

(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
2015 年 11 月 5 日(05.11.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/166872 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 27/01 (2006.01) B60K 35/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/062337
- (22) 国際出願日: 2015 年 4 月 23 日(23.04.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-093694 2014 年 4 月 30 日(30.04.2014) JP
- (71) 出願人: シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 嶋谷 貴文(SHIMATANI Takafumi). 臼倉 奈留(USUKURA Naru). 加藤 浩巳(KATOH Hiroshi).
- (74) 代理人: 特許業務法人暁合同特許事務所(AKATSUKI UNION PATENT FIRM); 〒4600008 愛知県名古屋市中区栄二丁目 1 番 1 号 日土地名古屋ビル 5 階 Aichi (JP).

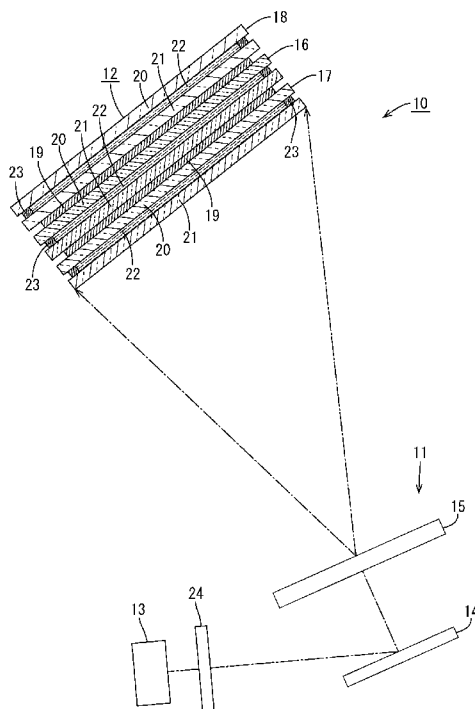
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロアジア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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, KM, 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: REFLECTIVE PROJECTION-TYPE DISPLAY DEVICE

(54) 発明の名称: 反射投影型表示装置



(57) Abstract: This head-up display (10) is provided with: a MEMS mirror element (14) for displaying a video image; and a combiner (12) that reflects light from the MEMS mirror element (14), causing an observer to perceive the reflected light as a virtual image (VI), as well as transmitting outside light. The combiner (12) is provided, in stacked form, with a green light reflecting part (17) that primarily selectively reflects green light of the green wavelength region, a red light reflecting part (16) that primarily selectively reflects red light of the red wavelength region, and a blue light reflecting part (18) that primarily selectively reflects blue light of the blue wavelength region, and is arranged such that the green light reflecting part (17) is closest towards the MEMS mirror element (14).

(57) 要約: ヘッドアップディスプレイ 10 は、映像を表示する MEMS ミラー素子 14 と、MEMS ミラー素子 14 からの光を反射させてその反射光を観察者に虚像 VI として観察させるとともに外光を透過させるコンバイナ 12 であって、主に緑色の波長領域の緑色光を選択的に反射する緑色光反射部 17 と、主に赤色の波長領域の赤色光を選択的に反射する赤色光反射部 16 と、主に青色の波長領域の青色光を選択的に反射する青色光反射部 18 と、を積層した形で備え、且つ緑色光反射部 17 が MEMS ミラー素子 14 に最も近くなるよう配置されてなるコンバイナ 12 と、を備える。

WO 2015/166872 A1

明 細 書

発明の名称： 反射投影型表示装置

技術分野

[0001] 本発明は、反射投影型表示装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、太陽光や室内の照明光などの外光を反射することで表示を行うようにした反射型液晶表示装置が知られており、その一例が下記特許文献1に記載されている。特許文献1には、素子観察側から順に、第1の青色液晶層、第2の緑色液晶層、及び第3の赤色液晶層を積層する積層型のカラーコレステリック液晶表示素子において、緑色液晶層と赤色液晶層の間に配置された600nm以下の波長の光線を選択的に吸収する緑色カットフィルタ層を備えたものが記載されており、それにより不要な色のノイズ光を除去することができるものとされる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：国際公開第2007/004286号

[0004] (発明が解決しようとする課題)

上記したように、特許文献1に記載されたカラーコレステリック液晶表示素子は、素子観察側から、青色液晶層、緑色液晶層、赤色液晶層の順で備えており、それにより反射される外光の光量を多くしている。すなわち、互いに積層された青色液晶層、緑色液晶層、及び赤色液晶層は、それぞれ光を吸収し得るものとされており、その吸収率は短波長側の光ほど高くなる傾向にある。これに対し、特許文献1のような外光を利用して表示を行う反射型液晶表示装置では、外光の発光強度に波長依存性がない。このため、最も吸収率が高い青色光を反射する青色液晶層を最も素子観察側に配置すれば、青色光が緑色液晶層及び赤色液晶層により吸収されることが避けられ、それにより反射される外光の光量が多くなるのである。

[0005] しかしながら、レーザダイオードやLEDなどの光源からの光を反射し、その反射光を観察者に虚像として観察させるような反射投影型表示装置では、外光とは違って光源が特定の発光スペクトルを有しており、その光源光に係る発光強度に波長依存性を有するものとされる。このため、仮に、特許文献1に記載されたカラーコレステリック液晶表示素子を用いて光源光を反射するようにした場合には、却って表示に利用される光量が減少するおそれがあった。

発明の概要

[0006] 本発明は上記のような事情に基づいて完成されたものであって、表示に利用される光量を増加させることを目的とする。

[0007] (課題を解決するための手段)

本発明の反射投影型表示装置は、映像を表示する表示素子と、前記表示素子からの光を反射させてその反射光を観察者に虚像として観察させるとともに外光を透過させる波長選択性反射部材であって、主に緑色の波長領域の緑色光を選択的に反射する緑色光反射部と、主に赤色の波長領域の赤色光を選択的に反射する赤色光反射部と、主に青色の波長領域の青色光を選択的に反射する青色光反射部と、を積層した形で備え、且つ前記緑色光反射部が前記表示素子に最も近くなるよう配置されてなる波長選択性反射部材と、を備える。

[0008] このようにすれば、映像を表示する表示素子からの光は、波長選択性反射部材により反射され、その反射光が観察者に虚像として観察されるようになっている。観察者に観察される虚像は、波長選択性反射部材を構成する緑色光反射部、赤色光反射部、及び青色光反射部によってそれぞれの色の波長領域の光が選択的に反射されることで投影されてなる。その一方、波長選択性反射部材は、外光のうち、緑色光反射部、赤色光反射部、及び青色光反射部の各反射スペクトルに合致する外光については反射するものの、当該各反射スペクトルと合致しない外光については透過する。これにより、観察者に、高い透過率でもって波長選択性反射部材を透過した外光に基づく外部の像を

良好に観察させつつも、波長選択性反射部材の反射光により投影される虚像を高い輝度でもって観察させることが可能となる。

[0009] ここで、波長選択性反射部材を構成する各光反射部は、互いに積層されているため、各光反射部のうち表示素子から遠い側に配されたものにより反射される光は、表示素子に近い側に配されたものによって吸収されて光量が減少する傾向にある。各光反射部による光の吸収率は、短波長側の光ほど高くなる傾向にある。その一方、表示素子からの光は、外光とは違ってその発光強度に波長依存性を有するものとされていることから、ホワイトバランスを保つために緑色の波長領域の緑色光が最も多く含まれる傾向にある。

[0010] これらの事情に鑑み、上記したように波長選択性反射部材は、緑色光反射部が表示素子に最も近くなるよう配置されてなるものとされているから、ホワイトバランスを保つために最も多く含まれる緑色の波長領域の緑色光を効率的に反射させることができ、それによりホワイトバランスを良好に保ちつつ表示に利用される光量を増加させることができる。しかも、緑色光は、赤色光及び青色光に比べて、比視感度が高いものとされているので、上記のように表示に利用される光量が増加されることで、輝度の向上が図られる。

[0011] 本発明の実施態様として、次の構成が好ましい。

(1) 前記表示素子に少なくとも前記赤色光、前記緑色光、及び前記青色光を照射する光源であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が1 nm以下とされる光源を備えており、前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、前記緑色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び前記青色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ6 nm以上で且つ11 nm未満の範囲とされる。このようにすれば、光源から発せられる各色の光を、波長選択性反射部材を構成する各光反射部によって80%以上で且つ87.5%未満となる範囲の反射率でもって反射させることができる。これにより、波長選択性反射部材の反射光により投影される虚像を観察者に高い輝度でもって観察させることができる。ここで、光源は、発光スペク

トルに含まれるピークの半値幅が1 nm以下と極めて狭くなっているため、各光反射部に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合に反射率が著しく低下することが懸念される。その一方、光源から発せられる各色の光には、発光スペクトルのピーク波長からずれた波長の光（以下、サイドローブ光と言う）が僅かながらも含まれており、このサイドローブ光は、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が広がるほど多く反射される傾向にある。このことから、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、各光反射部に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合でも、光源から発せられる各色の光を、波長選択性反射部材を構成する各光反射部によって10%以上で且つ25%未満となる範囲の反射率でもって反射させることができ、もって虚像を観察する観察者の視野角が広く保たれる。このとき、外光における波長選択性反射部材の透過光量が多く確保されるので、外光に基づく外部の像を観察者により良好に観察させることができる。なお、上記した波長シフトは、各光反射部が周期構造を有している場合に反射光に生じる光路差と光の波長とが一致する条件に基づいて生じるものであり、入射角が大きくなれば短波長側に、入射角が小さくなれば長波長側に、それぞれ波長シフトが生じるものとされる。

[0012] (2) 前記表示素子に少なくとも前記赤色光、前記緑色光、及び前記青色光を照射する光源であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が1 nm以下とされる光源を備えており、前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、前記緑色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び前記青色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ11 nm以上で且つ18 nm未満の範囲とされる。このようにすれば、光源から発せられる各色の光を、波長選択性反射部材を構成する各光反射部によって87.5%以上で且つ90%未満となる範囲の反射率でもって反射させることができる。これにより、波長選択性反射部材の反射光により投影される虚像を観察

者に高い輝度でもって観察させることができる。ここで、光源は、発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が1 nm以下と極めて狭くなっているため、各光反射部に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合に反射率が著しく低下することが懸念される。その一方、光源から発せられる各色の光には、発光スペクトルのピーク波長からずれた波長のサイドローブ光が僅かながらも含まれており、このサイドローブ光は、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が広くなるほど多く反射される傾向にある。このことから、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、各光反射部に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合でも、光源から発せられる各色の光を、波長選択性反射部材を構成する各光反射部によって25%以上で且つ40%未満となる範囲の十分に高い反射率でもって反射させることができ、もって虚像を観察する観察者の視野角が広く保たれる。これにより、観察者が虚像を斜めから観察した場合における輝度が十分に高く保たれるので、表示品位が高いものとなる。

- [0013] (3) 前記表示素子に少なくとも前記赤色光、前記緑色光、及び前記青色光を照射する光源であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が1 nm以下とされる光源を備えており、前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、前記緑色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び前記青色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ18 nm以上で且つ90 nm以下の範囲とされる。このようにすれば、光源から発せられる各色の光を、波長選択性反射部材を構成する各光反射部によって90%以上で且つ95%以下となる範囲の反射率でもって反射させることができる。これにより、波長選択性反射部材の反射光により投影される虚像を観察者に高い輝度でもって観察させることができる。ここで、光源は、発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が1 nm以下と極めて狭くなっているため、各光反射部に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが

生じた場合に反射率が著しく低下することが懸念される。その一方、光源から発せられる各色の光には、発光スペクトルのピーク波長からずれた波長のサイドローブ光が僅かながらも含まれており、このサイドローブ光は、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が広くなるほど多く反射される傾向にある。このことから、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、各光反射部に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合でも、光源から発せられる各色の光を、波長選択性反射部材を構成する各光反射部によって40%以上で且つ95%以下となる範囲のより高い反射率でもって反射させることができ、もって虚像を観察する観察者の視野角が広く保たれる。これにより、観察者が虚像を斜めから観察した場合における輝度がさらに高くなるので、表示品位がより高いものとなる。その上で、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が90nm以下とされることで、外光の透過率が70%以上確保されるので、日本の道路運送車両保安基準を満たすことができる。

- [0014] (4) 前記表示素子に少なくとも前記赤色光、前記緑色光、及び前記青色光を照射する光源であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が1nmを超え且つ24nm未満の範囲とされる光源を備えており、前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、前記緑色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び前記青色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ4nm以上で且つ14nm未満の範囲とされる。光源から発せられる各色の光には、発光スペクトルのピーク波長からずれた波長の光（以下、サイドローブ光と言う）が含まれており、このサイドローブ光は、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が広くなるほど多く反射される傾向にある。このことから、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、光源から発せられる各色の光を、波長選択性反射部材を構成する各光反射部によって20%以上で且

つ50%未満となる範囲の反射率でもって反射させることができる。これにより、波長選択性反射部材の反射光により投影される虚像を観察者に十分な輝度でもって観察させることができるのに加えて、外光における波長選択性反射部材の透過光量がより多く確保されるので、外光に基づく外部の像を観察者により良好に観察させることができる。しかも、各光反射部に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合でも、光源から発せられる各色の光を、波長選択性反射部材を構成する各光反射部によって10%以上で且つ25%未満となる範囲の反射率でもって反射させることができ、もって虚像を観察する観察者の視野角が広く保たれる。なお、上記した波長シフトは、各光反射部が周期構造を有している場合に反射光に生じる光路差と光の波長とが一致する条件に基づいて生じるものであり、入射角が大きくなれば短波長側に、入射角が小さくなれば長波長側に、それぞれ波長シフトが生じるものとされる。

[0015] (5) 前記表示素子に少なくとも前記赤色光、前記緑色光、及び前記青色光を照射する光源であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が1nmを超え且つ24nm未満の範囲とされる光源を備えており、前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、前記緑色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び前記青色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ14nm以上で且つ40nm未満の範囲とされる。光源から発せられる各色の光には、発光スペクトルのピーク波長からずれた波長のサイドローブ光が含まれており、このサイドローブ光は、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が広くなるほど多く反射される傾向にある。このことから、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、光源から発せられる各色の光を、波長選択性反射部材を構成する各光反射部によって50%以上で且つ80%未満となる範囲の十分に高い反射率でもって反射させることができる。これにより、波長選択性反射部材の反射光により投影される虚像を観察者により高い輝度

でもって観察させることができるのに加えて、外光における波長選択性反射部材の透過光量が十分に確保されるので、外光に基づく外部の像を観察者に良好に観察させることができる。しかも、各光反射部に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合でも、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、光源から発せられる各色の光を、波長選択性反射部材を構成する各光反射部によって25%以上で且つ40%未満となる範囲の反射率でもって反射させることができ、もって虚像を観察する観察者の視野角が広く保たれる。

[0016] (6) 前記表示素子に少なくとも前記赤色光、前記緑色光、及び前記青色光を照射する光源であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が1nmを超え且つ24nm未満の範囲とされる光源を備えており、前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、前記緑色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び前記青色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ40nm以上で且つ90nm以下の範囲とされる。光源から発せられる各色の光には、発光スペクトルのピーク波長からずれた波長のサイドローブ光が含まれており、このサイドローブ光は、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が広くなるほど多く反射される傾向にある。このことから、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、光源から発せられる各色の光を、波長選択性反射部材を構成する各光反射部によって80%以上で且つ90%以下となる範囲のより高い反射率でもって反射させることができる。これにより、波長選択性反射部材の反射光により投影される虚像を観察者により高い輝度でもって観察させることができる。しかも、各光反射部に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合でも、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、光源から発せられる各色の光を、波長選択性反射部材を構成する各光反射部によって40%以上で且つ90%以下の反射率でもって反射させることが

でき、もって虚像を観察する観察者の視野角が広く保たれる。その上で、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が90nm以下とされることで、外光の透過率が70%以上確保されるので、日本の道路運送車両保安基準を満たすことができる。

[0017] (7) 前記表示素子に少なくとも前記赤色光、前記緑色光、及び前記青色光を照射する光源であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が24nm以上で且つ50nm以下の範囲とされる光源を備えており、前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、前記緑色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び前記青色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ4nm以上で且つ23nm未満の範囲とされる。光源から発せられる各色の光には、発光スペクトルのピーク波長からずれた波長のサイドローブ光が含まれており、このサイドローブ光は、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が広くなるほど多く反射される傾向にある。このことから、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、光源から発せられる各色の光を、波長選択性反射部材を構成する各光反射部によって20%以上で且つ50%未満となる範囲の反射率でもって反射させることができる。これにより、波長選択性反射部材の反射光により投影される虚像を観察者に十分な輝度でもって観察させることができるのに加えて、外光における波長選択性反射部材の透過光量がより多く確保されるので、外光に基づく外部の像を観察者により良好に観察させることができる。しかも、各光反射部に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合でも、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、光源から発せられる各色の光を、波長選択性反射部材を構成する各光反射部によって10%以上で且つ25%未満となる範囲の反射率でもって反射させることができ、もって虚像を観察する観察者の視野角が広く保たれる。

[0018] (8) 前記表示素子に少なくとも前記赤色光、前記緑色光、及び前記青色光

を照射する光源であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が24 nm以上で且つ50 nm以下の範囲とされる光源を備えており、前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、前記緑色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び前記青色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ23 nm以上で且つ71 nm未満の範囲とされる。光源から発せられる各色の光には、発光スペクトルのピーク波長からずれた波長のサイドローブ光が含まれており、このサイドローブ光は、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が広くなるほど多く反射される傾向にある。このことから、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、光源から発せられる各色の光を、波長選択性反射部材を構成する各光反射部によって50%以上で且つ80%未満となる範囲の十分に高い反射率でもって反射させることができる。これにより、波長選択性反射部材の反射光により投影される虚像を観察者により高い輝度でもって観察させることができるのに加えて、外光における波長選択性反射部材の透過光量が十分に確保されるので、外光に基づく外部の像を観察者に良好に観察させることができる。しかも、各光反射部に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合でも、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、光源から発せられる各色の光を、波長選択性反射部材を構成する各光反射部によって25%以上で且つ40%未満となる範囲の反射率でもって反射させることができ、もって虚像を観察する観察者の視野角が広く保たれる。

[0019] (9) 前記表示素子に少なくとも前記赤色光、前記緑色光、及び前記青色光を照射する光源であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が24 nm以上で且つ50 nm以下の範囲とされる光源を備えており、前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、前記緑色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び前記青色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値

幅が、それぞれ71nm以上で且つ90nm以下の範囲とされる。光源から発せられる各色の光には、発光スペクトルのピーク波長からずれた波長のサイドローブ光が含まれており、このサイドローブ光は、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が広くなるほど多く反射される傾向にある。このことから、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、光源から発せられる各色の光を、波長選択性反射部材を構成する各光反射部によって80%以上で且つ83%以下となる範囲のより高い反射率でもって反射させることができる。これにより、波長選択性反射部材の反射光により投影される虚像を観察者により高い輝度でもって観察させることができる。しかも、各光反射部に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合でも、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、光源から発せられる各色の光を、波長選択性反射部材を構成する各光反射部によって40%以上で且つ83%以下となる範囲の反射率でもって反射させることができ、もって虚像を観察する観察者の視野角が広く保たれる。その上で、各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が90nm以下とされることで、外光の透過率が70%以上確保されるので、日本の道路運送車両保安基準を満たすことができる。

[0020] (10) 前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部、前記緑色光反射部、及び前記青色光反射部が、それぞれコレステリック液晶パネルからなる。このようにすれば、コレステリック液晶は、使用する液晶材料を選択することで、反射スペクトルの半値幅を容易に且つ低コストでもって変更することができる。従って、ピークの半値幅が特定の値となる反射スペクトルを、容易に且つ低コストでもって実現することができる。しかも、波長選択性反射部材に、偏光選択性を併せ持たせることができる。

[0021] (11) 前記波長選択性反射部材は、前記青色光反射部が前記表示素子から最も遠くなるよう配置されてなる。仮に赤色光反射部を表示素子から最も遠くなるよう配置した場合、ホワイトバランスを調整するためには、例えば表

示素子からの光に含まれる赤色の波長領域の光に係る輝度を最大値としつつ緑色の波長領域の光及び青色の波長領域の光に係る各輝度を最大値よりも低下させる必要が生じる場合がある。これに対し、上記したように青色光反射部を表示素子から最も遠くなるよう配置すれば、ホワイトバランスを調整する際に、例えば表示素子からの光に含まれる緑色の波長領域の光に係る輝度を最大値としつつ赤色の波長領域の光及び青色の波長領域の光に係る各輝度を最大値よりも低下させることができるので、緑色の波長領域の光に係る輝度が相対的に高くなる。しかも、赤色光反射部により反射される赤色の波長領域の光量も多くなる。以上により、表示に利用される光量を最も多くすることができる。

