

(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
2016 年 2 月 4 日(04.02.2016)

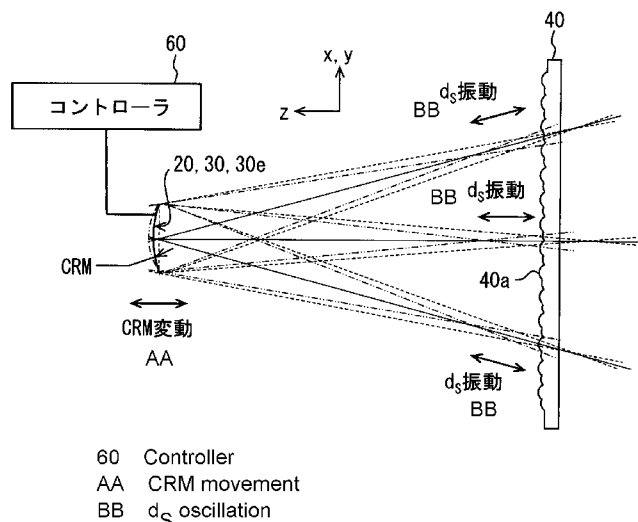


(10) 国際公開番号
WO 2016/017097 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 27/01 (2006.01) *G02B 27/48* (2006.01)
B60K 35/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/003562
- (22) 国際出願日: 2015 年 7 月 14 日(14.07.2015)
- (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 2014-155482 2014 年 7 月 30 日(30.07.2014) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 南原 孝啓(NAMBARA, Takahiro); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地株式会社デンソー内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 金 順姫(KIN, Junhi); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦 2 丁目 1 3 番 1 9 号 瀧定ビル 6 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, 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, 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: HEADS-UP DISPLAY

(54) 発明の名称: ヘッドアップディスプレイ装置



(57) Abstract: This HUD device, which is installed in a vehicle and projects an image onto the windshield thereof so as to display a virtual image of said image that an occupant of the vehicle can perceive in a perception region, is provided with the following: a laser that emits a laser beam; a screen member (40) that is textured in a projection region (40a) onto which the laser beam is projected so as to form the image; projection optics (20) that project the laser beam onto the screen member (40); enlargement optics that enlarge the image, project same onto the windshield, and guide the light constituting the image to the abovementioned perception region; and a controller (60) that makes the focal length of the projection optics (20) oscillate over time. This ensures an appropriate perception region, minimizes brightness irregularities in the perceived image, and makes it easy to secure space.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/017097 A1



車両に搭載され、ウインドシールドに画像を投影することにより、画像を視認領域において乗員により視認可能に虚像表示するHUD装置は、レーザ光束を発振する発振器と、レーザ光束の投射により画像が形成される投射領域（40a）に凹凸を有するスクリーン部材（40）と、レーザ光束をスクリーン部材（40）に投射する投射光学系（20）と、画像を拡大してウインドシールドに投影し、画像の光を視認領域に導く拡大光学系と、投射光学系（20）の焦点距離を時間的に振動させるコントローラ（60）とを備える。これにより、適切な視認領域を確保し、視認される画像の輝度ムラを抑制し、スペースの確保が容易となる。

明 細 書

発明の名称：ヘッドアップディスプレイ装置

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、当該開示内容が参照によって本出願に組み込まれた、2014年7月30日に出願された日本特許出願2014-155482号を基にしている。

技術分野

[0002] 本開示は、移動体に搭載され、投影部材に画像を投影することにより、画像を視認領域において乗員により視認可能に虚像表示するヘッドアップディスプレイ装置（以下、HUD装置を略称とする）に関する。

背景技術

[0003] 従来、移動体に搭載され、投影部材に画像を投影することにより、画像を視認領域において乗員により視認可能に虚像表示するHUD装置が知られている。特許文献1に開示のHUD装置では、レーザ光束を発振する発振器と、凹凸を有し、画像を形成するスクリーン部材と、レーザ光束をスクリーン部材に投射し、投射光学系と、画像を拡大して投影領域に投影し、画像の光を視認領域に導く拡大光学系とを備えている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2013-64985号公報

発明の概要

[0005] レーザ光束を発振する発振器を備えるHUD装置において、凹凸のないスクリーン部材を用いると、視認領域の広さを確保できない。しかし一方で、特許文献1の凹凸を有するスクリーン部材を用いると、視認領域の広さを得られるが、レーザ光束がスクリーン部材に投射されることによってスペックルパターンが発生し、視認される画像に輝度ムラが生ずる恐れがある。

[0006] さらに、画像の光を拡大して視認領域に導く拡大光学系を用いると、スペ

ックルパターンも拡大されて、輝度ムラはより顕著に視認されることとなってしまう。一方で画像の光を拡大しないで視認領域に導く光学系を用いると、視認される画像のサイズが小さくなる若しくはサイズの大きなスクリーン部材を用いなければならず、視認しやすいサイズの画像を虚像表示するHUD装置を移動体に搭載するためのスペースの確保が困難となる。

[0007] 本開示は、以上説明した点に鑑みてなされたものであって、その目的は、適切な視認領域を確保し、視認される画像の輝度ムラを抑制し、スペースの確保が容易なHUD装置を提供することにある。

[0008] 本開示は、移動体に搭載され、投影部材に画像を投影することにより、画像を視認領域において乗員により視認可能に虚像表示するヘッドアップディスプレイ装置であって、

レーザ光束を発振する発振器と、

レーザ光束の投射により画像が形成される投射領域に凹凸を有するスクリーン部材と、

レーザ光束をスクリーン部材に投射する投射光学系と、

画像を拡大して投影部材に投影し、画像の光を視認領域に導く拡大光学系と、

投射光学系の焦点距離を時間的に振動させる可変焦点部とを備える。

[0009] このような開示によると、レーザ光束を発振する発振器と、凹凸を有し、画像を形成するスクリーン部材と、レーザ光束をスクリーン部材に投射し、可変焦点部によって焦点距離（の大きさ）が時間的に振動される投射光学系と、画像を拡大して投影部材に投影することで、画像の光を視認領域に導く拡大光学系とを備える。これによれば、可変焦点部により投射光学系の焦点距離が投射方向に振動しながら、レーザ光束は、スペックルパターンが時間的に平均化された光として、凹凸を有するスクリーン部材に投射される。

[0010] そして、スクリーン部材により形成される画像の光は、凹凸により拡散されて、拡大光学系により画像を拡大されながら視認領域に導かれる。したがって、適切な視認領域を確保し、視認される画像の輝度ムラを抑制し、視認

しやすいサイズの画像を虚像表示するHUD装置を移動体に搭載するためのスペースの確保が容易なHUD装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]第1実施形態におけるHUD装置の車両への搭載状態を示す模式図である。

[図2]第1実施形態におけるHUD装置の概略構成を示す模式図である。

[図3]第1実施形態における発振器、投射光学系、及びスクリーン部材を示す模式図。

[図4]第1実施形態における走査ミラーを模式的に拡大して示す平面図である。

[図5]第1実施形態における走査ミラー、及びそのスクリーン部材との関係を示す模式図である。

[図6]第1, 3実施形態における投射光学系の焦点距離を説明するための模式図である。

[図7]第1実施形態におけるスクリーン部材を部分的に示す平面図である。

[図8]第1実施形態におけるスクリーン部材を部分的に示す図であって、図7のVIIIx-VIIIx線断面及びVIIIy-VIIIy線断面に対応する模式断面図である。

[図9]スペックルパターンを説明するための模式図である。

[図10]比較例における図5に対応する図である。

[図11]投射光学系の焦点距離が振動する場合及び振動しない場合の、振動成分の位相分布をシミュレーションした結果を示す模式図である。

[図12]第1実施形態において大きさ Δ を説明するための模式図である。

[図13]第1実施形態における湾曲面から射出される光の光路差について説明するための模式図である。

[図14]第1実施形態における湾曲面から射出される光の強度分布について説明するための模式図である。

[図15]第1実施形態における湾曲面から射出される光の重ね合わせについて

説明するための模式図である。

[図16]第2実施形態におけるスクリーン部材を部分的に示す模式断面図である。

[図17]第3実施形態における図3に対応する図である。

[図18]変形例1における図7に対応する図である。

[図19]変形例2における図7に対応する図である。

[図20]変形例4の一例における図7に対応する図である。

[図21]変形例4の図20とは別の一例における図7に対応する図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本開示の複数の実施形態を図面に基づいて説明する。なお、各実施形態において対応する構成要素には同一の符号を付すことにより、重複する説明を省略する場合がある。各実施形態において構成の一部分のみを説明している場合、当該構成の他の部分については、先行して説明した他の実施形態の構成を適用することができる。また、各実施形態の説明において明示している構成の組み合わせばかりではなく、特に組み合わせに支障が生じなければ、明示していなくても複数の実施形態の構成同士を部分的に組み合わせることができる。

[0013] (第1実施形態)

図1に示すように、本開示の第1実施形態によるヘッドアップディスプレイ装置100は、移動体の一種である車両1に搭載され、インストルメントパネル2内に收容されている。HUD装置100は、車両1の投影部材としてのウインドシールド3に画像を投影する。これにより、HUD装置100は、画像を視認領域4において車両1の乗員により視認可能に虚像表示する。すなわち、ウインドシールド3に反射される画像の光が、車両1の室内の乗員のアイポイント5に到達し、乗員が当該光を知覚する。そして、乗員は、虚像6として表示される各種画像を認識することができる。虚像6として表示される各種情報としては、例えば、車速、燃料残量等の車両状態値、又は道路情報、視界補助情報等の車両情報が挙げられる。

[0014] 車両 1 のウインドシールド 3 において、室内側の面は、画像が投影される投影面 3 a を、湾曲する凹面状又は平坦な平面状等に形成している。また、ウインドシールド 3 は、室内側の面と室外側の面とで、各面を反射してできる虚像 6 を重ねるための角度差を有するものであってもよい。あるいは、ウインドシールド 3 は、室外側の面の反射による虚像 6 の輝度を抑制するために蒸着膜ないしはフィルム等を設けたものであってもよい。さらに、投影部材として、ウインドシールド 3 の代わりに、車両 1 と別体となっているコンバイナを車両 1 内に設置して、当該コンバイナに画像を投影するものであってもよい。

[0015] 視認領域 4 は、図 2 に示すように、虚像 6 としての画像が視認可能となる領域である。座席に着席した乗員のアイポイント 5 が存在可能な空間領域であるアイリップス 5 a を考慮して、視認領域 4 が設定されている。例えば、本実施形態のように、アイリップス 5 a を考慮して、十分な広さの視認領域 4 が設定されることで、乗員のアイポイント 5 が多少動いても、乗員は、虚像 6 としての画像を視認可能となる。

[0016] HUD 装置 100 は、図 1, 2 に示すように、コントローラ 60、複数の発振器 10 a, 10 b, 10 c、投射光学系 20、スクリーン部材 40、及び拡大光学系 50 を備えている。ここで、3つの発振器 10 a ~ c、投射光学系 20 により、レーザスキャナ 70 が構成されている。

[0017] コントローラ 60 は、演算処理装置及びメモリ等から構成される制御回路である。図 1, 3 等 に示すように、コントローラ 60 は、各発振器 10 a ~ c、投射光学系 20 の走査ミラー 30、拡大光学系 50 の凹面ミラー 52 等と電氣的に接続されている。

[0018] 3つの発振器 10 a ~ c は、図 3 に示すように、互いに異なる色相のレーザ光を光束状に発振する。発振器 10 a は、例えばピーク波長が 560 nm である緑色のレーザ光束を発振するようになっている。発振器 10 b は、例えばピーク波長が 635 nm である赤色のレーザ光束を発振するようになっている。発振器 10 c は、例えばピーク波長が 450 nm である青色のレー

ザ光束を発振するようになっている。

[0019] ここで、各発振器 10 a～c は、コントローラ 60 と電氣的に接続されている。各発振器 10 a～c は、コントローラ 60 からの電気信号に従って、レーザ光束を発振する。そして、各発振器 10 a～c から発振される 3 色のレーザ光を加色混合することで、種々の色の再現が可能となる。各発振器 10 a～c から発振された各レーザ光束は、それぞれ投射光学系 20 の整形レンズ 22 a, 22 b, 22 c に向かって伝播する。

