限界は 5.90 [lm] であり、投写レンズ34出射直後における赤色光の明るさ限界は 15.8 [lm] である。

[0065] 上記の被曝放射限界の計算は、インコヒーレント光源を考慮せず、コヒーレント光源のみ存在する場合について計算した。次に、照明光学系が、レーザー光源とLED光源とを含む場合について、被ばく放射限界での明るさを算出する。青色LED(第4の光源12b)として、点灯時間の15%で駆動したときに 20 [lm] の光を放射するものを使用する。投射型表示装置の光利用効率が30%であるため、青LEDからの光は、投写レンズ34から出射するときに 6 [lm] となる。レーザー光源(第3の光源) 11bからの光、つまり 5.90 [lm] の光と、青色LEDの光とを合成すると、 11.9 [lm] の合成光となる。したがって、放射限界での明るさは約2倍になる。 11.9 [lm] の光をレーザー光源11bのみから出射する場合、光をレーザー光源11bの視感度 32.8 [lm/W] を考慮すると、レーザー光源11bのパワーは 362 [mW] となる。これは、瞬きの時間 0.25 [sec] に対して網膜が損傷しない安全が確保される範囲を大きく越えており、直接ビームを観察すると潜在的に危険なものになってしまう。

[0066] 赤色についても同様の条件で計算をする。赤色LED(第2の光源12a

）として、点灯時間の25%で駆動したときに20 [lm]の光を放射するものを使用する。光利用効率が25%であるため、赤LEDからの光は、投写レンズ34から出射したときには5 [lm]となっている。レーザ光源（第1の光源）11aからの光、つまり15.8 [lm]の光と、赤色LEDの光とを合成すると、20.8 [lm]の合成光となる。したがって、放射限界での明るさは約1.3倍になる。20.8 [lm]の光をレーザ光源11aのみで出射しようとした場合、赤色レーザ光源（LD）11aの視感度109.2 [lm/W]を用いて算出すると、赤色レーザ光源11aのパワーは190 [mW]となる。これは、瞬きの時間0.25 [sec]に対して網膜が損傷しない安全が確保される範囲を大きく越えており、直接のビーム観察は潜在的に危険となる。

[0067] このように、コヒーレント光源（レーザ光源）とインコヒーレント光源とを組合せることにより、安全性に考慮しながら、明るさを向上することが可能になる。

[0068] 図5に示す例では、赤色波長領域の赤色光を出射する第1の照明光学系10aと、青色波長領域の青色光を出射する第2の照明光学系10bとが、図1に示す構成を有している。しかしながら、本発明は、赤色波長領域の赤色光を出射する第1の照明光学系と、青色波長領域の青色光を出射する第2の照明光学系と、緑色波長領域の緑色光を出射する第3の照明光学系とのうちの少なくとも1つが、図1に示す構成を有していれば良い。

[0069] 以上、本発明の望ましい実施形態について提示し、詳細に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、要旨を逸脱しない限り、さまざまな変更及び修正が可能であることを理解されたい。

符号の説明

[0070] 10, 10a, 10b 照明光学系
11, 11a 第1の光源
12, 12a 第2の光源
11b 第3の光源

1 2 b 第4の光源

1 3, 1 3 a, 1 3 b ダイクロイックミラー

2 1 レーザダイオード

2 2, 2 4 ダイクロイックミラー

2 3 蛍光体

3 1 レンズ群

3 2 T I Rプリズム

3 3 反射型画像素子

3 4 投写レンズ

請求の範囲

- [請求項1] 可視光の波長領域に属する第1のピーク波長を有する単色のコヒーレント光を出射する第1の光源と、
- 前記コヒーレント光と同一の色を示す波長領域に属する第2のピーク波長を有する単色のインコヒーレント光を出射する第2の光源と、
- 前記コヒーレント光と前記インコヒーレント光のうちの一方を主に反射し、他方を主に透過するダイクロイックミラーであって、前記コヒーレント光の光路と前記インコヒーレント光の光路を合成するダイクロイックミラーと、を備えた照明光学系。
- [請求項2] 請求項1に記載の照明光学系であって、
- 前記ダイクロイックミラーは、コヒーレント光に対する透過率が50%になる第1の分離波長が、インコヒーレント光に対する透過率が50%になる第2の分離波長よりも小さいという特性を有し、
- 前記第1のピーク波長が前記第1の分離波長よりも大きく、
- 前記第2のピーク波長が前記第2の分離波長よりも小さい、照明光学系。
- [請求項3] 請求項1に記載の照明光学系であって、
- 前記ダイクロイックミラーは、コヒーレント光に対する透過率が50%になる第1の分離波長が、インコヒーレント光に対する透過率が50%になる第2の分離波長よりも大きいという特性を有し、
- 前記第1のピーク波長が前記第1の分離波長よりも小さく、
- 前記第2のピーク波長が前記第2の分離波長よりも大きい、照明光学系。
- [請求項4] 請求項1から3のいずれか1項に記載の照明光学系であって、
- 前記ダイクロイックミラーは前記コヒーレント光を主に反射し、前記コヒーレント光は前記ダイクロイックミラーに対してS偏光である、照明光学系。
- [請求項5] 請求項1から4のいずれか1項に記載の照明光学系であって、