[0022] (12) 少なくとも前記波長選択性反射部材に対して前記表示素子側に配されるとともに、光を左円偏光または右円偏光に選択的に変換する偏光変換部を備えており、前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部、前記緑色光反射部、及び前記青色光反射部が、それぞれ波長選択性に加えて偏光選択性を有するとともに、それぞれの偏光特性が前記偏光変換部の偏光特性と同じとされる。このようにすれば、偏光変換部により左円偏光または右円偏光に選択的に変換された光は、偏光変換部と同じ偏光特性を有する赤色光反射部、緑色光反射部、及び青色光反射部により反射されることで、観察者に虚像として観察される。仮に、偏光変換部を省略するとともに波長選択性反射部材が偏光選択性を有さない構成の場合に反射光に色づきが生じ易くなるのに比べると、上記した構成により反射光に色づきが生じるのが抑制されている。ここで、例えば、各光反射部における反射スペクトルに重なりが生じていた場合、上記した構成によれば、赤色光及び青色光のうち、緑色光反射部の反射スペクトルと重なる波長の光について緑色光反射部により反射することができる。仮に、赤色光反射部または青色光反射部が緑色光反射部とは異なる偏光特性とされていると、赤色光または青色光のうち、緑色光反射部の反射スペクトルと重なる波長の光が緑色光反射部により反射されなくなる。これに比べると、表示に利用される光量を一層増加させることができる。

[0023] (発明の効果)

本発明によれば、表示に利用される光量を増加させることができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]本発明の実施形態1に係るヘッドアップディスプレイを自動車に搭載した状態の概略構成を示す側面図

[図2]ヘッドアップディスプレイの断面図

[図3]レーザダイオードを構成する各色のレーザダイオード素子における発光スペクトルを表すグラフ

[図4]コンバイナを構成する各光反射部における反射スペクトルを表すグラフ

[図5]レーザダイオードを構成する各色のレーザダイオード素子の光学特性、目標のホワイトバランスとなる光束比、緑色光を基準としたホワイトバランス調整後の出射光の光束、及びコンバイナを構成する各光反射部による各色の光の吸収率を表す表

[図6]比較実験1における実施例2に係るコンバイナを示す断面図

[図7]比較実験1における比較例1～4の実験結果を表す表

[図8]比較実験1における実施例1, 2の実験結果を表す表

[図9]比較実験2の実験結果を表すグラフであって、コンバイナの反射スペクトルのピークの半値幅と、コンバイナの反射率または透過率と、の関係を表すグラフ

[図10]本発明の実施形態2に係るヘッドアップディスプレイの断面図

[図11]LEDを構成する各色のLED素子における発光スペクトルを表すグラフ

[図12]LEDを構成する各色のLED素子の光学特性、目標のホワイトバランスとなる光束比、緑色光を基準としたホワイトバランス調整後の出射光の光束、及びコンバイナを構成する各光反射部による各色の光の吸収率を表す表

[図13]比較実験3における比較例5～8の実験結果を表す表

[図14]比較実験3における実施例3, 4の実験結果を表す表

[図15]比較実験4の実験結果を表すグラフであって、コンバイナの反射スペクトルのピークの半値幅と、コンバイナの反射率または透過率と、の関係を表すグラフ

[図16]本発明の実施形態3に係るコンバイナの断面図

[図17]本発明の実施形態4に係るコンバイナの断面図

[図18]本発明の実施形態5に係るコンバイナと液晶表示装置とを示す断面図

[図19]本発明の実施形態6に係るコンバイナの断面図

発明を実施するための形態

[0025] <実施形態1>

本発明の実施形態1を図1から図9によって説明する。本実施形態では、自動車に搭載されるヘッドアップディスプレイ（反射投影型表示装置）10について例示する。このヘッドアップディスプレイ10は、運転時に運行速度、各種警告、地図情報などの各種情報を、運転手の前方視界においてフロントウィンドウ1越しに虚像V1が存在するかのように表示するものであり、それにより運転中における運転手の視線移動を少なくすることができる。なお、以下では、可視光線のことを単に「光」と記載している。

[0026] ヘッドアップディスプレイ10は、図1に示すように、ダッシュボード2内に收容されて映像を表示する表示素子ユニット11と、フロントウィンドウ1と対面する形で配されて表示素子ユニット11からの光を反射してその反射光を運転手などの観察者に虚像V1として観察させるコンバイナ（波長選択性反射部材）12と、から構成される。表示素子ユニット11は、レーザダイオード（光源）13と、レーザダイオード13からの光を利用して映像を表示するMEMSミラー素子（表示素子）14と、MEMSミラー素子14に表示された映像が拡張された形で投影されるスクリーン15と、から構成される。なお、「MEMS」は、「Micro Electro Mechanical Systems：微小電子機械システム」のことである。

[0027] レーザダイオード13は、赤色の波長領域（約600nm～約780nm）に含まれる波長の赤色光を発光する赤色レーザダイオード素子と、緑色の

波長領域（約500nm～約570nm）に含まれる波長の緑色光を発光する緑色レーザダイオード素子と、青色の波長領域（約420nm～約500nm）に含まれる波長の青色光を発光する青色レーザダイオード素子と、を備える。レーザダイオード13を構成する各色のレーザダイオード素子は、それぞれ光を多重反射により共振する共振器を内蔵しており、発せられる光が、ビーム状で波長及び位相が揃ったコヒーレントな光で且つ直線偏光とされている。レーザダイオード13は、各色の発光光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅がいずれも1nm以下となるよう構成されている。レーザダイオード13を構成する赤色レーザダイオード素子は、図3に示すように、その発光スペクトルに含まれるピークのピーク波長が638nm程度とされ、緑色レーザダイオード素子は、その発光スペクトルに含まれるピークのピーク波長が516nm程度とされ、青色レーザダイオード素子は、その発光スペクトルに含まれるピークのピーク波長が450nm程度とされる。なお、発光源である各色のレーザダイオード素子の図示に関しては省略する。

[0028] レーザダイオード13は、赤色光、緑色光、及び青色光を所定の順序及びタイミングでもって発光するものとされる。レーザダイオード13は、赤色光、緑色光、及び青色光によって表示される映像のホワイトバランスが特定のものとなるよう、各色の発光強度が調整されている。このホワイトバランスの調整に際しては、レーザダイオード13を構成する赤色レーザダイオード素子、緑色レーザダイオード素子、及び青色レーザダイオード素子の出力値（電流値）の比率の設定により行われる。このレーザダイオード13は、具体的な映像のホワイトバランスが、図5に示すように、赤色光の光束比が26%程度、緑色光の光束比が72%程度、青色光の光束比が2%程度、となるよう調整されている（図5における下から3段目を参照）。また、レーザダイオード13を構成する赤色レーザダイオード素子は、赤色光の最大光束（単位は「a.u.」とする）が37.5程度となり、緑色レーザダイオード素子は、緑色光の最大光束が50程度となり、青色レーザダイオード素子は

、青色光の最大光束が4程度となる発光特性を有している（図5における最上段を参照）。この最大光束は、各色のレーザダイオード素子に最大となる定格電流を付与したときに得られる光束であり、当該光束は、発光強度に比視感度を掛け合わせて得られるものとされる。この比視感度は、それぞれ赤色光が0.25、緑色光が1.0、青色光が0.05、とされる。また、レーザダイオード13は、例えば緑色レーザダイオード素子により緑色光を最大光束（50程度）で出射させた場合、目標のホワイトバランスを保つためには、赤色光の光束（単位は「a.u.」とする）が18.2程度となり且つ青色光の光束が1.4程度となるよう、赤色レーザダイオード素子及び青色レーザダイオード素子の出力値が調整される（図5における下から2段目を参照）。

[0029] MEMSミラー素子14は、MEMS技術により単一のミラーと、そのミラーを駆動するための駆動部と、を基板上に作製してなるものとされる。ミラーは、例えば0.数ミリから数ミリ程度の大きさの直径とされる円形状をなしており、鏡面とされた反射面によりレーザダイオード13からの光を反射することが可能とされる。駆動部は、このミラーを互いに直交する2つの軸部により軸支しており、電磁力または静電気力によりミラーを自在に傾動させることができる。MEMSミラー素子14は、駆動部によってミラーの傾動を制御することで、スクリーンを二次元的にスキャンする形で光をスクリーンに向けて出射し、もってスクリーンに二次元的な映像を投影することができるものとされる。スクリーン15は、MEMSミラー素子14から出射される光を投影し、その投影された光を次述するコンバイナ12に向けて出射するものとされる。

[0030] コンバイナ12は、図1に示すように、フロントウィンドウ1に対して内側にやや離間した位置に配されており、例えばダッシュボード2上に設けられた支持部品やサンバイザ（いずれも図示は省略する）などに取り付けられることで同位置に支持されている。コンバイナ12は、主に赤色光を選択的に反射する赤色光反射部16と、主に緑色光を選択的に反射する緑色光反射

部 17 と、主に青色光を選択的に反射する青色光反射部 18 と、を積層した形で備えている。互いに積層された各色の光反射部 16～18 は、間に介在する接着剤などからなる固着層 19 により固着されている。このコンバイナ 12 は、波長選択性を持つ反射部材であり、各光反射部 16～18 の各反射スペクトルと合致しない外光については透過することから、各光反射部 16～18 により反射した光を観察者の瞳に投影することで、当該反射光により投影される虚像 V1 を観察者に高い輝度でもって観察させることができるとともに、高い透過率でもってコンバイナ 12 を透過した外光に基づくフロントウィンドウ 1 の前方外部の像を良好に観察させることができる。コンバイナ 12 を構成する赤色光反射部 16 は、図 4 に示すように、その反射スペクトルに含まれるピークのピーク波長が 638 nm 程度とされ、緑色光反射部 17 は、その反射スペクトルに含まれるピークのピーク波長が 516 nm 程度とされ、青色光反射部 18 は、その反射スペクトルに含まれるピークのピーク波長が 450 nm 程度とされる。このコンバイナ 12 は、日本の道路運送車両保安基準を満たすべく、外光（外部の可視光線）の透過率が少なくとも 70% 以上確保されている。

[0031] コンバイナ 12 を構成する各色の光反射部 16～18 は、いずれもコレステリック液晶パネルからなるものとされる。コレステリック液晶パネルは、図 2 に示すように、ほぼ透明な一对の基板 20, 21 と、両基板 20, 21 間に挟持されるコレステリック液晶層 22 と、コレステリック液晶層 22 を封止するシール部 23 と、から構成される。コレステリック液晶層 22 は、液晶分子が特定の周期でもって旋回する螺旋状となる周期構造を有しており、その螺旋のピッチに基づいた特定の波長の光を選択的に反射することができるものとされる。このコレステリック液晶層 22 は、ネマティック液晶材料にカイラル材を添加することでねじれ（螺旋形状）を付与するようにしたものであり、そのカイラル材の添加量などを調整することで、螺旋のピッチ、つまり選択的に反射する光の波長（反射スペクトルに含まれるピークのピーク波長）を適宜に変更することが可能とされる。このとき、各色の光反射

部 1 6 ~ 1 8 における反射スペクトルに含まれるピークの半値幅を調整するには、例えば、コレステリック液晶層 2 2 に含ませる液晶分子における螺旋のピッチの数値や、当該数値が異なる液晶分子の含有比率を調整すればよい。コレステリック液晶層 2 2 は、螺旋状をなす液晶分子の旋回方向と合致した円偏光、つまり右円偏光と左円偏光とのいずれか一方のみを選択的に反射する偏光選択性を有している。また、コレステリック液晶層 2 2、特定の範囲の入射角の光のみを選択的に反射する入射角選択性をも有している。

[0032] コンバイナ 1 2 を構成する各光反射部 1 6 ~ 1 8 は、上記したように波長選択性を有しているため、反射スペクトルとは合致しない光に関しては、透過するのであるが、その透過に際して所定の割合でもって吸収するものとされる。各光反射部 1 6 ~ 1 8 による光の吸収率は、その光の波長に応じて異なるものとされており、短波長側ほど高くなり、逆に長波長側ほど低くなる傾向にある。具体的には、各光反射部 1 6 ~ 1 8 による光の吸収率は、図 5 に示すように、それぞれ赤色光が例えば 2 0 % 程度、緑色光が例えば 2 5 % 程度、青色光が 3 0 % 程度、とされている（図 5 における最下段を参照）。

[0033] ところで、一般的に外光を利用して表示を行う反射型液晶表示装置では、外光の発光強度に波長依存性がない。このため、当該反射型液晶表示装置に用いられるカラーコレステリック液晶表示素子は、最も吸収率が高い青色光を反射する青色液晶層を最も素子観察側に配置すれば、青色光が緑色液晶層及び赤色液晶層により吸収されることが避けられ、それにより表示に利用される外光の光量が多くなる。しかしながら、本実施形態のように、光源として特定の発光スペクトルを有するレーザダイオード 1 3 を用いたヘッドアップディスプレイ 1 0 においては、上記した反射型液晶表示装置と同様の配置構成のカラーコレステリック液晶表示素子をコンバイナとして用いたのでは、却って表示に利用される光量が減少するおそれがある。具体的には、MEMS ミラー素子 1 4 に光を供給するレーザダイオード 1 3 の発光強度には波長依存性があり、表示される映像のホワイトバランスを保つために緑色光が最も多く含まれる傾向にある。これに対し、コンバイナ 1 2 を構成する各光

反射部 16～18 による光の吸収にも波長依存性があるとともに、各光反射部 16～18 のうち MEMS ミラー素子 14 から遠い側に配されたものにより反射される光は、MEMS ミラー素子 14 に近い側に配されたものによって吸収されて光量が減少する傾向にある。これらの事情から、上記した反射型液晶表示装置に備えられるカラーコレステリック液晶表示素子をコンバイナとして用いると、特に緑色光の光量が減少し、表示される映像に係る明るさが低下するおそれがあったのである。

[0034] そこで、本実施形態に係るコンバイナ 12 は、各光反射部 16～18 の積層順に関して、緑色光反射部 17 が MEMS ミラー素子 14（レーザダイオード 13）及び観察者に最も近くなるよう配置された構成とされている。このような構成によれば、表示される映像のホワイトバランスを保つためにレーザダイオード 13 から発せられる光に最も多く含まれる緑色光を、MEMS ミラー素子 14 及び観察者に最も近い緑色光反射部 17 により効率的に反射させることができる。言い換えると、最も光量が多い緑色光は、赤色光反射部 16 及び青色光反射部 18 が緑色光反射部 17 よりも MEMS ミラー素子 14 及び観察者から遠くに配されることで、これらの光反射部 16, 18 により吸収されることが避けられている。これにより、ホワイトバランスを良好に保ちつつ表示に利用される光量を増加させることができる。しかも、緑色光は、赤色光及び青色光に比べて、比視感度が高いものとされているので、上記のように光量が増加されることで、輝度の向上が図られる。

[0035] さらに、レーザダイオード 13 と MEMS ミラー素子 14 との間に介在する形で配されるとともに、レーザダイオード 13 からの光を左円偏光または右円偏光に選択的に変換する偏光変換部 24 が備えられている。偏光変換部 24 は、例えば、 $1/4\lambda$ の位相差を生じさせる位相差板（四分の一波長板）により構成されており、レーザダイオード 13 から出射された直線偏光を、左右いずれか一方の円偏光に変換することができるものとされる。これに加えて、コンバイナ 12 を構成する各光反射部 16～18 は、相互の偏光特性が揃えられるとともに、その偏光特性が偏光変換部 24 の偏光特性とも

同じとされている。例えば、偏光変換部 24 が直線偏光を右円偏光に選択的に変換する偏光特性を有する場合には、各光反射部 16～18 は、それぞれ右円偏光のみを選択的に反射する偏光特性を有することになる。逆に、偏光変換部 24 が直線偏光を左円偏光に選択的に変換する偏光特性を有する場合には、各光反射部 16～18 は、それぞれ左円偏光のみを選択的に反射する偏光特性を有することになる。このような構成によれば、偏光変換部 24 により左円偏光または右円偏光に選択的に変換された光は、偏光変換部 24 と同じ偏光特性を有する赤色光反射部 16、緑色光反射部 17、及び青色光反射部 18 により反射されることで、観察者に虚像 V1 として観察される。仮に、偏光変換部を省略するとともにコンバイナが偏光選択性を有さない構成の場合に外光の透過光もしくは反射光に色づきが生じ易くなるのに比べると、上記した構成により外光の透過光もしくは反射光に色づきが生じるのが抑制されている。ここで、例えば、各光反射部 16～18 における反射スペクトルに重なりが生じていた場合（図 4 を参照）、上記した構成によれば、赤色光及び青色光のうち、緑色光反射部 17 の反射スペクトルと重なる波長の光について緑色光反射部 17 により反射することができる。仮に、赤色光反射部または青色光反射部が緑色光反射部 17 とは異なる偏光特性とされていると、赤色光または青色光のうち、緑色光反射部 17 の反射スペクトルと重なる波長の光が緑色光反射部 17 により反射されなくなる。これに比べると、表示に利用される光量を一層増加させることができる。

[0036] また、コンバイナ 12 は、各光反射部 16～18 の積層順に関して、青色光反射部 18 が MEMS ミラー素子 14 及び観察者から最も遠くなるよう配置されている。つまり、コンバイナ 12 を構成する各光反射部 16～18 は、MEMS ミラー素子 14 及び観察者に近い側から、緑色光反射部 17、赤色光反射部 16、青色光反射部 18、の順で並ぶ形で相互に積層配置されている。赤色光反射部 16 は、MEMS ミラー素子 14 及び観察者に最も近い緑色光反射部 17 と、MEMS ミラー素子 14 及び観察者から最も遠い青色光反射部 18 と、の間に挟み込まれた配置とされる。

[0037] 次に、コンバイナ 12 を構成する各光反射部 16～18 の積層順を変更したとき、コンバイナ 12 の出射光の光束、つまり明るさがどのように変化するかに関して知見を得るべく、下記の比較実験 1 を行った。この比較実験 1 では、コンバイナ 12 を構成する各光反射部 16～18 の積層順に関して、MEMS ミラー素子 14 及び観察者に近い側から、赤色光反射部 16、緑色光反射部 17、青色光反射部 18、の順とした比較例 1 と、赤色光反射部 16、青色光反射部 18、緑色光反射部 17、の順とした比較例 2 と、青色光反射部 18、赤色光反射部 16、緑色光反射部 17、の順とした比較例 3 と、青色光反射部 18、緑色光反射部 17、赤色光反射部 16、の順とした比較例 4 と、緑色光反射部 17、赤色光反射部 16、青色光反射部 18、の順とした実施例 1 と、緑色光反射部 17、青色光反射部 18、赤色光反射部 16、の順とした実施例 2 と、を用いた。実施例 2 に係るコンバイナ 12 は、図 6 に示される断面構成を有している。これら比較例 1～4 及び実施例 1，2 に係る各コンバイナ 12 に、MEMS ミラー素子 14 及びスクリーン 15 を介して光を供給するレーザダイオード 13 に関しては、各コンバイナ 12 の反射光によって表示される映像に係るホワイトバランスが目標の光束比となるよう、各色の発光光に係る光束が調整されている。この調整に際しては、レーザダイオード 13 から発せられる赤色光、緑色光、青色光のいずれかが最大光束となるよう設定している。このように調整されたレーザダイオード 13 からの光を、比較例 1～4 及び実施例 1，2 に係る各コンバイナ 12 により反射することで得られる出射光に係る光束をそれぞれ測定し、その結果を図 7 及び図 8 に示す。なお、図 7 及び図 8 において比較例 1～4 及び実施例 1，2 の各欄には、各光反射部 16～18 における MEMS ミラー素子 14 及びスクリーン 15 に近い側からの積層順を、アルファベットの頭文字により括弧書きで記載している。

[0038] 図 7 及び図 8 において、最上段の「ホワイトバランス調整後の出射光を得るための入射光の光束」は、レーザダイオード 13 の発光光に含まれる緑色光の最大光束を基準としてホワイトバランスを調整したコンバイナ 12 の出