[0020] 投射光学系 20 は、レーザ光束をスクリーン部材 40 に投射する光学系である。第 1 実施形態の投射光学系 20 は、3 つの整形レンズ 22 a～c、3 つのダイクロイックフィルタ 24 a, 24 b, 24 c、集光レンズ 26、及び微小電気機械システム (Micro Electro Mechanical Systems : MEMS) の走査ミラー 30 を有している。

[0021] 3 つの整形レンズ 22 a～c は、それぞれ対応する発振器 10 a～c に対して、各レーザ光束の伝播方向に例えば 5 mm の間隔をあけて配置されている。各整形レンズ 22 a～c は、対応する発振器 10 a～c からのレーザ光束を屈折させることにより、当該レーザ光束を整形する。

[0022] 3 つのダイクロイックフィルタ 24 a～c は、それぞれ対応する整形レンズ 22 a～c に対して、各レーザ光束の伝播方向に例えば 4 mm の間隔をあけて配置されている。各ダイクロイックフィルタ 24 a～c は、対応する整形レンズ 22 a～c を透過した各レーザ光束のうち、特定波長のレーザ光束を反射し、その他の波長のレーザ光束を反射する。具体的には、整形レンズ 22 a に対応するダイクロイックフィルタ 24 a は、緑色のレーザ光束を反射する。整形レンズ 22 b に対応するダイクロイックフィルタ 24 b は、赤色のレーザ光束を反射し、その他のレーザ光束を透過させる。整形レンズ 22 c に対応するダイクロイックフィルタ 24 c は、青色のレーザ光束を反射し、その他のレーザ光束を透過させる。

[0023] ここで、ダイクロイックフィルタ 24 a による反射後の緑色のレーザ光束の伝播方向には、ダイクロイックフィルタ 24 b が例えば 6 mm の間隔をあ

けて配置されている。また、ダイクロイックフィルタ 24 b の反射後の赤色のレーザ光束の伝播方向には、ダイクロイックフィルタ 24 c が例えば 6 mm の間隔をあけて配置されている。これら配置形態により、ダイクロイックフィルタ 24 a による反射後の緑色のレーザ光束が、ダイクロイックフィルタ 24 b による反射後の赤色のレーザ光束と混合される。また、緑色のレーザ光と赤色のレーザ光束とが、ダイクロイックフィルタ 24 c を透過し、ダイクロイックフィルタ 24 c を反射後の青色のレーザ光束と混合される。このようにして、3 色のレーザ光を加色混合することができる。

[0024] ダイクロイックフィルタ 24 c による透過後のレーザ光束の伝播方向には、集光レンズ 26 が例えば 4 mm の間隔をあけて配置されている。集光レンズ 26 は、ダイクロイックフィルタ 24 c 側が平面状、走査ミラー 30 側が凸面状に形成されている平凸レンズである。集光レンズ 26 は、ダイクロイックフィルタ 24 a ~ c からのレーザ光束を集光する。集光レンズ 26 を透過したレーザ光束は、走査ミラー 30 に向かって伝播する。

[0025] 走査ミラー 30 は、レーザ光束の投射方向を時間的に走査する走査部として機能する MEMS ミラーである。具体的に、図 4 に示すように、走査ミラー 30 は、外枠 30 a、内枠 30 b、水平ねじれ棒 30 c、鉛直ねじれ棒 30 d、反射面 30 e、及び透過部 30 g を有している。外枠 30 a は、走査ミラー 30 の外側に位置する矩形状の枠であり、内枠 30 b は、外枠と反射面との間に位置する矩形状の枠である。そして、外枠 30 a と内枠 30 b の間には、方向 x に沿った水平ねじれ棒 30 c が 2 本形成されている。また、内枠 30 b と反射面 30 e の間には、方向 y に沿った鉛直ねじれ棒 30 d が 2 本形成されている。走査ミラー 30 の中央に形成されている反射面 30 e は、レーザ光束を反射するように、アルミニウムの金属蒸着等によって薄膜状に形成されている。反射面 30 e の周囲において、外枠 30 a と内枠 30 b の間及び内枠 30 b と反射面 30 e の間のうち、水平ねじれ棒 30 c 及び鉛直ねじれ棒 30 d が形成されていない部分は、レーザ光束が透過可能な透過部 30 g が開口状に形成されている。

[0026] このような走査ミラー30は、コントローラ60と電氣的に接続されており、その走査信号に従って、水平ねじれ棒30c及び鉛直ねじれ棒30dが別個にねじれる。これらのねじれにより、反射面30eの向きを変えることができ、集光レンズ26からのレーザ光束の投射方向を時間的に走査することが可能となっている。

[0027] また、走査ミラー30は、図5に示すように、コントローラ60からの駆動信号により、その反射面30eの曲率半径CRMが時間的に変動するようになっている。反射面30eの曲率半径CRMの変動により、投射光学系20の焦点距離FL（の大きさ）は時間的に振動する。念のため図6に模式的に示しておくが、本実施形態における投射光学系20の焦点距離FLは、発振器10a～c側から平行光束を入射させた場合の主点PRPと焦点FCPとの間の光軸に沿った長さとする。

[0028] 特に本実施形態では、集光レンズ26からのレーザ光束は、図5に示すように、走査ミラー30への入射時点においてそのスポットサイズSSが反射面30eのサイズSRよりも大きい状態で入射する。そして、レーザ光束のうち反射面30eの外縁30fより外側に入射した光束は、透過部30gによって走査ミラー30を透過し、投射光学系20外に射出される。すなわち、本実施形態の走査ミラー30は絞りとしても機能している。

[0029] このようにして、反射面30eで反射されたレーザ光束は、その投射方向を時間的に走査されながら、スクリーン部材40の投射領域40aに向かって投射される。具体的には、レーザ光束の投射方向は、複数の走査線SLに沿った図3の矢印方向へ順次走査される。以上のコントローラによる制御の結果、投射領域40aにおいて、レーザ光束が投射される位置が移動していくと共に、レーザ光束が断続的にパルス投射されることで、画像が描画され、形成されることとなる。こうして投射領域40aに描画される画像は、例えば、方向xに480画素かつ方向yに240画素を有する画像として、投射領域40aに毎秒60フレームのフレームレートで描画形成される。

[0030] 第1実施形態におけるスクリーン部材40は、合成樹脂ないしはガラス等

からなる基材の表面にアルミニウムを蒸着させること等により形成された、反射型のスクリーンである。スクリーン部材40は、投射領域40aに凹凸を有している。図7、8に詳細を示すが、スクリーン部材40は、投射領域40aにおいて格子状に配列されて凹凸をなす複数の光学素子42を有するマイクロミラーアレイとして形成されている。

[0031] 各光学素子42は、共通の湾曲形態として凸面湾曲を呈する鏡面状の湾曲面43をスクリーン部材40の外表面に形成している。各光学素子42において湾曲面43は、曲率半径をCRとし、方向x、yとの直交方向zのうち投射光学系20の走査ミラー30と向き合う側へ突出し、最突出点を面頂点44としている。また、各方向x、yにおいて隣接する光学素子42同士は、それぞれの湾曲面43の外縁（輪郭）を互いに重ねることで、相互間に境界46を形成している。ここで、各光学素子42の湾曲面43については、方向zにおいて基準となる面頂点44から境界46（図8の断面では変曲点で示される）までのずれ量である深さを、光学素子42におけるサグ量と定義する。なお、図7、8では、理解を容易にするために、一部の符号のみを付して示している。

[0032] 隣接する光学素子42同士にて湾曲面43の面頂点44における高さは、相異なっている。換言すると、隣接する光学素子42同士にて相異なるサグ量が、投射領域40aの全域において設定されている。サグ量としては、大小2種類のサグ量Sa、Sbが設定されており、大サグ量Saの光学素子42と小サグ量の光学素子42とは、いずれの方向x、yにおいても交互に配列されている。また、光学素子42の素子幅として大素子幅Waと小素子幅Wbが設定されている。ここで、ピークピッチPPは、隣接光学素子42の面頂点44間の距離に対応している。

[0033] 上述の配列形態により、サグ量Sa、Sbの差 ΔS 、すなわち($S_a - S_b$)に応じて、方向zの段差を形成している。さらに、一光学素子42内においても、曲率半径CRである凸面湾曲を呈する湾曲面43によって、方向zの高さが箇所により異なっている。この結果、スクリーン部材40には、

投射領域40aにおいて、凹凸が形成されることとなる。

[0034] このようにしてスクリーン部材40は、その凹凸をなす湾曲面43を通じて拡散されたレーザ光束としての画像の光を、拡大光学系50の凹面ミラー52に向かって反射させる。

[0035] 拡大光学系50は、図1, 2に示すように、画像を拡大してウィンドシールド3に投影し、画像の光を視認領域4に導く光学系である。ここで、本実施形態における拡大光学系50は凹面ミラー52を有しているが、その他に、平面状の反射面を有する平面ミラー、又は拡大レンズ等を追加して構成されていてもよい。

[0036] 凹面ミラー52は、合成樹脂ないしはガラス等からなる基材の表面に、反射面52aとしてアルミニウムを蒸着させること等により、形成されている。反射面52aは、凹面ミラー52の中央が凹む凹面として、滑らかな曲面状に形成されている。そして、凹面ミラー52は、画像の光をウィンドシールド3に向けて反射する。このようにしてウィンドシールド3により反射された画像の光は、視認領域4に到達する。

[0037] また、凹面ミラー52は、電氣的に接続されたコントローラ60からの揺動信号に従って、揺動駆動するようになっている。こうして凹面ミラー52が揺動することで、虚像6の結像位置及び視認領域4が上下する。

[0038] このようなHUD装置100による視認領域4、及び虚像6として視認される画像について、以下に詳細に説明する。以下では、x軸及びy軸からなるxy平面に沿ってスクリーン部材40（又はスクリーンSCR）が配置されているものとし、z軸の負方向に向かってレーザ光束がスクリーン部材40（又はスクリーンSCR）に投射されるものとして説明する。

[0039] 一般的に、図9に示すように、所定のスクリーンSCRでの拡散後の光束の波面を $A(x, y, 0)$ とし、波面Aを観測する点 $P(x, y, z)$ における波面 $U(P)$ は、キルヒホッフ・フレネルの回折式によれば、数式として以下の数3のように表現できる。

[0040]

[数3]

$$U(P(x, y, z)) = -\frac{ik}{2\pi} \iint_S A(\xi, \eta) \frac{\exp(ikq)}{q} dS$$

なお、 k は波数であり、 q は点 $S_1 (\xi, \eta, 0)$ から点 $P (x, y, z)$ までの距離である。

[0041] ここで、点 $S_0 (0, 0, 0)$ から点 $P (x, y, z)$ までの距離 d を用いて、数3の近似表現を求めると、数式として以下の数4のように表現できる。

[0042] [数4]

$$U(P(x, y, z)) \sim -\frac{ik}{2\pi d} \iint A(\xi, \eta) \exp(ikq) d\xi d\eta$$

距離 q をテイラー展開の1次の項まで取り出して、数4に代入すると、数式として以下の数5のように書ける。さらに、数5に基づいて、数式として数6、7のように表現できる。

[0043] [数5]

$$U(P(x, y, z)) \sim -\frac{ik}{2\pi d} \exp\left(ik\frac{d}{2}\right) \exp\left(ik\frac{z^2}{2d}\right) \iint A(\xi, \eta) \exp\left(ik\frac{(x-\xi)^2 - (y-\eta)^2}{2d}\right) d\xi d\eta$$

[0044] [数6]

$$U(P(x, y, z)) \propto A(x, y) \otimes F(x, y, d, k)$$

[0045] [数7]

$$F(x, y, d, k) = \exp\left(ik\frac{x^2 + y^2}{2d}\right)$$

数6によると、観測される波面 $U(P)$ は、スクリーン SCR 透過後の波面 $A(x, y, 0)$ に、振動成分 $F(x, y, d, k)$ をコンボリューションした形態で定式化される。数7に示された振動成分 $F(x, y, d, k)$ により、スクリーン SCR の座標 (x, y) を動かすと波面 $U(P)$ が変化することがわかる。

