(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
2017 年 8 月 31 日(31.08.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/146097 A1

(51) 国際特許分類:
G01B 11/00 (2006.01) *G02B 3/06* (2006.01)
G01B 11/26 (2006.01) *G03B 35/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/006595

(22) 国際出願日: 2017 年 2 月 22 日(22.02.2017)

(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 2016-032857 2016 年 2 月 24 日(24.02.2016) JP
特願 2016-071099 2016 年 3 月 31 日(31.03.2016) JP
特願 2016-156762 2016 年 8 月 9 日(09.08.2016) JP
特願 2016-208758 2016 年 10 月 25 日(25.10.2016) JP

(71) 出願人: 株式会社エンプラス(ENPLAS CORPORATION) [JP/JP]; 〒3320034 埼玉県川口市並木２丁目３０番１号 Saitama (JP).

(72) 発明者: 齊藤　共啓(SAITO, Tomohiro).

(74) 代理人: 鷲田　公一(WASHIDA, Kimihito); 〒1600023 東京都新宿区西新宿１－２３－７　新宿ファーストウェスト８階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, 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, KH, KN, KP, KR, KW, 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.

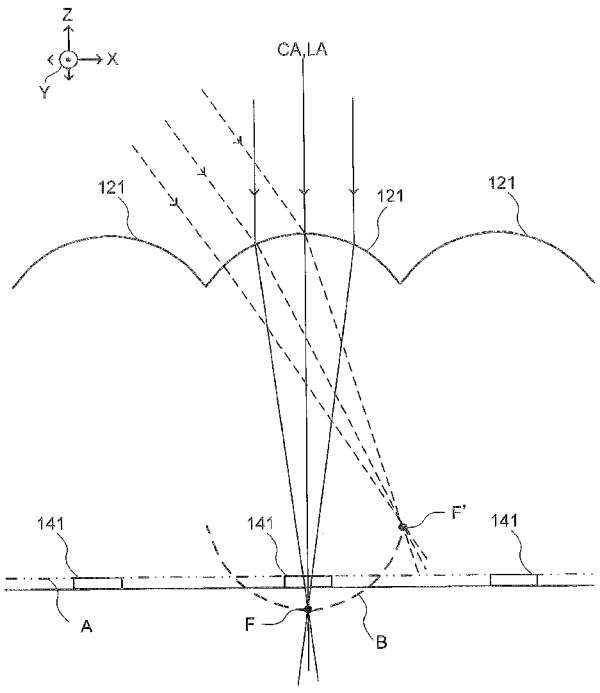
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, 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**: MARKER

(54) 発明の名称 : マーカ

[図3]



(57) **Abstract**: This marker comprises: a plurality of convex surfaces (121) that are formed of a translucent material and that are disposed at least along an X direction; and a plurality of to-be-detected parts which are disposed at front/rear positions with respect to the plurality of convex surfaces (121) and which are projected onto the plurality of convex surfaces (121) as optically detectable images. The plurality of to-be-detected parts are disposed so as to be positioned on the same virtual plane which is perpendicular to a Z direction of the marker. The virtual plane is positioned between a focal point (F) on an image plane (B) of the convex surface (121) in the Z direction and a high point (F') of the image plane.

(57) 要約: 本発明のマーカは、透光性を有する材料で形成され、少なくともＸ方向に沿って配置された複数の凸面（１２１）と、複数の凸面（１２１）と表裏の位置に配置され、光学的に検出可能な像として複数の凸面（１２１）にそれぞれ投影される複数の被検出部とを有する。複数の被検出部は、マーカのＺ方向に垂直な同一の仮想面上に位置するように配置されている。当該仮想面は、Ｚ方向における凸面（１２１）の像面（Ｂ）上の焦点（Ｆ）からその最高点（Ｆ'）の間に位置する。

WO 2017/146097 A1

明　細　書

発明の名称 ： マーカ

技術分野

[0001] 本発明は、マーカに関する。

背景技術

[0002] レンズと模様との組み合わせによる画像表示体（マーカ）には、レンチキュラーレンズと画像形成層とを有する画像表示シートが知られている。レンチキュラーレンズは、複数のシリンドリカルレンズが並列した構成を有している。また、画像形成層は、シリンドリカルレンズのそれぞれに対応する模様である。シリンドリカルレンズの凸面部側から画像表示体を見ると、見る位置に応じて模様の像が移動または変形して観察される。画像表示体は、拡張現実感（Ａｕｇｍｅｎｔｅｄ　Ｒｅａｌｉｔｙ：ＡＲ）やロボティクスなどの分野において、物体の位置や姿勢などを認識するためのマーカとして有用である。また、各用途における模様の配置などは、様々な検討がなされている（例えば、特許文献１および特許文献２参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１３－０２５０４３号公報

特許文献2：特開２０１２－１４５５５９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献１、２に記載の画像表示体をマーカとして使用する場合、画像表示体の検知角度は、広いことが好ましい。マーカの検知角度を広げるためには、シリンドリカルレンズの曲率半径を小さくして、シリンドリカルレンズの焦点距離を短くすることが考えられる。また、マーカとして使用される画像表示体は、射出成形により一体として製造することが考えられる。この場合、射出成形による画像表示体の生産性を向上させる観点から、シリンドリ

カルレンズの曲率半径は、大きいことが好ましい。

[0005] このように、特許文献１、２に記載の画像表示体をマーカとして使用する場合、マーカとしての検知角度を広げることと、画像表示体の小型化とを両立することは、困難となっている。

[0006] 本発明は、小型化および検知角度を広くすることができるマーカを提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明のマーカは、透光性を有する材料で形成され、少なくとも第１の方向に沿って配置された複数の凸面と、前記複数の凸面と表裏の位置に配置され、光学的に検出可能な像として前記複数の凸面に投影される複数の被検出部と、を有するマーカであって、前記複数の被検出部は、像面湾曲により湾曲した前記複数の凸面のそれぞれの像面のなかで前記凸面から最も遠い点（焦点位置）である前記複数の凸面のそれぞれの焦点より前記凸面側に位置し、かつ前記マーカの高さ方向に垂直な同一の仮想面上に位置するように配置されている。

発明の効果

[0008] 本発明は、小型化するとともに、検知角度が広いマーカを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図１Ａ、Ｂは、本発明の実施の形態１に係るマーカの構成を模式的に示す図である。

[図2]図２は、像面湾曲を説明するための図である。

[図3]図３は、高さ方向における被検出部の位置を説明するための図である。

[図4]図４は、マーカの作用を説明するための図である。

[図5]図５は、シミュレーションの条件を説明するための図である。

[図6]図６Ａ～Ｉは、シミュレーションの結果を示す図である。

[図7]図７は、焦点Ｆの高さから上記像面湾曲の中で凸面に最も近い点の高さまでのシミュレーションによるスポットダイヤグラムを示す図である。

[図8]図８Ａ～Ｃは、本発明の実施の形態２に係るマーカの構成を模式的に示す図である。

[図9]図９Ａ～Ｃは、本発明の実施の形態３に係るマーカの構成を模式的に示す図である。

[図10]図１０Ａ～Ｃは、本発明の実施の形態４に係るマーカの構成を模式的に示す図である。

[図11]図１１は、本発明の実施の形態５に係るマーカの構成を模式的に示す図である。

[図12]図１２Ａは、本発明の実施の形態６に係るマーカを模式的に示す平面図であり、図１２Ｂは、図１２ＡにおけるＢ－Ｂ線で切断した上記マーカの一部を模式的に示す、ハッチングを省略した部分断面図であり、図１２Ｃは、上記マーカの底面を模式的に示す底面図であり、図１２Ｄは、上記マーカの側面を模式的に示す側面図である。

[図13]図１３Ａは、本発明の実施の形態７に係るマーカを模式的に示す平面図であり、図１３Ｂは、図１３ＡにおけるＢ－Ｂ線で切断した上記マーカの一部を模式的に示す、ハッチングを省略した部分断面図であり、図１３Ｃは、上記マーカの底面を模式的に示す底面図であり、図１３Ｄは、上記マーカの側面を模式的に示す側面図である。

[図14]図１４Ａは、本発明の実施の形態８に係るマーカを模式的に示す平面図であり、図１４Ｂは、図１４ＡにおけるＢ－Ｂ線で切断した上記マーカの一部を模式的に示す、ハッチングを省略した部分断面図であり、図１４Ｃは、上記マーカの底面を模式的に示す底面図であり、図１４Ｄは、上記マーカの側面を模式的に示す側面図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、添付した図面を参照して、本発明の一実施の形態に係るマーカについて説明する。

[0011] ［実施の形態１］

（マーカの構成）

図１Ａ、Ｂは、本発明の実施の形態１に係るマーカ１００の構成を示す図である。図１Ａは、マーカ１００の平面図であり、図１Ｂは、正面図である。

[0012] 図１Ａおよび１Ｂに示されるように、マーカ１００は、表面（第１面）１２０と、裏面（第２面）１４０とを有する。マーカ１００の材料は、透光性を有する。マーカ１００の材料の例には、ポリカーボネート、アクリル樹脂、シクロオレフィンポリマー（ＣＯＰ）、シクロオレフィンコポリマー（ＣＯＣ）などの透明な樹脂やガラスなどが含まれる。マーカ１００の材料は、屈折率ｎｄが１．５４のシクロオレフィンコポリマー（ＣＯＣ）である。表面１２０は、複数の凸面１２１を含む。また、裏面１４０は、複数の被検出部１４１を含む。

[0013] 複数の凸面１２１は、少なくとも第１の方向（図１におけるＸ方向）に沿って配置されている。複数の凸面１２１は、第１の方向およびマーカ１００の高さ方向（第２の方向；図１におけるＺ方向）に垂直な第３の方向（図１におけるＹ方向）にそれぞれ延在している。凸面１２１は、第３の方向に向かって直線状に延在する稜線１２２を含み、かつ第１の方向にのみ曲率を有する曲面である。すなわち、マーカ１００は、レンチキュラーの構造を有する。

[0014] 複数の凸面１２１のうち、隣り合う２つの凸面１２１は、離間して配置されていてもよいし、隙間なく配置されていてもよい。本実施の形態では、複数の凸面１２１のうち、隣り合う２つの凸面１２１は、隙間なく配置されている。

[0015] 複数の凸面１２１の大きさは、全て同じである。例えば、１つの凸面１２１の曲率半径Ｒは、２４６μｍであり、焦点距離は４６０μｍである。１つの凸面１２１の幅Ｗ１（第１の方向における長さ）は、複数の凸面１２１のピッチP_{CL}と同じである。ここで「ピッチ」とは、隣り合う凸面１２１の第１の方向における稜線１２２（光軸ＬＡまたは中心軸ＣＡ）間の距離であり、凸面１２１の第１の方向における長さ（幅）でもある。ここで、「凸面１

２１の光軸ＬＡ」または「凸面１２１の中心軸ＣＡ」とは、凸面１２１を平面視したときに、凸面１２１の中心であって、かつ第１の方向および第３の方向のいずれにも垂直な第２の方向（図１におけるＺ方向）に沿う直線を意味する。

[0016] 第１の方向に沿う直線を含む第２の方向（高さ方向）の断面において、凸面１２１の形状は、弧であってもよいし、円弧であってもよい。ここで、「弧」とは、円弧以外の曲線であり、例えば、曲率半径Ｒが異なる円弧が連結してなる曲線を意味する。本実施の形態では、弧は、凸面１２１の稜線１２２から離れるに連れて曲率半径Ｒが大きくなる曲線であることが好ましい。

[0017] 複数の被検出部１４１は、複数の凸面１２１と表裏の位置に配置され、光学的に検出可能な像として複数の凸面１２１にそれぞれ投影される。被検出部１４１は、マーカ１００を平面視した場合に、第３の方向に沿って配置されている。被検出部１４１の構成は、前述したように、光学的に検出可能な像として複数の凸面１２１にそれぞれ投影される範囲において適宜に決めることができる。たとえば、被検出部１４１は、凹部であってもよいし、凸部であってもよい。本実施の形態では、被検出部１４１は、凹部である。凹部の形状は、マーカ１００を平面視したときに、所定の幅となる範囲において適宜に決めることができる。また、この凹部には、塗料を塗布して形成された塗膜１４２が配置されていてもよい。本実施の形態では、被検出部１４１の平面視形状は、第３の方向を長手方向とする矩形である。なお、被検出部１４１の高さ方向（第２の方向）における高さ（位置）は、本発明の主たる特徴の一つであるため、詳細は後述する。

[0018] また、被検出部１４１を構成するための凹部の深さは、塗料の塗装の容易さおよび所期の機能（像の表示）を発揮できる範囲において適宜に決めることができる。たとえば、被検出部１４１を構成するための凹部の深さは、１０～１００μｍの範囲から適宜決めることができる。被検出部１４１の幅Ｗ２をP_{CL}に対して小さくすると、凸面１２１側で観察される像の見え方の角度に対する感度が向上する傾向がある。また、被検出部１４１の幅Ｗ２をP_{C}