射光 1 2 L_out (図 5 における下から 2 段目を参照) を得るために必要なコンバイナ 1 2 への入射光 1 2 L_in の光束 (単位は「a. u.」) を表す。つまり、ここでは、ホワイトバランスを調整したコンバイナ 1 2 の出射光 1 2 L_out に含まれる緑色光の光束を、仮に、レーザダイオード 1 3 の発光光に含まれる緑色光の最大光束と一致させた場合に、入射光 1 2 L_in に含まれる赤色光、緑色光、及び青色光の各光束がどのような数値となるかを計算している。具体的には、この入射光 1 2 L_in は、下記の式 (1) により算出される。式 (1) において、「R 1」は、コンバイナ 1 2 を構成する各光反射部 1 6 ~ 1 8 のうち、MEMS ミラー素子 1 4 及び観察者に近い側から 1 層目の光反射部における反射率を、「R 2」は、同 2 層目の光反射部における反射率を、「R 3」は、同 3 層目の光反射部 (MEMS ミラー素子 1 4 及び観察者から最も遠い光反射部) における反射率を、それぞれ表す。「R 1 ~ R 3」の具体的な数値に関しては、各光反射部 1 6 ~ 1 8 における反射スペクトルのピーク波長と合致する波長の光の反射率を 90% とし、同反射スペクトルのピーク波長と合致しない波長の光の反射率を 10% としている。ここで、上記反射スペクトルのピーク波長と合致しない光の反射率を 10% とした理由は、反射スペクトルのピーク波長と合致しなくてもサイドローブ光については上記反射スペクトルに含まれ得るためである。式 (1) において、「A 1」は、MEMS ミラー素子 1 4 及び観察者に近い側から 1 層目の光反射部による光の吸収率を、「A 2」は、同 2 層目の光反射部による光の吸収率を、それぞれ表す。コンバイナ 1 2 のうち、2 層目の光反射部における反射スペクトルのピーク波長と合致する波長の光は、入射時及び出射時において 1 層目の光反射部をそれぞれ透過するため、その度に 1 層目の光反射部により吸収される。コンバイナ 1 2 のうち、3 層目の光反射部における反射スペクトルのピーク波長と合致する波長の光は、入射時及び出射時において 1 層目の光反射部と 2 層目の光反射部とをそれぞれ透過するため、その度に 1 層目の光反射部と 2 層目の光反射部とにより吸収される。

$$12L_{in} = 12L_{out} / (R1 + R2 \times (1 - R1) \times (1 - A1)^2 + R3 \times (1 - R1) \times (1 - A1)^2 \times (1 - R2) \times (1 - A2)^2) \cdot \cdot (1)$$

[0040] 図7及び図8において、上から2段目の「上記入射光の光束の最大定格値」は、最上段の各色の入射光 $12L_{in}$ を、レーザダイオード13の各色の最大光束（図5における最上段を参照）にて除して得た値の中の最大値を算出し、その最大値によって各色の入射光 $12L_{in}$ を除して得た、最大定格値である。つまり、ここでは、各色の入射光 $12L_{in}$ のうち、いずれか1つをレーザダイオード13の最大光束とした場合、出射光 $12L_{out}$ のホワイトバランスを目標通りにするために、残りの2色の光に係る光束をどのような数値にすべきかを求めている。なお、残りの2色の光に係る光束は、最大光束よりも小さい値となる。

[0041] 図7及び図8において、下から2段目の「各色の出射光の光束」は、「上記入射光の光束の最大定格値」に、「緑色光を基準としたホワイトバランス調整後の出射光の光束」（図5における下から2段目を参照）を掛け合わせ、さらにそれを「ホワイトバランス調整後の出射光を得るための入射光の光束」にて除して得た光束である。つまり、ここでは、入射光 $12L_{in}$ を「上記入射光の光束の最大定格値」としたときの出射光 $12L_{out}$ を、「各色の出射光の光束」として算出している。そして、図7及び図8において、最下段の「出射光全体の光束」は、「各色の出射光の光束」を足し合わせて得た光束である。この「出射光全体の光束」は、コンバイナ12の反射光により表示される映像の明るさを表している。

[0042] 比較実験1の実験結果について説明する。図7及び図8によれば、「出射光全体の光束」の数値は、実施例1, 2が最も高く、その次に比較例1, 4が高く、比較例2, 3が最も低くなっている。実施例1, 2は、いずれも緑色光反射部17が1層目に、比較例1, 4は、いずれも緑色光反射部17が2層目に、比較例2, 3は、いずれも緑色光反射部17が3層目に、それぞれ配されている。つまり、「出射光全体の光束」は、コンバイナ12におけ

る緑色光反射部 17 の配置に依存しており、緑色光反射部 17 が MEMS ミラー素子 14 及び観察者の近くに配されるほど向上し、緑色光反射部 17 が MEMS ミラー素子 14 及び観察者から遠くに配されるほど低下する傾向にあると言える。詳しくは、比較例 1, 4 では、緑色光反射部 17 が 2 層目に配されているため、ホワイトバランスを目標通りにするために入射光 12_{L_in} に最も多く含まれる緑色光が、その光路上に位置する 1 層目の光反射部によって吸収されてしまい、もって実施例 1, 2 に比べて緑色光の光量が減少すると考えられる。比較例 2, 3 では、緑色光反射部 17 が 3 層目に配されているため、ホワイトバランスを目標通りにするために入射光 12_{L_in} に最も多く含まれる緑色光が、その光路上に位置する 1 層目の光反射部と 2 層目の光反射部とによってそれぞれ吸収されてしまい、もって実施例 1, 2 及び比較例 1, 4 に比べて緑色光の光量が減少すると考えられる。これに対し、実施例 1, 2 では、緑色光反射部 17 が 1 層目に配されているので、ホワイトバランスを目標通りにするために入射光 12_{L_in} に最も多く含まれる緑色光が他の光反射部によって吸収される前に緑色光反射部 17 によって効率的に反射される。これにより、実施例 1, 2 では、緑色光の光量が最も多くなるので、出射光全体の光束の数値も最高値となっている。

[0043] 続いて、コンバイナ 12 を構成する各光反射部 16 ~ 18 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅と、コンバイナ 12 の透過率、及び各光反射部 16 ~ 18 による各色の光の反射率と、の関連性に関して知見を得るべく、次の比較実験 2 を行った。比較実験 2 では、比較実験 1 の実施例 1 と同一構造のコンバイナ 12 を用いるとともに、そのコンバイナ 12 を構成する各光反射部 16 ~ 18 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅を 4 nm ~ 100 nm の範囲で変化させたとき、当該ピークの半値幅の変化に伴って、コンバイナ 12 における可視光線の透過率、及び各光反射部 16 ~ 18 における反射スペクトルのピーク波長と合致する波長の各光の反射率がどのように変化するかを測定し、その結果を図 9 に示す。図 9 において、横軸は、コンバイナ 12 を構成する各光反射部 16 ~ 18 の反射スペクトルに含まれるピ

ークの半値幅の数値（単位は「nm」）であり、縦軸は、コンバイナ１２における可視光線の透過率の数値（単位は「％」）、及び各光反射部１６～１８における反射スペクトルのピーク波長と合致する波長の各光の反射率の数値（単位は「％」）である。そして、この比較実験２では、コンバイナ１２に対する入射光１２Ｌ_inの入射角を２５°とした場合と、同入射角を３０°とした場合と、でそれぞれ反射率を測定した。この入射光１２Ｌ_inの入射角は、コンバイナ１２に対する表示素子ユニット１１の配置を一定としたとき、入射光１２Ｌ_inがコンバイナ１２のどの位置に入射するか、を表している。この比較実験２では、上記入射角が２５°の場合は、その入射光１２Ｌ_inがコンバイナ１２の中央位置に入射することを表し、上記入射角が３０°の場合は、その入射光１２Ｌ_inがコンバイナ１２の一方の端位置に入射することを表している。つまり、この比較実験２は、コンバイナ１２の中央位置に光が入射した場合と、コンバイナ１２の一方の端位置に光が入射した場合と、で反射率の変化にどのような違いがあるかを検証したもの、と言える。なお、コンバイナ１２の透過率に関しては、入射光１２Ｌ_inの入射角に対する依存性は、ないものとされる。また、コンバイナ１２の他方の端位置に光が入射した場合、コンバイナ１２に対する入射光１２Ｌ_inの入射角が２０°となるが、その実験結果は、同入射角が３０°の場合と同様になるものとされる。

[0044] 比較実験２の実験結果について説明する。図９によれば、まず、コンバイナ１２は、各光反射部１６～１８における反射スペクトルのピークの半値幅が狭くなるほど透過率、つまり外光の透過光量が増加するものの、映像を表示するための光の反射光量が減少して表示される映像の明るさが低下する傾向にある、と言える。その一方、上記各光反射部１６～１８における反射スペクトルのピークの半値幅が広くなるほど映像を表示するための光の反射光量が増加するものの、外光の透過光量が減少して外部の像の視認がし辛くなる傾向にある、と言える。次に、各光反射部１６～１８における反射スペクトルのピークの半値幅を広くするほど映像を表示するための光の反射光量が

増加しているが、これはレーザダイオード 13 の発光光に含まれるサイドローブ光の利用効率が高まるためと考えられる。

[0045] そして、コンバイナ 12 に対する入射光 12 L_in の入射角を 25° とした場合と、同入射角を 30° とした場合と、を比較すると、各光反射部 16 ~ 18 における反射スペクトルのピークの半値幅の数値に拘わらず、前者の反射率が後者の反射率よりも常に大きくなっている。これは、コンバイナ 12 が周期的な構造を有していることに起因している。すなわち、コンバイナ 12 を構成する各光反射部 16 ~ 18 は、いずれもコレステリック液晶パネルからなるものとされており、このコレステリック液晶パネルに含まれるコレステリック液晶層 22 が周期的な構造をもっているため、反射光はブラッグの条件を満たすことになる。反射光がブラッグの条件を満たすには、その光路差と光の波長とが一致していればよいことから、入射角が大きくなれば光の波長が短波長側に、入射角が小さくなれば光の波長が長波長側に、それぞれ波長シフトが生じることになる。従って、入射光 12 L_in の入射角を 25° とした場合に比べて、同入射角を 30° とした場合は、光の波長が短波長側に波長シフトしており、具体的な数値としては例えばコレステリック液晶層 22 の屈折率を 1.5 としたとき、短波長側へ 9 nm 程度の波長シフトが生じるものとされる。これに対し、コンバイナ 12 を構成する各光反射部 16 ~ 18 における反射スペクトルに含まれるピークのピーク波長は、コンバイナ 12 の中央位置に入射する（入射角が 25° となる）入射光 12 L_in を基準として設定されている。このことから、コンバイナ 12 に対する入射光 12 L_in の入射角を 25° とした場合には、各光反射部 16 ~ 18 における反射スペクトルのピークの半値幅の数値に拘わらず、反射率が最も高くなっている。これに対し、コンバイナ 12 に対する入射光 12 L_in の入射角を 30° とした場合には、 25° の場合に比べると、各光反射部 16 ~ 18 における反射スペクトルのピークの半値幅が 4 nm ~ 33 nm の範囲においては、反射率が概ね低くなっているものの、上記反射スペクトルのピークの半値幅を広くするほど、反射率が向上し、上記半値幅が 33 nm を超えると、2

5° の場合と同等の反射率となる。これは、各光反射部 16～18 における反射スペクトルのピークの半値幅を広くするほど、入射角の違いに起因して波長シフトした光が上記反射スペクトルにより多く含まれるようになるためであり、上記半値幅が 33 nm を超えたときに波長シフトした光のほぼ全てが上記反射スペクトルに含まれるものと考えられる。なお、光源であるレーザダイオード 13 は、発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が 1 nm 以下と極めて狭くなっているため、各光反射部 16～18 における反射スペクトルのピークの半値幅が 4 nm～33 nm の範囲においては、同半値幅を狭くしたときに波長シフトに起因する反射率の低下が著しいものとされる。

[0046] 続いて、各光反射部 16～18 における反射スペクトルのピークの半値幅と、各光反射部 16～18 の反射率と、の具体的な対応関係について説明する。まず、各光反射部 16～18 における反射スペクトルのピークの半値幅が 6 nm 以上で且つ 11 nm 未満の範囲とされれば、コンバイナ 12 に対する入射光 12 L_in の入射角を 25° とした場合の反射率が 80% 以上で且つ 87.5% 未満の範囲となり、コンバイナ 12 に対する入射光 12 L_in の入射角を 30° とした場合には、10% 以上で且つ 25% 未満の範囲となる。これにより、コンバイナ 12 の反射光により投影される虚像 V1 を観察者に高い輝度でもって観察させることができる。また、外光におけるコンバイナ 12 の透過光量が多く確保されるので、外光に基づく外部の像を観察者により良好に観察させることができる。

[0047] 次に、各光反射部 16～18 における反射スペクトルのピークの半値幅が 11 nm 以上で且つ 18 nm 未満の範囲とされれば、コンバイナ 12 に対する入射光 12 L_in の入射角を 25° とした場合の反射率が 87.5% 以上で且つ 90% 未満の範囲となり、コンバイナ 12 に対する入射光 12 L_in の入射角を 30° とした場合には、25% 以上で且つ 40% 未満の範囲となる。これにより、コンバイナ 12 の反射光により投影される虚像 V1 を観察者に高い輝度でもって観察させることができるとともに、観察者がコンバイナ 12 の端位置を斜めから観察した場合における輝度が十分に高く保たれるので

、表示品位が高いものとなる。

[0048] そして、各光反射部 16～18 における反射スペクトルのピークの半値幅が 18 nm 以上で且つ 90 nm 以下の範囲とされれば、コンバイナ 12 に対する入射光 12 L_in の入射角を 25° とした場合の反射率が 90% 以上で且つ 95% 以下の範囲となり、コンバイナ 12 に対する入射光 12 L_in の入射角を 30° とした場合には、40% 以上で且つ 95% 以下の範囲となる。これにより、コンバイナ 12 の反射光により投影される虚像 V1 を観察者に高い輝度でもって観察させることができるとともに、観察者がコンバイナ 12 の端位置を斜めから観察した場合における輝度がさらに高くなるので、表示品位がより高いものとなる。その上で、各光反射部 16～18 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が 90 nm 以下とされることで、外光の透過率が 70% 以上確保されるので、日本の道路運送車両保安基準を満たすことができる。

[0049] 以上説明したように本実施形態のヘッドアップディスプレイ（反射投影型表示装置）10 は、映像を表示する MEMS ミラー素子（表示素子）14 と、MEMS ミラー素子 14 からの光を反射させてその反射光を観察者に虚像 V1 として観察させるとともに外光を透過させるコンバイナ（波長選択性反射部材）12 であって、主に緑色の波長領域の緑色光を選択的に反射する緑色光反射部 17 と、主に赤色の波長領域の赤色光を選択的に反射する赤色光反射部 16 と、主に青色の波長領域の青色光を選択的に反射する青色光反射部 18 と、を積層した形で備え、且つ緑色光反射部 17 が MEMS ミラー素子 14 に最も近くなるよう配置されてなるコンバイナ 12 と、を備える。

[0050] このようにすれば、映像を表示する MEMS ミラー素子 14 からの光は、コンバイナ 12 により反射され、その反射光が観察者に虚像 V1 として観察されるようになっている。観察者に観察される虚像 V1 は、コンバイナ 12 を構成する緑色光反射部 17、赤色光反射部 16、及び青色光反射部 18 によってそれぞれの色の波長領域の光が選択的に反射されることで投影されてなる。その一方、コンバイナ 12 は、外光のうち、緑色光反射部 17、赤色

光反射部 16、及び青色光反射部 18 の各反射スペクトルに合致する外光については反射するものの、当該各反射スペクトルと合致しない外光については透過する。これにより、観察者に、高い透過率でもってコンバイナ 12 を透過した外光に基づく外部の像を良好に観察させつつも、コンバイナ 12 の反射光により投影される虚像 V1 を高い輝度でもって観察させることが可能となる。

[0051] ここで、コンバイナ 12 を構成する各光反射部 16～18 は、互いに積層されているため、各光反射部 16～18 のうち MEMS ミラー素子 14 から遠い側に配されたものにより反射される光は、MEMS ミラー素子 14 に近い側に配されたものによって吸収されて光量が減少する傾向にある。各光反射部 16～18 による光の吸収率は、短波長側の光ほど高くなる傾向にある。その一方、MEMS ミラー素子 14 からの光は、外光とは違ってその発光強度に波長依存性を有するものとされていることから、ホワイトバランスを保つために緑色の波長領域の緑色光が最も多く含まれる傾向にある。

[0052] これらの事情に鑑み、上記したようにコンバイナ 12 は、緑色光反射部 17 が MEMS ミラー素子 14 に最も近くなるよう配置されてなるものとされているから、ホワイトバランスを保つために最も多く含まれる緑色の波長領域の緑色光を効率的に反射させることができ、それによりホワイトバランスを良好に保ちつつ表示に利用される光量を増加させることができる。しかも、緑色光は、赤色光及び青色光に比べて、比視感度が高いものとされているので、上記のように光量が増加されることで、輝度の向上が図られる。

[0053] また、MEMS ミラー素子 14 に少なくとも赤色光、緑色光、及び青色光を照射するレーザダイオード（光源）13 であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が 1 nm 以下とされるレーザダイオード 13 を備えており、コンバイナ 12 は、赤色光反射部 16 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、緑色光反射部 17 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び青色光反射部 18 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ 6 nm 以上で且つ 11 nm 未満の範囲とされる。この

ようにすれば、レーザダイオード13から発せられる各色の光を、コンバイナ12を構成する各光反射部16～18によって80%以上で且つ87.5%未満となる範囲の反射率でもって反射させることができる。これにより、コンバイナ12の反射光により投影される虚像V1を観察者に高い輝度でもって観察させることができる。ここで、レーザダイオード13は、発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が1nm以下と極めて狭くなっているため、各光反射部16～18に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合に反射率が著しく低下することが懸念される。その一方、レーザダイオード13から発せられる各色の光には、発光スペクトルのピーク波長からずれた波長の光（以下、サイドローブ光と言う）が僅かながらも含まれており、このサイドローブ光は、各光反射部16～18の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が広がるほど多く反射される傾向にある。このことから、各光反射部16～18の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、各光反射部16～18に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合でも、レーザダイオード13から発せられる各色の光を、コンバイナ12を構成する各光反射部16～18によって10%以上で且つ25%未満となる範囲の反射率でもって反射させることができ、もって虚像V1を観察する観察者の視野角が広く保たれる。このとき、外光におけるコンバイナ12の透過光量が多く確保されるので、外光に基づく外部の像を観察者により良好に観察させることができる。なお、上記した波長シフトは、各光反射部16～18が周期構造を有している場合に反射光に生じる光路差と光の波長とが一致する条件に基づいて生じるものであり、入射角が大きくなれば短波長側に、入射角が小さくなれば長波長側に、それぞれ波長シフトが生じるものとされる。

[0054] また、MEMSミラー素子14に少なくとも赤色光、緑色光、及び青色光を照射するレーザダイオード13であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が1nm以下とされるレーザダイオード13を備

えており、コンバイナ 12 は、赤色光反射部 16 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、緑色光反射部 17 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び青色光反射部 18 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ 11 nm 以上で且つ 18 nm 未満の範囲とされる。このようにすれば、レーザダイオード 13 から発せられる各色の光を、コンバイナ 12 を構成する各光反射部 16～18 によって 87.5% 以上で且つ 90% 未満となる範囲の反射率でもって反射させることができる。これにより、コンバイナ 12 の反射光により投影される虚像 V1 を観察者に高い輝度でもって観察させることができる。ここで、レーザダイオード 13 は、発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が 1 nm 以下と極めて狭くなっているため、各光反射部 16～18 に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合に反射率が著しく低下することが懸念される。その一方、レーザダイオード 13 から発せられる各色の光には、発光スペクトルのピーク波長からずれた波長のサイドローブ光が僅かながらも含まれており、このサイドローブ光は、各光反射部 16～18 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が広がるほど多く反射される傾向にある。このことから、各光反射部 16～18 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、各光反射部 16～18 に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合でも、レーザダイオード 13 から発せられる各色の光を、コンバイナ 12 を構成する各光反射部 16～18 によって 25% 以上で且つ 40% 未満となる範囲の十分に高い反射率でもって反射させることができ、もって虚像 V1 を観察する観察者の視野角が広く保たれる。これにより、観察者が虚像 V1 を斜めから観察した場合における輝度が十分に高く保たれるので、表示品位が高いものとなる。

[0055] また、MEMS ミラー素子 14 に少なくとも赤色光、緑色光、及び青色光を照射するレーザダイオード 13 であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が 1 nm 以下とされるレーザダイオード 13 を備えており、コンバイナ 12 は、赤色光反射部 16 の反射スペクトルに含まれ