[0046] 本実施形態のように、画像が形成される投射領域 $40a$ に凹凸を有するス

クリーン部材40に、コヒーレンスが高いレーザ光束を入射させた場合、当該凹凸によりスペックルパターンが発生することとなる。

[0047] ここで、図10に示す比較例として、曲率半径が一定の反射面930eを有する走査ミラー930からレーザ光束が投射されるスクリーン部材940の座標(x , y)を時間的に振動させる。このような比較例では、スクリーン部材940の振動により振動成分 $F(x, y, d, k)$ が変化するので、スペックルパターンが変化することとなる。スペックルパターンを時間的に変化させることで、画像の光の輝度を時間的に平均化された状態で乗員に視認させることが可能となる。しかしながら、HUD装置100において走査ミラー30等よりもスペースの占有率の高いスクリーン部材40を動かすことは、車両1の限られたスペースに搭載される点を考慮すると、懸念材料が残る。

[0048] そこで、図5に示すような本実施形態において、数7の距離 d にスクリーン部材40に対するレーザ光束のデフォーカス量 dS を対応させて考える。デフォーカス量 dS を時間的に振動させることによっても、波面変化としてスペックルパターンが時間的に変化することが考えられる。そして、画像の光を時間的に平均化された状態で乗員に視認させることが可能となる。

[0049] なお、図5では、走査ミラー30とスクリーン部材40との配置は模式的に図示されている。また図5において、レーザ光束が3方向に図示されているが、レーザ光束の投射方向が走査された各瞬間を1図面にまとめて模式的に図示している。また図5では、レーザ光束の投射方向を細い実線で示す。

[0050] 図11に数7の振動成分 $F(x, y, dS, k)$ における位相の空間分布がプロットされている。これによれば、デフォーカス量 dS が一定の場合（実線グラフ）では位相が空間変化し、視認される画像においてこの位相の空間分布に応じた輝度分布となることが示唆される。一方、本実施形態のようにデフォーカス量 dS が時間的に振動する場合（一点鎖線グラフ）では、位相の空間変化が抑制され、視認される画像においてこの位相の空間分布に応じた輝度分布となることが示唆される。

[0051] 特に第1実施形態では、上述のように、コントローラ60の駆動信号によって走査ミラー30の反射面30eの曲率半径CRMが時間的に変動することで、投射光学系20の焦点距離FLは時間的に振動するようになる。投射光学系20の焦点距離FLの時間的振動により、スクリーン部材40に対するレーザ光束のデフォーカス量dSが時間的に振動する。

[0052] レーザ光束が投射されるスクリーン部材40の投射領域40aにおいて、デフォーカス量dSの振動によりスペックルパターンを平滑化する領域（以下、平滑化領域と記載する）の半径をRと定義する。すると、数7における振動成分F(x, y, dS, k)の位相が $-2\pi \sim +2\pi$ の範囲を取るようになればよい。したがって、デフォーカス量dSは、数式として以下の数8の範囲に設定されることが好ましい。ここで、計算上、平滑化領域の中心を座標(x, y) = (0, 0)としている。なお、デフォーカス量dSは、正の値をとる場合、投射領域40aよりも走査ミラー30側にレーザ光束の焦点が位置することを意味し、負の値をとる場合はその逆である。

[0053] [数8]

$$-\frac{R^2}{2\pi} \leq d_s \leq \frac{R^2}{2\pi}$$

一方、スクリーン部材40の投射領域40aにおけるレーザ光束のスポット半径 δ は、デフォーカス量dSを用いて、レイリーの式より、数式として以下の数9のようにと近似される。ここで、NAは、レーザ光束を生成する光学系、すなわちレーザスキャナ70を構成する発振器10a～c及び投射光学系20の開口数として定義される。また、 λ はレーザ光束の波長である。

[0054] [数9]

$$\delta = \frac{0.61 \cdot \lambda}{2 \cdot NA} + |d_s| \cdot NA$$

次に、レーザ光束のスクリーン部材40上のスポット半径 δ の視認限界に対応するスクリーン部材上の大きさを Δ と定義する。 $\Delta > \delta$ に基づいた数式

として示される以下の数 10 が成立すれば、乗員は、視認領域 4 において 1 画素に対応するレーザ光束のスポットを視認できなくなる。さらに数 10 を変形すると、数式として以下の数 11 が得られる。

[0055] [数10]

$$\Delta > \frac{0.61 \cdot \lambda}{2 \cdot NA} + \frac{R^2}{2 \cdot \lambda} \cdot NA$$

[0056] [数11]

$$R < \sqrt{\left(\Delta - \frac{0.61 \cdot \lambda}{2 \cdot NA}\right) \left(\frac{2 \cdot \lambda}{NA}\right)}$$

ここで、平滑化領域の半径 R が Δ より大きいことが好ましいので、 $\Delta < R$ より成立する数式として示される以下の数 12 を解く。数 12 より、数式として以下の数 13 が得られる。

[0057] [数12]

$$\Delta^2 - \frac{2 \cdot \lambda}{NA} \cdot \Delta - \frac{0.61 \cdot \lambda}{2 \cdot NA} \cdot \frac{2 \cdot \lambda}{NA} < 0$$

[0058] [数13]

$$NA < 1.62 \cdot \frac{\lambda}{\Delta}$$

したがって、本実施形態では、数 13 を満足するように開口数 NA が設定されている。開口数 NA の設定のため、上述のように第 1 実施形態では、走査部である MEMS の走査ミラー 30 を絞りとして用いている。具体的には、反射面 30 e のサイズ SR がレーザ光束の反射面 30 e への入射時点におけるスポットサイズ SS よりも小さいという条件の下、デフォーカス量 dS が最大値をとる場合においても数 13 を満足するように反射面のサイズが設定される。

[0059] 図 12 に示すように、具体的に Δ は、画像の光が視認領域 4 に到達するまでの光路、すなわち拡大光学系 50 及びウィンドシールド 3 の配置等によって決まる。ここで、視認領域 4 内のアイポイント 5 から虚像 6 までの距離を LV とし、スクリーン部材 40 から視認領域 4 までの結像系の結像倍率を M

Vとし、人間の分解能 R_E とする。半径 Δ は、数式として以下の数14のよう
に表される。

[0060] [数14]

$$\Delta = \frac{L_V \cdot \tan(R_E)}{2 \cdot M_V}$$

特に本実施形態では、距離 L_V が2 m、結像倍率 M_V が6倍であるので、一般的な人間の視力1.0に対応する分解能 $R_E = 1/60$ を採用すると、 Δ は、 $50 \mu\text{m}$ となる。したがって、数13において、レーザ光束の波長のうち最も視認される感度が高い緑色のレーザ光束の波長 560 nm を λ に代入すると、開口数 NA を0.018以下にすればよいことになる。特に本実施形態では、振動するデフォーカス量 d_S が最大値をとるときに開口数 $NA = 0.018$ となるように設定している。

[0061] また、 $\Delta > \delta$ の条件の下、数8に基づいて適切なデフォーカス量 d_S の範囲を求めると、数式として以下の数15が得られる。

[0062] [数15]

$$|d_S| < \frac{\Delta}{NA} - \frac{0.61 \cdot \lambda}{2 \cdot NA^2}$$

そして、数15の右辺に各値を代入すると、デフォーカス量 d_S の絶対値は、 $2237 \mu\text{m}$ 以下に設定されていればよいことになり、特に本実施形態でも、そのような範囲となるように投射光学系20の焦点距離 FL が時間的に振動するようになっている。投射光学系20の焦点距離 FL は、周期的に振動しており、その振動周期は、上述の走査ミラー30の操作におけるフレームレートとずれて設定されている。特に本実施形態では、振動周期は、フレームレートの整数倍以外に設定されており、例えば $1/70$ 秒に設定されている。

[0063] 以上のように設定された投射光学系20の焦点距離 FL の振動により、スペックルパターンは時間的に平均化される。そして、スクリーン部材40の投射領域40aにて反射されるレーザ光束は、各光学素子42の湾曲面43

に設定された曲率半径C R Eに応じた拡散角にて、画像の光として拡散され、一画素に対応した光がそれぞれ幅をもって視認領域4に到達することとなる。

[0064] 走査ミラー30により走査されるレーザ光束は、拡散後、画像の光として視認領域4内において光学素子42の格子状の配列を原因とした干渉を生じる。ここで、隣接する各光学素子42表面の湾曲面43から反射角としての射出角 θ にて射出されることで干渉し合う光の光路差 ΔL は、例えば図13の如く発生する。ここで、光路差 ΔL は、 $\sin \theta \doteq \theta$ [rad]の近似の下、当該 ΔS より十分大きなピークピッチPPを用いて数式として下記の数16, 17により表される。具体的に数16は、大サグ量S aの一光学素子42と、その片側（例えば図13の右側）に隣接する小サグ量S bの光学素子42との間で成立する。また一方で数17は、大サグ量S aの一光学素子42と、その逆側（例えば図13の左側）に隣接する小サグ量S bの光学素子42との間で成立する。

[0065] [数16]

$$\Delta L = PP \cdot \theta - 2 \cdot \Delta S$$

[0066] [数17]

$$\Delta L = PP \cdot \theta + 2 \cdot \Delta S$$

さらに、光路差 ΔL が波長 λ 分変化する射出角 θ の角度差 α 、すなわち光同士の干渉によって発生する回折ピークの次数が1変化する射出角 θ の角度差 α は、比較例の場合と同様に、ピークピッチPPを用いた数式として下記の数18により表される。

[0067] [数18]

$$\alpha = \frac{\lambda}{PP}$$

これら数16～18に基づいて、第1実施形態での光路差 ΔL が0, $\pm \lambda$ となるとき、すなわち回折ピークの次数が0, ± 1 となるとき強度分布を考えると、図14の如く射出角 θ の角度差 α に応じた強度分布となるこ

とがわかる。このような強度分布では、数 16, 18 に従って大サグ量 S_a の一光学素子 42 が小サグ量 S_b の片側隣接素子 42 との間で生じさせる回折ピークは、0 に対して $2 \cdot \Delta S \cdot \alpha / \lambda$ 分ずれた 0 次回折角 θ_0 から $\pm \alpha$ 毎の射出角 θ を、中心に生じる（実線グラフ）。また一方で、数 17, 18 に従って大サグ量 S_a の一光学素子 42 が小サグ量 S_b の逆側隣接素子 42 との間で生じさせる回折ピークは、0 に対して $-2 \cdot \Delta S \cdot \alpha / \lambda$ 分ずれた 0 次回折角 $-\theta_0$ から $\pm \alpha$ 毎の射出角 θ を、中心に生じる（一点鎖線グラフ）。

[0068] このように例えば $\Delta S = \lambda / 8$ に設定された第 1 実施形態では、一光学素子 42 がその両側の隣接素子 42 との間で生じさせる回折光の回折ピークは、相異なる射出角 θ を中心に生じることで、互いにずれる。このずらし作用の結果、一光学素子 42 がその両側の隣接素子 42 との間で生じさせる回折ピークは、強度を強め合い難い。

[0069] 以上より、一光学素子 42 が両側隣接素子 42 との間で生じさせる回折光（二点鎖線グラフ）を重ね合わせた図 15 の強度分布（実線グラフ）では、各回折ピークに対応する射出角 θ (θ_0 , $-\theta_0$ の各々から $\pm \alpha$ 毎) と、その間の射出角 θ とで、強度差 ΔI が小さくなる。換言すると、サグ量差 ΔS の設定は、視認領域 4 内の各箇所において光の強度差を小さくすることを意味する。

[0070] なお、第 1 実施形態では、コントローラ 60 が「可変焦点部」を構成する。

[0071] （作用効果）

以上説明した第 1 実施形態の作用効果を以下に説明する。

[0072] 第 1 実施形態によると、レーザ光束を発振する発振器 10a~c と、凹凸を有し、画像を形成するスクリーン部材 40 と、レーザ光束をスクリーン部材 40 に投射し、コントローラ 60 の駆動信号によって焦点距離 F_L が時間的に振動される投射光学系 20 と、画像を拡大してウインドシールド 3 に投影することで、画像の光を視認領域 4 に導く拡大光学系 50 とを備える。こ

れによれば、コントローラ 60 の駆動信号により投射光学系 20 の焦点距離 FL が投射方向に振動しながら、レーザ光束は、スペックルパターンが時間的に平均化された光として、凹凸を有するスクリーン部材に投射される。

[0073] そして、スクリーン部材 40 により形成される画像の光は、凹凸により拡散されて、拡大光学系 50 により画像を拡大されながら視認領域 4 に導かれる。したがって、適切な視認領域 4 を確保し、視認される画像の輝度ムラを抑制し、視認しやすいサイズの画像を虚像表示する HUD 装置を車両 1 に搭載するためのスペースの確保が容易な HUD 装置 100 を提供することができる。