$_{L}$に対して大きくすると、被検出部１４１の作製が容易となる傾向がある。ピッチP_{CL}に対する被検出部１４１の幅Ｗ２の比（Ｗ２／P_{CL}）は、十分に明確な上記像を得る観点から１／１００～１／５であることが好ましい。

[0019] 被検出部１４１は、表面１２０側から凸面１２１の第１の方向および第３の方向における中央でマーカ１００を観察したときに、被検出部１４１による像が凸面１２１の中央部に観察されるべき位置に配置されている。

[0020] 例えば、第１の方向において、表面１２０の中央に位置する凸面１２１（図１Ｂにおけるｎ＝０の凸面１２１）に対応する被検出部１４１は、その中心C_0がｎ＝０の凸面１２１の中心軸ＣＡと重なる位置に配置される。

[0021] 第１の方向における隣り合う凸面１２１に対応する被検出部１４１の中心間の距離（$|C_n-C_{n-1}|$）は、P_{CL}＋ｎＧ（μｍ）で表される。P_{CL}は、前述したように、隣り合う凸面１２１の第１の方向における稜線１２２間の距離を示している。また、Ｇは、像の光学的効果を発現させるための、第１の方向におけるP_{CL}からの所定の間隔を示している。さらに、ｎは、中心の凸面１２１を０番としたときの第１の方向におけるｎ番目の凸面１２１であることを示している。

[0022] このように、中心（ｎ＝０）の凸面１２１から離れた位置にある凸面１２１に対応する被検出部１４１は、その凸面１２１の中心軸ＣＡよりも第１の方向において、より外側に配置されている。

[0023] 被検出部１４１には、塗膜１４２が形成されている。塗膜１４２は、例えば、黒色の液体塗料の固化物である。

[0024] 塗膜１４２は、塗料の塗布および固化により作製される。黒色の液体塗料は、流動性を有し、例えば液状の組成物であり、あるいは粉体である。塗料を塗布または固化する方法は、公知の方法の中から塗料に応じて適宜に決めることができる。たとえば、黒色の液体塗料の塗布方法の例には、スプレー塗布およびスクリーン印刷が含まれる。また、黒色の液体塗料の固化方法の例には、黒色の液体塗料の乾燥、黒色の液体塗料中の硬化成分（ラジカル重合性化合物など）の硬化、および粉体の焼き付けが含まれる。

[0025] 塗膜１４２は、光学的に区別可能な部分を形成する。光学的に区別可能とは、その塗膜１４２とそれ以外の部分とが光学的な特性で明らかな差を有することを意味する。ここで、「光学的な特性」とは、例えば、明度、彩度、色相などの色合いであり、あるいは、輝度などの光の強さを意味する。上記の差は、マーカの用途に応じて適宜に決めることができ、例えば、目視で確認可能な差であってもよいし、光学的な検出装置で確認可能な差であってもよい。また、上記の差は、塗膜１４２から直接検出可能な差であってもよいし、例えば塗膜１４２が蛍光を発する透明な膜である場合のように、ＵＶランプの照射などのさらなる操作を伴って検出可能な差であってもよい。

[0026] マーカ１００を白色の物体上に載置した場合、それぞれの凸面１２１で入射した光のうち、被検出部１４１に到達した光は、塗膜１４２に吸収され、それ以外の部分に到達した光は、概ね物体の表面で反射する。このため、凸面１２１には、白色の背景上に塗膜１４２の色（黒色）の線の像が投影される。

[0027] そして、被検出部１４１は、マーカ１００の第１の方向における中心からの距離に応じて適宜に配置されているため、表面１２０側からマーカ１００を観察すると、黒色の線の像が集合した黒色の集合像が観察される。

[0028] 黒色の集合像は、例えば、第１の方向における中央からマーカ１００を見たときには、第１の方向における中央部に観察される。マーカ１００を、第１の方向について角度を変えて観察すると、集合像は、角度に応じて、第１の方向における異なる位置に観察される。したがって、集合像の第１の方向における位置から、マーカ１００の観察位置の角度が決まる。

[0029] ここで、高さ方向（第２の方向）における被検出部１４１の位置（高さ）について説明する。図２は、像面湾曲を説明するための図である。図３は、被検出部１４１の高さ方向における位置を説明するための図である。図４は、マーカ１００の作用を説明するための図である。

[0030] 一般的に、マーカ１００における凸面１２１のような曲面で構成された凸面では、像面湾曲が生じることが知られている。像面湾曲は、原理的に凸面

１２１のような正レンズによる集光を利用したすべての光学系において生じる。図２に示されるように、凸面１２１の光軸ＬＡと平行な光線Ｌ１が凸面１２１に入射した場合、光線Ｌ１は、凸面１２１の焦点Ｆに向かって集光する。しかしながら、光軸ＬＡ（光線Ｌ１）に対して傾斜した光線Ｌ２、Ｌ３は、高さ方向において、焦点Ｆよりも凸面１２１側の位置（Ｆ２およびＦ３参照）において集光する。このように、単一の凸面において、凸面１２１に入射する光線の傾斜角により、光線が集光する位置（高さ）が異なることを像面湾曲という。そして、光線が集光する点を含む面を像面Ｂという。マーカ１００の凸面において、像面Ｂは、第３の方向に沿った略Ｕ字溝状である。このように、像面Ｂは、一つの凸面を含む一光学ユニットで区画されており、マーカ１００では、第１の方向において、焦点Ｆを中心とするとともに一つの凸面１２１の幅を有する面で表される。

[0031] また、像面湾曲量は、一般的に、空気中での値（空気換算長）により算出される。したがって、本明細書においても、原則、空気換算長をもって像面湾曲量を説明する。なお、実際においては、使用される材料の屈折率により、実際のマーカの厚みが決定される。

[0032] マーカ１００は、この像面湾曲を利用して、小型化できるとともに、観察角度を広くすることができる。より具体的には、図３に示されるように、複数の被検出部１４１の底部は、像面湾曲により湾曲した複数の凸面１２１のそれぞれの像面Ｂのなかで凸面１２１から最も遠い点である複数の凸面１２１のそれぞれの焦点Ｆより凸面１２１側に位置している。また、被検出部１４１の底部は、マーカ１００の高さ方向に垂直な同一の仮想面（仮想平面）Ａ上に位置するように配置されている。ここで、「焦点Ｆ」とは、一般的に知られているとおり、光軸ＬＡと平行な光線（光束）が凸面１２１に入射したとき、光軸ＬＡと光線とが交差する点を意味し、第１面（レンズ）の焦点距離から算出される点を意味する。

[0033] また、仮想面Ａは、像面湾曲により湾曲した複数の凸面１２１のそれぞれの像面Ｂのなかで凸面１２１に最も近い点（Ｆ’）よりも凸面１２１から離

れて位置することが好ましい。さらに、仮想面Ａは、複数の凸面１２１のそれぞれの光軸ＬＡ上において凸面１２１の焦点距離の５％の長さ以上、複数の凸面１２１のそれぞれの焦点Ｆより凸面１２１側に位置することがより好ましい。前述したように、本実施の形態では、焦点距離が４６０μｍであることから、焦点距離の５％の長さは２３μｍである。本実施の形態では、例えば、仮想面Ａは、焦点Ｆから５０μｍ凸面１２１側に位置している。一方、仮想面Ａが像面湾曲により湾曲した複数の凸面１２１のそれぞれの像面Ｂのなかで凸面１２１に最も近い点よりも凸面１２１側に位置する場合、黒色の集合像を適切に観察できないおそれがある。

[0034] 図４では、第１の方向（Ｘ方向）において、凸面１２１の端部と被検出部１４１が同じ位置に配置されている例を示している。図４に示されるように、被検出部１４１の表面（被検出位置）が焦点Ｆと同じ高さに位置していると、光軸ＬＡに対する角度がθ１の範囲内であれば、被検出部１４１を観察できることがわかる。一方、高さ方向において、被検出部１４１の表面（被検出位置）が凸面１２１の焦点Ｆより凸面１２１側に位置している場合には、光軸ＬＡに対する角度がθ２の範囲内であれば、被検出部１４１を観察できることがわかる。すなわち、被検出部１４１が凸面１２１の焦点Ｆよりも凸面１２１側に位置している場合、光軸ＬＡに対する角度が大きい場合であっても被検出部１４１を観察できる。すなわち、マーカ１００は、第１の方向において、凸面１２１の焦点Ｆ上に被検出部１４１が配置されたマーカと比較して、検知角度を広くすることができる。

[0035] また、第３の方向（図４の紙面垂直方向）においても同様に、被検出部１４１が凸面１２１の焦点Ｆよりも凸面１２１側に配置することによって、光軸ＬＡに対する角度が大きい場合であっても被検出部１４１を観察できる。すなわち、第３の方向においても、マーカ１００の検知角度を広くすることができる。

[0036] （シミュレーション）

次いで、高さ方向における被検出部１４１の位置と、被検出部１４１の位

置におけるスポットダイヤグラムとの関係について調べた。本シミュレーションでは、後述する実施の形態２に係るマーカ２００の凸面２２１を使用した。マーカ２００の凸面２２１は、第１の方向および第３の方向において所定の曲率を有する。本シミュレーションでは、凸面２２１に入射する光線として、光軸ＬＡと平行な光線Ｌ４と、光軸ＬＡに対する傾斜角が１３°の光線Ｌ５と、光軸ＬＡに対する傾斜角が２６°の光線Ｌ６と、を用いた。また、高さ方向における被検出部２４１の位置（高さ）は、凸面２２１の焦点と同じ高さｈ１と、凸面２２１より５０μｍ凸面２２１側に移動した高さｈ２と、凸面２２１の焦点より５０μｍ凸面２２１から離れる方向に移動した高さｈ３とした。本シミュレーションにおける高さｈ２は、前述した仮想面Ａの好ましい高さ（凸面１２１の焦点距離の５％の長さ以上、焦点Ｆより凸面１２１側の位置）の範囲内に含まれる。

[0037] 図５は、高さ方向における被検出部２４１の位置を説明するための光線図である。図６は、各位置におけるスポットダイヤグラムである。図６Ａは、高さｈ２における光線Ｌ４のスポットダイヤグラムであり、図６Ｂは、高さｈ２における光線Ｌ５のスポットダイヤグラムであり、図６Ｃは、高さｈ２における光線Ｌ６のスポットダイヤグラムであり、図６Ｄは、高さｈ１における光線Ｌ４のスポットダイヤグラムであり、図６Ｅは、高さｈ１における光線Ｌ５のスポットダイヤグラムであり、図６Ｆは、高さｈ１における光線Ｌ６のスポットダイヤグラムであり、図６Ｇは、高さｈ３における光線Ｌ４のスポットダイヤグラムであり、図６Ｈは、高さｈ３における光線Ｌ５のスポットダイヤグラムであり、図６Ｉは、高さｈ３における光線Ｌ６のスポットダイヤグラムである。なお、図５では、凸面２２１の両を通過する２本の光線と、当該両部を通る２本の直線の中間位置を通る光線のみを示している。

[0038] 図５、図６Ｄ～Ｆに示されるように、被検出部２４１が凸面２２１の焦点と同じ高さｈ１にある場合、光軸ＬＡと平行な光線Ｌ４は、狙い通り、光軸ＬＡ上での光束の面積（幅）が最小になっていることが分かった。また、光

線Ｌ５および光線Ｌ６は、像面湾曲やその他の収差により光軸ＬＡに対する角度が大きくなるほど、スポットの外径が大きくなることが分かった。また、図５、図６Ｇ～Ｉに示されるように、被検出部２４１が凸面２２１の焦点より５０μｍ凸面２２１から離れる方向に移動した高さｈ３にある場合、光線Ｌ４、光線Ｌ５および光線Ｌ６の光軸ＬＡに対する角度が大きくなるほど、スポットの外径が大きくなることが分かった。一方、図５、図６Ａ～Ｃに示されるように、被検出部２４１が凸面２２１の焦点より５０μｍ凸面２２１側に移動した高さｈ２にある場合、光軸ＬＡに対する角度に関わらず、光線Ｌ４、光線Ｌ５および光線Ｌ６におけるスポットの外径は、ほとんど同じ大きさであった。このことは、本発明において被検出部２４１の位置を焦点より凸面２２１側に移動したことにより、被検出部２４１が焦点と同じ高さに位置した場合と比較して、観察角度による黒色の集合像の見え方のばらつきが改善されていることを意味している。