るピークの半値幅、緑色光反射部 17 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び青色光反射部 18 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ 18 nm 以上で且つ 90 nm 以下の範囲とされる。このようにすれば、レーザダイオード 13 から発せられる各色の光を、コンバイナ 12 を構成する各光反射部 16 ~ 18 によって 90 % 以上で且つ 95 % 以下となる範囲の反射率でもって反射させることができる。これにより、コンバイナ 12 の反射光により投影される虚像 V1 を観察者に高い輝度でもって観察させることができる。ここで、レーザダイオード 13 は、発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が 1 nm 以下と極めて狭くなっているため、各光反射部 16 ~ 18 に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合に反射率が著しく低下することが懸念される。その一方、レーザダイオード 13 から発せられる各色の光には、発光スペクトルのピーク波長からずれた波長のサイドローブ光が僅かながらも含まれており、このサイドローブ光は、各光反射部 16 ~ 18 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が広がるほど多く反射される傾向にある。このことから、各光反射部 16 ~ 18 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、各光反射部 16 ~ 18 に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合でも、レーザダイオード 13 から発せられる各色の光を、コンバイナ 12 を構成する各光反射部 16 ~ 18 によって 40 % 以上で且つ 95 % 以下となる範囲のより高い反射率でもって反射させることができ、もって虚像 V1 を観察する観察者の視野角が広く保たれる。これにより、観察者が虚像 V1 を斜めから観察した場合における輝度がさらに高くなるので、表示品位がより高いものとなる。その上で、各光反射部 16 ~ 18 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が 90 nm 以下とされることで、外光の透過率が 70 % 以上確保されるので、日本の道路運送車両保安基準を満たすことができる。

[0056] また、コンバイナ 12 は、赤色光反射部 16、緑色光反射部 17、及び青色光反射部 18 が、それぞれコレステリック液晶パネルからなる。このよう

にすれば、コレステリック液晶は、使用する液晶材料を選択することで、反射スペクトルの半値幅を容易に且つ低コストでもって変更することができる。従って、ピークの半値幅が特定の値となる反射スペクトルを、容易に且つ低コストでもって実現することができる。しかも、コンバイナ１２に、偏光選択性を併せ持たせることができる。

[0057] また、少なくともコンバイナ１２に対してMEMSミラー素子１４側に配されるとともに、光を左円偏光または右円偏光に選択的に変換する偏光変換部２４を備えており、コンバイナ１２は、赤色光反射部１６、緑色光反射部１７、及び青色光反射部１８が、それぞれ波長選択性に加えて偏光選択性を有するとともに、それぞれの偏光特性が偏光変換部２４の偏光特性と同じとされる。このようにすれば、偏光変換部２４により左円偏光または右円偏光に選択的に変換された光は、偏光変換部２４と同じ偏光特性を有する赤色光反射部１６、緑色光反射部１７、及び青色光反射部１８により反射されることで、観察者に虚像Ｖ１として観察される。仮に、偏光変換部を省略するとともにコンバイナ１２が偏光選択性を有さない構成の場合に反射光に色づきが生じ易くなるのに比べると、上記した構成により反射光に色づきが生じるのが抑制されている。ここで、例えば、各光反射部１６～１８における反射スペクトルに重なりが生じていた場合、上記した構成によれば、赤色光及び青色光のうち、緑色光反射部１７の反射スペクトルと重なる波長の光について緑色光反射部１７により反射することができる。仮に、赤色光反射部１６または青色光反射部１８が緑色光反射部１７とは異なる偏光特性とされていると、赤色光または青色光のうち、緑色光反射部１７の反射スペクトルと重なる波長の光が緑色光反射部１７により反射されなくなる。これに比べると、表示に利用される光量を一層増加させることができる。

[0058] ＜実施形態２＞

本発明の実施形態２を図１０から図１５によって説明する。この実施形態２では、光源をＬＥＤ２５に変更したものを示す。なお、上記した実施形態１と同様の構造、作用及び効果について重複する説明は省略する。

[0059] 本実施形態に係るヘッドアップディスプレイ110は、図10に示すように、光源としてLED25を備えている。LED25は、赤色の波長領域に含まれる波長の赤色光を発光する赤色LED素子と、緑色の波長領域に含まれる波長の緑色光を発光する緑色LED素子と、青色の波長領域に含まれる波長の青色光を発光する青色LED素子と、を備える。LED25を構成する各色のLED素子は、無偏光の光を発するものとされる。LED25は、各色の発光光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅がいずれも1nmを超え且つ50nm以下の範囲となるよう構成されており、その半値幅の値が互いにほぼ同一とされる。LED25を構成する赤色LED素子は、図11に示すように、その発光スペクトルに含まれるピークのピーク波長が638nm程度とされ、緑色LED素子は、その発光スペクトルに含まれるピークのピーク波長が516nm程度とされ、青色LED素子は、その発光スペクトルに含まれるピークのピーク波長が450nm程度とされる。なお、発光源である各色のLED素子の図示に関しては省略する。

[0060] LED25は、赤色光、緑色光、及び青色光を所定の順序及びタイミングでもって発光するものとされる。LED25は、赤色光、緑色光、及び青色光によって表示される映像のホワイトバランスが特定のものとなるよう、各色の発光強度が調整されている。このホワイトバランスの調整に際しては、LED25を構成する赤色LED素子、緑色LED素子、及び青色LED素子の出力値（電流値）の比率の設定により行われる。このLED25は、具体的な映像のホワイトバランスが、図12に示すように、赤色光の光束比が26%程度、緑色光の光束比が72%程度、青色光の光束比が2%程度、となるよう調整されている（図12における下から3段目を参照）。また、LED25を構成する赤色LED素子は、赤色光の最大光束（単位は「a.u.」とする）が5程度となり、緑色LED素子は、緑色光の最大光束が10.0程度となり、青色LED素子は、青色光の最大光束が1.8程度となるような発光特性を有している（図12における最上段を参照）。この最大光束は、各色のLED素子に最大となる定格電流を付与したときに得られる光束で

あり、当該光束は、発光強度に比視感度を掛け合わせて得られるものとされる。この比視感度は、それぞれ赤色光が0.25、緑色光が1.0、青色光が0.05、とされる。また、LED25は、例えば緑色LED素子により緑色光を最大光束（10.0程度）で出射させた場合、目標のホワイトバランスを保つためには、赤色光の光束が3.6程度となり且つ青色光の光束が0.3程度となるよう、赤色LED素子及び青色LED素子の出力値が調整される（図12における下から2段目を参照）。

[0061] 本実施形態に係るヘッドアップディスプレイ110は、光源以外の構成も偏光されており、上記した実施形態1に記載したMEMSミラー素子14（図2を参照）に代えて、DMD（Digital Micromirror Device）表示素子26を備えている。DMD表示素子26は、表示画素を構成する微小なマイクロミラーが多数個マトリクス状に平面配置されるとともに、各マイクロミラーの個別の動作を制御するためのTFTなどの半導体素子（マイクロミラー共々図示は省略する）などが設けられてなる。DMD表示素子26は、LED25から順次に照射される赤色光、緑色光、及び青色光の発光タイミングに同期する形で、マイクロミラーの動作が制御されるようになっており、それによりDMD表示素子26による各色の光の反射光量が各マイクロミラー（各表示画素）毎に制御され、もってカラー画像が表示することが可能とされる。さらには、このヘッドアップディスプレイ110には、LED25とDMD表示素子26との間に介在する形で配されるとともに、LED25からの無偏光の光を直線偏光に変換する第1偏光変換部27と、第1偏光変換部27により変換された直線偏光を左円偏光または右円偏光に選択的に変換する第2偏光変換部28と、が備えられている。第1偏光変換部27は、例えばPSコンバータ、偏光板、反射型偏光板のいずれかにより構成されており、LED25からの無偏光の光を直線偏光に変換することができる。第2偏光変換部28は、例えば、 $1/4\lambda$ の位相差を生じさせる位相差板（四分の一波長板）により構成されており、第1偏光変換部27から出射された直線偏光を、左右いずれか一方の円偏光に変換することができるものとされる。

。そして、上記した実施形態１と同様に、コンバイナ１１２を構成する各光反射部１１６～１１８は、相互の偏光特性が揃えられるとともに、その偏光特性が第２偏光変換部２８の偏光特性とも同じとされている。

[0062] 次に、コンバイナ１１２を構成する各光反射部１１６～１１８の積層順を変更したとき、コンバイナ１１２の出射光の光束、つまり明るさがどのように変化するかに関して知見を得るべく、下記の比較実験３を行った。この比較実験３では、コンバイナ１１２を構成する各光反射部１１６～１１８の積層順に関して、ＤＭＤ表示素子２６及び観察者に近い側から、赤色光反射部１１６、緑色光反射部１１７、青色光反射部１１８、の順とした比較例５と、赤色光反射部１１６、青色光反射部１１８、緑色光反射部１１７、の順とした比較例６と、青色光反射部１１８、赤色光反射部１１６、緑色光反射部１１７、の順とした比較例７と、青色光反射部１１８、緑色光反射部１１７、赤色光反射部１１６、の順とした比較例８と、緑色光反射部１１７、赤色光反射部１１６、青色光反射部１１８、の順とした実施例３と、緑色光反射部１１７、青色光反射部１１８、赤色光反射部１１６、の順とした実施例４と、を用いた。実施例４に係るコンバイナ１１２の断面構成は、上記した実施形態１の比較実験１における実施例２と同様である（図６を参照）。これら比較例５～８及び実施例３、４に係る各コンバイナ１１２に、ＤＭＤ表示素子２６及びスクリーン１１５を介して光を供給するＬＥＤ２５に関しては、各コンバイナ１１２の反射光によって表示される映像に係るホワイトバランスが目標の光束比となるよう、各色の発光光に係る光束が調整されている。この調整に際しては、ＬＥＤ２５から発せられる赤色光、緑色光、青色光のいずれかが最大光束となるよう設定している。このように調整されたＬＥＤ２５からの光を、比較例５～８及び実施例３、４に係る各コンバイナ１１２により反射することで得られる出射光に係る光束をそれぞれ測定し、その結果を図１３及び図１４に示す。なお、図１３及び図１４において比較例５～８及び実施例３、４の各欄には、各光反射部１１６～１１８におけるＤＭＤ表示素子２６及びスクリーン１１５に近い側からの積層順を、アルファベ

ットの頭文字により括弧書きで記載している。また、図 1 3 及び図 1 4 における各欄の数値の具体的な算出方法は、上記した実施形態 1 の比較実験 1 と同様であるから、詳しい説明は割愛する。

[0063] 比較実験 3 の実験結果について説明する。図 1 3 及び図 1 4 によれば、「出射光全体の光束」の数値は、実施例 3 が最も高く、その次に実施例 4 が高く、次いで比較例 5, 8 が高く、比較例 6, 7 が最も低くなっている。実施例 3, 4 は、いずれも緑色光反射部 1 1 7 が 1 層目に、比較例 5, 8 は、いずれも緑色光反射部 1 1 7 が 2 層目に、比較例 6, 7 は、いずれも緑色光反射部 1 1 7 が 3 層目に、それぞれ配されている。つまり、「出射光全体の光束」は、コンバイナ 1 1 2 における緑色光反射部 1 1 7 の配置に概ね依存しており、緑色光反射部 1 1 7 が DMD 表示素子 2 6 及び観察者の近くに配されるほど向上し、緑色光反射部 1 1 7 が DMD 表示素子 2 6 及び観察者から遠くに配されるほど低下する傾向にあると言える。詳しくは、比較例 5, 8 では、緑色光反射部 1 1 7 が 2 層目に配されているため、ホワイトバランスを目標通りにするために入射光に最も多く含まれる緑色光が、その光路上に位置する 1 層目の光反射部によって吸収されてしまい、もって実施例 3, 4 に比べて緑色光の光量が減少すると考えられる。比較例 6, 7 では、緑色光反射部 1 1 7 が 3 層目に配されているため、ホワイトバランスを目標通りにするために入射光に最も多く含まれる緑色光が、その光路上に位置する 1 層目の光反射部と 2 層目の光反射部とによってそれぞれ吸収されてしまい、もって実施例 3, 4 及び比較例 5, 8 に比べて緑色光の光量が減少すると考えられる。これに対し、実施例 3, 4 では、緑色光反射部 1 1 7 が 1 層目に配されているので、ホワイトバランスを目標通りにするために入射光に最も多く含まれる緑色光が他の光反射部によって吸収される前に緑色光反射部 1 1 7 によって効率的に反射され、もって比較例 5 ~ 8 に比べて緑色光の光量が多くなるものとされる。

[0064] そして、実施例 3, 4 を比較したとき、実施例 3 の方が実施例 4 よりも「出射光全体の光束」の数値が高くなっている。これは、図 1 4 の上から 2 段

目の欄に示されているように、入射光の光束の最大定格値が、赤色光を基準にして算出されていることに起因している。つまり、この比較実験2では、ホワイトバランスを調整するに際しては、LED25の発光光のうち、赤色光を最大光束とし、緑色光及び青色光を最大光束未満としている。ここで、実施例3、4では、赤色光反射部116と青色光反射部118との積層順が逆の関係となっていることに起因して、実施例4では、緑色光及び青色光の各光束の数値が相対的に低くなっている。しかも、実施例4では、最大光束とされる赤色光が3層目に配された赤色光反射部116により反射されるため、赤色光の光量がより減少している。これに比べて、実施例3では、赤色光反射部116が2層目に配されることで、緑色光及び青色光の各光束の数値が相対的に高くなるとともに、赤色光の光量が相対的に多くなっている。これにより、実施例3では、各色の光の光量が実施例4よりも多くなり、もって出射光全体の光束の数値も最高値となっている。

[0065] 続いて、コンバイナ112を構成する各光反射部116～118の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅と、コンバイナ112の透過率、及び各光反射部116～118による各色の光の反射率と、の関連性に関して知見を得るべく、次の比較実験4を行った。比較実験4では、比較実験3の実施例3と同一構造のコンバイナ112を用いるとともに、そのコンバイナ112を構成する各光反射部116～118の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅を4nm～100nmの範囲で変化させたとき、当該ピークの半値幅の変化に伴って、コンバイナ112における可視光線の透過率、及び各光反射部116～118における反射スペクトルのピーク波長と合致する波長の各光の反射率がどのように変化するかを測定し、その結果を図15に示す。図15において、横軸は、コンバイナ112を構成する各光反射部116～118の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅の数値（単位は「nm」）であり、縦軸は、コンバイナ112における可視光線の透過率の数値（単位は「%」）、及び各光反射部116～118における反射スペクトルのピーク波長と合致する波長の各光の反射率の数値（単位は「%」）である。

[0066] そして、この比較実験4では、光源として、発光スペクトルのピークの半値幅が14nmとされる第1LEDと、発光スペクトルのピークの半値幅が24nmとされる第2LEDと、それぞれを用いるとともに、コンバイナ112に対する入射光の入射角を25°とした場合と、同入射角を30°とした場合と、でそれぞれ反射率を測定した。この入射光の入射角は、コンバイナ112に対する表示素子ユニット111の配置を一定としたとき、入射光がコンバイナ112のどの位置に入射するか、を表している。この比較実験4では、上記入射角が25°の場合は、その入射光がコンバイナ112の中央位置に入射することを表し、上記入射角が30°の場合は、その入射光がコンバイナ112の一方の端位置に入射することを表している。つまり、この比較実験4は、コンバイナ112の中央位置に光が入射した場合と、コンバイナ112の一方の端位置に光が入射した場合と、で反射率の変化にどのような違いがあるかを検証したもの、と言える。なお、コンバイナ112の透過率に関しては、入射光の入射角に対する依存性は、ないものとされる。また、コンバイナ112の他方の端位置に光が入射した場合、コンバイナ112に対する入射光の入射角が20°となるが、その実験結果は、同入射角が30°の場合と同様になるものとされる。

[0067] 比較実験4の実験結果について説明する。図15によれば、まず、コンバイナ112は、各光反射部116～118における反射スペクトルのピークの半値幅が狭くなるほど透過率、つまり外光の透過光量が増加するものの、映像を表示するための光の反射光量が減少して表示される映像の明るさが低下する傾向にある、と言える。その一方、上記各光反射部116～118における反射スペクトルのピークの半値幅が広くなるほど映像を表示するための光の反射光量が増加するものの、外光の透過光量が減少して外部の像の視認がし辛くなる傾向にある、と言える。次に、各光反射部116～118における反射スペクトルのピークの半値幅を広くするほど映像を表示するための光の反射光量が増加しているが、これはLED25の発光光に含まれるサイドローブ光の利用効率が高まるためと考えられる。

[0068] そして、各LEDのそれぞれにおいて、コンバイナ112に対する入射光の入射角を 25° とした場合と、同入射角を 30° とした場合と、を比較すると、各光反射部116～118における反射スペクトルのピークの半値幅の数値に拘わらず、前者の反射率が後者の反射率よりも常に大きくなっている。これは、コンバイナ112が周期的な構造を有していることに起因している。すなわち、コンバイナ112を構成する各光反射部116～118は、いずれもコレステリック液晶パネルからなるものとされており、このコレステリック液晶パネルに含まれるコレステリック液晶層122（図10を参照）が周期的な構造をもっているため、反射光はブラッグの条件を満たすことになる。反射光がブラッグの条件を満たすには、その光路差と光の波長とが一致していればよいことから、入射角が大きくなれば光の波長が短波長側に、入射角が小さくなれば光の波長が長波長側に、それぞれ波長シフトが生じることになる。従って、入射光の入射角を 25° とした場合に比べて、同入射角を 30° とした場合は、光の波長が短波長側に波長シフトしており、具体的な数値としては例えばコレステリック液晶層122の屈折率を1.5としたとき、短波長側へ9nm程度の波長シフトが生じるものとされる。これに対し、コンバイナ112を構成する各光反射部116～118における反射スペクトルに含まれるピークのピーク波長は、コンバイナ112の中央位置に入射する（入射角が 25° となる）入射光を基準として設定されている。このことから、コンバイナ112に対する入射光の入射角を 25° とした場合には、各光反射部116～118における反射スペクトルのピークの半値幅の数値に拘わらず、反射率が最も高くなっている。これに対し、コンバイナ112に対する入射光の入射角を 30° とした場合には、 25° の場合に比べると、各光反射部116～118における反射スペクトルのピークの半値幅の数値に拘わらず、ほぼ常に反射率が低くなっている。これは、各光反射部116～118における反射スペクトルのピークの半値幅を広くするほど、入射角の違いに起因して波長シフトした光が上記反射スペクトルにより多く含まれるようになるためである。しかしながら、上記した実施形態

1で用いられたレーザダイオード13に比べると、本実施形態に係るLED25（第1LED及び第2LED）は、半値幅が14nmまたは24nm、と広がっているため、各光反射部116～118における反射スペクトルのピークの半値幅を拡張しても、上記した波長シフトに伴ってサイドロープ光が上記反射スペクトルに含まれ難くなっている。このため、コンバイナ112に対する入射光の入射角を30°とした場合は、各光反射部116～118における反射スペクトルのピークの半値幅の数値に拘わらず、ほぼ常に反射率が低くなっているのである。

[0069] 続いて、各光反射部116～118における反射スペクトルのピークの半値幅と、各光反射部116～118の反射率と、の具体的な対応関係について説明する。まず、第1LEDを用いた場合において、各光反射部116～118における反射スペクトルのピークの半値幅が4nm以上で且つ14nm未満の範囲とされれば、コンバイナ112に対する入射光の入射角を25°とした場合の反射率が20%以上で且つ50%未満の範囲となり、コンバイナ112に対する入射光の入射角を30°とした場合には、10%以上で且つ25%未満の範囲となる。これにより、コンバイナ112の反射光により投影される虚像を観察者に十分な輝度でもって観察させることができるのに加えて、外光におけるコンバイナ112の透過光量がより多く確保されるので、外光に基づく外部の像を観察者により良好に観察させることができる。また、虚像を観察する観察者の視野角が広く保たれる。なお、この比較実験4では、第1LEDにおける発光スペクトルのピークの半値幅が14nmとされた場合を例示しているが、同半値幅が1nmを超え且つ24nm未満の範囲とされる限りは、コンバイナ112における光の反射率が上記と概ね同様の値、つまり入射角が25°の場合は反射率が20%以上で且つ50%未満の範囲となり、入射角が30°の場合は反射率が10%以上で且つ25%未満の範囲となる。