前記コヒーレント光源はレーザ光源である、照明光学系。

[請求項6]

赤色波長領域の赤色光を出射する第1の照明光学系と、

青色波長領域の青色光を出射する第2の照明光学系と、

緑色波長領域の緑色光を出射する第3の照明光学系と、を備え、

前記第1の照明光学系、前記第2の照明光学系及び前記第3の照明光学系のうちの少なくとも1つは、

可視光の波長領域に属する第1のピーク波長を有する単色のコヒーレント光を出射する第1の光源と、

前記コヒーレント光と同一の色を示す波長領域に属する第2のピーク波長を有する単色のインコヒーレント光を出射する第2の光源と、

前記コヒーレント光と前記インコヒーレント光のうちの一方を主に反射し、他方を主に透過するダイクロイックミラーであって、前記コヒーレント光の光路と前記インコヒーレント光の光路を合成するダイクロイックミラーと、を備えている、照明光学系。

[請求項7]

請求項6に記載の照明光学系であって、

前記第1の照明光学系、前記第2の照明光学系及び前記第3の照明光学系は、前記赤色光のパルスと前記青色光のパルスと前記緑色光のパルスとが時間的に重ならないように、それぞれ前記赤色光、前記青色光及び前記緑色光を出射する、照明光学系。

[請求項8]