[0039] なお、本シミュレーションをマーカ１００の凸面１２１に適用した場合、図６Ａ～Ｉのスポットダイヤグラムに対応するスポットダイヤグラムは、図６の紙面上下方向にのみ延在する。これは、実施の形態１に係るマーカ１００の凸面１２１は、第１の方向にのみ曲率を有するためである。そして、前述した実施の形態２に係るマーカ２００の凸面２２１と同様に、被検出部１４１が凸面１２１の焦点と同じ高さｈ１にある場合、光軸ＬＡと平行な光線Ｌ４は、焦点に集光していることが分かった。また、光線Ｌ５および光線Ｌ６は、像面湾曲やその他の収差により光軸ＬＡに対する角度が大きくなるほど、スポットが分散する距離が大きくなることが分かる。また、被検出部１４１が凸面１２１の焦点より５０μｍ凸面１２１から離れる方向に移動した高さｈ３にある場合、光線Ｌ４、光線Ｌ５および光線Ｌ６の光軸ＬＡに対する角度が大きくなるほど、スポットが分散する距離が大きくなることが分かる。一方、被検出部１４１が凸面１２１の焦点より５０μｍ凸面１２１側に移動した高さｈ２にある場合、光軸ＬＡに対する角度に関わらず、光線Ｌ４、光線Ｌ５および光線Ｌ６におけるスポットが分散する距離は、ほとんど同

じであった。

[0040] このように、被検出部１４１を凸面１２１の焦点より凸面１２１側に配置したマーカ１００において、凸面１２１に入射した光線（光束）は、所定の傾斜角の範囲内で同様のスポット径となるように集光する。これにより、被検出部１４１は、傾斜角が光軸ＬＡに対して傾斜した所定の角度範囲内において最も黒色の集合像として安定的に観察されることが分かる。そして、当該傾斜角の最大値および最小値のそれぞれから所定の角度範囲内において、黒色の集合像が観察できる。よって、被検出部１４１を凸面１２１の焦点より凸面１２１側に配置したマーカ１００では、検出角度を広げることができる。被検出部１４１は、所定の角度範囲内で変化する凸面１２１の焦点高さの範囲内に設置される。したがって、被検出部１４１には、所定の角度範囲内で必ず１つ以上の角度において、焦点が結ばれる。

[0041] 図７は、上記と同じ条件のシミュレーションによる焦点Ｆ（ｈ＝０μｍ）の高さから上記像面湾曲の中で凸面に最も近い点Ｆ’（ｈ＝５３μｍ）の高さまでのスポットダイヤグラムを示す図である。図７中、「ｈ」は、焦点Ｆからの第２の方向における凸面側への距離（高さ、μｍ）を表し、「Ｌ４」、「Ｌ５」、「Ｌ６」は、光線を表す。また、図中のそれぞれのスポットの隣りには、ｈ＝５０、Ｌ４のときのスポットの長さと同じ長さを有する線が、スポットの大きさの比較のために配置されている。たとえば、図７中、ｈ＝０の三点のスポットダイヤグラムは、スポットの向きが異なる以外は、図６Ｄ～６Ｆのそれらに対応している。なお、「ｈ」は、空気換算長で表されている。

[0042] 前述したように、焦点Ｆと同じ高さに被検出部がある場合には、光軸ＬＡ上での光束の面積（幅）が最小になり、光線の光軸ＬＡに対する角度が大きくなるほど、スポットの外径が大きくなる。焦点Ｆから３０μｍ離れた位置（ｈ＝３０）では、Ｌ４のスポットの実質的な大きさ（図７中で濃く表示される部分の大きさ）に対してＬ６のスポットの実質的な大きさがＬ４のスポットの実質的な大きさの＋２０％以内まで小さくなっている。焦点Ｆからの

距離ｈが大きくなる程、Ｌ４、Ｌ５、Ｌ６に対応するスポットの実質的な大きさの差は小さくなる。その一方で、焦点Ｆからの距離ｈが大きくなる程、Ｌ４のスポットの濃さに対してＬ６のスポットが薄くなる。

[0043] また、上記シミュレーションにおけるｈの値、そのときのレンズの厚さＴ、上記ｈの範囲における検知角度の最大値θ２、および、当該最大値θ２と焦点Ｆの高さでの検知角度の最大値θ２ｓ（２６．４°）との差Δθ（θ２－θ２ｓ）を表１に示す。なお、レンズの厚さＴは、第２の方向におけるレンズの凸面から被検出部の上面までの距離である。

[0044] [表1]

表１

h (μm)	T (mm)	θ2 (°)	Δθ (°)
53	0.620	30.5	4.1
52	0.622	30.4	4.0
50	0.625	30.2	3.8
47	0.630	29.9	3.5
45	0.633	29.8	3.4
41	0.639	29.4	3.0
40	0.640	29.3	2.9
36	0.647	29.0	2.6
35	0.648	28.9	2.5
30	0.656	28.5	2.1
28	0.659	28.4	2.0
25	0.664	28.2	1.8
20	0.671	27.8	1.4
10	0.687	27.1	0.7
0	0.702	26.4	0

[0045] 表１から明らかなように、ｈ＝２８μｍ以上であれば、検知角度の最大値θ２を焦点Ｆの高さにおけるそれに対して２．０°以上大きくすることができ、またｈ＝３５μｍ以上であれば２．５°以上、ｈ＝４１μｍ以上であれば３．０°以上、ｈ＝４７μｍ以上であれば３．５°以上、それぞれ大きくすることが可能である。また、ｈ＝３６μｍ以上であれば、検知角度の最大値を、焦点Ｆの高さにおける検知角度の最大値θ２ｓの１１０％以上に、ｈ＝５２μｍ以上であれば、θ２ｓの１１５％以上に、それぞれ大きくするこ

とが可能である。

[0046] なお、上記マーカにおける焦点Ｆの位置は、凸面の曲率半径と屈折率から求めることが可能であり、凸面の焦点Ｆの高さから、像面湾曲における最高の位置（Ｆ’）の高さまでの距離ｈｇ（ｈの最大値）は、公知の方法により算出することが可能である。たとえば、上記ｈｇは、岸川利郎著「ユーザーエンジニアのための光学入門」（株式会社オプトニクス社）に記載の式（４．３４）および式（４．３７）（１０６、１０７頁）から算出することができる。また、検知角度の最大値θ２は、上記のｈｇと上記マーカにおける一光学ユニットの構造とから算出することができる。また、上記空気換算長は、同書に記載の式（２．４４）および式（２．４５）から算出することができる。

[0047] 以上より明らかなように、上記マーカにおける第２の方向での被検出部の位置は、像の大きさ、像の鮮明さ、検知範囲などの諸要件に応じて適宜に決めることが可能である。上記被検出部の位置は、前述のシミュレーションの結果のみに基づいて決めることも可能であるが、上記のシミュレーションの結果に加えて、像面湾曲以外の他の収差や、上記像の検出者または検出機器の感覚や感度などの他の因子の影響もさらに考慮して適宜に決めることも可能である。

[0048] たとえば、個々の凸面に映し出される被検出部の像の大きさを揃える観点からは、第２の方向における被検出部の位置は、高い程好ましく、例えば、焦点Ｆの高さから０．５５ｈｇ以上の位置であることが好ましく、０．７５ｈｇ以上の位置であることがより好ましく、０．９４ｈｇ以上であることがさらに好ましい。上記被検出部の位置が０．５５ｈｇ以上であると、上記被検出部の像を、最も明瞭な、被検出部の位置が焦点Ｆの高さのときの像の大きさに対して１２０％以内の範囲内に揃えることが可能となり、０．７５ｈｇ以上であると、検知される被検出部の像の大きさを実質的に同じに揃えることが可能となる。

[0049] また、検知される被検出部の像の鮮明さを高める観点では、上記被検出部

の位置は、ある程度の値よりも小さいことが好ましく、例えば、０．９ｈｇ以下であることが好ましく、０．８５ｈｇ以下であることがより好ましく、０．８ｈｇ以下であることがさらに好ましく、０．７５ｈｇ以下であることがより一層好ましい。また、検知される被検出部の像の大きさと鮮明さとを両立させる観点では、上記被検出部の位置は、０．６６ｈｇ～０．８５ｈｇであることが好ましく、０．７ｈｇ～０．８ｈｇであることがより好ましい。

[0050] また、上記検知角度θ２を大きくする観点から、上記被検出部の位置は、０．５３ｈｇ以上であることが好ましく、０．６６ｈｇ以上であることがより好ましく、０．７７ｈｇ以上であることがさらに好ましく、０．８９ｈｇ以上であることがより一層好ましい。被検出部の位置が０．５３ｈｇであれば、検知角度の最大値θ２を、θ２ｓに比べて、２．０°以上大きくすることができ、０．６６ｈｇ以上であれば２．５°以上、０．７７ｈｇ以上であれば３．０°以上、０．８９ｈｇ以上であれば３．５°以上、それぞれ大きくすることができる。

[0051] あるいは、同様の観点から、上記被検出部の位置は、０．６８ｈｇ以上であることが好ましく、０．９８ｈｇ以上であることがより好ましい。被検出部の位置が０．６８ｈｇ以上であれば、θ２をθ２ｓの１１０％以上にすることができ、０．９８ｈｇ以上であればθ２をθ２ｓの１１５％以上にすることができる。

[0052] （効果）

以上のように、マーカ１００は、高さ方向における被検出部１４１の位置を、凸面１２１の焦点Ｆより凸面１２１側に配置している。よって、マーカ１００では、マーカ１００の高さ（厚み）方向について小型化できるとともに、検知角度を広げることができる。

[0053] ［実施の形態２］

実施の形態２に係るマーカ２００は、凸面２２１および被検出部２４１の構成のみが実施の形態１に係るマーカ１００と異なる。そこで、マーカ１０

０と同じ構成については、同じ符号を付してその説明を省略する。

[0054] 図８Ａ～Ｃは、マーカ２００の構成を示す図である。図８Ａは、マーカ２００の構成を模式的に示す平面図であり、図８Ｂは、マーカ２００の図８ＡにおけるＢ－Ｂ線に沿う断面を模式的に示す図であり、図８Ｃは、マーカ２００の構成を模式的に示す底面図である。

[0055] 図８Ａ～Ｃに示されるように、マーカ２００は、表面（第１面）２２０と、裏面（第２面）２４０とを有する。表面２２０は、複数の凸面２２１を含む。また、裏面２４０は、複数の被検出部２４１を含む。

[0056] 凸面２２１の平面視形状は円形であり、いずれも同じ大きさである。例えば、凸面２２１の平面視形状の直径は、３５０μｍであり、凸面２２１のピッチP_{CL}は、第１の方向および第３の方向のいずれも３７０μｍである。ここで、「ピッチ」とは、隣り合う凸面２２１の中心間距離を意味する。

[0057] 第１の方向に沿う直線および第２の方向に沿う直線を含む断面において、凸面２２１の形状は、弧であってもよいし、円弧であってもよい。なお、本実施の形態では、凸面２２１の断面の形状は、弧である。また、本実施の形態では、弧は、凸面２２１の中心軸ＣＡから離れるに連れて曲率半径が大きくなる曲面である。すなわち、本実施の形態では、凸面２２１の形状は、非球面である。また、凸面２２１の中心軸ＣＡは第２の方向に平行な直線であることから、非球面は、凸面２２１の中心軸ＣＡから離れるに連れて曲率半径が大きくなる曲面である。ここで、「凸面２２１の中心軸ＣＡ」または「凸面２２１の光軸ＬＡ」とは、マーカ２００を平面視したときの凸面２２１の中心を通り、かつ第２の方向に沿う直線を意味する。

[0058] 被検出部２４１の平面視形状は円形である。また、被検出部２４１の第１の方向および第３の方向における断面形状は、いずれも矩形である。

[0059] 第１の方向において隣り合う被検出部２４１の中心間距離（$|C_n-C_{n-1}|$）は、$P_{CL}+nG$（μｍ）であり、第３の方向において隣り合う被検出部２４１間の中心間距離（$|C_m-C_{m-1}|$）は、$P_{CL}+mG$（μｍ）である。ｎは、前述したように、ある凸面２２１を０番としたときの第１の方向にお

けるｎ番目の凸面２２１であることを示す。ｍは、ある凸面２２１を０番としたときの第３の方向におけるｍ番目の凸面２２１であることを示す。

[0060] 本実施の形態における「像面」は、一つの凸面２２１を含む一光学ユニットで区画されている。すなわち、上記像面は、凸面２２１による焦点を中心とする、凸面２２１とは反対側に突出する凸曲面であって、一つの凸面２２１を含む一格子（矩形）の平面形状を有している。当該格子は、その延出方向（Ｘ方向およびＹ方向）における隣り合う凸面２２１の中点（等距離点）を表す線で囲まれる矩形の部分である。この実施形態における一光学ユニットは、一つの凸面２２１を頂面として含み、それに対応する上記格子の平面形状を有する略四角柱形状の領域で表される。この光学ユニットにおける像面湾曲における最高の位置（Ｆ’）は、当該光学ユニットを平面視したときの矩形の角に位置する。被検出部２４１は、いずれも、第２の方向における上記焦点よりも凸面２２１側の一平面上に位置しており、より好ましくは、いずれも、第２の方向における上記焦点と上記像面の周縁との間の一平面上に位置している。