[0070] 次に、第1LEDを用いた場合において、各光反射部116～118における反射スペクトルのピークの半値幅が14nm以上で且つ40nm未満の

範囲とされれば、コンバイナ 1 1 2 に対する入射光の入射角を 25° とした場合の反射率が 50%以上で且つ 80%未満の範囲となり、コンバイナ 1 1 2 に対する入射光の入射角を 30° とした場合には、25%以上で且つ 40%未満の範囲となる。これにより、コンバイナ 1 1 2 の反射光により投影される虚像を観察者により高い輝度でもって観察させることができるのに加えて、外光におけるコンバイナ 1 1 2 の透過光量が十分に確保されるので、外光に基づく外部の像を観察者に良好に観察させることができる。また、虚像を観察する観察者の視野角が広く保たれる。なお、この比較実験 4 では、第 1 L E D における発光スペクトルのピークの半値幅が 14 nm とされた場合を例示しているが、同半値幅が 1 nm を超え且つ 24 nm 未満の範囲とされる限りは、コンバイナ 1 1 2 における光の反射率が上記と概ね同様の値、つまり入射角が 25° の場合は反射率が 50%以上で且つ 80%未満の範囲となり、入射角が 30° の場合は反射率が 25%以上で且つ 40%未満の範囲となる。

[0071] そして、第 1 L E D を用いた場合において、各光反射部 1 1 6 ~ 1 1 8 における反射スペクトルのピークの半値幅が 40 nm 以上で且つ 90 nm 以下の範囲とされれば、コンバイナ 1 1 2 に対する入射光の入射角を 25° とした場合の反射率が 80%以上で且つ 90%以下の範囲となり、コンバイナ 1 1 2 に対する入射光の入射角を 30° とした場合には、40%以上で且つ 90%以下の範囲となる。これにより、コンバイナ 1 1 2 の反射光により投影される虚像を観察者により高い輝度でもって観察させることができるとともに、観察者がコンバイナ 1 1 2 の端位置を斜めから観察した場合における輝度がさらに高くなるので、表示品位がより高いものとなる。その上で、各光反射部 1 1 6 ~ 1 1 8 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が 90 nm 以下とされることで、外光の透過率が 70%以上確保されるので、日本の道路運送車両保安基準を満たすことができる。なお、この比較実験 4 では、第 1 L E D における発光スペクトルのピークの半値幅が 14 nm とされた場合を例示しているが、同半値幅が 1 nm を超え且つ 24 nm 未満の範囲とさ

れる限りは、コンバイナ 1 1 2 における光の反射率が上記と概ね同様の値、つまり入射角が 25° の場合は反射率が 80%以上で且つ 90%未満の範囲となり、入射角が 30° の場合は反射率が 40%以上で且つ 90%未満の範囲となる。

[0072] さらに、第 2 L E D を用いた場合において、各光反射部 1 1 6 ~ 1 1 8 における反射スペクトルのピークの半値幅が 4 nm 以上で且つ 23 nm 未満の範囲とされれば、コンバイナ 1 1 2 に対する入射光の入射角を 25° とした場合の反射率が 20%以上で且つ 50%未満の範囲となり、コンバイナ 1 1 2 に対する入射光の入射角を 30° とした場合には、10%以上で且つ 25%未満の範囲となる。これにより、コンバイナ 1 1 2 の反射光により投影される虚像を観察者に十分な輝度でもって観察させることができるのに加えて、外光におけるコンバイナ 1 1 2 の透過光量がより多く確保されるので、外光に基づく外部の像を観察者により良好に観察させることができる。また、虚像を観察する観察者の視野角が広く保たれる。なお、この比較実験 4 では、第 2 L E D における発光スペクトルのピークの半値幅が 24 nm とされた場合を例示しているが、同半値幅が 24 nm 以上で且つ 50 nm 以下の範囲とされる限りは、コンバイナ 1 1 2 における光の反射率が上記と概ね同様の値、つまり入射角が 25° の場合は反射率が 20%以上で且つ 50%未満の範囲となり、入射角が 30° の場合は反射率が 10%以上で且つ 25%未満の範囲となる。

[0073] 次に、第 2 L E D を用いた場合において、各光反射部 1 1 6 ~ 1 1 8 における反射スペクトルのピークの半値幅が 23 nm 以上で且つ 71 nm 未満の範囲とされれば、コンバイナ 1 1 2 に対する入射光の入射角を 25° とした場合の反射率が 50%以上で且つ 80%未満の範囲となり、コンバイナ 1 1 2 に対する入射光の入射角を 30° とした場合には、25%以上で且つ 40%未満の範囲となる。これにより、コンバイナ 1 1 2 の反射光により投影される虚像を観察者により高い輝度でもって観察させることができるのに加えて、外光におけるコンバイナ 1 1 2 の透過光量が十分に確保されるので、外

光に基づく外部の像を観察者に良好に観察させることができる。また、虚像を観察する観察者の視野角が広く保たれる。なお、この比較実験4では、第2LEDにおける発光スペクトルのピークの半値幅が24nmとされた場合を例示しているが、同半値幅が24nm以上で且つ50nm以下の範囲とされる限りは、コンバイナ112における光の反射率が上記と概ね同様の値、つまり入射角が25°の場合は反射率が50%以上で且つ80%未満の範囲となり、入射角が30°の場合は反射率が25%以上で且つ40%未満の範囲となる。

[0074] そして、第2LEDを用いた場合において、各光反射部116～118における反射スペクトルのピークの半値幅が71nm以上で且つ90nm以下の範囲とされれば、コンバイナ112に対する入射光の入射角を25°とした場合の反射率が80%以上で且つ90%以下の範囲となり、コンバイナ112に対する入射光の入射角を30°とした場合には、40%以上で且つ90%以下の範囲となる。これにより、コンバイナ112の反射光により投影される虚像を観察者により高い輝度でもって観察させることができるとともに、観察者がコンバイナ112の端位置を斜めから観察した場合における輝度がさらに高くなるので、表示品位がより高いものとなる。その上で、各光反射部116～118の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が90nm以下とされることで、外光の透過率が70%以上確保されるので、日本の道路運送車両保安基準を満たすことができる。なお、この比較実験4では、第2LEDにおける発光スペクトルのピークの半値幅が24nmとされた場合を例示しているが、同半値幅が24nm以上で且つ50nm以下の範囲とされる限りは、コンバイナ112における光の反射率が上記と概ね同様の値、つまり入射角が25°の場合は反射率が80%以上で且つ90%未満の範囲となり、入射角が30°の場合は反射率が40%以上で且つ90%未満の範囲となる。

[0075] 以上説明したように本実施形態によれば、DMD表示素子（表示素子）26に少なくとも赤色光、緑色光、及び青色光を照射するLED（光源）25

であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が1 nmを超え且つ24 nm未満の範囲とされるLED 25を備えており、コンバイナ112は、赤色光反射部116の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、緑色光反射部117の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び青色光反射部118の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ4 nm以上で且つ14 nm未満の範囲とされる。LED 25から発せられる各色の光には、発光スペクトルのピーク波長からずれた波長の光（以下、サイドローブ光と言う）が含まれており、このサイドローブ光は、各光反射部116～118の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が広がるほど多く反射される傾向にある。このことから、各光反射部116～118の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、LED 25から発せられる各色の光を、コンバイナ112を構成する各光反射部116～118によって20%以上で且つ50%未満となる範囲の反射率でもって反射させることができる。これにより、コンバイナ112の反射光により投影される虚像を観察者に十分な輝度でもって観察させることができるのに加えて、外光におけるコンバイナ112の透過光量がより多く確保されるので、外光に基づく外部の像を観察者により良好に観察させることができる。しかも、各光反射部116～118に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合でも、LED 25から発せられる各色の光を、コンバイナ112を構成する各光反射部116～118によって10%以上で且つ25%未満となる範囲の反射率でもって反射させることができ、もって虚像を観察する観察者の視野角が広く保たれる。なお、上記した波長シフトは、各光反射部116～118が周期構造を有している場合に反射光に生じる光路差と光の波長とが一致する条件に基づいて生じるものであり、入射角が大きくなれば短波長側に、入射角が小さくなれば長波長側に、それぞれ波長シフトが生じるものとされる。

[0076] また、DMD表示素子26に少なくとも赤色光、緑色光、及び青色光を照射するLED 25であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピー

クの半値幅が1 nmを超え且つ24 nmの範囲とされるLED 25を備えており、コンバイナ112は、赤色光反射部116の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、緑色光反射部117の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び青色光反射部118の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ14 nm以上で且つ40 nm未満の範囲とされる。LED 25から発せられる各色の光には、発光スペクトルのピーク波長からずれた波長のサイドローブ光が含まれており、このサイドローブ光は、各光反射部116～118の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が広がるほど多く反射される傾向にある。このことから、各光反射部116～118の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、LED 25から発せられる各色の光を、コンバイナ112を構成する各光反射部116～118によって50%以上で且つ80%未満となる範囲の十分に高い反射率でもって反射させることができる。これにより、コンバイナ112の反射光により投影される虚像を観察者により高い輝度でもって観察させることができるのに加えて、外光におけるコンバイナ112の透過光量が十分に確保されるので、外光に基づく外部の像を観察者に良好に観察させることができる。しかも、各光反射部116～118に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合でも、各光反射部116～118の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、LED 25から発せられる各色の光を、コンバイナ112を構成する各光反射部116～118によって25%以上で且つ40%未満となる範囲の反射率でもって反射させることができ、もって虚像を観察する観察者の視野角が広く保たれる。

[0077] また、DMD表示素子26に少なくとも赤色光、緑色光、及び青色光を照射するLED 25であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が1 nmを超え且つ24 nmの範囲とされるLED 25を備えており、コンバイナ112は、赤色光反射部116の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、緑色光反射部117の反射スペクトルに含まれるピーク

の半値幅、及び青色光反射部 118 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ 40 nm 以上で且つ 90 nm 以下の範囲とされる。LED 25 から発せられる各色の光には、発光スペクトルのピーク波長からずれた波長のサイドローブ光が含まれており、このサイドローブ光は、各光反射部 116 ~ 118 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が広くなるほど多く反射される傾向にある。このことから、各光反射部 116 ~ 118 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、LED 25 から発せられる各色の光を、コンバイナ 112 を構成する各光反射部 116 ~ 118 によって 80 % 以上で且つ 90 % 以下となる範囲のより高い反射率でもって反射させることができる。これにより、コンバイナ 112 の反射光により投影される虚像を観察者により高い輝度でもって観察させることができる。しかも、各光反射部 116 ~ 118 に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合でも、各光反射部 116 ~ 118 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、LED 25 から発せられる各色の光を、コンバイナ 112 を構成する各光反射部 116 ~ 118 によって 40 % 以上で且つ 90 % 以下の反射率でもって反射させることができ、もって虚像を観察する観察者の視野角が広く保たれる。その上で、各光反射部 116 ~ 118 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が 90 nm 以下とされることで、外光の透過率が 70 % 以上確保されるので、日本の道路運送車両保安基準を満たすことができる。

[0078] また、DMD 表示素子 26 に少なくとも赤色光、緑色光、及び青色光を照射する LED 25 であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が 24 nm 以上で且つ 50 nm 以下の範囲とされる LED 25 を備えており、コンバイナ 112 は、赤色光反射部 116 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、緑色光反射部 117 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び青色光反射部 118 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ 4 nm 以上で且つ 23 nm 未満の範囲とされる。L

LED 25 から発せられる各色の光には、発光スペクトルのピーク波長からずれた波長のサイドローブ光が含まれており、このサイドローブ光は、各光反射部 116 ~ 118 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が広がるほど多く反射される傾向にある。このことから、各光反射部 116 ~ 118 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、LED 25 から発せられる各色の光を、コンバイナ 112 を構成する各光反射部 116 ~ 118 によって 20% 以上で且つ 50% 未満となる範囲の反射率でもって反射させることができる。これにより、コンバイナ 112 の反射光により投影される虚像を観察者に十分な輝度でもって観察させることができるのに加えて、外光におけるコンバイナ 112 の透過光量がより多く確保されるので、外光に基づく外部の像を観察者により良好に観察させることができる。しかも、各光反射部 116 ~ 118 に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合でも、各光反射部 116 ~ 118 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、LED 25 から発せられる各色の光を、コンバイナ 112 を構成する各光反射部 116 ~ 118 によって 10% 以上で且つ 25% 未満となる範囲の反射率でもって反射させることができ、もって虚像を観察する観察者の視野角が広く保たれる。

[0079] また、DMD 表示素子 26 に少なくとも赤色光、緑色光、及び青色光を照射する LED 25 であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が 24 nm 以上で且つ 50 nm 以下の範囲とされる LED 25 を備えており、コンバイナ 112 は、赤色光反射部 116 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、緑色光反射部 117 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び青色光反射部 118 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ 23 nm 以上で且つ 71 nm 未満の範囲とされる。LED 25 から発せられる各色の光には、発光スペクトルのピーク波長からずれた波長のサイドローブ光が含まれており、このサイドローブ光は、各光反射部 116 ~ 118 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が広くな

るほど多く反射される傾向にある。このことから、各光反射部 116～118 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、LED 25 から発せられる各色の光を、コンバイナ 112 を構成する各光反射部 116～118 によって 50%以上で且つ 80%未満となる範囲の十分に高い反射率でもって反射させることができる。これにより、コンバイナ 112 の反射光により投影される虚像を観察者により高い輝度でもって観察させることができるのに加えて、外光におけるコンバイナ 112 の透過光量が十分に確保されるので、外光に基づく外部の像を観察者に良好に観察させることができる。しかも、各光反射部 116～118 に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合でも、各光反射部 116～118 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、LED 25 から発せられる各色の光を、コンバイナ 112 を構成する各光反射部 116～118 によって 25%以上で且つ 40%未満となる範囲の反射率でもって反射させることができ、もって虚像を観察する観察者の視野角が広く保たれる。

[0080] また、DMD表示素子 26 に少なくとも赤色光、緑色光、及び青色光を照射するLED 25 であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が 24 nm 以上で且つ 50 nm 以下の範囲とされるLED 25 を備えており、コンバイナ 112 は、赤色光反射部 116 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、緑色光反射部 117 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び青色光反射部 118 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ 71 nm 以上で且つ 90 nm 以下の範囲とされる。LED 25 から発せられる各色の光には、発光スペクトルのピーク波長からずれた波長のサイドローブ光が含まれており、このサイドローブ光は、各光反射部 116～118 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が広くなるほど多く反射される傾向にある。このことから、各光反射部 116～118 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、LED 25 から発せられる各色の光を、コンバイナ 112 を構成する

各光反射部 116～118 によって 80%以上で且つ 83%以下となる範囲のより高い反射率でもって反射させることができる。これにより、コンバイナ 112 の反射光により投影される虚像を観察者により高い輝度でもって観察させることができる。しかも、各光反射部 116～118 に対する光の入射角が変動するのに起因して反射光に波長シフトが生じた場合でも、各光反射部 116～118 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が上記のように設定されることで、LED 25 から発せられる各色の光を、コンバイナ 112 を構成する各光反射部 116～118 によって 40%以上で且つ 83%以下となる範囲の反射率でもって反射させることができ、もって虚像を観察する観察者の視野角が広く保たれる。その上で、各光反射部 116～118 の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が 90 nm 以下とされることで、外光の透過率が 70%以上確保されるので、日本の道路運送車両保安基準を満たすことができる。

[0081] また、コンバイナ 112 は、青色光反射部 118 が DMD 表示素子 26 から最も遠くなるよう配置されてなる。仮に赤色光反射部を DMD 表示素子 26 から最も遠くなるよう配置した場合、ホワイトバランスを調整するためには、例えば DMD 表示素子 26 からの光に含まれる赤色の波長領域の光に係る輝度を最大値としつつ緑色の波長領域の光及び青色の波長領域の光に係る各輝度を最大値よりも低下させる必要が生じる場合がある。これに対し、上記したように青色光反射部 118 を DMD 表示素子 26 から最も遠くなるよう配置すれば、ホワイトバランスを調整する際に、例えば DMD 表示素子 26 からの光に含まれる緑色の波長領域の光に係る輝度を最大値としつつ赤色の波長領域の光及び青色の波長領域の光に係る各輝度を最大値よりも低下させることができるので、緑色の波長領域の光に係る輝度が相対的に高くなる。しかも、赤色光反射部 116 により反射される赤色の波長領域の光の光量も多いものとなる。以上により、表示に利用される光量を最も多くすることができる。

[0082] <実施形態 3>

本発明の実施形態３を図１６によって説明する。この実施形態３では、上記した実施形態１からコンバイナ２１２を変更したものを示す。なお、上記した実施形態１と同様の構造、作用及び効果について重複する説明は省略する。

[0083] 本実施形態に係るコンバイナ２１２は、図１６に示すように、相互に積層配置された各光反射部２１６～２１８がそれぞれホログラフィック素子からなるものとされる。ホログラフィック素子は、特定の波長成分で反射率が高くなるという波長選択性を有しており、具体的には当該ホログラフィック素子の製造に際して用いた特定の波長の近傍の光に限って、大きな回折効率を持つという形で波長選択性を有している。従って、赤色光反射部２１６を構成するホログラフィック素子は、主に赤色光を選択的に反射し、緑色光反射部２１７を構成するホログラフィック素子は、主に緑色光を選択的に反射し、青色光反射部２１８を構成するホログラフィック素子は、主に青色光を選択的に反射するようそれぞれ構成されている。このようなホログラフィック素子を用いたコンバイナ２１２においても、緑色光反射部２１７を最も表示素子ユニット２１１の近くに配置することで、上記した実施形態１と同様の作用及び効果を得ることができる。なお、表示素子ユニット２１１を構成するレーザダイオード２１３、MEMSミラー素子２１４、スクリーン２１５、及び偏光変換部２２４は、上記した実施形態１と同様である。

[0084] <実施形態４>

本発明の実施形態４を図１７によって説明する。この実施形態４では、上記した実施形態１からコンバイナ３１２を変更したものを示す。なお、上記した実施形態１と同様の構造、作用及び効果について重複する説明は省略する。

[0085] 本実施形態に係るコンバイナ３１２は、図１７に示すように、相互に積層配置された各光反射部３１６～３１８がそれぞれ誘電体多層膜からなるものとされる。誘電体多層膜は、相互に屈折率が異なる透光性薄膜を積層してなるものであり、上記したコレステリック液晶パネルやホログラフィック素子

と同様に特定の波長成分で反射率が高くなるという波長選択性を有している。従って、赤色光反射部 316 を構成する誘電体多層膜は、主に赤色光を選択的に反射し、緑色光反射部 317 を構成する誘電体多層膜は、主に緑色光を選択的に反射し、青色光反射部 318 を構成する誘電体多層膜は、主に青色光を選択的に反射するようそれぞれ構成されている。このような誘電体多層膜を用いたコンバイナ 312 においても、緑色光反射部 317 を最も表示素子ユニット 311 の近くに配置することで、上記した実施形態 1 と同様の作用及び効果を得ることができる。なお、表示素子ユニット 311 を構成するレーザダイオード 313、MEMS ミラー素子 314、スクリーン 315、及び偏光変換部 324 は、上記した実施形態 1 と同様である。

[0086] <実施形態 5>

本発明の実施形態 5 を図 18 によって説明する。この実施形態 5 では、上記した実施形態 1 に記載したレーザダイオードに代えて液晶表示装置 29 を用いたものを示す。なお、上記した実施形態 1 と同様の構造、作用及び効果について重複する説明は省略する。

[0087] 本実施形態では、図 18 に示すように、液晶表示装置 29 が、表示素子ユニット 411 の光源として用いられている。液晶表示装置 29 は、映像を表示する液晶パネルと、液晶パネルに対して表示のための光を供給するバックライト装置と、から構成されている。このバックライト装置の光源としては、例えば LED を用いることができる。液晶パネルからの出射光は、直線偏光とされる。このため、液晶表示装置 29 とスクリーン 415 との間には、直線偏光を円偏光に変換する偏光変換部 424 が介在する形で配されている。この偏光変換部 424 は、例えば、 $1/4\lambda$ の位相差を生じさせる位相差板（四分の一波長板）により構成されており、液晶表示装置 29 から出射された直線偏光を、左右いずれか一方の円偏光に変換することができるものとされる。また、上記した実施形態 1 と同様に、コンバイナ 412 を構成する各光反射部 416～418 は、相互の偏光特性が揃えられるとともに、その偏光特性が偏光変換部 424 の偏光特性とも同じとされている。このような