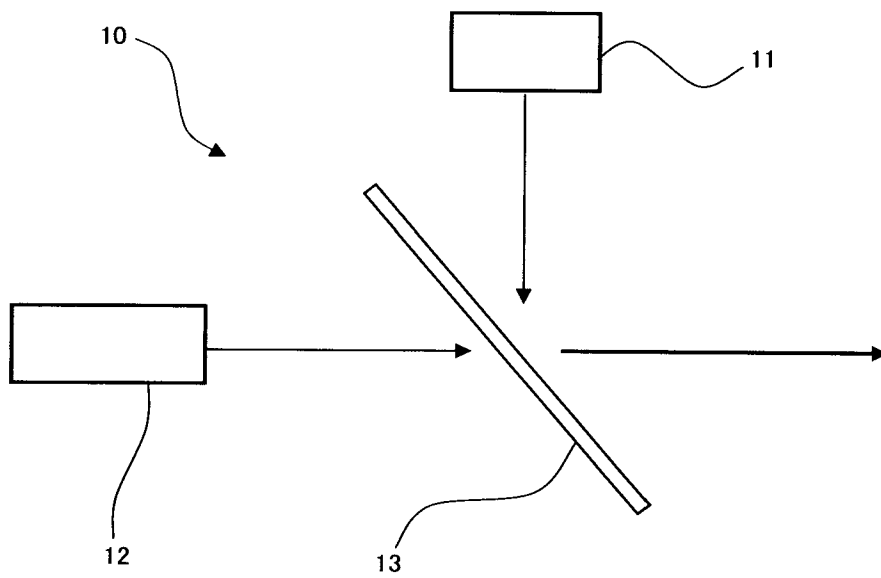
請求項6又は7に記載の照明光学系であって、

前記赤色光の光路と前記青色光の光路と前記緑色光の光路とを合成する合成光学系をさらに有する、照明光学系。

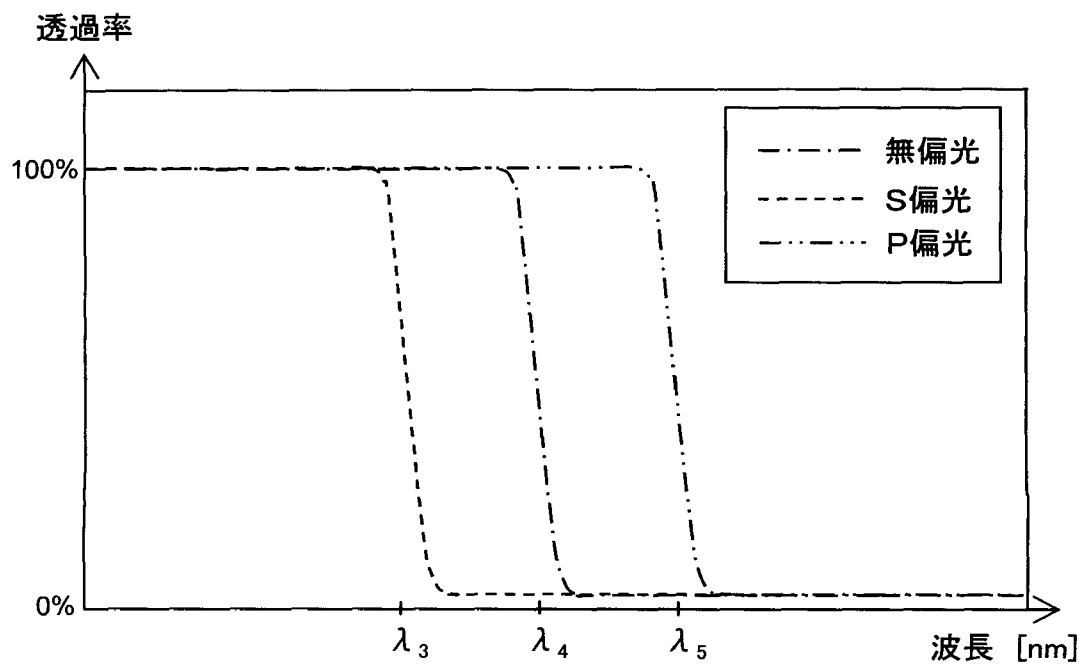
[請求項9]

請求項1から8のいずれか1項に記載の照明光学系を備えた投射型表示装置。

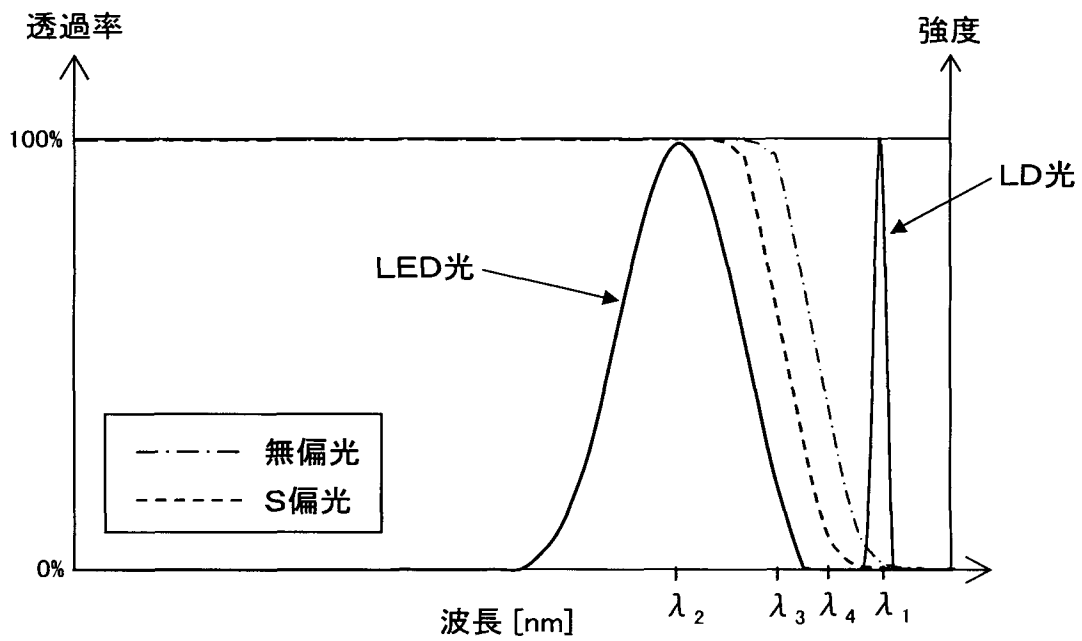
[図1]