[0061] マーカ２００では、凸面２２１側から観察したときに、各凸面２２１に投影された被検出部２４１よる黒色の点の像が集合した集合像が観察される。この集合像の位置は、凸面２２１側から見る角度に応じて変化する。よって、マーカ２００は、見る角度に応じて平面方向に像が移動する、回転角度用のマーカとして用いられる。

[0062] なお、凸面２２１の平面視形状は、前述した円形の他、矩形でもよく、凸レンズとして機能し得る形状の範囲で適宜に決めることが可能である。さらに、被検出部の平面視形状もまた、前述した円形以外の形であってもよく、例えば矩形であってもよい。

[0063] マーカ２００の凸面２２１を用いたシミュレーション結果は、前述した通りである。

[0064] （効果）

以上のように、マーカ２００は、マーカ１００と同様の効果を有する。

[0065] なお、実施の形態１では、中心（ｎ＝０）の凸面１２１から離れた位置にある凸面１２１に対応する被検出部１４１は、その凸面１２１の中心軸ＣＡよりも第１の方向において、より外側に配置されているが、凸面１２１の中心軸ＣＡよりも第１の方向において、より内側に配置されていてもよい。

[0066] また、実施の形態２では、中心（ｎ＝０）の凸面２２１から離れた位置にある凸面２２１に対応する被検出部２４１は、その凸面２２１の中心軸ＣＡよりも第１の方向および第３の方向において、より外側に配置されているが、凸面２２１の中心軸ＣＡよりも第１の方向および第３の方向において、より内側に配置されていてもよい。

[0067] なお、実施の形態１、２では、被検出部１４１、２４１は、凹部で形成したが、凸部で形成してもよい。この場合、凸部の頂面に塗膜１４２が形成されていてもよい。また、実施の形態１、２における塗膜１４２は、着色されたシールであってもよい。

[0068] さらに、実施の形態１、２では、凹部にのみ塗膜１４２を形成したが、凹部および凹部以外の領域に塗膜１４２を形成してもよい。この場合、凹部および凹部以外の領域は、それぞれ異なる色で構成された塗膜やシールであってもよい。さらに、被検出部１４１、２４１は、凹部および凹部以外の領域の一方または両方に形成された角錐状の微小プリズムによる凹凸や金属の蒸着膜などによる反射面であってもよい。

[0069] ［実施の形態３］

実施の形態３に係るマーカ３００は、凸面３２１の形状と、第１領域３４１の形状と、第２領域３４２の形状とが実施の形態２に係るマーカ２００の構成と異なる。そこで、実施の形態２に係るマーカ２００と同じ構成については、同じ符号を付してその説明を省略する。

[0070] 図９Ａ～Ｃは、マーカ３００の構成を示す図である。図９Ａは、マーカ３００の平面図であり、図９Ｂは、ハッチングを省略した部分的拡大断面図であり、図９Ｃは、底面図である。

[0071] 図９Ａ～Ｃに示されるように、マーカ３００は、第１面３２０および第２

面３４０を有する。第１面３２０は、複数の凸面３２１を含む。また、第２面３４０は、複数の第１領域３４１と、第２領域３４２とを含む。

[0072] 凸面３２１の平面視形状は円形であり、いずれも同じ大きさである。たとえば、凸面３２１の平面視形状の直径は、４４０μｍであり、凸面３２１のピッチP_{CL}は、第１の方向（Ｘ方向）および第３の方向（Ｙ方向）のいずれも４４０μｍである。ここで「凸面３２１ピッチ」とは、隣り合う凸面３２１の中心（頂点３２３または中心軸ＣＡ）間の距離を意味する。また、「凸面３２１の中心軸ＣＡ」とは、凸面３２１を平面視したときに、凸面３２１の中心を通り、かつ第２の方向（Ｚ方向）に沿う直線を意味する。さらに「凸面３２１の頂点３２３」とは、凸面３２１と、中心軸ＣＡとの交点である。

[0073] マーカ３００の高さ方向（Ｚ方向）の断面において、複数の凸面３２１の形状は、ほぼ半円状である。すなわち、凸面３２１の中心軸ＣＡは第２の方向（Ｚ方向）に平行な直線であることから、凸面３２１は、ほぼ半球面である。すなわち、凸面３２１は、中心軸ＣＡを回転軸とした回転対称である。また、凸面３２１の焦点Ｆ３は、凸面３２１からみたとき、第１領域３４１よりも遠くに位置している。言い換えれば、第１領域（被検出部）３４１は、表面（第１面）３２０の焦点位置よりも凸面３２１の近くに配置されている。

[0074] また、マーカ３００は、その裏面側に、凸面３２１のそれぞれに対応する位置に配置された第１領域３４１を有している。たとえば、第１領域３４１の平面視形状は円形である。

[0075] 第１の方向（Ｘ方向）において隣り合う第１領域３４１間の中心間距離（$|C_n-C_{n-1}|$）は、P_{CL}－ｎＧμｍであり、第３の方向（Ｙ方向）において隣り合う第１領域３４１間の中心間距離（$|C_m-C_{m-1}|$）は、P_{CL}－ｍＧμｍである。ｎは、ある凸面３２１を０番としたときの第１の方向（Ｘ方向）におけるｎ番目の凸面３２１であることを示す。ｍは、ある凸面３２１を０番としたときの第３の方向（Ｙ方向）におけるｍ番目の凸面３２１であ

ることを示す。

[0076] このように、中心（ｎ＝０）の凸面３２１から第１の方向（Ｘ方向）離れた位置にある凸面３２１に対応する第１領域３４１は、その凸面３２１の中心軸ＣＡよりも第１の方向（Ｘ方向）において、より中心（ｎ＝０）の凸面３２１側に配置されている。また、中心（ｍ＝０）の凸面３２１から第３の方向（Ｙ方向）離れた位置にある凸面３２１に対応する第１領域３４１は、その凸面３２１の中心軸ＣＡよりも第３の方向（Ｙ方向）において、より中心（ｎ＝０）の凸面３２１側に配置されている。すなわち、本実施の形態では、第１の方向（Ｘ方向）および第３の方向（Ｙ方向）において、隣接する第１領域３４１の中心間の間隔は、隣接する凸面３２１の頂点３２３間の間隔よりも狭い。また、本実施の形態においても、第１の方向（Ｘ方向）および高さ方向（Ｚ方向）を含む断面の第１領域３４１が配置された高さにおいて、凸面３２１により形成される光束の幅は、第１領域３４１の幅以下である。

[0077] 本実施の形態において、第１領域３４１は、被検出部に相当する。また、第２領域３４２は、互いにＸ方向およびＹ方向に隣接して配置されている。本実施の形態における像面の平面形状は、互いに配列する第２領域３４２の等距離点を表す線で囲まれた形状、すなわち第２領域３４２に外接する正方形、である。また、本実施の形態における光学ユニットは、第２面３４０における当該平面形状の部分を底面とし、頂部に凸面３２１を有する略四角柱形状の領域である。この光学ユニットにおける像面湾曲における最高の位置（Ｆ’）は、当該光学ユニットを平面視したときの矩形の角に位置する。

[0078] 特に図示しないが、マーカ３００においても、観察角度を変化させた場合に、第１領域３４１の像が一つの像として観察される。マーカ３００では、光軸に対してより大きな角度でマーカ３００を観察すると、像は、観察者に近づく方向に移動するように観察される。

[0079] 以上のように、マーカ３００は、マーカ１００、２００と同様の効果を有する。

[0080] ［実施の形態４］

実施の形態４に係るマーカ４００は、凸面４２１の形状のみが実施の形態３に係るマーカ３００の構成と異なる。そこで、マーカ３００と同じ構成については、同じ符号を付してその説明を省略する。

[0081] 図１０Ａ～Ｃは、マーカ４００の構成を示す図である。図１０Ａは、マーカ４００の平面図であり、図１０Ｂは、ハッチングを省略した部分拡大断面図であり、図１０Ｃは、底面図である。

[0082] 図１０Ａ～１０Ｃに示されるように、マーカ４００は、第１面４２０および第２面３４０を有する。第１面４２０は、複数の凸面４２１を含む。また、第２面３４０は、複数の第１領域３４１と、第２領域３４２とを含む。第１領域（被検出部）３４１は、マーカ３００のそれと同様に、表面（第１面）４２０の焦点位置よりも凸面３２１の近くに配置されている。

[0083] 凸面４２１の平面視形状は正方形であり、いずれも同じ大きさである。また、たとえば、凸面４２１の平面視形状の一辺の長さは、第１の方向および第３の方向のいずれの方向における凸面４２１のピッチP_{CL}と同じである。ここで「凸面４２１ピッチ」とは、隣り合う凸面４２１の中心（頂点４２３または中心軸ＣＡ）間の距離を意味する。また、「凸面４２１の中心軸ＣＡ」とは、凸面４２１を平面視したときに、凸面４２１の中心を通り、かつ第２の方向に沿う直線を意味する。さらに「凸面４２１の頂点４２３」とは、凸面４２１と、中心軸ＣＡとの交点である。

[0084] マーカ４００の高さ方向（Ｚ方向）の断面において、複数の凸面４２１は、その頂点４２３から離れるにつれて曲率半径が大きくなる曲線である。当該曲率半径は、その頂点４２３から離れるにつれて連続して大きくなってもよいし、断続的に大きくなってもよい。

[0085] 第１の方向（Ｘ方向）および第３の方向（Ｙ方向）において隣り合う第１領域３４１間の中心間距離（$|C_n-C_{n-1}|$）は、$P_{CL}-nG\mu m$であり、第３の方向において隣り合う第１領域３４１間の中心間距離（$|C_m-C_{m-1}|$）は、$P_{CL}-mG\mu m$である。ｎは、前述したように、ある凸面４２１を

０番としたときの第１の方向におけるｎ番目の凸面４２１であることを示す。ｍは、ある凸面４２１を０番としたときの第３の方向におけるｍ番目の凸面４２１であることを示す。

[0086] このように、中心（ｎ＝０）の凸面４２１から第１の方向（Ｘ方向）離れた位置にある凸面４２１に対応する第１領域３４１は、その凸面４２１の中心軸ＣＡよりも第１の方向（Ｘ方向）において、より中心（ｎ＝０）の凸面４２１側に配置されている。また、中心（ｍ＝０）の凸面４２１から第３の方向（Ｙ方向）離れた位置にある凸面４２１に対応する第１領域３４１は、その凸面４２１の中心軸ＣＡよりも第３の方向（Ｙ方向）において、より内側に配置されている。すなわち、本実施の形態では、第１の方向（Ｘ方向）および第３の方向（Ｙ方向）において、隣接する凸面４２１の頂点４２３間の間隔は、隣接する第１領域３４１の中心間の間隔よりも広い。また、本実施の形態においても、第１の方向および高さ方向を含む断面の第１領域３４１が配置された高さにおいて、凸面４２１により形成される光束の幅または径は、第１領域３４１の幅以下である。

[0087] 本実施の形態においても、第１領域３４１は、被検出部に相当する。また、本実施の形態において、第２領域３４２の平面形状は、正方形であり、第２領域３４２は、互いにＸ方向およびＹ方向に隣接して配置されている。本実施の形態における像面の平面形状は、第２領域３４２と同じである。また、本実施の形態における光学ユニットは、第２領域３４２を底面とし、頂面を凸面４２１とする略四角柱形状の領域である。この光学ユニットにおける像面湾曲における最高の位置（Ｆ’）は、当該光学ユニットを平面視したときの矩形の角に位置する。

[0088] 特に図示しないが、マーカ４００においても、観察角度を変化させた場合に、第１領域３４１の像が一つの像として観察される。

[0089] （効果）

以上のように、マーカ４００は、マーカ３００と同様の効果を有する。

[0090] なお、実施の形態３、４では、隣接する第１領域３４１の中心間の間隔は

、隣接する凸面３４１、４２１の頂点３４２、４２３間の間隔よりも狭いが、隣接する第１領域３４１の中心間の間隔は、隣接する凸面３４１、４２１の頂点３４２、４２３間の間隔よりも広くてもよい。この場合も、複数の第１領域３４１は、複数の凸面３２１、４２１の焦点位置よりも凸面３２１、４２１の近くに配置される。