液晶表示装置 2 9 を光源として用いた場合においても、コンバイナ 4 1 2 において緑色光反射部 4 1 7 を最も表示素子ユニット 4 1 1 の近くに配置することで、上記した実施形態 1 と同様の作用及び効果を得ることができる。

[0088] <実施形態 6>

本発明の実施形態 6 を図 1 9 によって説明する。この実施形態 6 では、上記した実施形態 1 からコンバイナ 5 1 2 を構成する各光反射部 5 1 6 ~ 5 1 8 の偏光特性を変更したものを示す。なお、上記した実施形態 1 と同様の構造、作用及び効果について重複する説明は省略する。

[0089] 本実施形態に係るコンバイナ 5 1 2 は、図 1 9 に示すように、各光反射部 5 1 6 ~ 5 1 8 における偏光特性が全て同じに揃えられておらず、異なる偏光特性を有するものを含んでいる。具体的には、コンバイナ 5 1 2 は、例えば、赤色光反射部 5 1 6 と青色光反射部 5 1 8 とが共に右円偏光のみを選択的に反射する偏光特性を有するのに対し、緑色光反射部 5 1 7 が左円偏光のみを選択的に反射する偏光特性を有するよう構成されている。ここで、直線偏光は、右円偏光と左円偏光との合成であることから、本実施形態では、コンバイナ 5 1 2 に左右の両円偏光を入射光として供給するため、レーザダイオード 5 1 3 からの直線偏光をそのままコンバイナ 5 1 2 に供給するようにしている。つまり、本実施形態では、上記した実施形態 1 に記載した偏光変換部 2 4 が省略されている。なお、表示素子ユニット 5 1 1 を構成するレーザダイオード 5 1 3、MEMS ミラー素子 5 1 4、及びスクリーン 5 1 5 は、上記した実施形態 1 と同様である。

[0090] 上記のような構成によれば、各光反射部 5 1 6 ~ 5 1 8 における反射スペクトルに重なりが生じていた場合には、第 1 層目の緑色光反射部 5 1 7 は、緑色光の左円偏光を反射するとともに、赤色光及び青色光のうち、緑色光反射部 5 1 7 の反射スペクトルと重なる波長の左円偏光を反射することができる。緑色光の右円偏光は、この緑色光反射部 5 1 7 を透過する。従って、2 層目の赤色光反射部 5 1 6 は、赤色光の右円偏光を反射するとともに、緑色光及び青色光のうち、赤色光反射部 5 1 6 の反射スペクトルと重なる波長の

右円偏光を反射することができる。そして、3層目の青色光反射部518は、青色光の右円偏光を反射するとともに、緑色光のうち、青色光反射部518の反射スペクトルと重なる波長の右円偏光を反射することができる。このように、上記した実施形態1では、利用されることの無かった緑色光の右円偏光を反射光として利用しているので、表示に利用される光量を一層増加させることができる。

[0091] <他の実施形態>

本発明は上記記述及び図面によって説明した実施形態に限定されるものではなく、例えば次のような実施形態も本発明の技術的範囲に含まれる。

(1) 上記した各実施形態以外にも、レーザダイオードまたはLEDの最大光束の具体的な数値は、適宜に変更することができる。その場合、変更した最大光束の数値に基づいて、「緑色光を基準としたホワイトバランス調整後の出射光の光束」などの数値を算出することで、「出射光全体の光束」を求めることができる。

[0092] (2) 上記した各実施形態以外にも、目標のホワイトバランスとなる光束比の具体的な数値は、適宜に変更することができる。その場合、変更した光束比の数値に基づいて、「緑色光を基準としたホワイトバランス調整後の出射光の光束」などの数値を算出することで、「出射光全体の光束」を求めることができる。

[0093] (3) 上記した各実施形態以外にも、コンバイナを構成する各光反射部による各色の光の吸収率の具体的な数値は、適宜に変更することができる。その場合、変更した吸収率の数値に基づいて、「ホワイトバランス調整後の出射光を得るための入射光の光束」などの数値を算出することで、「出射光全体の光束」を求めることができる。

[0094] (4) 上記した実施形態1, 3, 4, 6では、光源として、発光スペクトルのピークの半値幅が1nm以下とされるレーザダイオードを用いた場合を示したが、レーザダイオードにおける発光スペクトルのピークの半値幅の具体的な数値は適宜に変更することができる。具体的には、レーザダイオード

における発光スペクトルのピークの半値幅を、1 nmを超え且つ24 nm未満の範囲とした場合、コンバイナの各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅を4 nm以上で且つ14 nm未満の範囲とすれば、コンバイナの中央位置での反射光の反射率が、少なくとも20%以上で且つ50%未満となり、コンバイナの各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅を14 nm以上で且つ40 nm未満の範囲とすれば、コンバイナの中央位置での反射光の反射率が、少なくとも50%以上で且つ80%未満となり、コンバイナの各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅を40 nm以上で且つ90 nm以下の範囲とすれば、コンバイナの中央位置での反射光の反射率が、少なくとも80%以上となる。また、レーザダイオードにおける発光スペクトルのピークの半値幅を、24 nm以上で且つ50 nm未満の範囲とした場合、コンバイナの各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅を4 nm以上で且つ23 nm未満の範囲とすれば、コンバイナの中央位置での反射光の反射率が、少なくとも20%以上で且つ50%未満となり、コンバイナの各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅を23 nm以上で且つ71 nm未満の範囲とすれば、コンバイナの中央位置での反射光の反射率が、少なくとも50%以上で且つ80%未満となり、コンバイナの各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅を71 nm以上で且つ90 nm以下の範囲とすれば、コンバイナの中央位置での反射光の反射率が、少なくとも80%以上となる。これらのいずれにおいても、外光の透過率が少なくとも70%以上は確保される。

[0095] (5) 上記した実施形態2の比較実験4では、光源として、発光スペクトルのピークの半値幅が14 nmとされる第1LEDと、同半値幅が24 nmとされる第2LEDとを用いた場合を示したが、LEDにおける発光スペクトルのピークの半値幅の具体的な数値は適宜に変更することができる。具体的には、LEDにおける発光スペクトルのピークの半値幅を、1 nmを超え且つ24 nm未満の範囲とした場合、コンバイナの各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅を4 nm以上で且つ14 nm未満の範囲とす

れば、コンバイナの中央位置での反射光の反射率が、少なくとも20%以上で且つ50%未満となり、コンバイナの各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅を14nm以上で且つ40nm未満の範囲とすれば、コンバイナの中央位置での反射光の反射率が、少なくとも50%以上で且つ80%未満となり、コンバイナの各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅を40nm以上で且つ90nm以下の範囲とすれば、コンバイナの中央位置での反射光の反射率が、少なくとも80%以上となる。また、LEDにおける発光スペクトルのピークの半値幅を、24nm以上で且つ50nm未満の範囲とした場合、コンバイナの各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅を4nm以上で且つ23nm未満の範囲とすれば、コンバイナの中央位置での反射光の反射率が、少なくとも20%以上で且つ50%未満となり、コンバイナの各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅を23nm以上で且つ71nm未満の範囲とすれば、コンバイナの中央位置での反射光の反射率が、少なくとも50%以上で且つ80%未満となり、コンバイナの各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅を71nm以上で且つ90nm以下の範囲とすれば、コンバイナの中央位置での反射光の反射率が、少なくとも80%以上となる。また、LEDにおける発光スペクトルのピークの半値幅を、1nm以下とすることも可能であり、その場合は、コンバイナの各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅を6nm以上で且つ11nm未満の範囲とすれば、コンバイナの中央位置での反射光の反射率が、少なくとも20%以上で且つ50%未満となり、コンバイナの各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅を11nm以上で且つ18nm未満の範囲とすれば、コンバイナの中央位置での反射光の反射率が、少なくとも50%以上で且つ80%未満となり、コンバイナの各光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅を18nm以上で且つ90nm以下の範囲とすれば、コンバイナの中央位置での反射光の反射率が、少なくとも80%以上となる。これらのいずれにおいても、外光の透過率が少なくとも70%以上は確保される。

- [0096] (6) 上記した実施形態 3, 4, 6 において、光源として、レーザダイオードに代えて実施形態 2 に記載したような LED を用いることも可能である。また、上記した各実施形態において、レーザダイオード及び LED 以外の光源（例えば有機 EL など）を用いることも可能であり、その場合においても、上記した (5) に記載したように、光源の発光スペクトルのピークの半値幅、及びコンバイナの各光反射部の反射スペクトルのピークの半値幅の数値範囲を設定すれば、上記した (5) と同様の作用が得られる。
- [0097] (7) 上記した実施形態 5 において、液晶表示装置の光源として、冷陰極管、有機 EL などを用いることも可能である。
- [0098] (8) 上記した実施形態 5 において、液晶表示装置に代えて、有機 EL パネルや PDP などの自発光型の表示素子を用いることも可能である。
- [0099] (9) 上記した各実施形態では、コンバイナがサンバイザなどにより支持されることで、フロントウィンドウから離間した配置とした場合を示したが、コンバイナをフロントウィンドウに貼り付ける配置とすることも可能である。それ以外にも、例えば 2 枚のガラスを積層してフロントウィンドウを構成した場合には、フロントウィンドウを構成する 2 枚のガラスの間にコンバイナを挟み込む形で配置することも可能である。
- [0100] (10) 上記した各実施形態では、表示素子ユニットがダッシュボード内に収容された構成のものを例示したが、表示素子ユニットをサンバイザなどにより支持したり、表示素子ユニットを自動車内の天井に吊すようにしてもよい。
- [0101] (11) 上記した各実施形態では、自動車に搭載されるヘッドアップディスプレイを例示したが、航空機、自動二輪車（オートバイ）、乗車型アミューズメント機器などの乗り物に搭載されるヘッドアップディスプレイにも本発明は適用可能である。
- [0102] (12) 上記した各実施形態では、ヘッドアップディスプレイについて例示したが、ヘッドマウントディスプレイにも本発明は適用可能である。
- [0103] (13) 上記した各実施形態では、コンバイナを構成する各光反射部（コ

レステリック液晶パネル）における反射スペクトルのピークに含まれる波長の光に対する反射率が90%とされ、同ピークに含まれない波長の光に対する反射率が10%とされる場合を示したが、これらの具体的な反射率の数値は適宜に変更することが可能である。

- [0104] (14) 上記した実施形態1では、MEMSミラー素子として駆動部が互いに直交する2つの軸部を有していて、これら2つの軸部によりミラーを軸支した構成のものを示したが、例えば2枚のミラーを設け、それら2つのミラーの一方を互いに直交する2つの軸部のうちの一方により軸支し、他方のミラーを他方の軸部により軸支するようにしてもよい。この場合でも、各ミラーの傾動を各軸部により制御することで、スクリーンを二次元的にスキャンする形で光をスクリーンに向けて出射し、もってスクリーンに二次元的な映像を投影することができる。また、MEMSミラー素子の具体的な構成は、上記以外にも適宜に変更可能である。また、上記した実施形態1に記載したMEMSミラー素子を、光源をLEDとした実施形態2に用いることも可能である。逆に、実施形態2に記載したDMD表示素子を、レーザダイオードを光源とした実施形態1に用いることも可能である。

符号の説明

- [0105] 10, 110...ヘッドアップディスプレイ（反射投影型表示装置）、12, 112, 212, 312, 412, 512...コンバイナ（波長選択性反射部材）、13, 213, 313, 513...レーザダイオード（光源）、14, 214, 314, 514...MEMSミラー素子（表示素子）、16, 116, 216, 316, 416, 516...赤色光反射部、17, 117, 217, 317, 417, 517...緑色光反射部、18, 118, 218, 318, 418, 518...青色光反射部、24, 224, 324, 424...偏光変換部、25...LED（光源）、26...DMD表示素子（表示素子）、27...第1偏光変換部（偏光変換部）、28...第2偏光変換部（偏光変換部）、29...液晶表示装置（表示素子）、V1...虚像

請求の範囲

[請求項1]

映像を表示する表示素子と、

前記表示素子からの光を反射させてその反射光を観察者に虚像として観察させるとともに外光を透過させる波長選択性反射部材であって、主に緑色の波長領域の緑色光を選択的に反射する緑色光反射部と、主に赤色の波長領域の赤色光を選択的に反射する赤色光反射部と、主に青色の波長領域の青色光を選択的に反射する青色光反射部と、を積層した形で備え、且つ前記緑色光反射部が前記表示素子に最も近くなるよう配置されてなる波長選択性反射部材と、を備える反射投影型表示装置。

[請求項2]

前記表示素子に少なくとも前記赤色光、前記緑色光、及び前記青色光を照射する光源であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が1 nm以下とされる光源を備えており、

前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、前記緑色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び前記青色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ6 nm以上で且つ11 nm未満の範囲とされる請求項1記載の反射投影型表示装置。

[請求項3]

前記表示素子に少なくとも前記赤色光、前記緑色光、及び前記青色光を照射する光源であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が1 nm以下とされる光源を備えており、

前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、前記緑色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び前記青色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ11 nm以上で且つ18 nm未満の範囲とされる請求項1記載の反射投影型表示装置。

[請求項4]

前記表示素子に少なくとも前記赤色光、前記緑色光、及び前記青色光を照射する光源であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれ

るピークの半値幅が1 nm以下とされる光源を備えており、

前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、前記緑色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び前記青色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ18 nm以上で且つ90 nm以下の範囲とされる請求項1記載の反射投影型表示装置。

[請求項5]

前記表示素子に少なくとも前記赤色光、前記緑色光、及び前記青色光を照射する光源であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が1 nmを超え且つ24 nm未満の範囲とされる光源を備えており、

前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、前記緑色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び前記青色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ4 nm以上で且つ14 nm未満の範囲とされる請求項1記載の反射投影型表示装置。

[請求項6]

前記表示素子に少なくとも前記赤色光、前記緑色光、及び前記青色光を照射する光源であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が1 nmを超え且つ24 nm未満の範囲とされる光源を備えており、

前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、前記緑色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び前記青色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ14 nm以上で且つ40 nm未満の範囲とされる請求項1記載の反射投影型表示装置。

[請求項7]

前記表示素子に少なくとも前記赤色光、前記緑色光、及び前記青色光を照射する光源であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が1 nmを超え且つ24 nm未満の範囲とされる光源を備えており、

前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、前記緑色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び前記青色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ40nm以上で且つ90nm以下の範囲とされる請求項1記載の反射投影型表示装置。

[請求項8]

前記表示素子に少なくとも前記赤色光、前記緑色光、及び前記青色光を照射する光源であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が24nm以上で且つ50nm以下の範囲とされる光源を備えており、

前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、前記緑色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び前記青色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ4nm以上で且つ23nm未満の範囲とされる請求項1記載の反射投影型表示装置。

[請求項9]

前記表示素子に少なくとも前記赤色光、前記緑色光、及び前記青色光を照射する光源であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が24nm以上で且つ50nm以下の範囲とされる光源を備えており、

前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、前記緑色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び前記青色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ23nm以上で且つ71nm未満の範囲とされる請求項1記載の反射投影型表示装置。

[請求項10]

前記表示素子に少なくとも前記赤色光、前記緑色光、及び前記青色光を照射する光源であって、各色の光に係る発光スペクトルに含まれるピークの半値幅が24nm以上で且つ50nm以下の範囲とされる光源を備えており、

前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部の反射スペクトルに

含まれるピークの半値幅、前記緑色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅、及び前記青色光反射部の反射スペクトルに含まれるピークの半値幅が、それぞれ71nm以上で且つ90nm以下の範囲とされる請求項1記載の反射投影型表示装置。

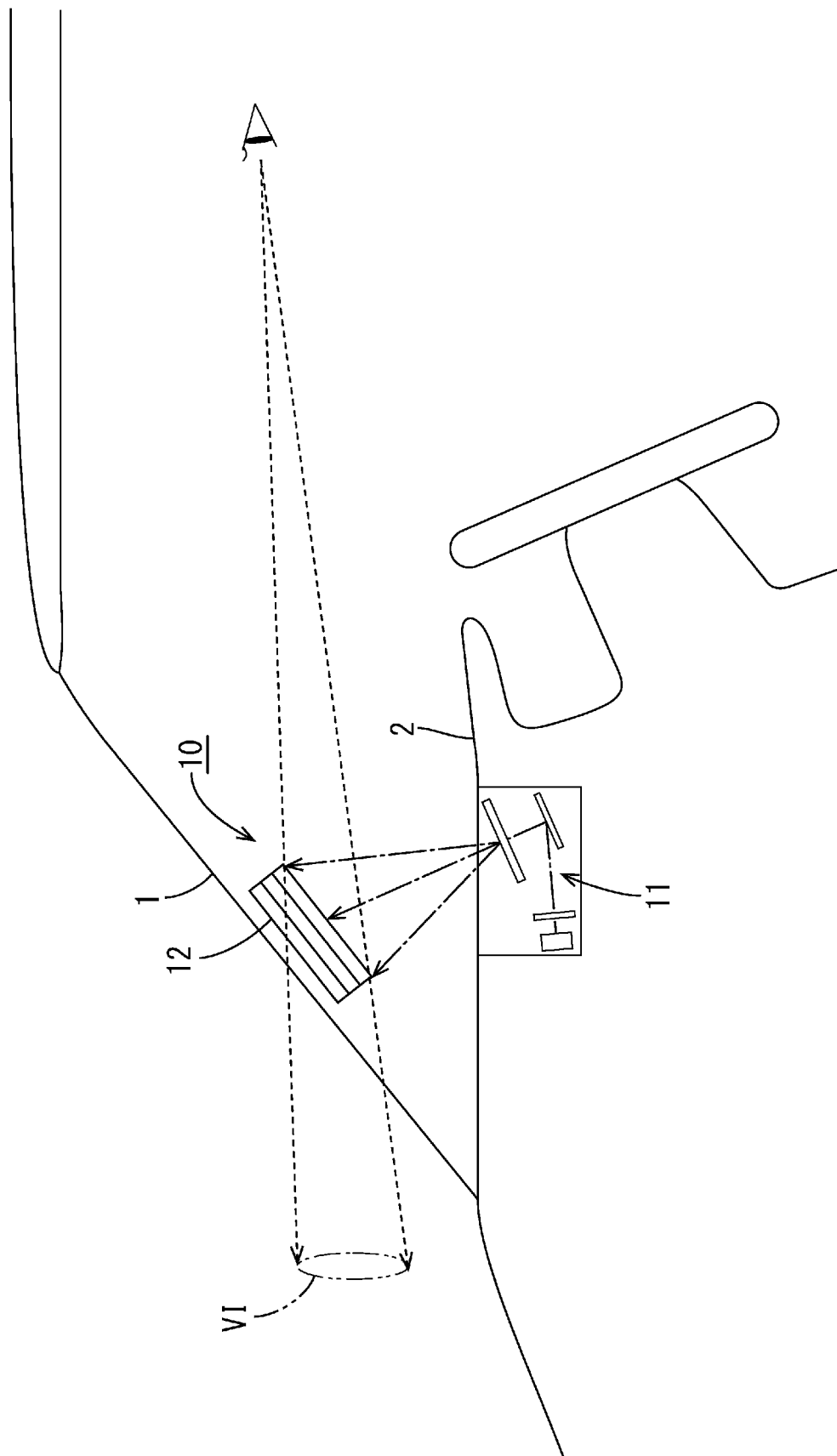
[請求項11] 前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部、前記緑色光反射部、及び前記青色光反射部が、それぞれコレステリック液晶パネルからなる請求項1から請求項10のいずれか1項に記載の反射投影型表示装置。

[請求項12] 前記波長選択性反射部材は、前記青色光反射部が前記表示素子から最も遠くなるよう配置されてなる請求項1から請求項11のいずれか1項に記載の反射投影型表示装置。