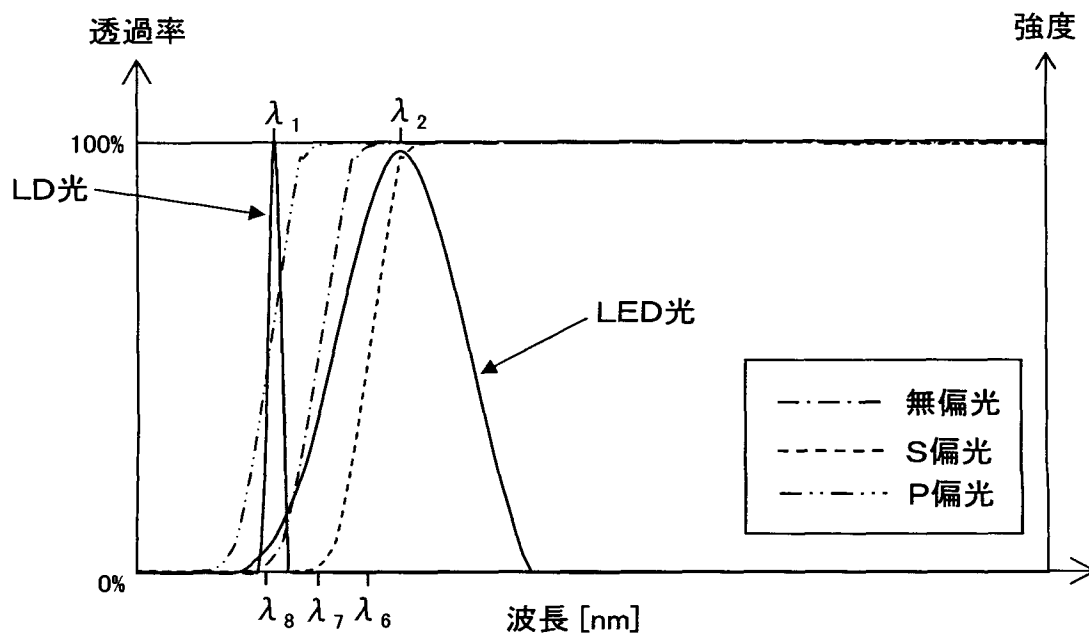
[図2]



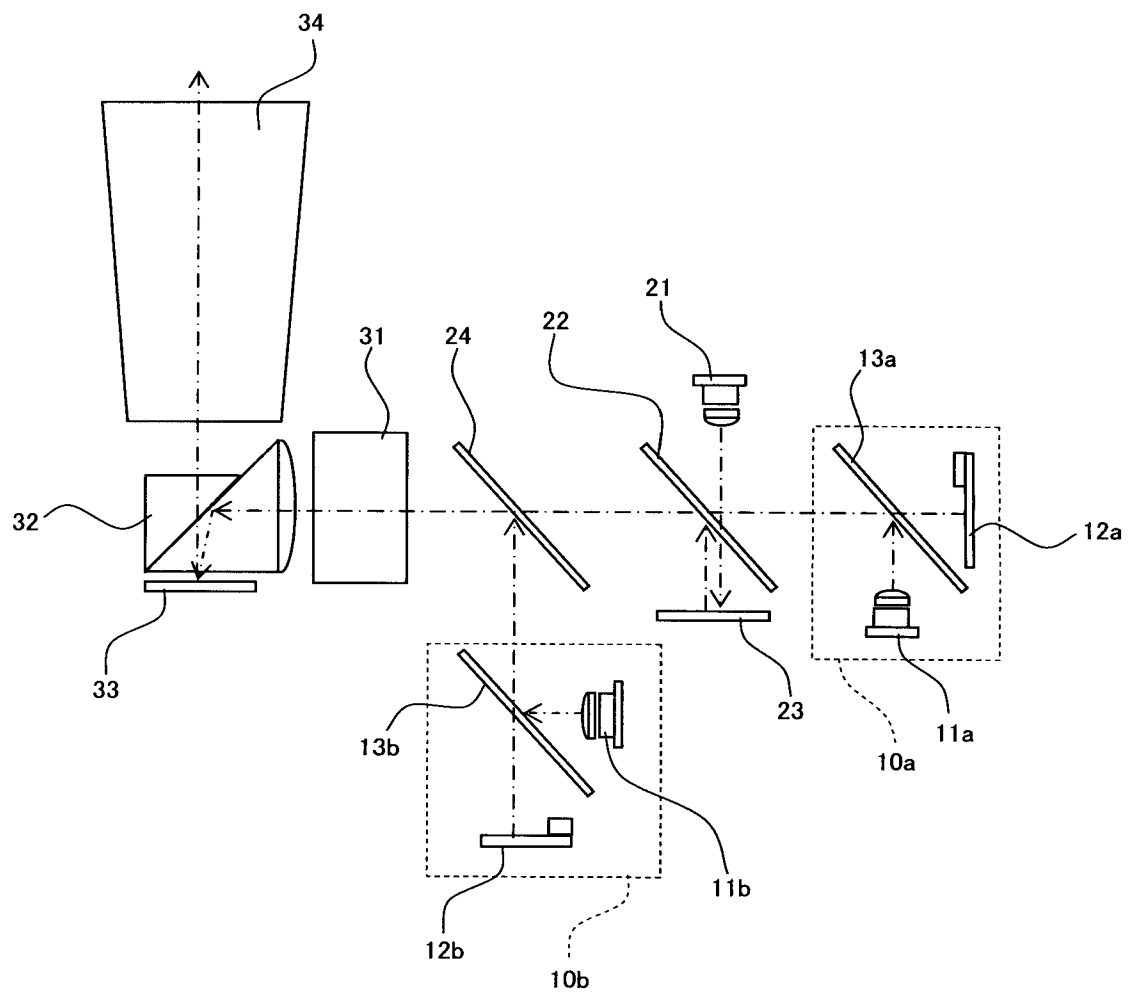
[図3]