[0091] ［実施の形態５］

上記マーカは、凸面の配列方向において隣り合う凸面間に隙間があってもよい。光学ユニットは、凸面の配列方向において隣り合う凸面の中点（等距離点）を表す線で囲まれる平面形状を有することから、マーカが凸面間に隙間を有する場合には、光学ユニットは、その平面方向において、凸面の配列方向における、当該隙間の中点（互いに隣り合う凸面の上記配列方向における中心からの等距離点）までの領域となる。たとえば、図１１に示されるマーカ５００のように、凸面の配列方向において凸面の周縁間に隙間（平面部）を有する場合には、光学ユニットは、第１面、第２面およびＺ方向に沿う破線で囲まれる部分で表される。

[0092] ［実施の形態６］

図１２Ａは、マーカ６００の平面図であり、図１２Ｂは、図１２ＡにおけるＢ－Ｂ線で切断したマーカ６００の一部を示す、ハッチングを省略した部分断面図であり、図ＢＣは、マーカ６００の底面図であり、図１２Ｄは、マーカ６００の側面図である。マーカ６００は、被検出部がＹ方向に連続している以外は、マーカ３００と同様に構成されている。

[0093] マーカ６００は、複数の凸面３２１を有しており、複数の凸面３２１は、Ｘ方向およびそれに直交するＹ方向のそれぞれに並んで配置されている。凸面３２１は、Ｙ方向に沿って列をなし、この凸面３２１の列は、Ｘ方向に並んでいる。

[0094] 上記被検出部は、凹部６４０とそれに収容される着色部６５０により構成されている。凹部６４０は、ＸＹ平面におけるＹ方向に沿って細長な矩形の凹部であり、Ｙ方向に沿って列をなす凸面３２１の全てに架け渡される位置

に形成されている。また、凹部６４０は、凸面３２１の列に対応してＸ方向に並んで配置されている。

[0095] 上記被検出部は、Ｘ方向において、凸面３２１の列に対し、前述の実施の形態と同様に対応して配置されている。たとえば、マーカ６００では、Ｘ方向において、マーカ３００、４００と同様に、隣接する凸面３２１間（隣り合う列同士の凸面３２１の間）のピッチが、同じく隣接する被検出部（凹部６４０）の中心間の間隔よりも広い。

[0096] また、マーカ６００のＸ方向に沿う断面（ＸＺ平面）において、Ｙに一列に並ぶ凸面３２１の光軸は、いずれも同じ方向（Ｚ方向）に延出している。また、複数の上記被検出部は、前述した実施の形態と同様に、ＸＺ平面において、凸面３２１の焦点より凸面３２１側に位置し、かつマーカ６００の高さ方向（Ｚ方向）に垂直な同一の仮想面上に位置するように配置されている。上記像面は、前述した実施の形態と同様に、一つの凸面３２１を含む一光学ユニットで区画される。マーカ６００の光学ユニットは、マーカ３００と同様に、例えば、一つの凸面３２１を含み、凸面３２１ごとに前述の第１面を区画する格子が形成する矩形の平面形状を有する略四角柱形状の領域で表される。

[0097] マーカ６００では、各凸面３２１に投影される個々の像の集合として、Ｙ方向に沿う線状の像が観察される。この像は、マーカ３００、４００と同様に、マーカ６００をＸ方向に対して観察者側に傾ける程に当該観察者に近づく方向に移動するように観察される。マーカ６００では、凸面３２１がＸ方向のみならずＹ方向にも湾曲していることから、マーカ１００に比べて、上記像のＹ方向におけるコントラストが高い。これは、マーカ６００におけるＹ方向での焦点距離のずれが、マーカ１００におけるそれに比べて小さいため、と考えられる。

[0098] このように、マーカ６００は、透光性を有する材料で形成され、Ｘ方向およびＹ方向に沿って配置された複数の凸面３２１と、複数の凸面３２１と表裏の位置に配置され、光学的に検出可能な像として複数の凸面３２１に投影

される複数の被検出部とを有する。そして、複数の被検出部は、像面湾曲により湾曲した複数の凸面３２１のそれぞれの像面のなかで凸面３２１から最も遠い点である複数の凸面３２１のそれぞれの焦点より凸面３２１側に位置し、かつマーカ６００のＺ方向に垂直な同一の仮想面上に位置するように配置されており、上記像面は、一つの凸面３２１を含む一光学ユニットで区画される。よって、マーカ６００も、マーカ１００～５００と同様に、前述の第２面に沿う方向の位置のみで上記被検出部の位置が決められているマーカに比べて、さらなる小型化が可能であるとともに、より広い検知角度を有する。

[0099] ［実施の形態７］

図１３Ａは、マーカ７００の平面図であり、図１３Ｂは、図１３ＡにおけるＢ－Ｂ線で切断したマーカ７００の一部を示す、ハッチングを省略した部分断面図であり、図１３Ｃは、マーカ７００の底面図であり、図１３Ｄは、マーカ７００の側面図である。マーカ７００は、凸面の平面形状が矩形である以外は、マーカ６００と同様に構成されており、あるいは、被検出部がＹ方向に連続している以外は、マーカ４００と同様に構成されている。

[0100] たとえば、凸面４２１の平面形状は、正方形である。また、例えば、凸面４２１の光軸に沿う断面における形状は、凸面４２１の頂点から離れるにつれて曲率半径が大きくなる曲線で表される。また、複数の上記被検出部は、前述した実施の形態と同様に、ＸＺ平面において、凸面４２１の焦点より凸面４２１側に位置し、かつマーカ７００の高さ方向（Ｚ方向）に垂直な同一の仮想面上に位置するように配置されている。さらに、マーカ７００の光学ユニットは、マーカ４００と同様に、例えば、一つの凸面４２１を含み、凸面４２１ごとに第１面を区画する格子が形成する矩形（正方形）の平面形状を有する略四角柱形状の領域で表される。

[0101] マーカ７００も、マーカ１００～６００と同様に、前述の第２面に沿う方向の位置のみで上記被検出部の位置が決められているマーカに比べて、さらなる小型化が可能であるとともに、より広い検知角度を有する。また、マー

カ７００も、マーカ６００と同様に、マーカ１００に比べて、検出される像のＹ方向におけるコントラストを高くすることができる。

[0102] さらに、マーカ７００は、マーカ６００に比べて、第１面への入射光の強度に関わらず、像が明確に検出される。これは、上記入射光が強いと、第１面での反射光のようなマーカ７００における反射光も強くなり、上記像が見えにくくなることがあるが、マーカ７００の第１面は、実質的には凸面４２１（曲面）のみで構成され、実質的には平面を含まないため、マーカ６００に比べて、第１面での反射光が生じにくく、また弱いため、と考えられる。

[0103] ［実施の形態８］

図１４Ａは、マーカ８００の平面図であり、図１４Ｂは、図１４ＡにおけるＢ－Ｂ線で切断したマーカ８００の一部を示す、ハッチングを省略した部分断面図であり、図１４Ｃは、マーカ８００の底面図であり、図１４Ｄは、マーカ８００の側面図である。マーカ８００も、マーカ７００と同様に、凸面の平面形状が多角形である以外は、マーカ６００と同様に構成されている。

[0104] たとえば、凸面８２１の平面形状は、正六角形である。また、例えば、凸面８２１の光軸に沿う断面における形状は、凸面８２１の頂点から離れるにつれて曲率半径が大きくなる曲線で表される。Ｙ方向における凸面８２１の列は、それぞれの凸面８２１が対向する一対の辺で接するようにＹ方向に並んで構成されている。また、凸面８２１の列は、一方の列における凸面８２１同士の接続部に、他方の列における凸面８２１の六角形の一角が当接するように配置されて、Ｘ方向に並んでいる。このように、マーカ８００では、マーカ８００の第１面の全面が、凸面８２１の最密な集合によって実質的に構成されている。

[0105] また、複数の上記被検出部は、前述した実施の形態と同様に、ＸＺ平面において、凸面８２１の焦点より凸面８２１側に位置し、かつマーカ８００の高さ方向（Ｚ方向）に垂直な同一の仮想面上に位置するように配置されている。さらに、マーカ８００の光学ユニットは、マーカ３００、４００と同様

に、例えば、一つの凸面８２１を含み、凸面８２１ごとに第１面を区画する格子が形成する矩形（正方形）の平面形状を有する略四角柱形状の領域で表される。当該矩形は、Ｘ方向においては、隣接する六角形が共有する一辺の中点を通る直線と、Ｙ方向においては、隣接する六角形が共有する一辺に重なる直線とによって区画される形状である。

[0106] マーカ８００も、マーカ１００～７００と同様に、前述の第２面に沿う方向の位置のみで上記被検出部の位置が決められているマーカに比べて、さらなる小型化が可能であるとともに、より広い検知角度を有する。また、マーカ８００も、マーカ６００、７００と同様に、マーカ１００に比べて、検出される像のＹ方向におけるコントラストを高くすることができる。

[0107] さらに、マーカ８００でも、マーカ７００と同様に、マーカ７００と同じ理由により、マーカ６００に比べて、第１面への入射光の強度に関わらずに、像が明確に検出される。

[0108] ２０１６年２月２４日出願の特願２０１６－０３２８５７、２０１６年３月３１日出願の特願２０１６－０７１０９９、２０１６年８月９日出願の特願２０１６－１５６７６２、および、２０１６年１０月２５日出願の特願２０１６－２０８７５８、の日本出願に含まれる明細書、図面および要約書の開示内容は、すべて本願に援用される。

産業上の利用可能性

[0109] 本発明に係るマーカは、物体の位置や姿勢などを認識するための位置検出用マーカ（あるいは角度検出用マーカ）として有用であり、マーカを小型化できるとともに、マーカの検知角度を広くでき、さらには、マーカの観察角度による集合像の見え方のばらつきを改善するのに有効である。よって、本発明は、上記マーカの技術分野のさらなる発展にも寄与することが期待される。

符号の説明

[0110] １００、２００、３００、４００、５００、６００、７００、８００ マーカ

１２０、２２０、３２０、４２０　第１面

１２１、２２１、３２１、４２１、８２１　凸面

１２２　稜線

１４０、２４０、３４０　第２面

１４１、２４１　被検出部

１４２　塗膜

３２３、４２３　頂点

３４１　第１領域

３４２　第２領域

６４０　凹部

６５０　着色部

Ａ　仮想面

Ｂ　像面

ＣＡ　中心軸

ＬＡ　光軸

Ｒ　曲率半径

請求の範囲

[請求項1] 透光性を有する材料で形成され、少なくとも第１の方向に沿って配置された複数の凸面と、前記複数の凸面と表裏の位置に配置され、光学的に検出可能な像として前記複数の凸面に投影される複数の被検出部と、を有するマーカであって、

前記複数の被検出部は、像面湾曲により湾曲した前記複数の凸面のそれぞれの像面のなかで前記凸面から最も遠い点である前記複数の凸面のそれぞれの焦点より前記凸面側に位置し、かつ前記マーカの高さ方向に垂直な同一の仮想面上に位置するように配置されており、

前記像面は、一つの前記凸面を含む一光学ユニットで区画される、

マーカ。

[請求項2] 前記仮想面は、像面湾曲により湾曲した前記複数の凸面のそれぞれの像面のなかで前記凸面に最も近い点よりも前記凸面から離れて位置する、請求項１に記載のマーカ。

[請求項3] 前記仮想面は、前記複数の凸面のそれぞれの光軸上において前記凸面の焦点距離の５％の長さ以上、前記複数の凸面のそれぞれの焦点より前記凸面側に位置する、請求項１または請求項２に記載のマーカ。

[図1]