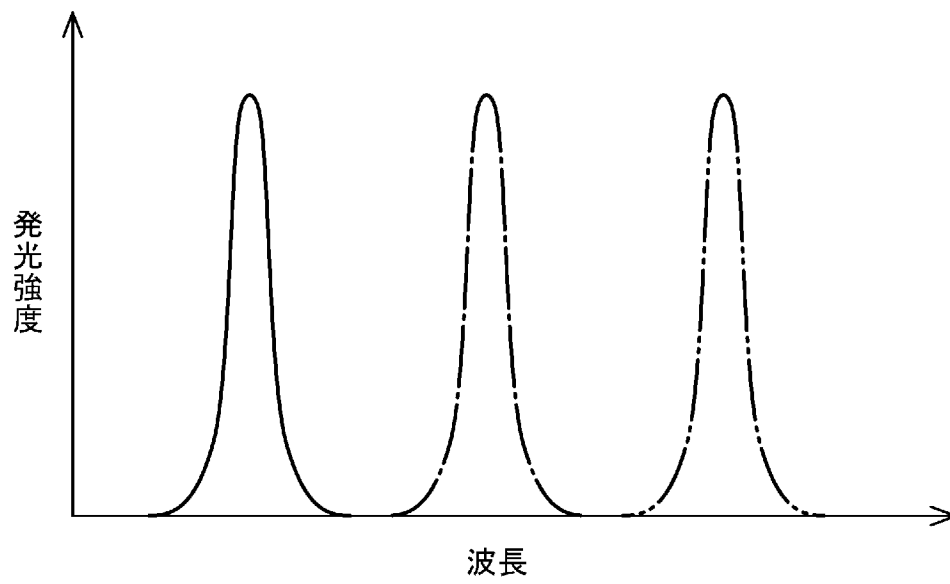
[請求項13] 少なくとも前記波長選択性反射部材に対して前記表示素子側に配されるとともに、光を左円偏光または右円偏光に選択的に変換する偏光変換部を備えており、

前記波長選択性反射部材は、前記赤色光反射部、前記緑色光反射部、及び前記青色光反射部が、それぞれ波長選択性に加えて偏光選択性を有するとともに、それぞれの偏光特性が前記偏光変換部の偏光特性と同じとされる請求項1から請求項12のいずれか1項に記載の反射投影型表示装置。

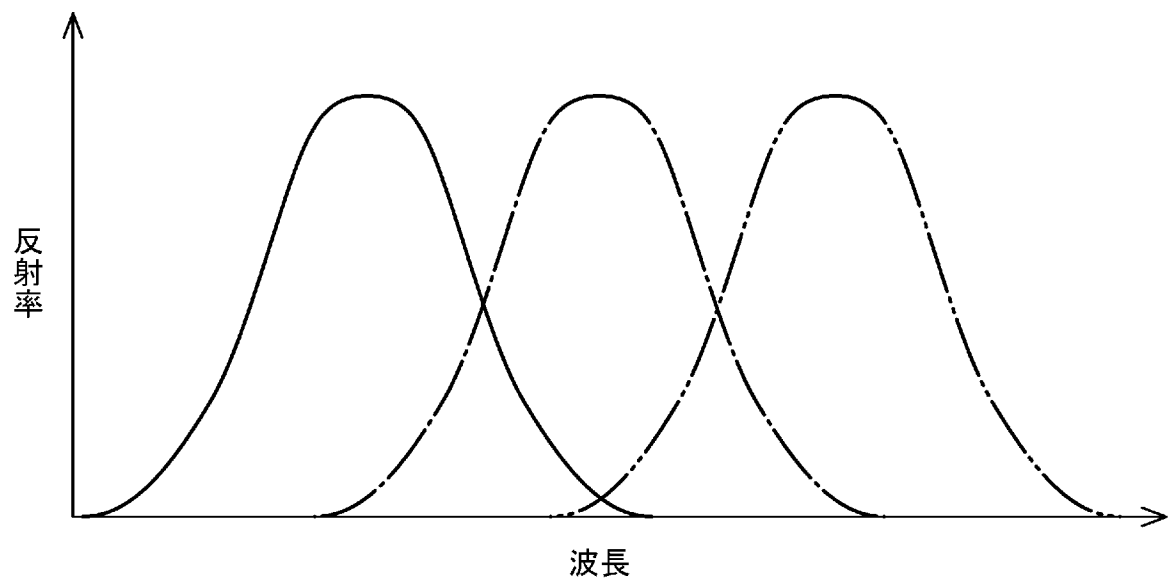
[図1]



[図3]



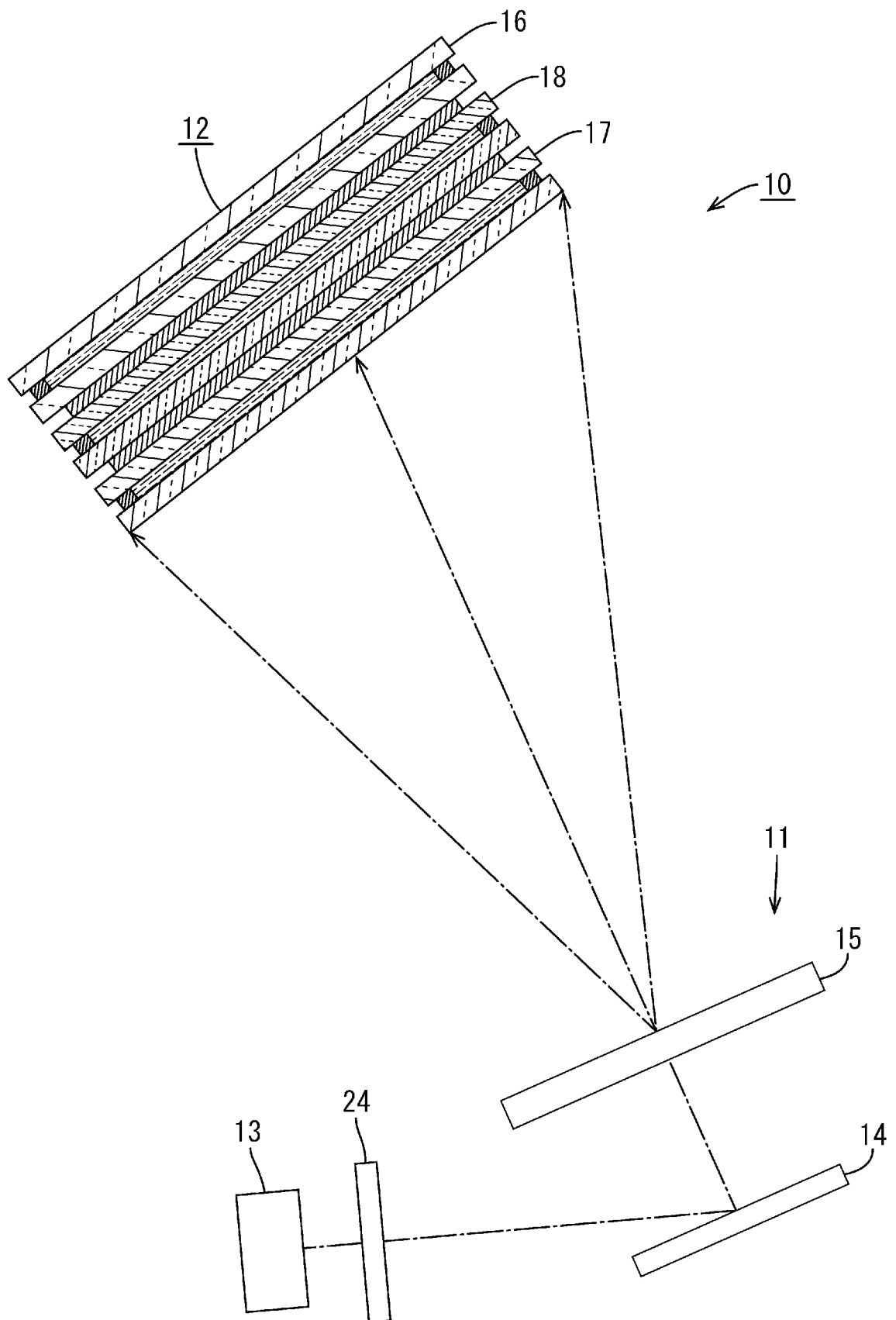
[図4]



[図5]

	青色光	緑色光	赤色光
レーザダイオードの最大光束(a.u.)	4.0	50.0	37.5
最大光束の比率	4%	55%	41%
目標のホワイトバランスとなる光束比	2%	72%	26%
緑色光を基準としたホワイトバランス調整後の出射光の光束(a.u.)	1.4	50.0	18.2
各光反射部による各色の光の吸収率	30%	25%	20%

[図6]



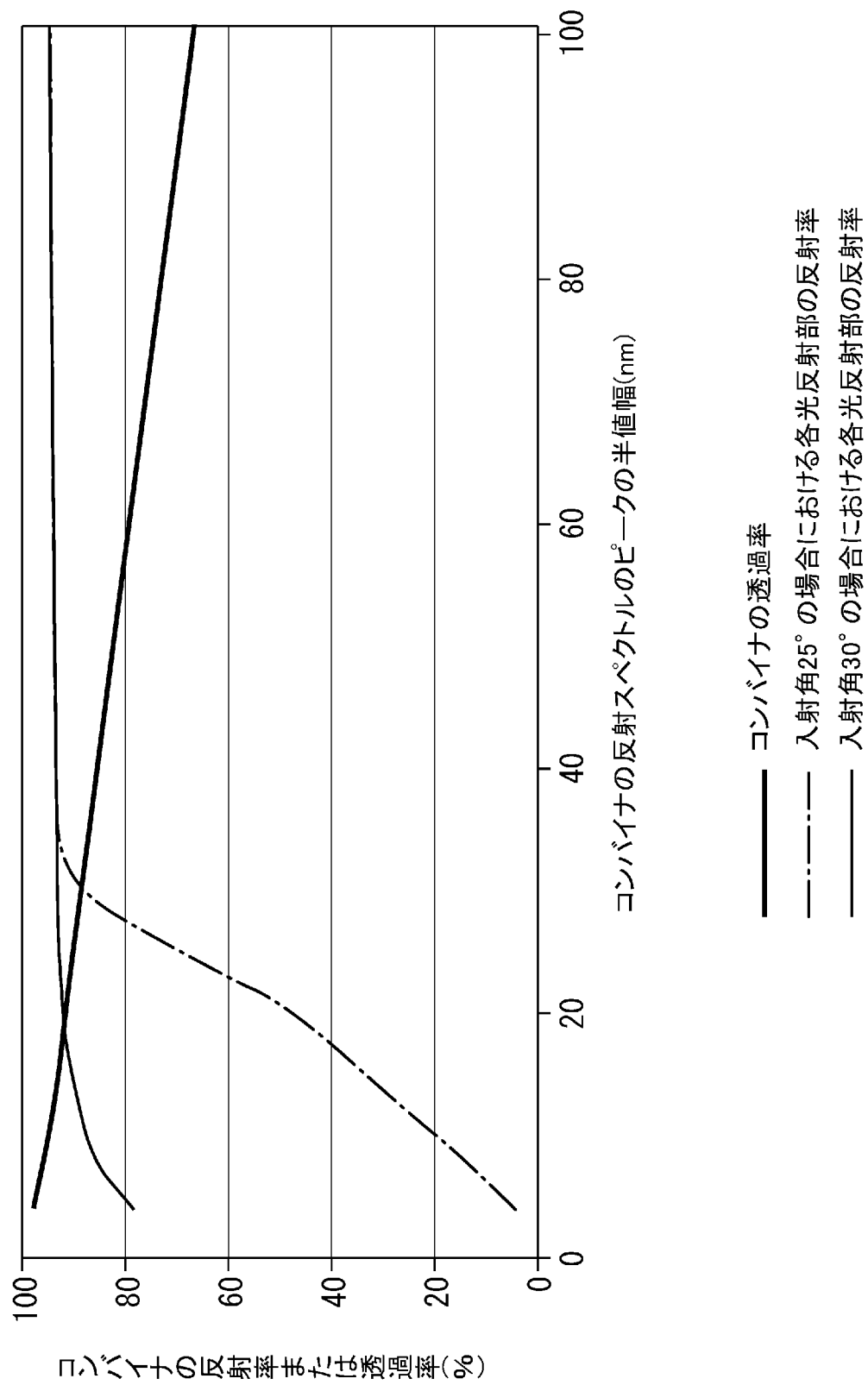
[図7]

	比較例1(RGB)			比較例2(RBG)			比較例3(BRG)			比較例4(BGR)		
	青色光	緑色光	赤色光	青色光	緑色光	赤色光	青色光	緑色光	赤色光	青色光	緑色光	赤色光
ホワイトバランス調整後の 出射光を得るための 入射光の光束(a.u.)	4.4	89.5	19.9	2.8	131.1	19.9	1.5	131.1	29.2	1.5	89.5	39.8
上記入射光の光束の 最大定格値(a.u.)	2.4	50.0	11.1	1.1	50.0	7.6	0.6	50.0	11.1	0.9	50.0	22.2
各色の出射光の光束(a.u.)	0.8	27.9	10.1	0.5	19.1	6.9	0.5	19.1	6.9	0.8	27.9	10.1
出射光全体の光束(a.u.)	38.8			26.5			26.5			38.8		

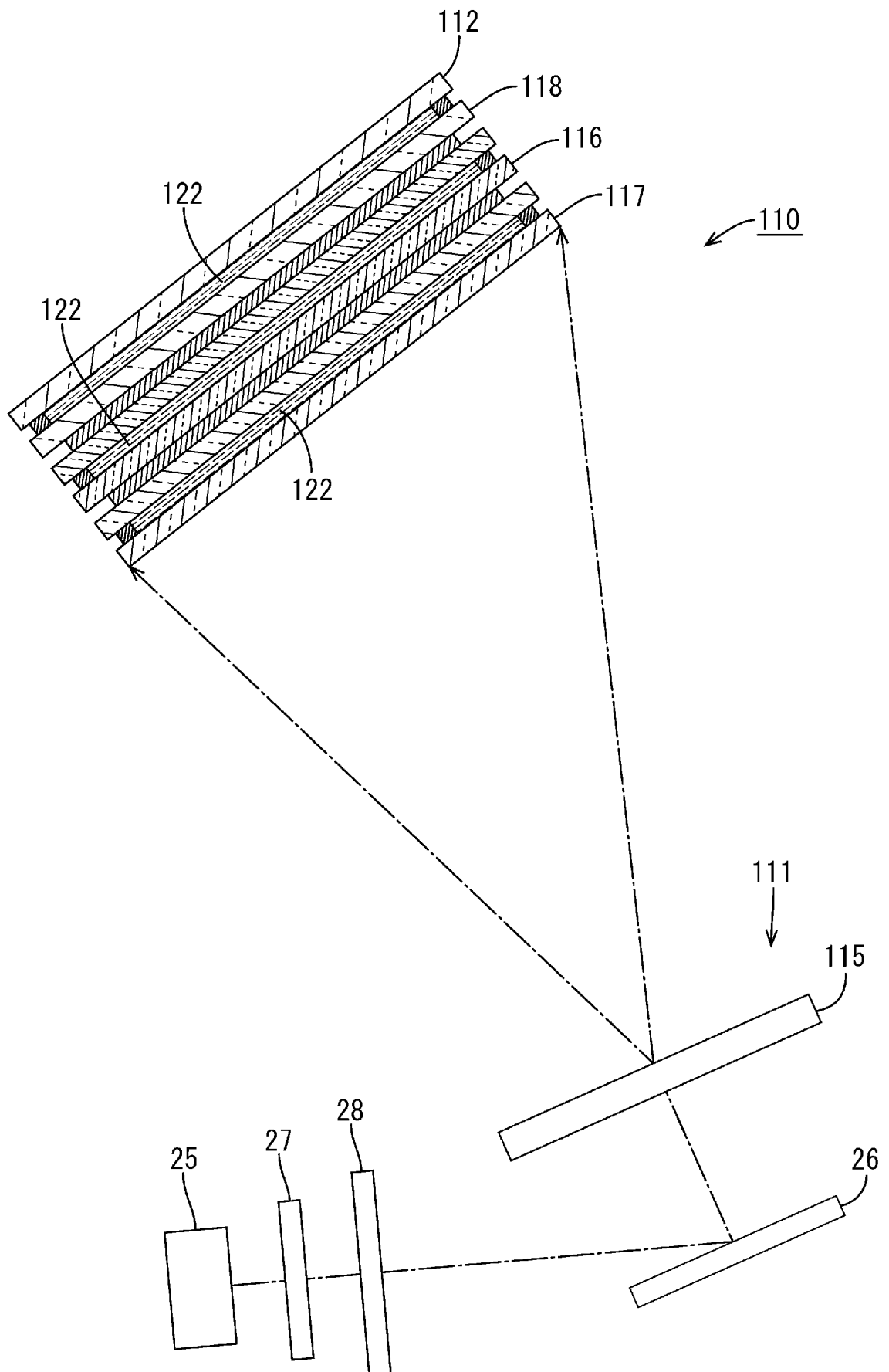
[図8]

	実施例1(GRB)			実施例2(GBR)		
	青色光	緑色光	赤色光	青色光	緑色光	赤色光
ホワイトバランス調整後の 出射光を得るための 入射光の光束(a.u.)	4.4	55.0	29.2	2.8	55.0	39.8
上記入射光の光束の 最大定格値(a.u.)	4.0	50.0	26.5	2.5	50.0	36.1
各色の出射光の光束(a.u.)	1.3	45.4	16.5	1.3	45.4	16.5
出射光全体の光束(a.u.)	63.2			63.2		

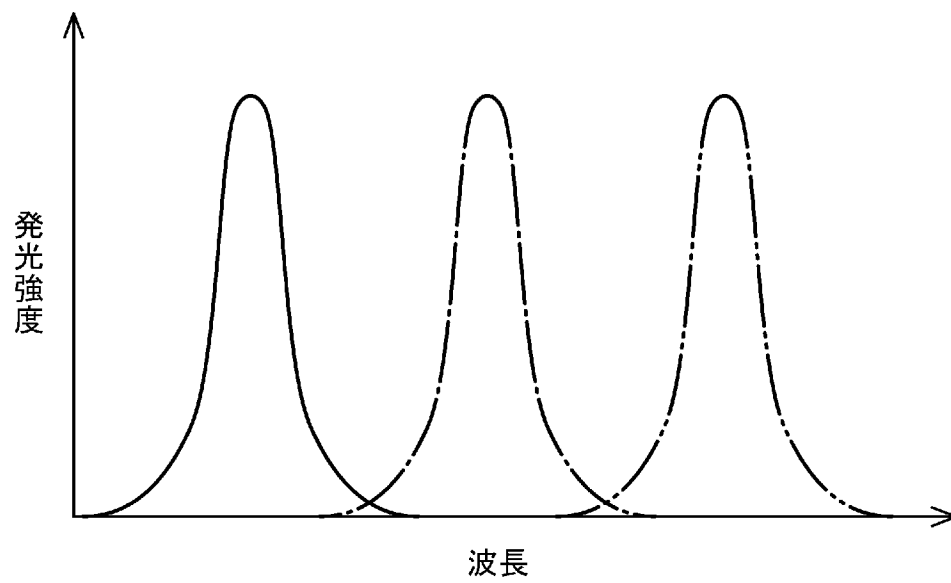
[図9]



[図10]



[図11]



[図12]

	青色光	緑色光	赤色光
LEDの最大光束(a.u.)	1.8	10.0	5.0
最大光束の比率	10%	60%	30%
目標のホワイトバランスとなる光束比	2%	72%	26%
緑色光を基準としたホワイトバランス調整後の出射光の光束(a.u.)	0.3	10.0	3.6
各光反射部による各色の光の吸収率	30%	25%	20%