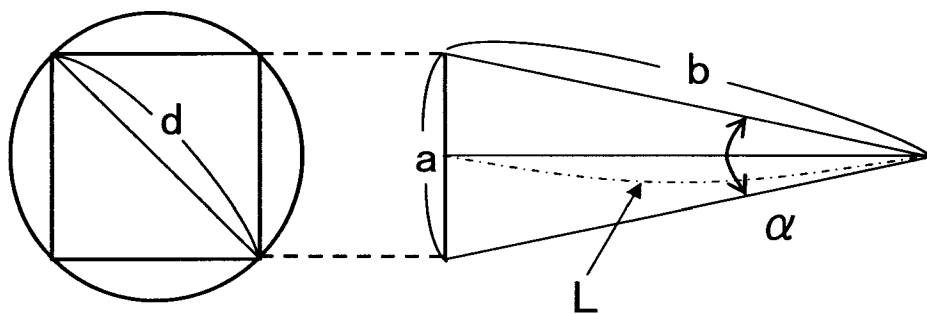
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/069610

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G03B21/14 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G03B21/14

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

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-505019 A (Phoebus Vision Opto-Electronics Technology Ltd.), 17 February 2011 (17.02.2011), paragraphs [0031] to [0032], [0037]; fig. 19, 20, 25 & US 2010/0309439 A1 & EP 2216679 A1 & WO 2009/070918 A1 & CA 2705863 A	1-9
A	JP 2005-091610 A (Sony Corp.), 07 April 2005 (07.04.2005), paragraphs [0024] to [0030]; fig. 1 (Family: none)	1-9
A	JP 2002-296680 A (Sony Corp.), 09 October 2002 (09.10.2002), paragraphs [0012], [0013]; fig. 1 & US 2002/0154277 A1 & KR 10-2002-0077819 A	1-9

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

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
29 August, 2012 (29.08.12)Date of mailing of the international search report
11 September, 2012 (11.09.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/069610

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-250088 A (Mitsubishi Electric Corp.), 15 September 2005 (15.09.2005), paragraphs [0010] to [0017]; fig. 1 (Family: none)	1-9
A	JP 2006-301114 A (Sony Corp.), 02 November 2006 (02.11.2006), paragraphs [0015], [0016]; fig. 1 (Family: none)	1-9
A	JP 2010-286521 A (Mitsubishi Electric Corp.), 24 December 2010 (24.12.2010), paragraphs [0011] to [0023]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G03B21/14(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G03B21/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2011-505019 A（ポイボス ビジョン オプトエレクトロニクス テクノロジー リミテッド）2011.02.17, 段落0031-0032、0037、図19、20、25 & US 2010/0309439 A1 & EP 2216679 A1 & WO 2009/070918 A1 & CA 2705863 A	1-9
A	JP 2005-091610 A（ソニー株式会社）2005.04.07, 段落0024-0030、図1（ファミリーなし）	1-9

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

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 9 . 0 8 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 1 . 0 9 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

小野 博之

電話番号 03-3581-1101 内線 3273

2 I

4 0 7 2

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2002-296680 A (ソニー株式会社) 2002. 10. 09, 段落 0 0 1 2、 0 0 1 3、図 1 & US 2002/0154277 A1 & KR 10-2002-0077819 A	1-9
A	JP 2005-250088 A (三菱電機株式会社) 2005. 09. 15, 段落 0 0 1 0 － 0 0 1 7、図 1 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2006-301114 A (ソニー株式会社) 2006. 11. 02, 段落 0 0 1 5、 0 0 1 6、図 1 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2010-286521 A (三菱電機株式会社) 2010. 12. 24, 段落 0 0 1 1 － 0 0 2 3、図 1 － 5 (ファミリーなし)	1-9