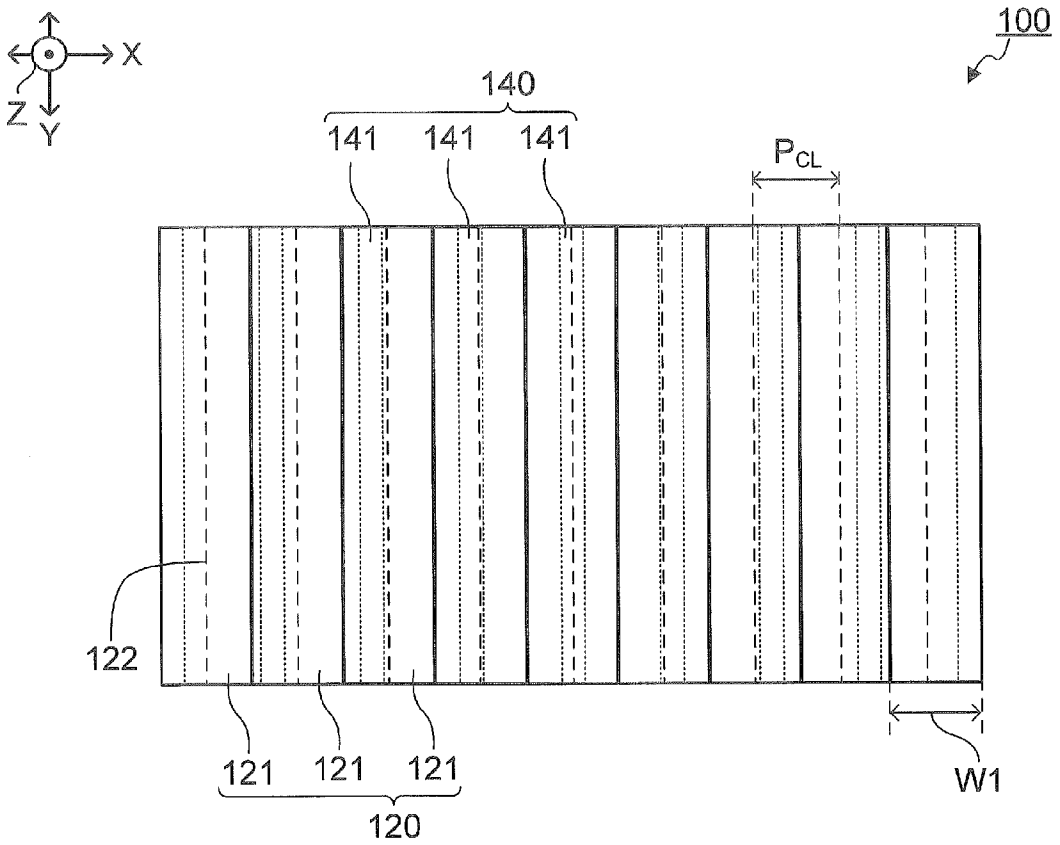

X
Z
Y
100
140
141
141
141
P_{CL}
122
121
121
121
120
W1

図1A

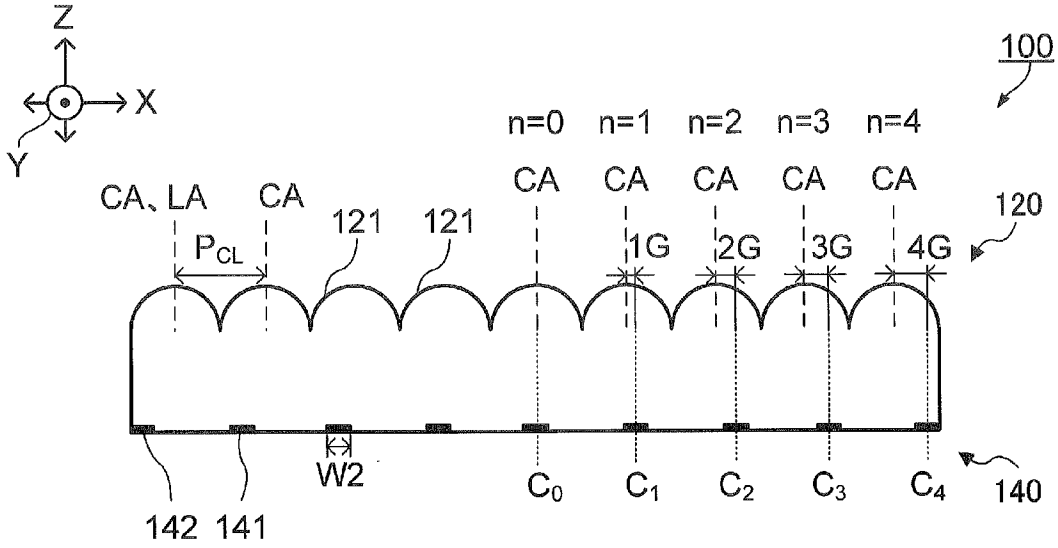
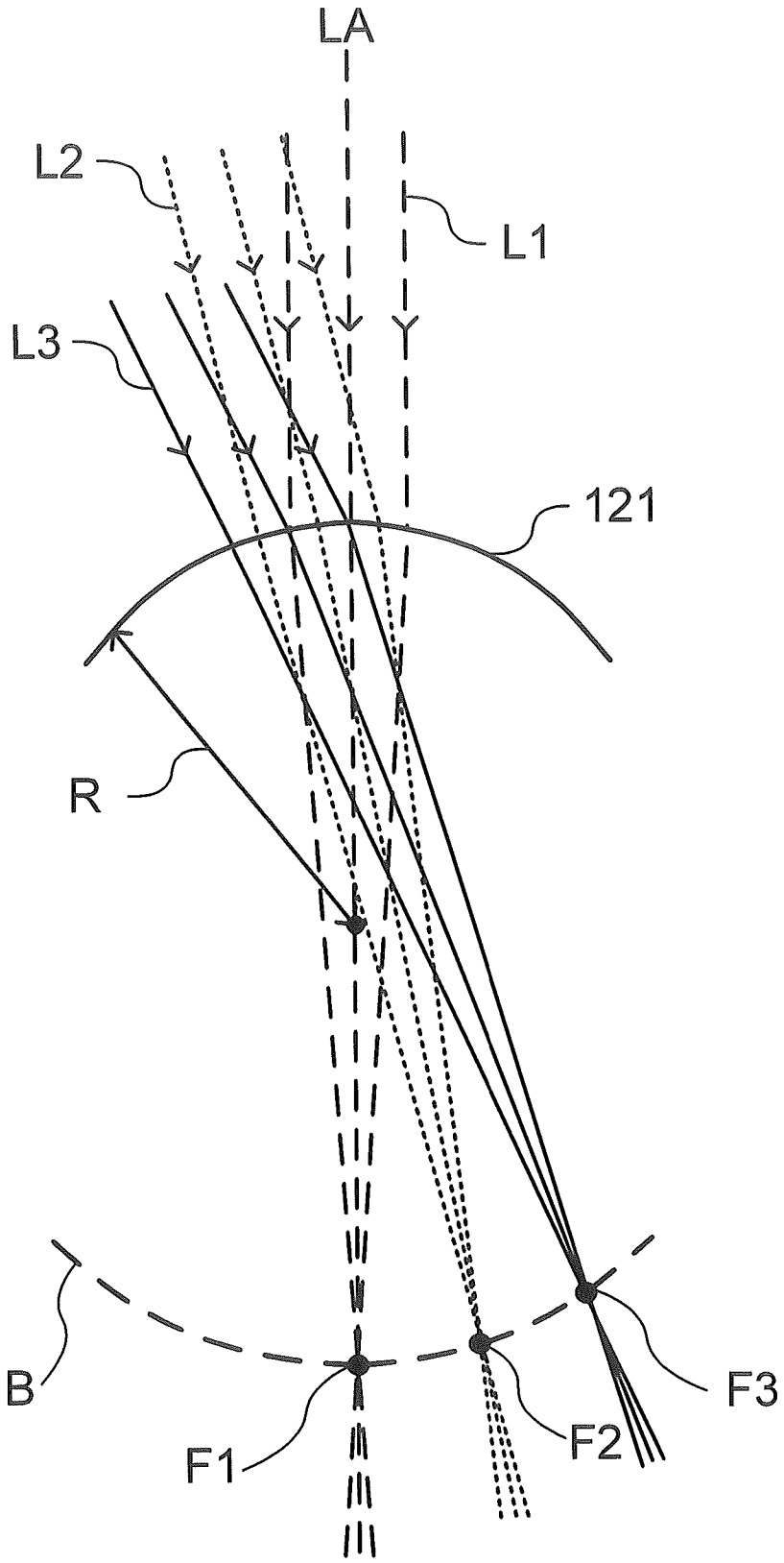
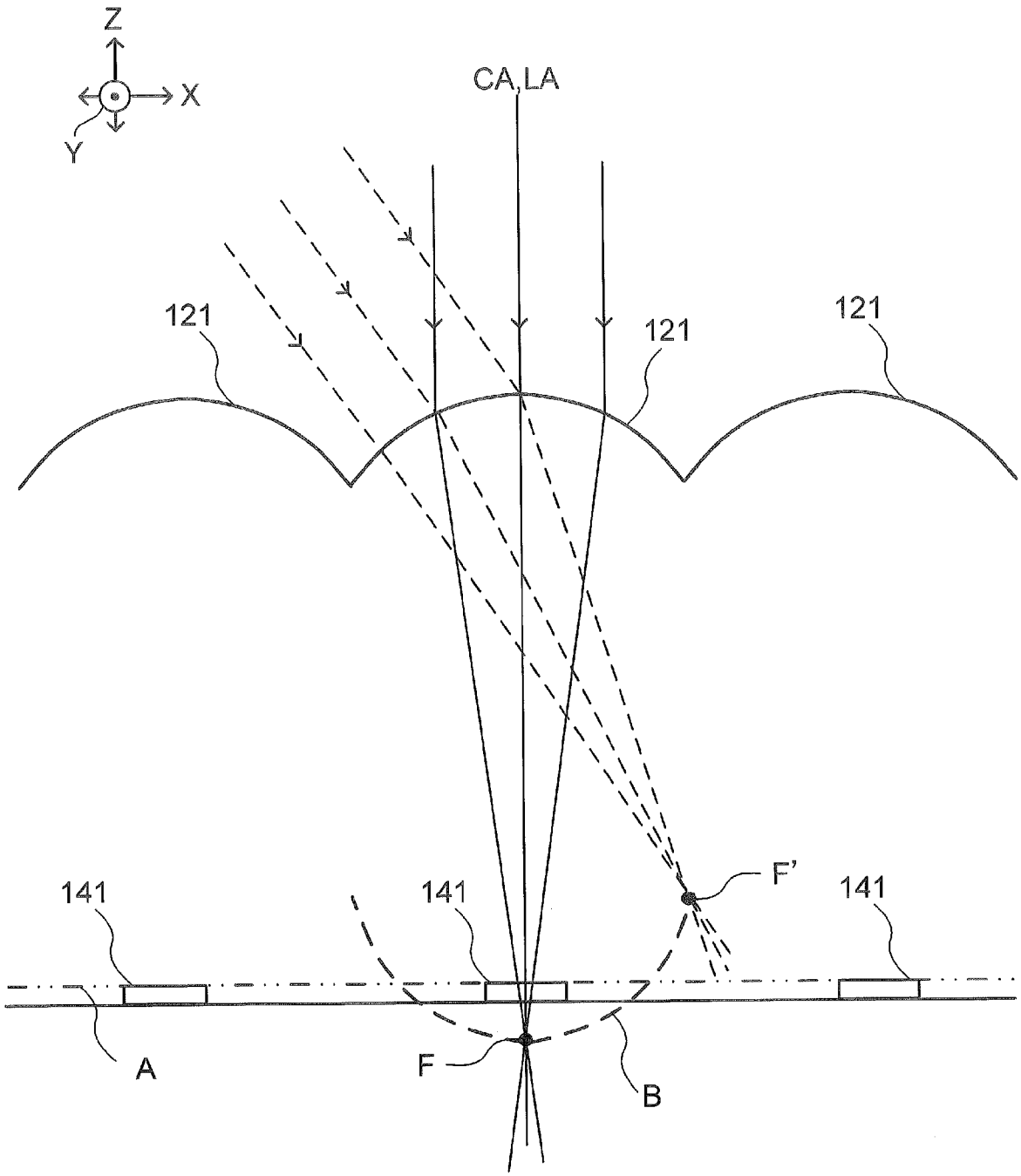