[0074] また、第 1 実施形態によると、投射光学系 20 は、レーザ光束の投射方向を時間的に走査し、焦点距離 FL が周期的に振動する振動周期と、この走査のフレームレートとずれている。これによれば、レーザ光束の時間的な走査により、容易にスクリーン部材 40 に画像を形成することができ、小さな平滑化領域にてスペックルパターンによる影響を容易に抑制することができる。さらに、フレームレートとずれている振動周期によって、確実にスペックルパターンが時間的に平均化された光として、凹凸を有するスクリーン部材 40 に投射される。そして、スクリーン部材 40 により形成される画像の光は、凹凸により拡散されて、拡大光学系 50 により画像を拡大されながら視認領域に導かれることとなる。したがって、適切な視認領域 4 を確保し、視認される画像の輝度ムラを抑制し、スペースの確保が容易な HUD 装置 100 を提供することができる。

[0075] また、第 1 実施形態によると、コントローラ 60 の走査信号により微小電気機械システムの走査ミラー 30 では、レーザ光束を反射する反射面 30 e の向きが変わる。また、コントローラ 60 は、駆動信号により反射面 30 e の曲率半径 CRM を時間的に変動させる。これによれば、反射面 30 e が時間的に変動するので、走査ミラー 30 と焦点距離 FL の振動とを共通の部材で実現できる。さらには、反射面 30 e とスクリーン部材の投射箇所との位置関係が維持されたままなので、画像の画角の変動を抑制できる。

- [0076] また、第1実施形態によると、MEMSの走査ミラー30は、反射面30eの周囲にレーザ光束を透過させる透過部30gを形成している。これによれば、MEMSの走査ミラー30に形成された透過部30gを利用して発振器10a～c及び投射光学系20の開口数NAを容易に設定できる。したがって、適切な視認領域4を確保し、視認される画像の輝度ムラを抑制し、視認しやすいサイズの画像を虚像表示するHUD装置を車両1に搭載するためのスペースの確保が容易なHUD装置100を提供することができる。
- [0077] また、第1実施形態によると、スクリーン部材40は、投射領域40aにおいて格子状に配列される複数の光学素子42を有し、各光学素子42は、凸面湾曲及び凹面湾曲のうち共通の湾曲形態を呈する鏡面状の湾曲面43を、スクリーン部材40の表面に形成し、当該湾曲面43を通じてレーザ光束を拡散させる。これによれば、鏡面状の湾曲面43によりスペックルパターンの影響を抑制しつつ、光学素子42の配列及び曲率半径CREを適切な視認領域4が得られるように設定可能となる。
- [0078] また、第1実施形態によると、隣接する光学素子42同士にて湾曲面43の面頂点44における高さは、相異なる。これによれば、一光学素子42がその両側の隣接光学素子42との間で生じさせる回折光の回折ピークは、互いにずらされる。このずらし作用を利用して、視認領域4の各箇所間に生ずる輝度ムラを抑制できるので、より適切な視認領域4を確保することができる。
- [0079] また、第1実施形態によると、数式としての数13が成立するように開口数NAが設定されているので、視認される画像が拡大されても、スポット半径 δ は目視で視認されず、視認される画像の輝度ムラは目立たなくなる。
- [0080] また、第1実施形態によると、開口数NAは、0.018以下である。これによれば、最も視認される感度が高い緑色のレーザ光束を発振する発振器10aを、標準的な結像倍率MVのHUD装置100に用いた場合に、視認される画像が拡大されても、スポット半径 δ は目視で視認されず、視認される画像の輝度ムラは目立たなくなる。

[0081] また、第1実施形態によると、数式としての数15が成立するようにデフォーカス量 dS の絶対値が設定されている。これによれば、投射光学系20の焦点距離 FL が投射方向に振動しながら、レーザ光束は、時間的に平均化された光として凹凸を有するスクリーン部材40に投射される。ここで、スポット半径 δ が目視で視認されないような範囲のデフォーカスにより、視認される画像の輝度ムラの抑制効果が高まる。

[0082] また、第1実施形態によると、デフォーカス量 dS の絶対値は、 $2237\mu m$ 以下である。これによれば、最も視認される感度が高い緑色のレーザ光束を発振する発振器10aを、標準的な結像倍率 MV のHUD装置100に用いた場合に、スポット半径 δ が目視で視認されないような範囲のデフォーカスにより、視認される画像の輝度ムラを抑制効果が高まる。

[0083] (第2実施形態)

図16に示すように、本開示の第2実施形態は第1実施形態の変形例である。第2実施形態について、第1実施形態とは異なる点を中心に説明する。

[0084] 第2実施形態におけるスクリーン部材240は、例えば合成樹脂等を主体に形成された反射型のスクリーンである。スクリーン部材240は、投射領域240aにおいてシボにより凹凸をなす拡散面248を有している。すなわち、投射領域240aにおいて凹凸が形成されている。

[0085] ここで、拡散面248におけるシボ状の微細な凹凸は、例えば、表面のエッチング加工によって無作為に形成されているが、表面へのコーティング材への塗布等によって形成されていてもよい。

[0086] このようなスクリーン部材240は、その凹凸をなす拡散面248を通じて拡散された画像の光を、拡大光学系50の凹面ミラー52に向かって反射させる。

[0087] 以上説明した第2実施形態においても、第1実施形態と同様に、コントローラ60からの駆動信号により、投射光学系20の焦点距離 FL が時間的に振動している。したがって、第1実施形態に準じた作用効果を奏することが可能となる。

[0088] また、第2実施形態によると、スクリーン部材240は、投射領域240aにおいてシボにより凹凸をなす拡散面248を有し、拡散面248を通じてレーザ光束を拡散させる。これによれば、シボ状のような凹凸により、製造容易に適切な視認領域4を確保することができる。

[0089] (第3実施形態)

図17に示すように、本開示の第3実施形態は第1実施形態の変形例である。第3実施形態について、第1実施形態とは異なる点を中心に説明する。

[0090] 第3実施形態の投射光学系320は、第1実施形態と同様に、レーザ光束をスクリーン部材40に投射する光学系である。第3実施形態の投射光学系320は、3つの整形レンズ22a～c、3つのダイクロイックフィルタ24a～c、集光レンズ26、可変焦点レンズ328、及びMEMSの走査ミラー330を有している。このうち、3つの整形レンズ22a～c、3つのダイクロイックフィルタ24a～c、集光レンズ26については第1実施形態と同様となっている。第3実施形態では、集光レンズ26を透過したレーザ光束は、可変焦点レンズ328に向かって伝播する。

[0091] ここで、第3実施形態のコントローラ360は、各発振器10a～c、走査ミラー330等に加えて、可変焦点レンズ328とも電氣的に接続されている。

[0092] 第3実施形態における可変焦点レンズ328は、コントローラ360からの駆動信号により高導電性液体328aと低導電性液体328bとの境界面328cが変動する液体レンズである。具体的に、可変焦点レンズ328は、円筒状の容器328d内に、互いに屈折率の異なる、高導電性液体328aとしての水溶液と、低導電性液体328bとしての油とを封止している。そして、コントローラ360からの駆動信号に応じた電圧が可変焦点レンズ328に印加されると、高導電性液体328aと低導電性液体328bとの境界面328cの曲率半径CRBが変動する。つまり、レーザ光束が境界面328cの曲率半径CRBに応じて変動するレンズ焦点距離に従って屈折する。このようにレンズ焦点距離が変動する可変焦点レンズ328を用いるこ

とにより、投射光学系 20 の焦点距離 FL （図 6 も参照）は時間的に振動可能となる。

[0093] 走査ミラー 330 は、第 1 実施形態と同様に、レーザ光束の投射方向を時間的に走査する走査部として機能する走査ミラーである。ただし、第 3 実施形態の走査ミラー 330 は、その反射面 330e を平面状に形成しており、曲率半径の変動機能を有していない。

[0094] 以上説明した第 3 実施形態においても、第 1 実施形態と同様に、コントローラ 360 からの駆動信号により、投射光学系 320 の焦点距離 FL が時間的に振動している。したがって、第 1 実施形態に準じた作用効果を奏することが可能となる。

[0095] また、第 3 実施形態によると、投射光学系 320 の焦点距離 FL の振動に、パワーが変動する可変焦点レンズ 328 を用いる。これによれば、容易に投射光学系 320 の焦点距離 FL の時間的な振動を実現できる。したがって、適切な視認領域 4 を確保し、視認される画像の輝度ムラを抑制することができる。

[0096] なお、第 3 実施形態では、コントローラ 360 が「可変焦点部」を構成する。

[0097] （他の実施形態）

以上、複数の実施形態について説明したが、本開示は、それらの実施形態に限定して解釈されるものではなく、本開示の要旨を逸脱しない範囲内において種々の実施形態及び組み合わせに適用することができる。

[0098] 具体的に、第 1, 3 実施形態に関する変形例 1 としては、各光学素子 42 の湾曲面 43 は、凹面湾曲及び凸面湾曲のうち共通の湾曲形態を呈していればよい。この例として図 18 に示すように、各光学素子 42 は、湾曲形態として凹面湾曲を呈する鏡面状の湾曲面 43 をスクリーン部材 40 の外表面に形成していてもよい。

[0099] 第 1, 3 実施形態に関する変形例 2 としては、図 19 に示すように、隣接する光学素子 42 同士において、互いに異なる曲率半径 $CREa$, $CREb$

を設定してもよく、また、同じ素子幅 W を設定してもよい。

[0100] 第1, 3実施形態に関する変形例3としては、隣接する光学素子42同士にて湾曲面43の面頂点44における高さは、実質的に一致していてもよい。

[0101] 第1, 3実施形態に関する変形例4としては、図20, 21に示すように、スクリーン部材40は、透光性の合成樹脂ないしはガラス等からなる透過型のスクリーンであって、投射領域40aにおいて格子状に配列されて凹凸をなす複数の光学素子42を有するマイクロレンズアレイとして形成されているものであってもよい。図20に示す例では、走査ミラー30側の入射側外表面47aに湾曲面43が形成され、大サグ量 S_a の光学素子42の面頂点44における厚さ T_a と、小サグ量 S_b の光学素子42の面頂点44における厚さ T_b とが設定され、厚さの差が ΔT となっている。一方、図21に示す例では、拡大光学系50側の射出側外表面47bに湾曲面43が形成されている。

[0102] 第2実施形態に関する変形例5としては、スクリーン部材240は、透光性の合成樹脂ないしはガラス等からなる透過型のスクリーンであって、表面にシボ加工が施されることにより、投射領域240aにおいてシボにより凹凸をなす拡散面248を有しているものであってもよい。

[0103] 第1, 2実施形態に関する変形例6としては、投射光学系20は、走査ミラー30の反射面30eの周囲にレーザ光束を透過させるように構成されていなくてもよい。この例において、例えば投射光学系20に別途絞りを設けてもよく、また、発振器10a~cにて開口数 NA を制御するようにしてもよい。

[0104] 第1~3実施形態に関する変形例7としては、前述の数13を満たすように開口数 NA を設定しなくてもよい。また、前述の数15を満たすようにデフォーカス量 dS を設定しなくてもよい。

[0105] 第1~3実施形態に関する変形例8としては、発振器10a~cは、可視光であれば他の波長のレーザ光束を発振するようにしてもよく、また、1色

、2色又は4色以上のレーザ光束を用いて画像を形成してもよい。

[0106] 第1～3実施形態に関する変形例9としては、投射光学系20の焦点距離FLは、コントローラ60の駆動信号により時間的に振動するものであれば、周期的に振動するものでなくてもよい。例えば、焦点距離がランダムに振動するようにしてもよい。

[0107] 第3実施形態に関する変形例10としては、可変焦点レンズ328として、電圧により屈折率が変動する液晶レンズを用いてもよい。

[0108] 第1～3実施形態に関する変形例11としては、投射光学系20の光学要素と電氣的に接続されたコントローラ60以外のものにより「可変焦点部」を構成してもよい。