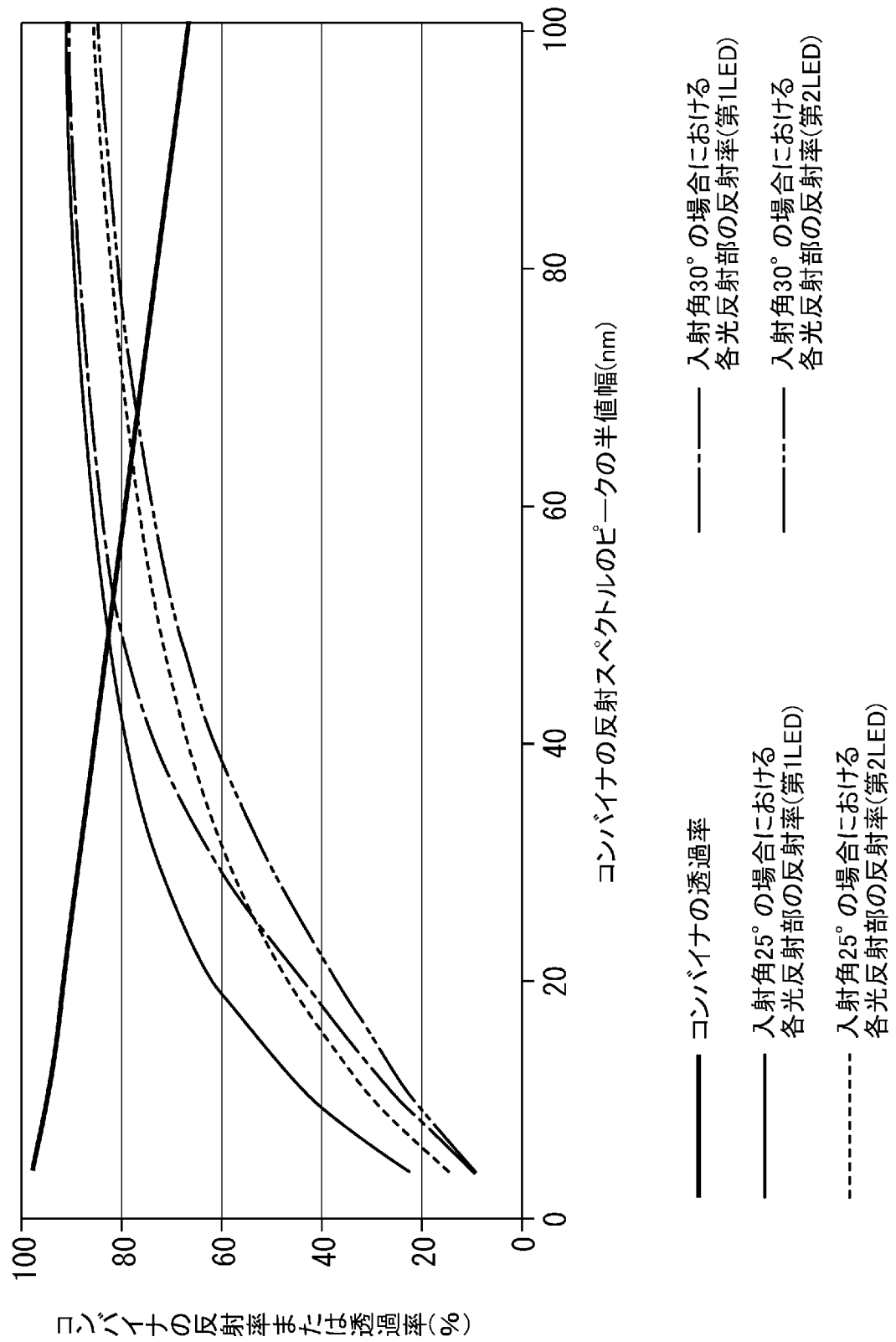
[図13]

	比較例5(RGB)			比較例6(RBG)			比較例7(BRG)			比較例8(BGR)		
	青色光	緑色光	赤色光	青色光	緑色光	赤色光	青色光	緑色光	赤色光	青色光	緑色光	赤色光
ホワイトバランス調整後の 出射光を得るための 入射光の光束(a.u.)	0.9	17.9	4.0	0.6	26.2	4.0	0.3	26.2	5.8	0.3	17.9	7.9
上記入射光の光束の 最大定格値(a.u.)	0.5	10.0	2.2	0.2	10.0	1.5	0.1	10.0	2.2	0.2	10.0	4.4
各色の出射光の光束(a.u.)	0.2	5.6	2.0	0.1	3.8	1.4	0.1	3.8	1.4	0.2	5.6	2.0
出射光全体の光束(a.u.)	7.8			5.3			5.3			7.8		

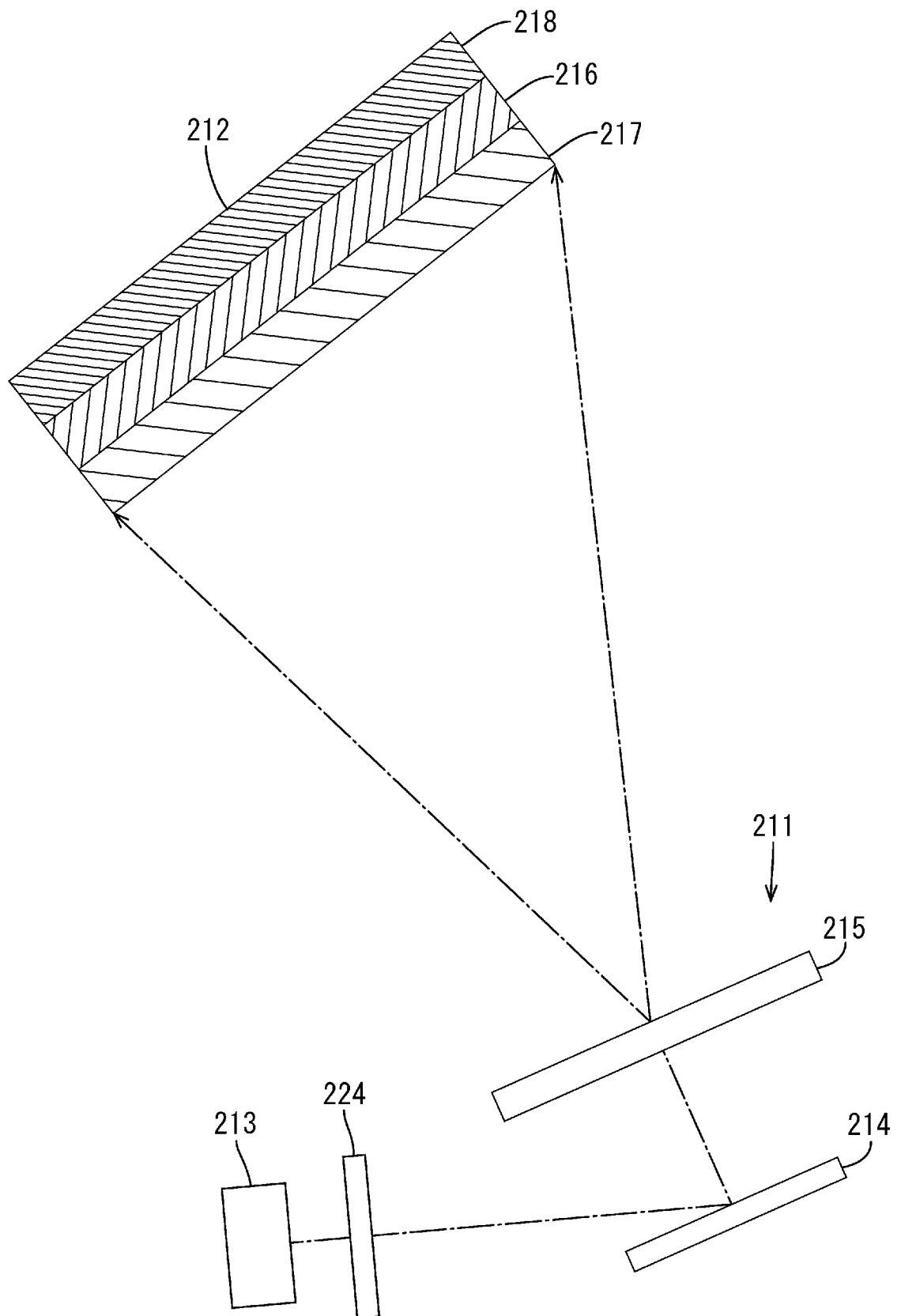
[図14]

	実施例3(GRB)			実施例4(GBR)		
	青色光	緑色光	赤色光	青色光	緑色光	赤色光
ホワイトバランス調整後の 出射光を得るための 入射光の光束(a.u.)	0.9	11.0	5.8	0.6	11.0	7.9
上記入射光の光束の 最大定格値(a.u.)	0.8	9.4	5.0	0.4	6.9	5.0
各色の出射光の光束(a.u.)	0.2	8.6	3.1	0.2	6.3	2.3
出射光全体の光束(a.u.)	11.9			8.7		

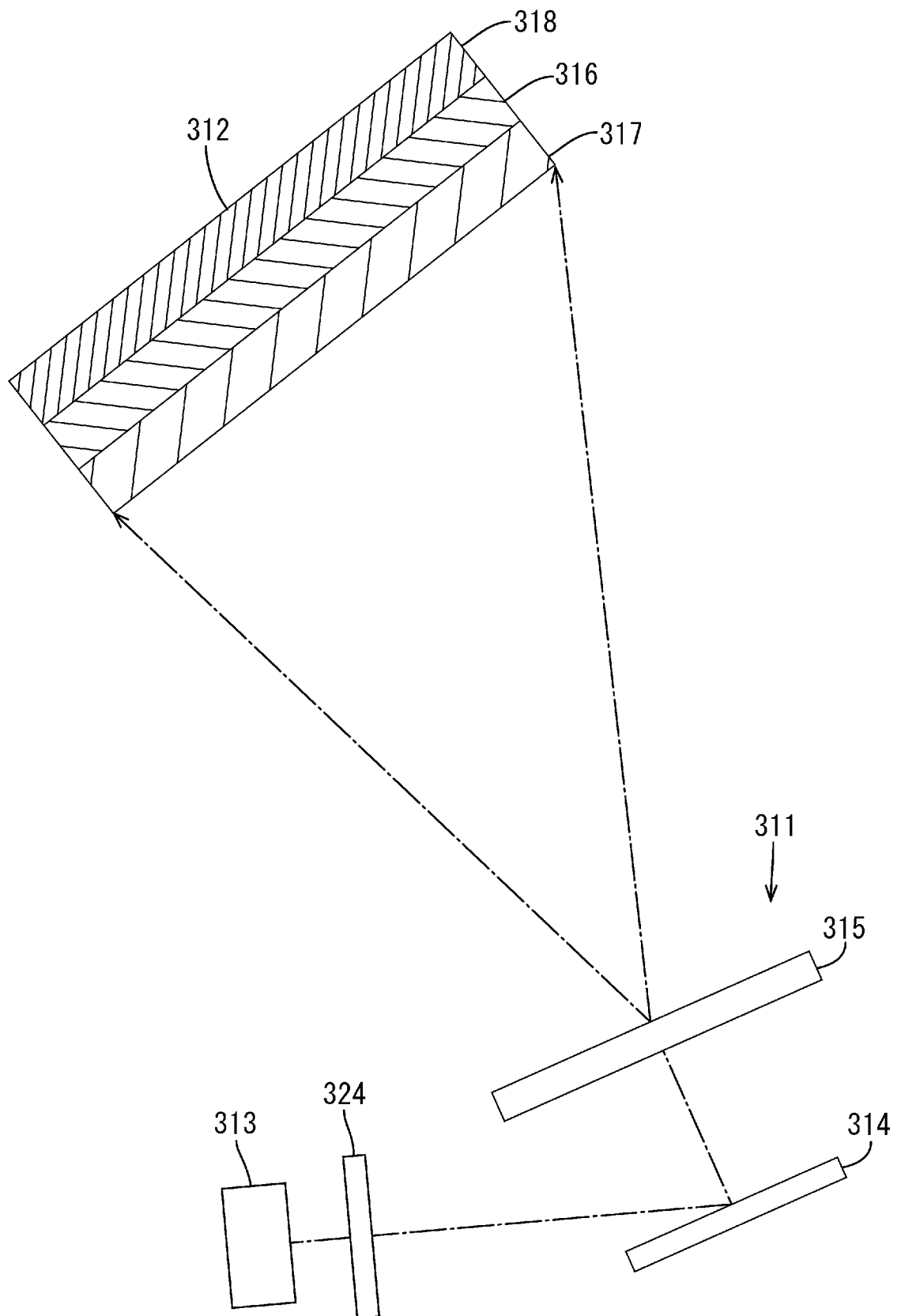
[図15]



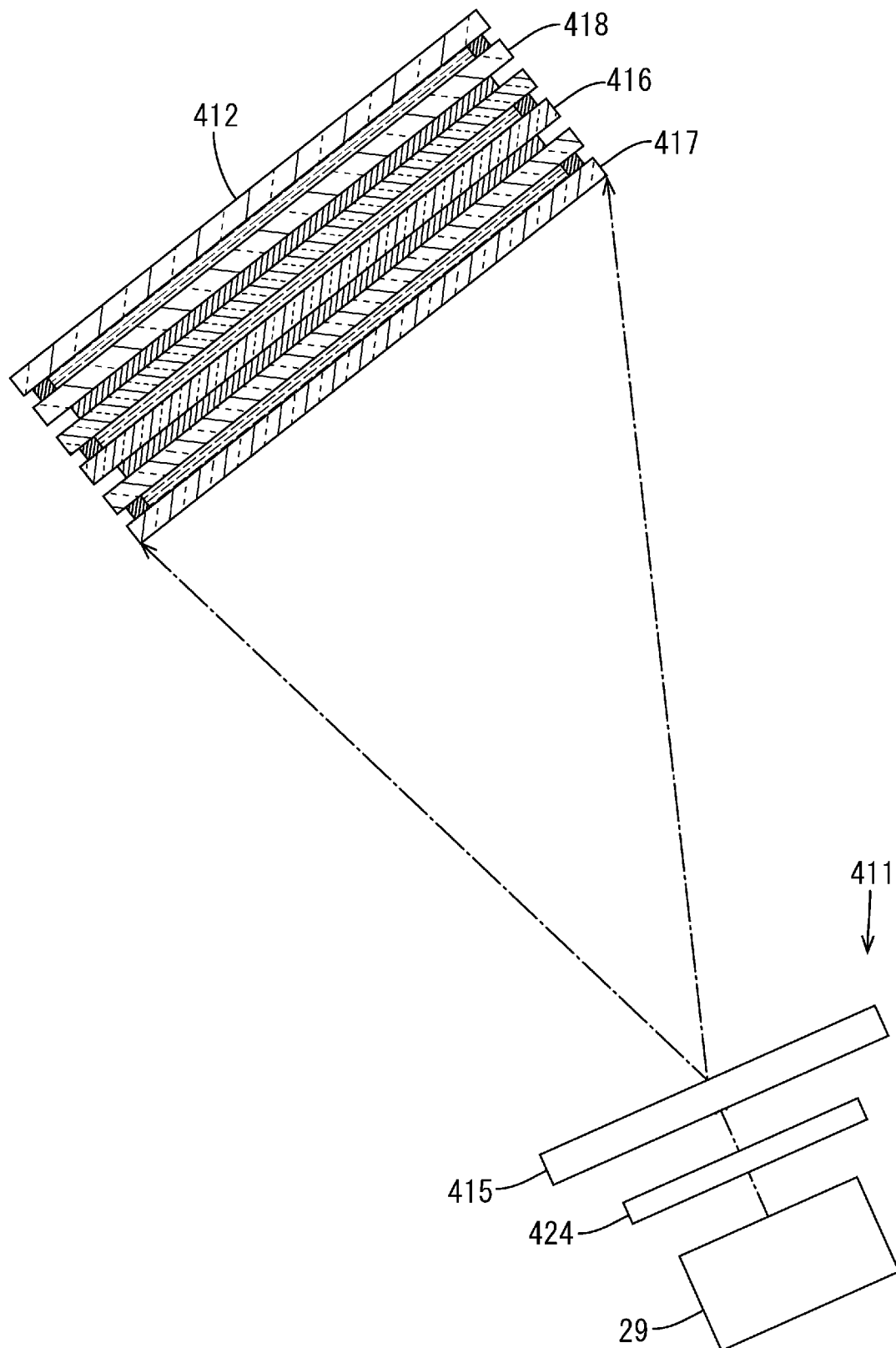
[図16]



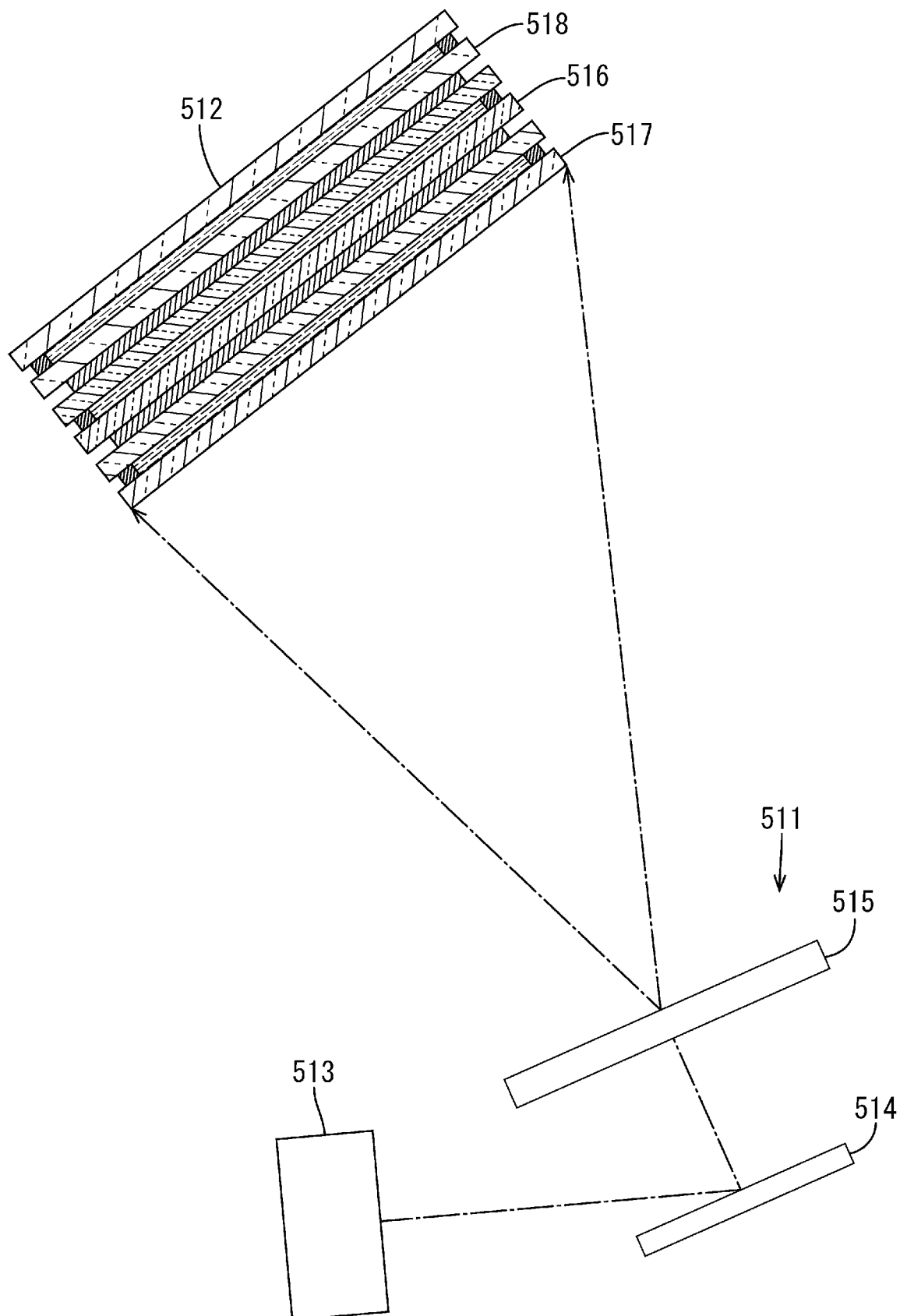
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/062337

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B27/01(2006.01)i, B60K35/00(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)

G02B27/01, B60K35/00

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 6-130317 A (Nippondenso Co., Ltd.), 13 May 1994 (13.05.1994), paragraphs [0022] to [0035]; fig. 3, 5 (Family: none)	1-13
A	WO 2012/042744 A1 (Panasonic Corp.), 05 April 2012 (05.04.2012), paragraphs [0101] to [0102]; fig. 23 & US 2012/0236046 A1 & CN 102640033 A & JP 5661786 B2	1-13
A	WO 2011/121949 A1 (Panasonic Corp.), 06 October 2011 (06.10.2011), paragraphs [0111] to [0198]; fig. 11, 15, 19 & JP 2013-127489 A	1-13

☐ 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
07 July 2015 (07.07.15)

Date of mailing of the international search report
21 July 2015 (21.07.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B27/01(2006.01)i, B60K35/00(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. G02B27/01, B60K35/00

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 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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 6-130317 A（日本電装株式会社）1994.05.13, 段落【0022】-【0035】、第3,5図（ファミリーなし）	1-13
A	WO 2012/042744 A1（パナソニック株式会社）2012.04.05, 段落[0101]-[0102]、第23図 & US 2012/0236046 A1 & CN 102640033 A & JP 5661786 B2	1-13
A	WO 2011/121949 A1（パナソニック株式会社）2011.10.06, 段落[0111]-[0198]、第11,15,19図 & JP 2013-127489 A	1-13

☐ 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

0 7 . 0 7 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 1 . 0 7 . 2 0 1 5

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）

鈴木 俊光

2 L

9 1 1 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 5