Z
X
Y
100
n=0
n=1
n=2
n=3
n=4
CA
CA
CA
CA
CA
CA、LA
CA
121
121
P_{CL}
1G
2G
3G
4G
120
W2
C_0
C_1
C_2
C_3
C_4
140
142
141

図1B

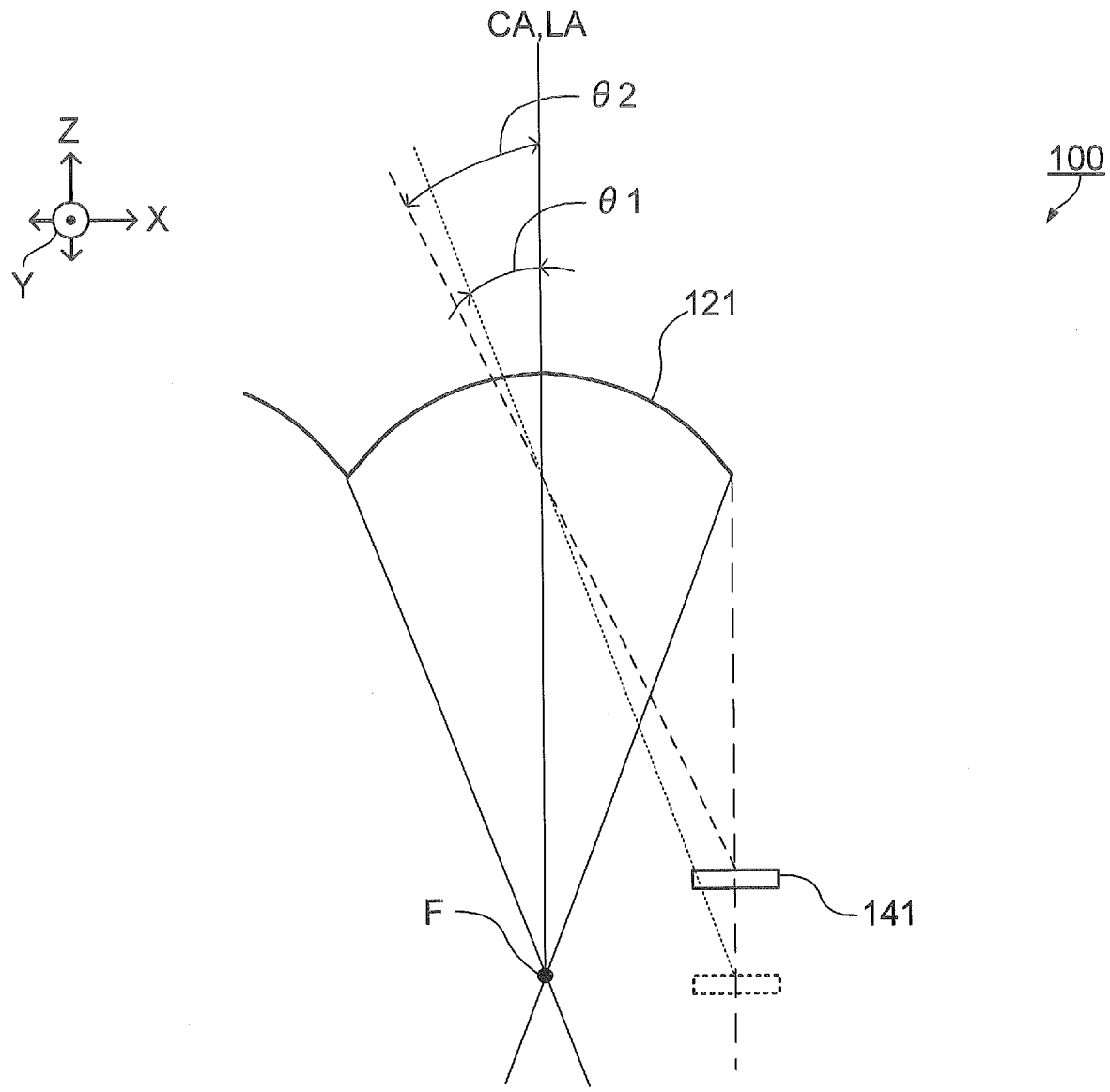
[図2]



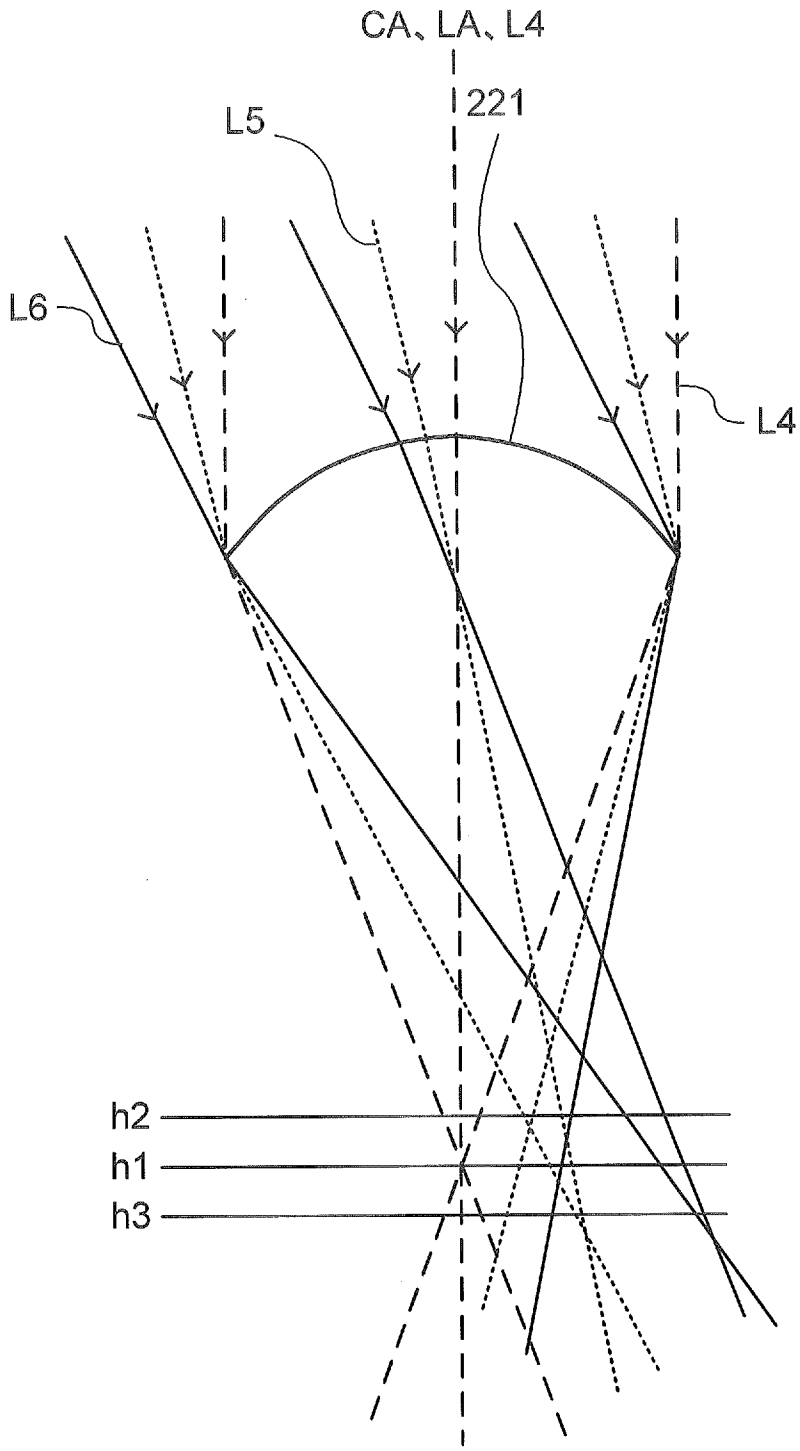
[図3]



[図4]



[図5]



[図6]



図6A



図6B



図6C

図6D



図6E

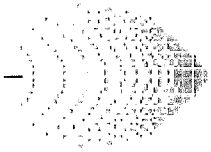


図6F



図6G

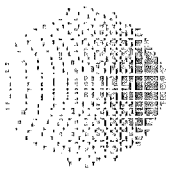


図6H

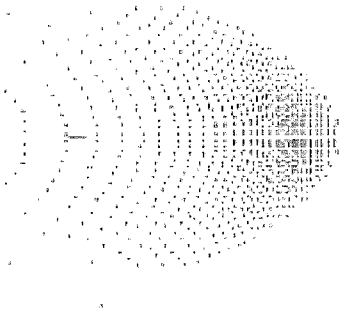
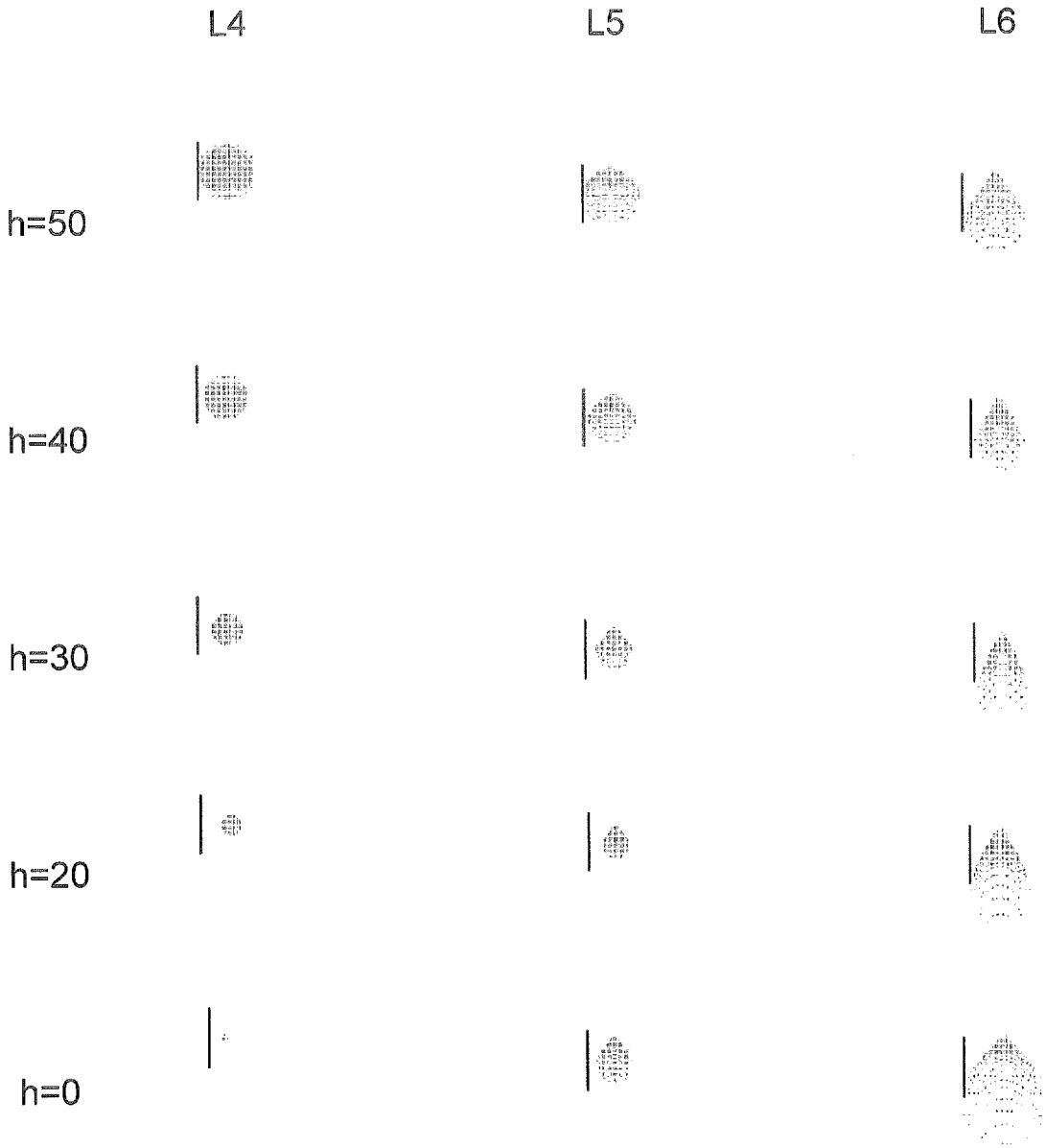


図6I

[図7]



[図8]