[0109] 第1～3実施形態に関する変形例12としては、車両1以外の船舶ないしは飛行機等の各種移動体（輸送機器）に、本開示を適用してもよい。

請求の範囲

- [請求項1] 移動体（１）に搭載され、投影部材（３）に画像を投影することにより、前記画像を視認領域（４）において乗員により視認可能に虚像表示するヘッドアップディスプレイ装置であって、
- レーザ光束を発振する発振器（１０a，１０b，１０c）と、
- 前記レーザ光束の投射により前記画像が形成される投射領域（４０a，２４０a）に凹凸を有するスクリーン部材（４０，２４０）と、
- 前記レーザ光束を前記スクリーン部材に投射する投射光学系（２０，３２０）と、
- 前記画像を拡大して前記投影部材に投影し、前記画像の光を前記視認領域に導く拡大光学系（５０）と、
- 前記投射光学系の焦点距離（FL）を時間的に振動させる可変焦点部（６０，３６０）とを備えるヘッドアップディスプレイ装置。
- [請求項2] 前記投射光学系は、前記レーザ光束の投射方向を時間的に走査する走査部（３０，３３０）を有し、
- 前記可変焦点部が前記焦点距離を周期的に振動させる振動周期と、前記走査部の走査におけるフレームレートとは、ずれている請求項１に記載のヘッドアップディスプレイ装置。
- [請求項3] 前記走査部（３０）は、前記レーザ光束を反射する反射面（３０e）の向きが変わる微小電気機械システムの走査ミラーであり、
- 前記可変焦点部（６０）は、前記反射面の曲率半径（CRM）を時間的に変動させる請求項２に記載のヘッドアップディスプレイ装置。
- [請求項4] 前記走査ミラーは、前記反射面の周囲に前記レーザ光束を透過させる透過部（３０g）を形成している請求項３に記載のヘッドアップディスプレイ装置。
- [請求項5] 前記スクリーン部材（４０）は、前記投射領域において格子状に配列されて凹凸をなす複数の光学素子（４２）を有し、
- 各前記光学素子は、凸面湾曲及び凹面湾曲のうち共通の湾曲形態を

呈する鏡面状の湾曲面（４３）を、前記スクリーン部材の表面に形成し、当該湾曲面を通じて前記レーザ光束を拡散させる請求項１から４のいずれか１項に記載のヘッドアップディスプレイ装置。

[請求項6] 隣接する前記光学素子同士にて前記湾曲面の面頂点（４４）における高さは、相異なる請求項５に記載のヘッドアップディスプレイ装置。

[請求項7] 前記スクリーン部材（２４０）は、前記投射領域においてシボにより凹凸をなす拡散面（２４８）を有し、前記拡散面を通じて前記レーザ光束を拡散させる請求項１から４のいずれか１項に記載のヘッドアップディスプレイ装置。

[請求項8] 前記発振器及び前記投射光学系の開口数を NA と定義し、前記レーザ光束の波長を λ と定義し、前記レーザ光束の前記スクリーン部材上のスポット半径 δ の視認限界に対応する前記スクリーン部材上の大きさを Δ と定義すると、以下の数１

[数1]

$$NA < 1.62 \cdot \frac{\lambda}{\Delta}$$

が成立する請求項１から７のいずれか１項に記載のヘッドアップディスプレイ装置。

[請求項9] 前記開口数は、０．０１８以下である請求項８に記載のヘッドアップディスプレイ装置。

[請求項10] 前記発振器及び前記投射光学系の開口数を NA と定義し、前記レーザ光束の波長を λ と定義し、前記レーザ光束が前記スクリーン部材に投射されたときのスポット半径 δ を目視で視認できない前記スクリーン部材上の大きさを Δ と定義し、前記スクリーン部材に対する前記レーザ光束のデフォーカス量を d_s と定義すると、以下の数２

[数2]

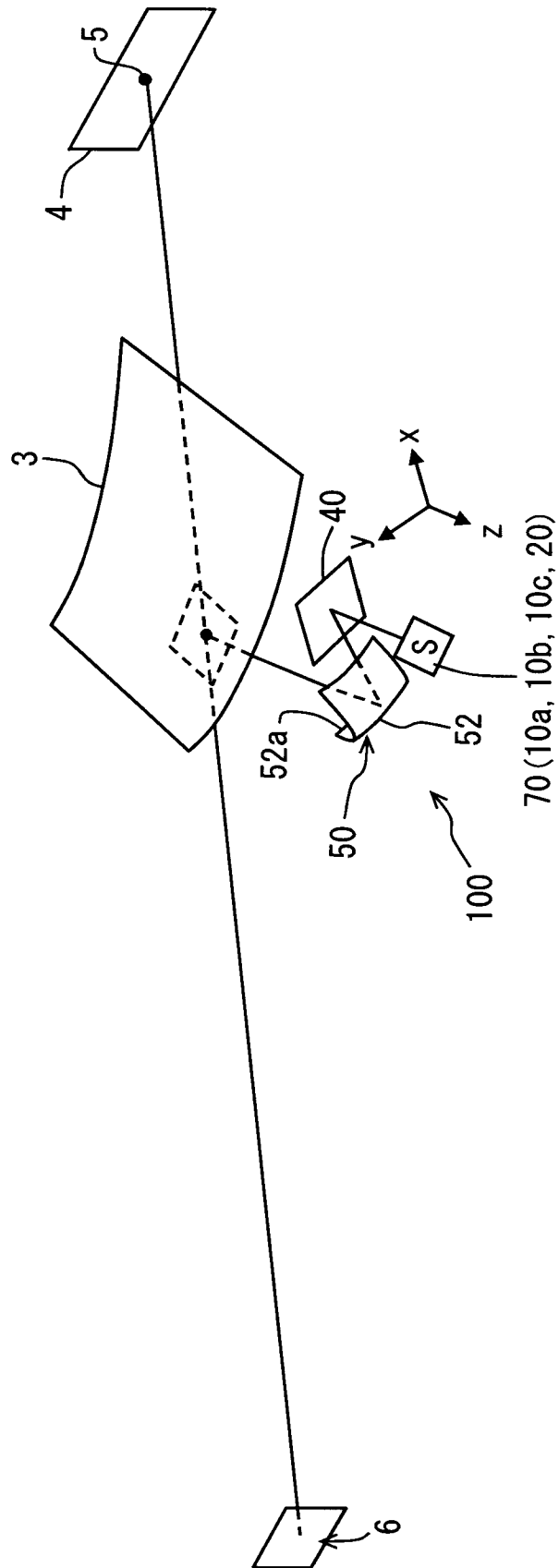
$$|d_s| < \frac{\Delta}{NA} - \frac{0.61 \cdot \lambda}{2 \cdot NA^2}$$

が成立する請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載のヘッドアップディスプレイ装置。

[請求項11] 前記デフォーカス量の絶対値は、 $2237\mu\text{m}$ 以下である請求項 10 に記載のヘッドアップディスプレイ装置。

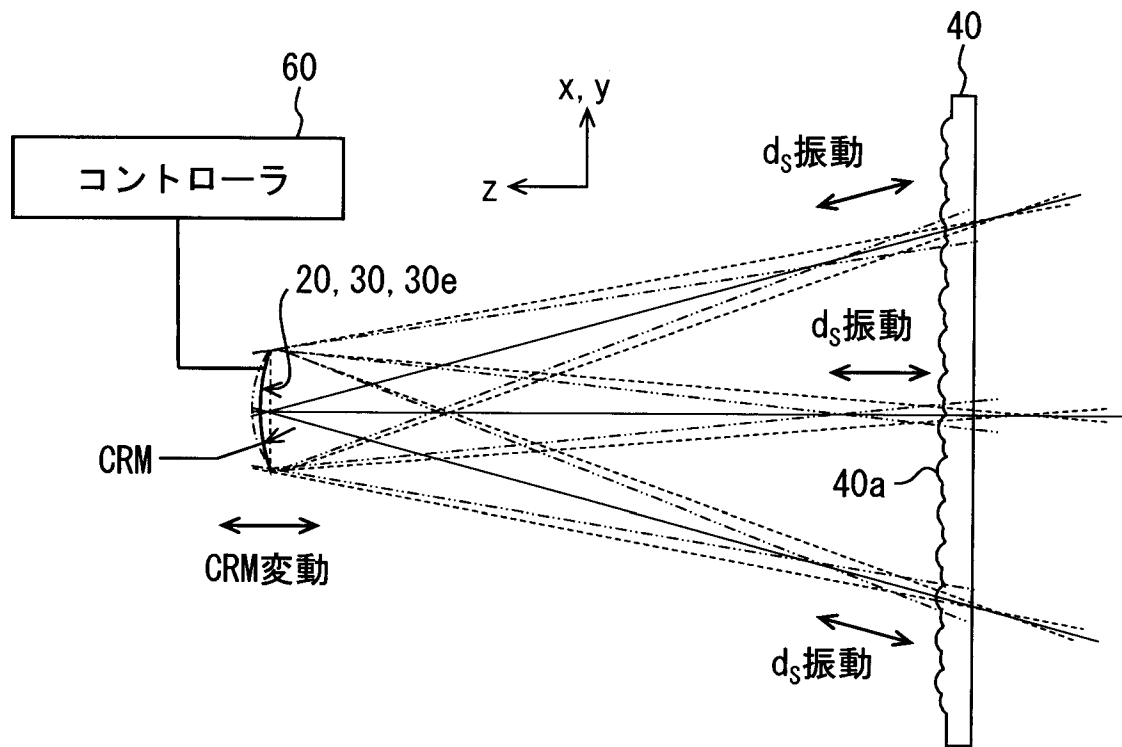
[請求項12] 前記可変焦点部 (360) は、レンズ焦点距離が変動する可変焦点レンズ (328) を用いる請求項 1 から 11 のいずれか 1 項に記載のヘッドアップディスプレイ装置。

[図2]

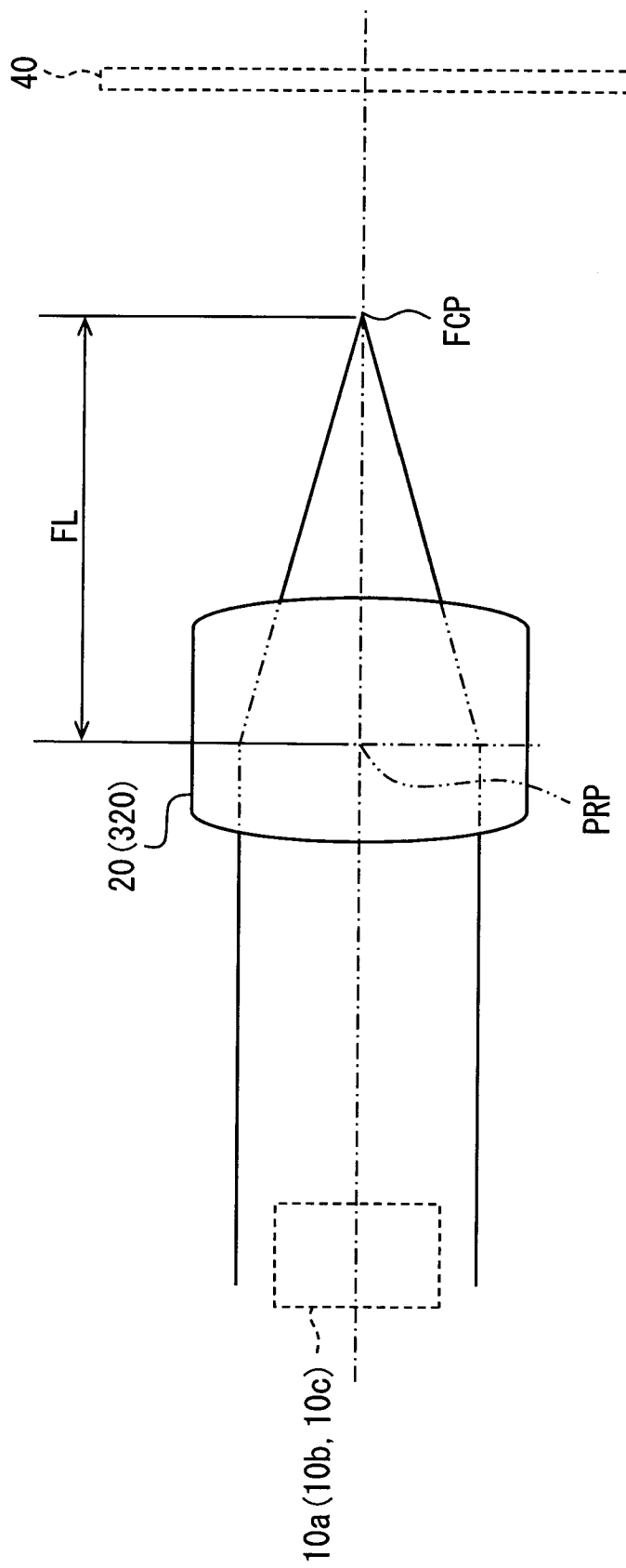


The diagram illustrates a color image display system. A controller (60) is connected to three color channels (G, R, B) and a rotation mechanism (30). The channels pass through mirrors (24a, 24b, 24c) and a lens (26) to form an image on a screen (40). The screen shows a grid of horizontal lines with 'SL' in the center. A coordinate system (x, y) is shown near the lens.

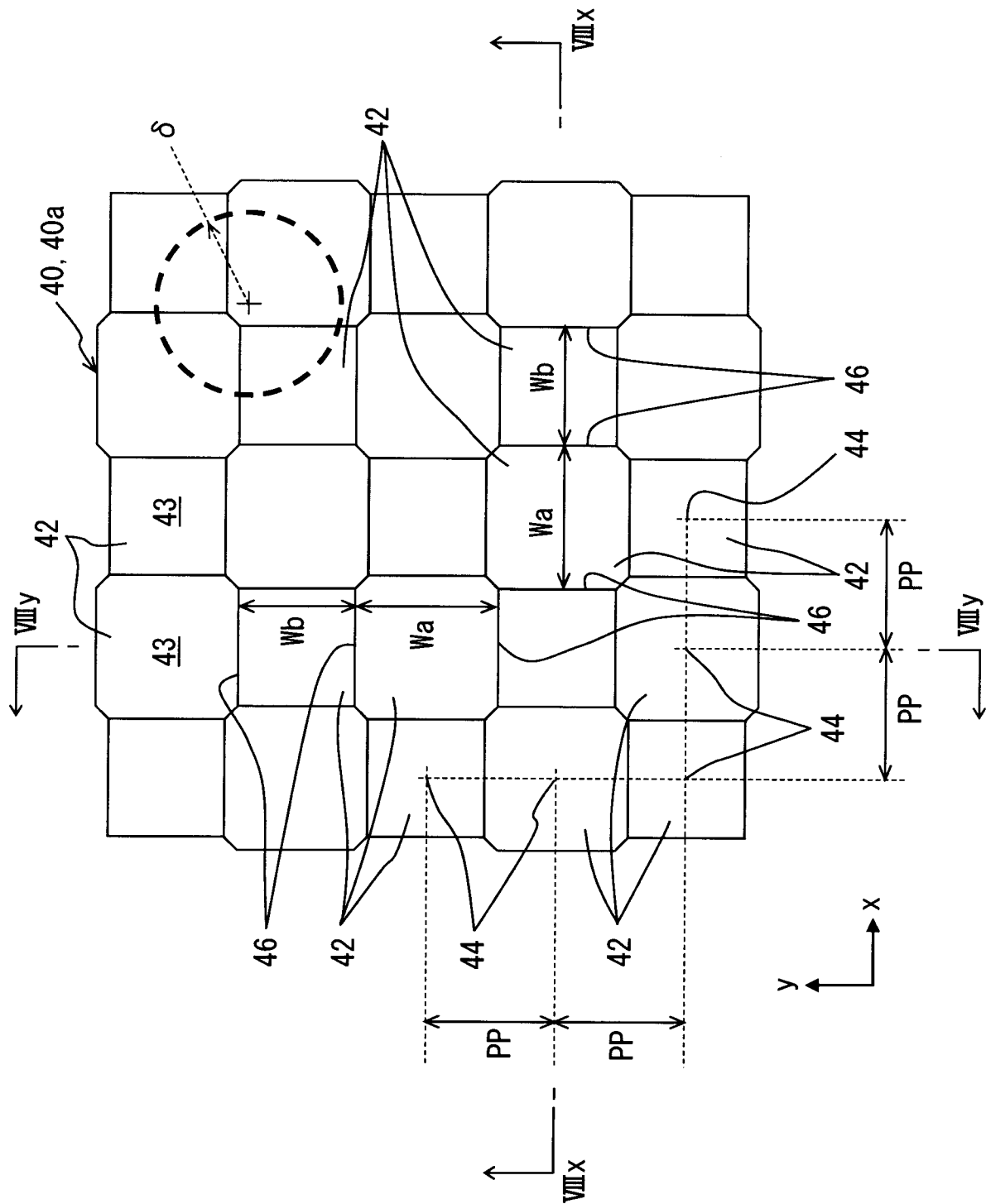
[図5]



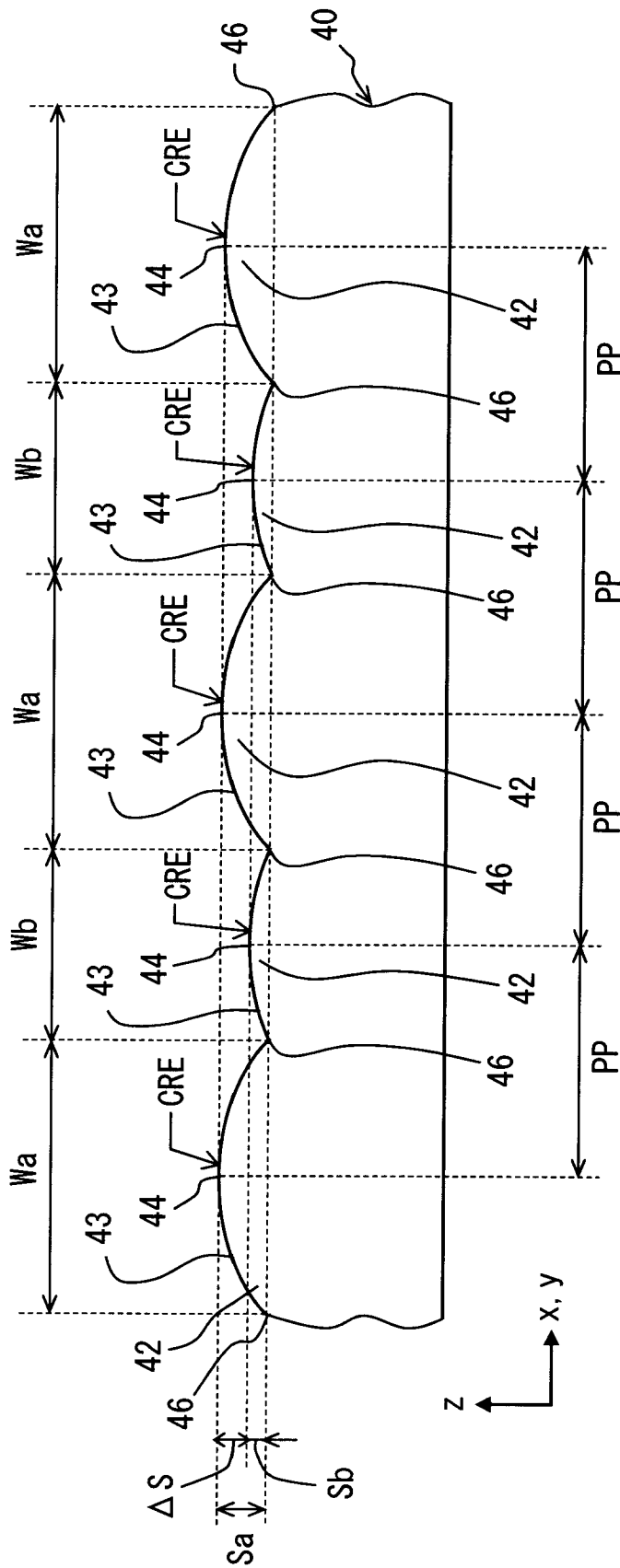
[図6]



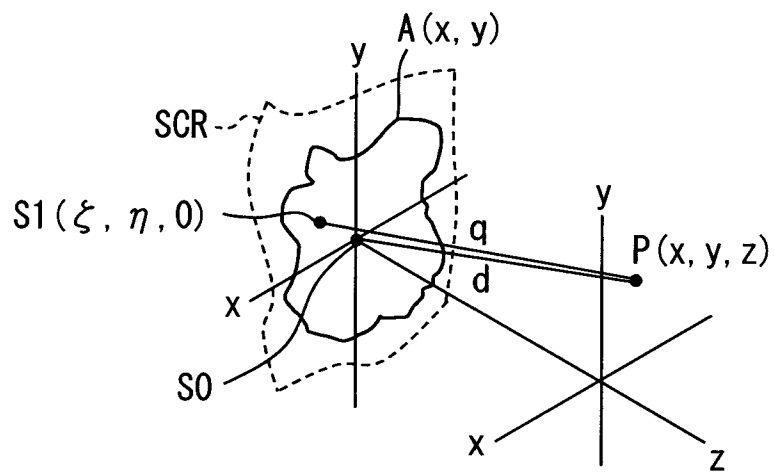
[図7]



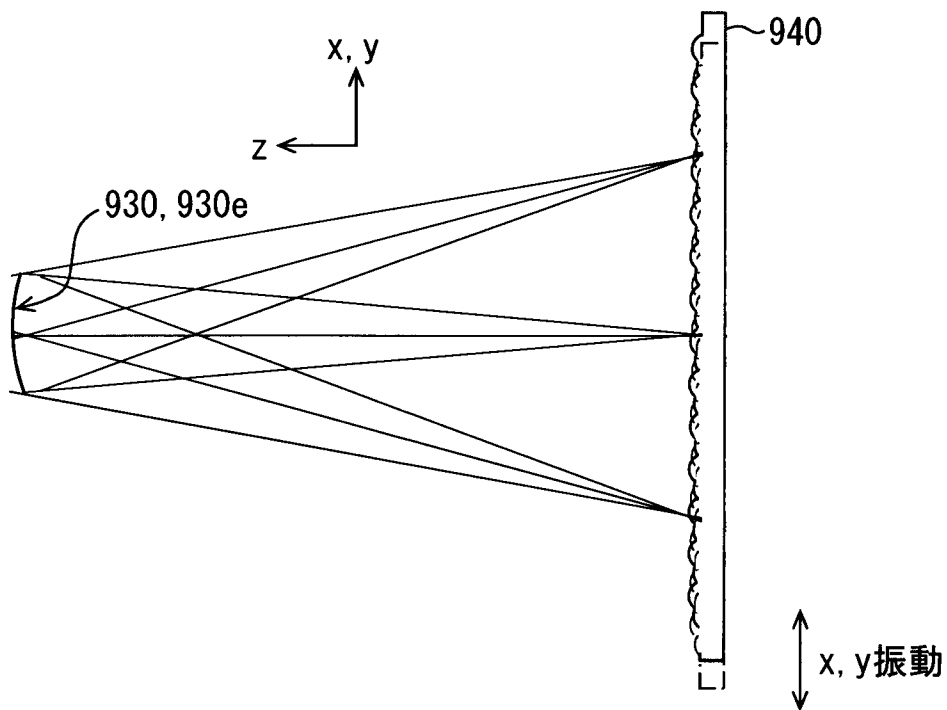
[図8]



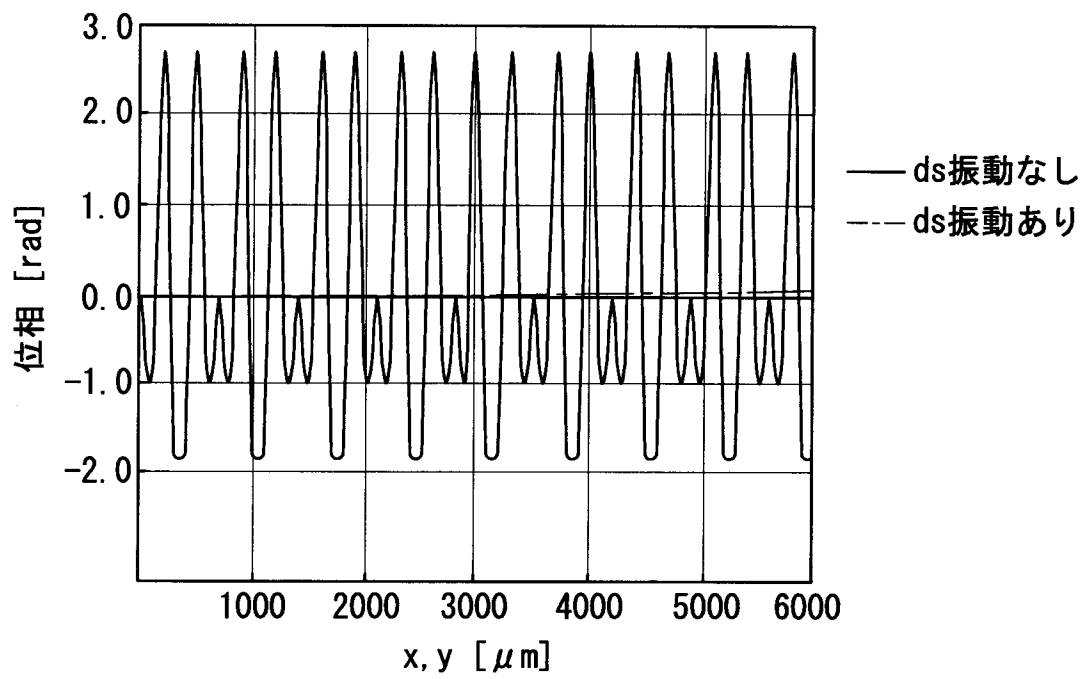
[図9]



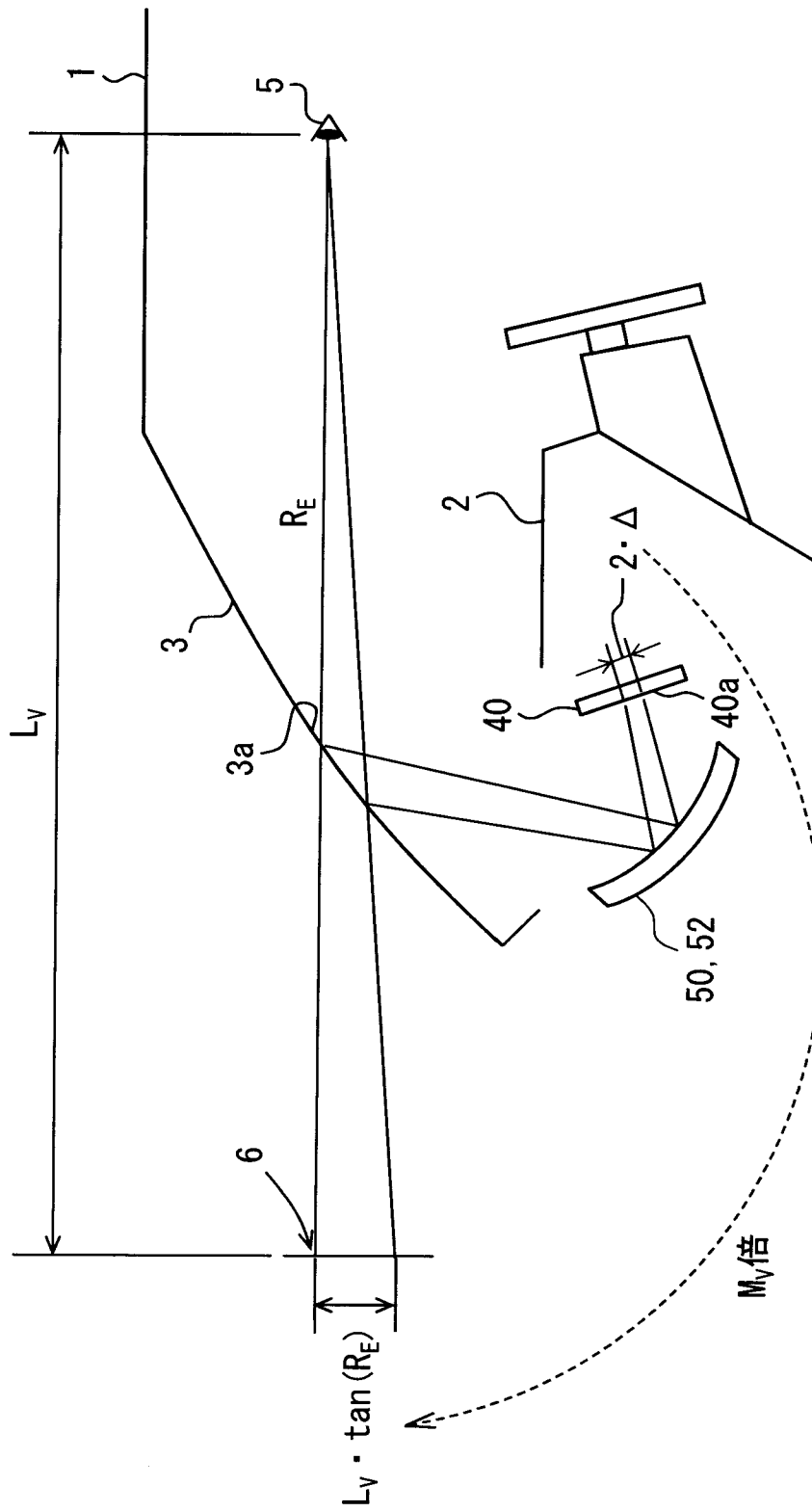
[図10]



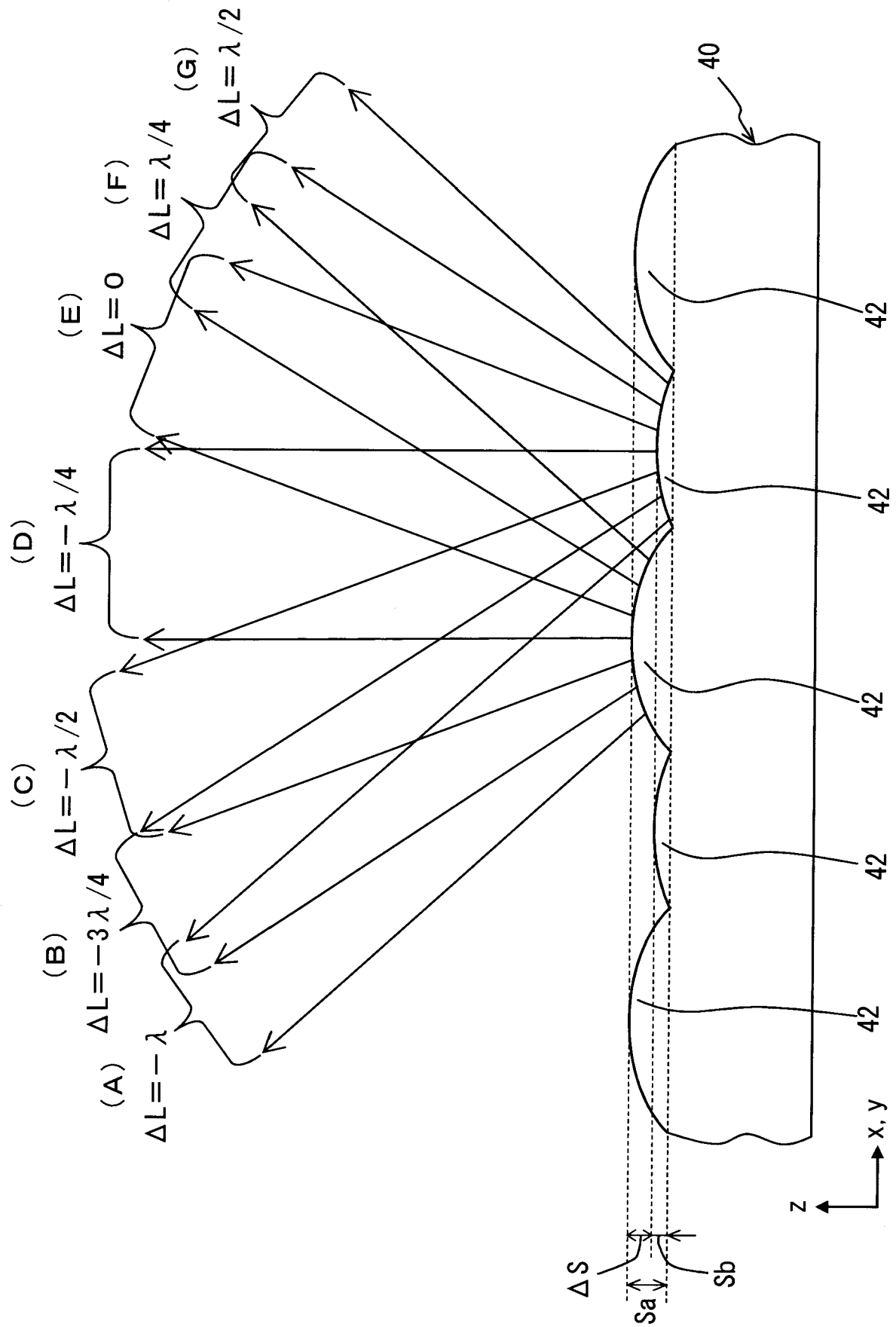
[図11]



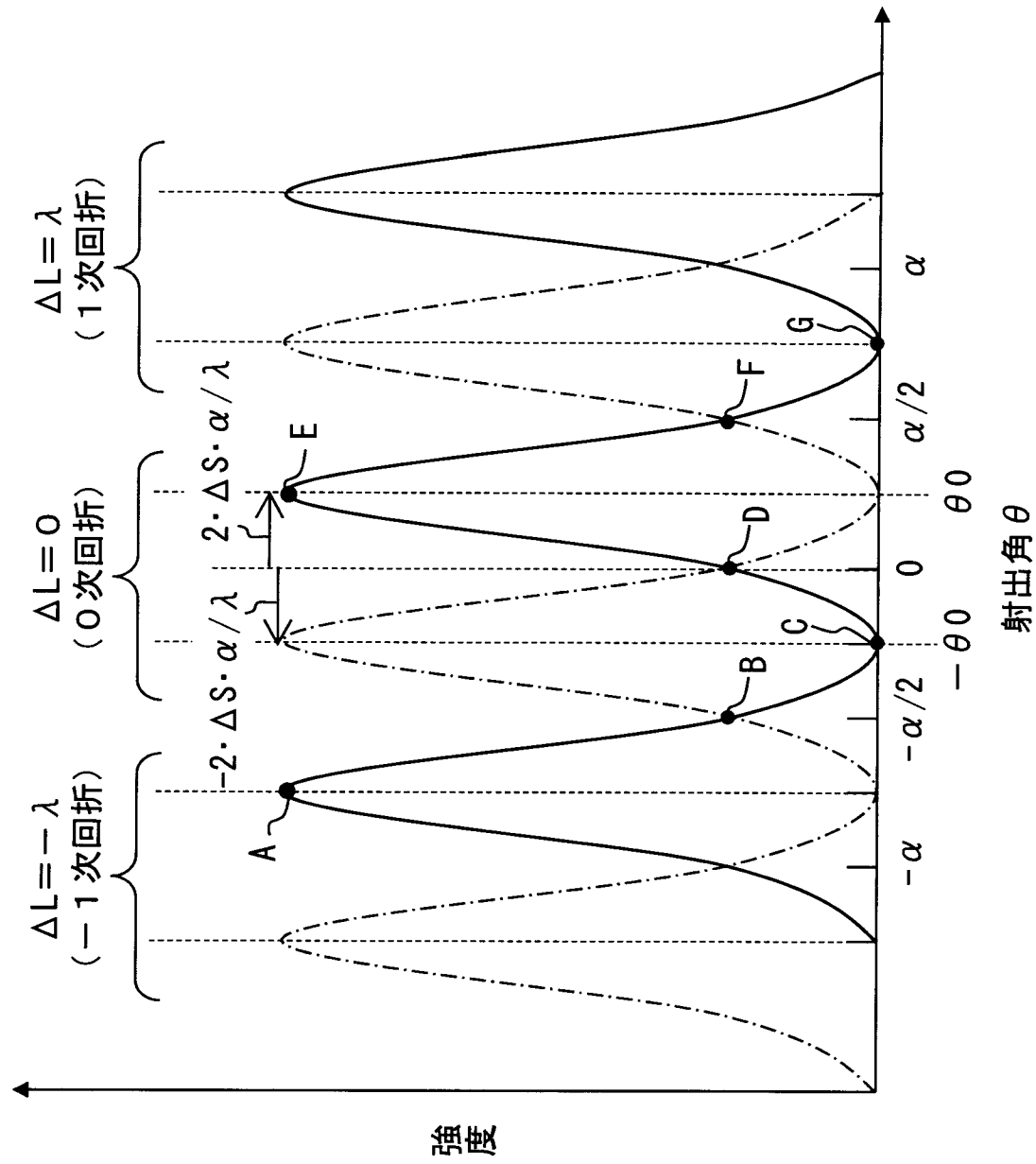
[図12]



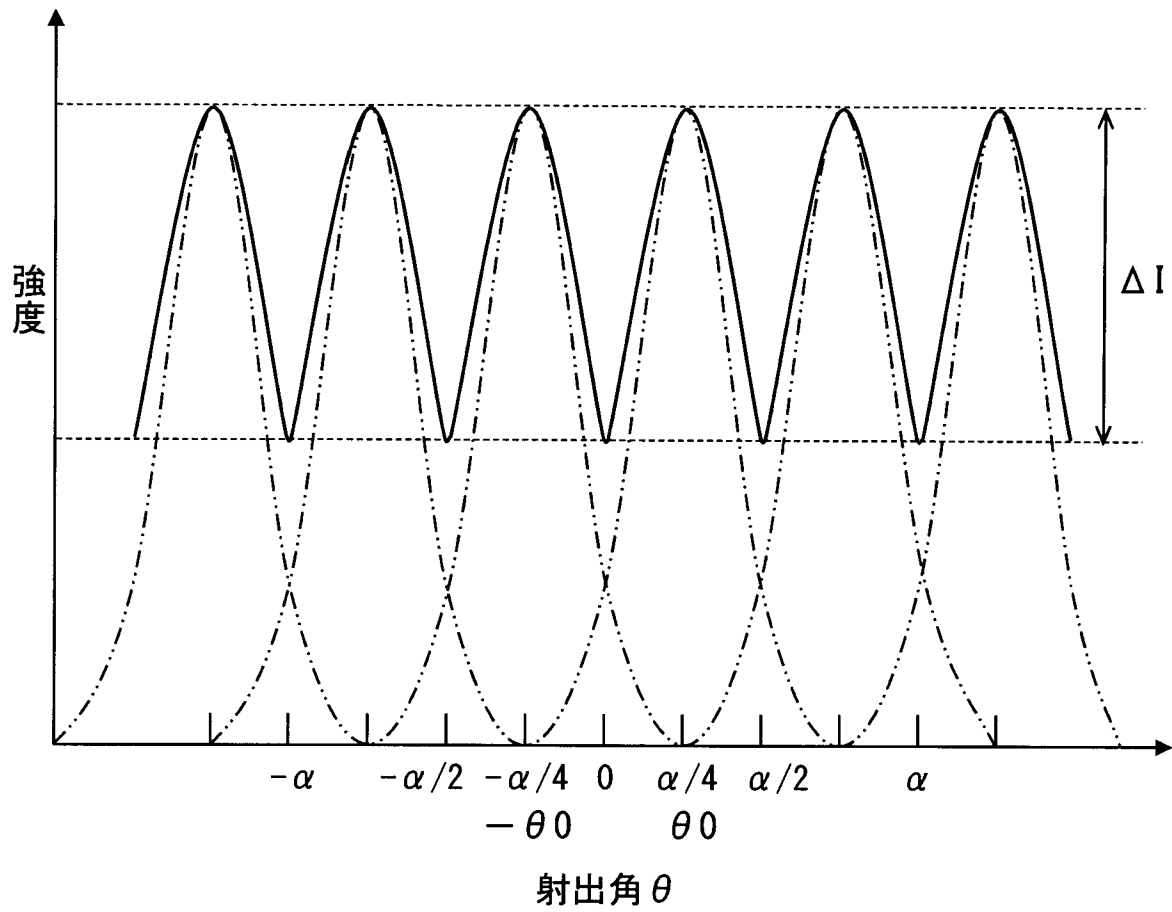
[図13]



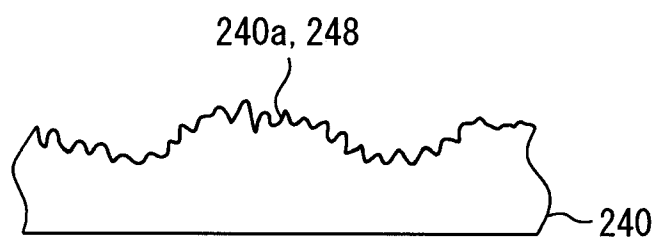
[図14]



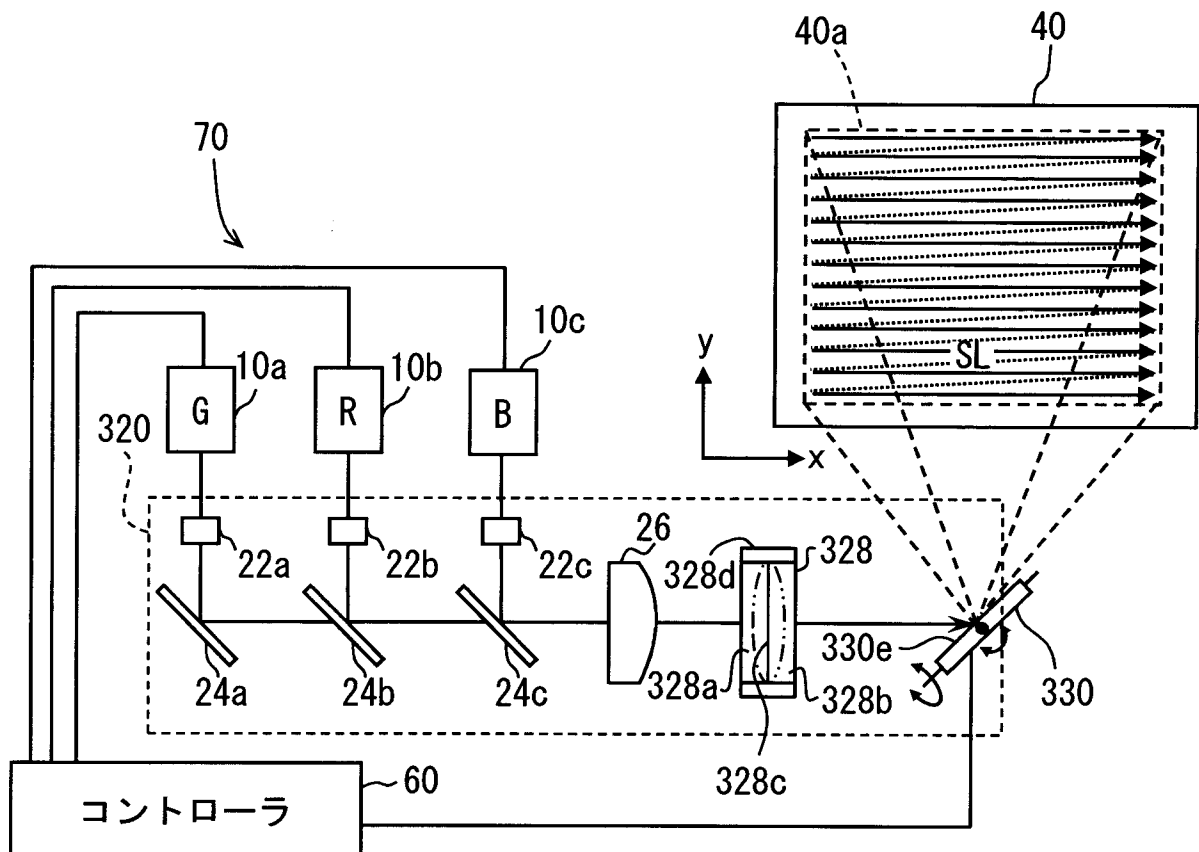
[図15]



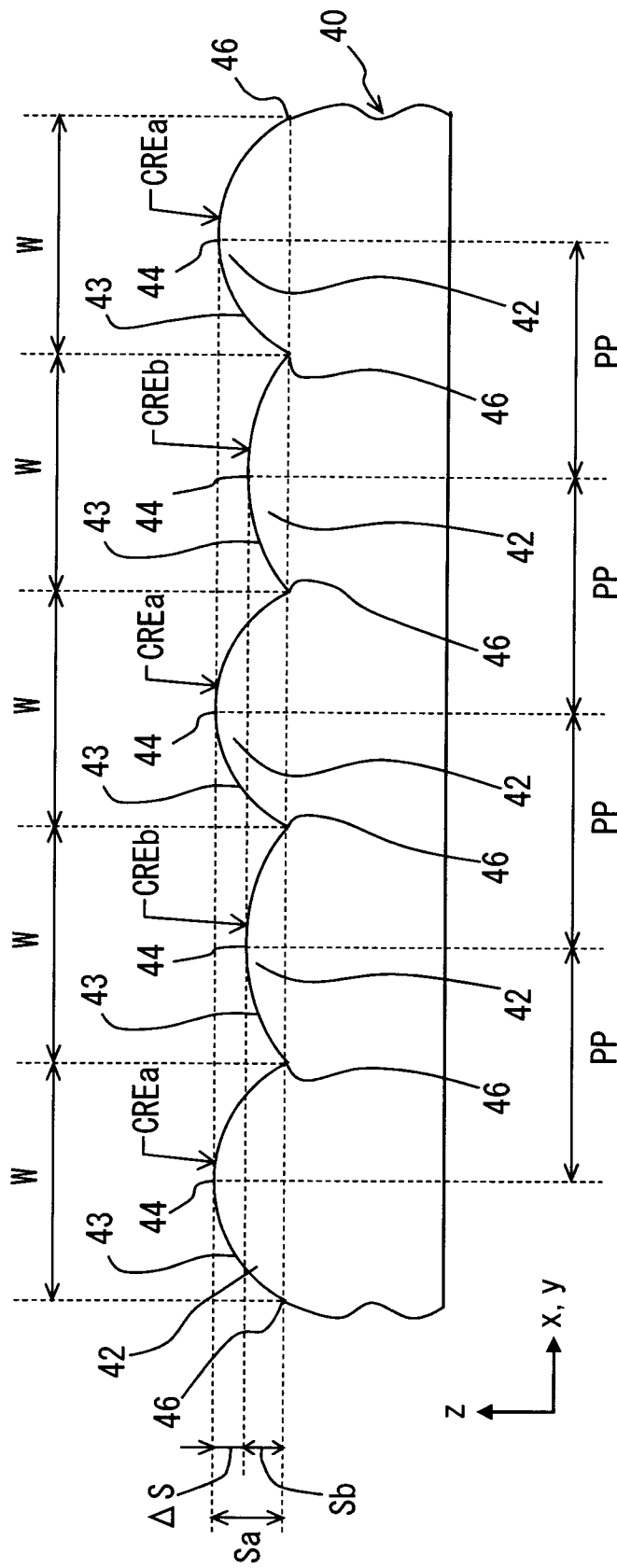
[図16]



[図17]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/003562

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B27/01(2006.01)i, B60K35/00(2006.01)i, G02B27/48(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, G02B27/48, G03B21/00

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 2013-088521 A (Denso Corp.), 13 May 2013 (13.05.2013), paragraphs [0018] to [0055]; all drawings & US 2013/0094092 A1 & KR 10-2013-0040743 A	1-12
A	WO 2011/046035 A1 (NEC Corp.), 21 April 2011 (21.04.2011), paragraphs [0012] to [0141]; all drawings & JP 5729304 B & US 2012/0200832 A1 & CN 102648431 A	1-12
P, A	WO 2014/122912 A1 (Denso Corp.), 14 August 2014 (14.08.2014), paragraphs [0033] to [0088]; all drawings & JP 2014-170213 A	1-12

☐ 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
09 September 2015 (09.09.15)

Date of mailing of the international search report
29 September 2015 (29.09.15)

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, G02B27/48(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, G02B27/48, G03B21/00

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 2013-088521 A（株式会社デンソー） 2013.05.13, 段落【0018】 - 【0055】, 全図 & US 2013/0094092 A1 & KR 10-2013-0040743 A	1-12
A	WO 2011/046035 A1（日本電気株式会社） 2011.04.21, 段落 [0012] - [0141], 全図 & JP 5729304 B & US 2012/0200832 A1 & CN 102648431 A	1-12

☒ 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 9 . 0 9 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 9 . 0 9 . 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 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

山本 貴一

2 L

4 0 8 6

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

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
P, A	WO 2014/122912 A1 (株式会社デンソー) 2014.08.14, 段落 [0033] - [0088] , 全図 & JP 2014-170213 A	1-12