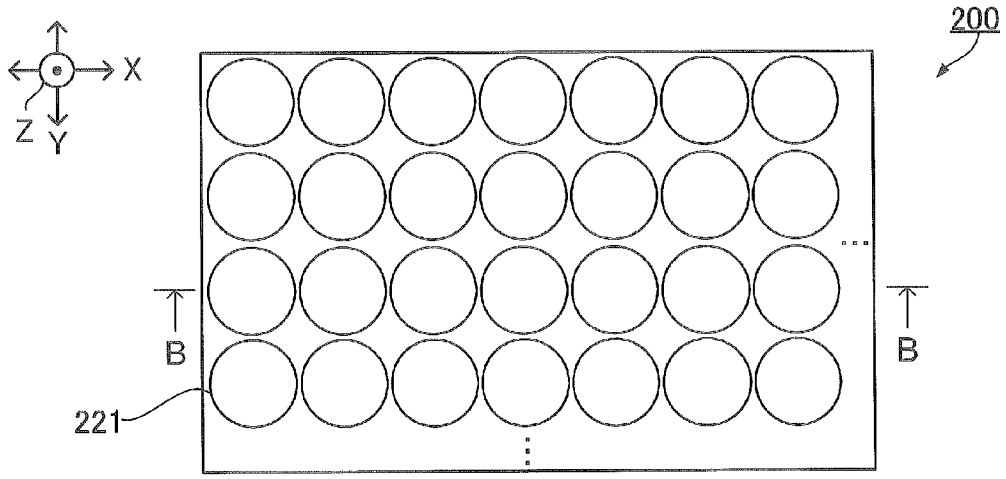


図8A

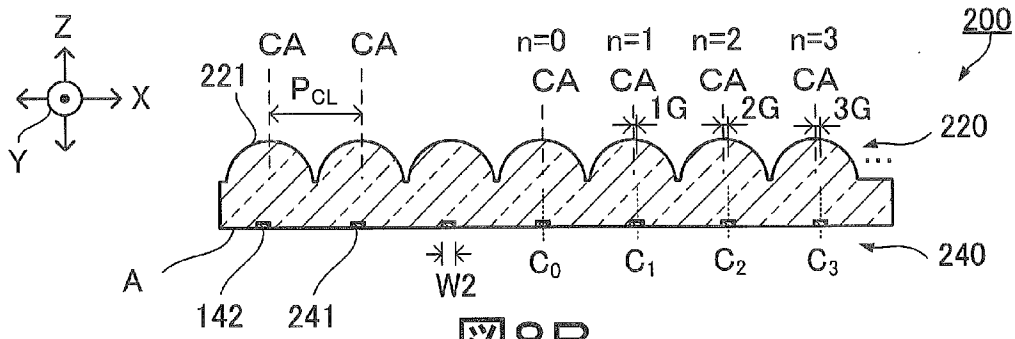


図8B

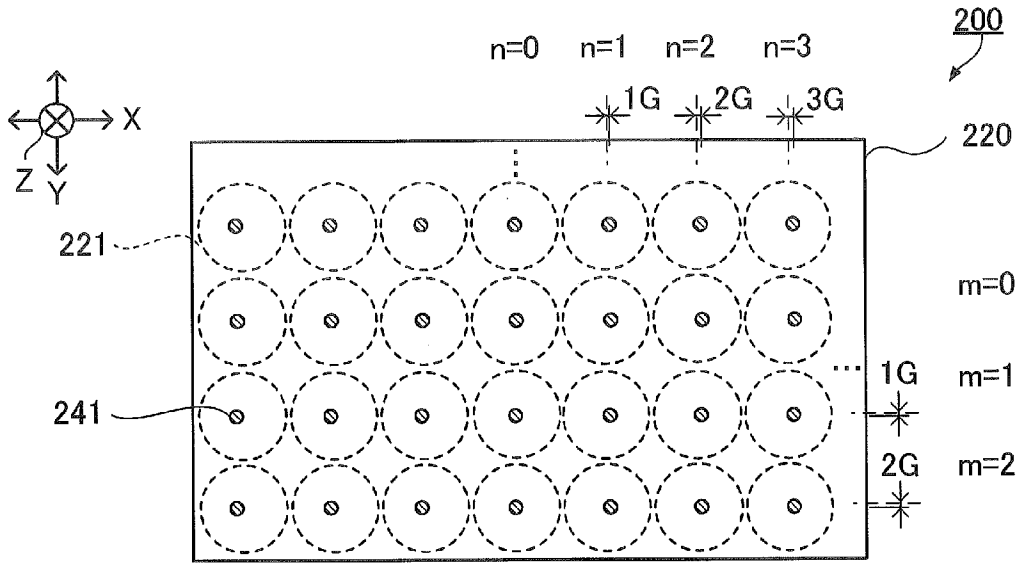


図8C

[図9]

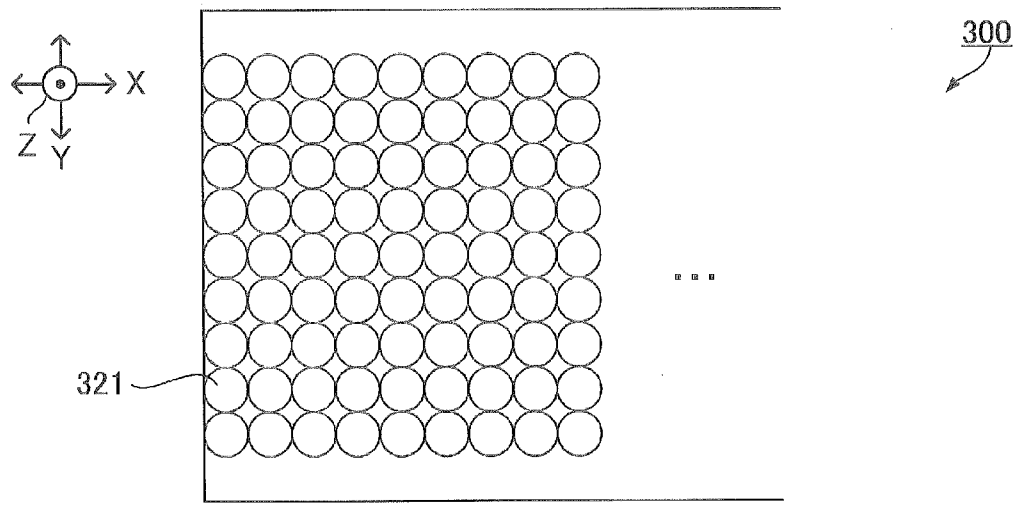


図9A

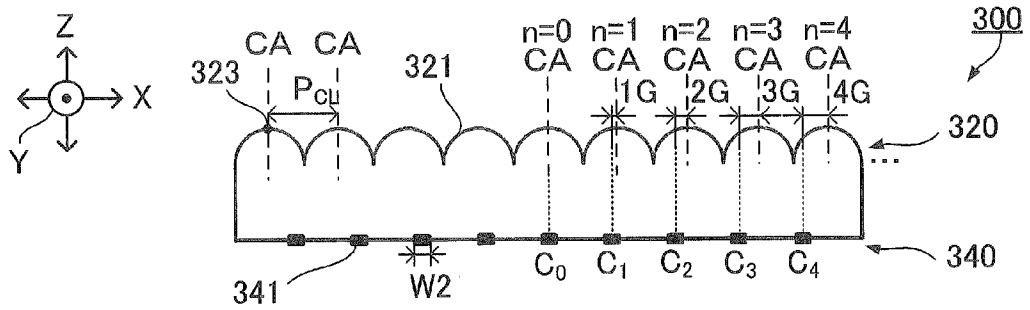


図9B

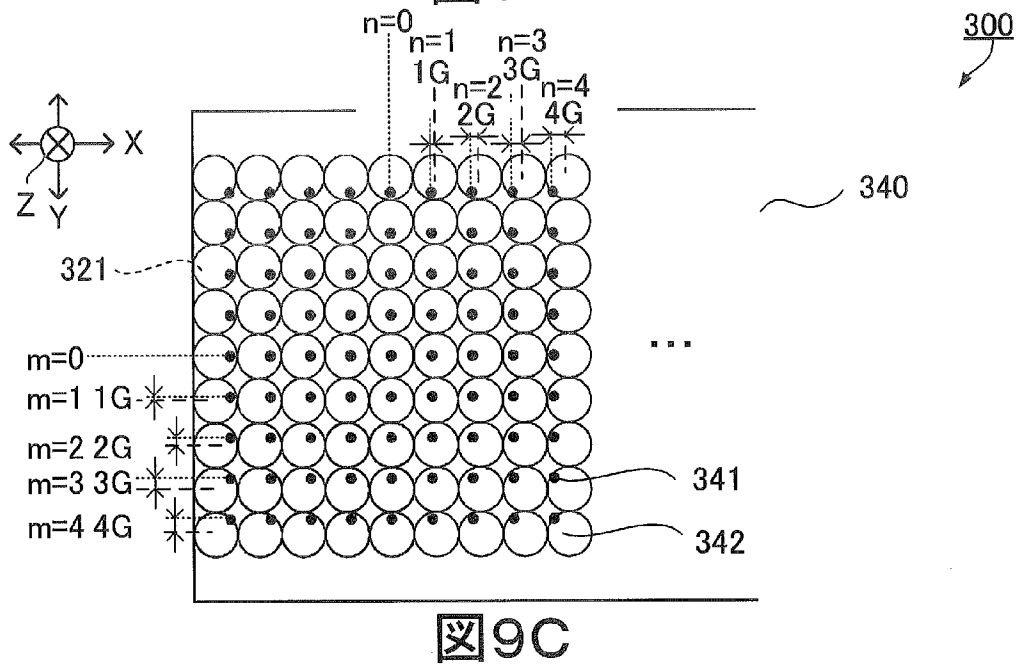


図9C

[図10]

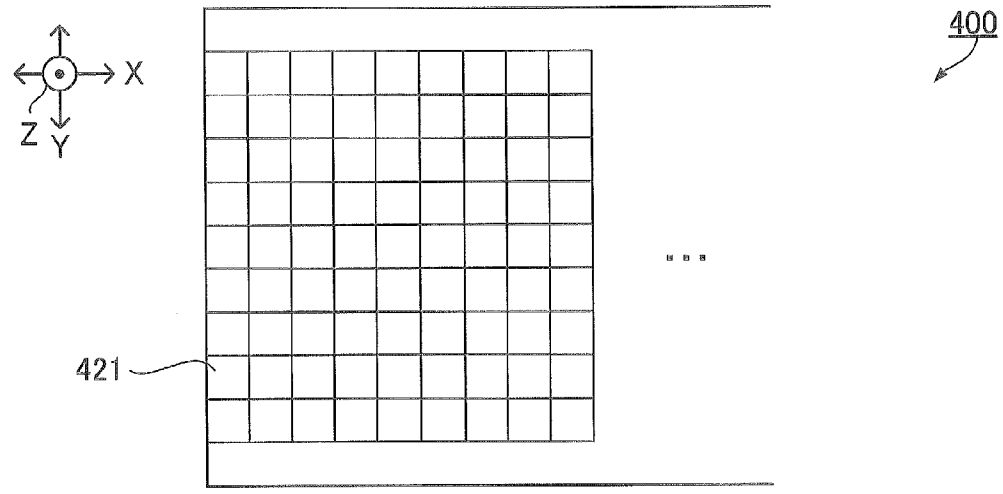


図10A

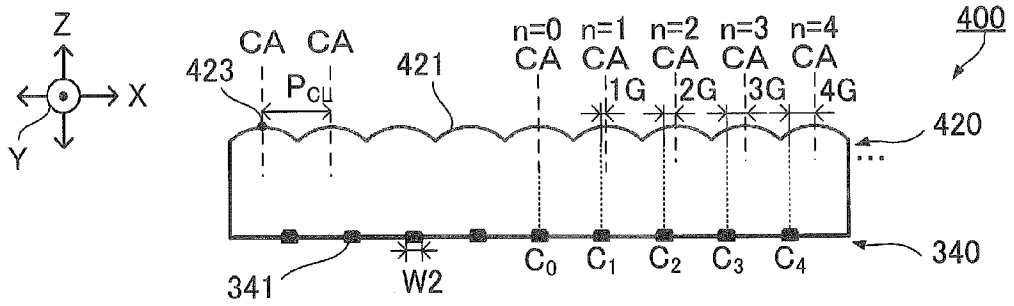


図10B

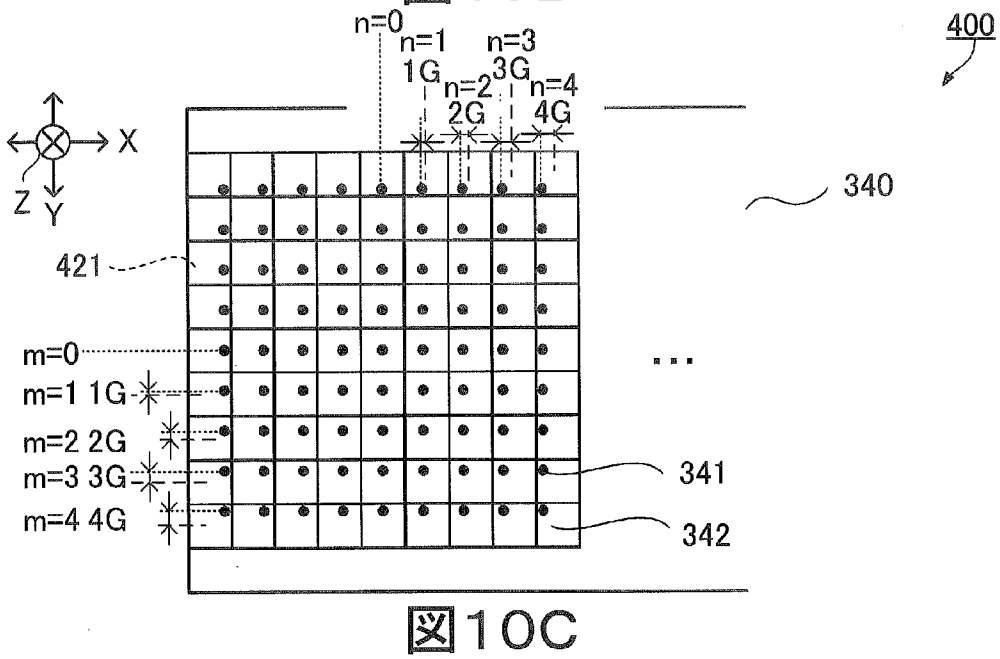
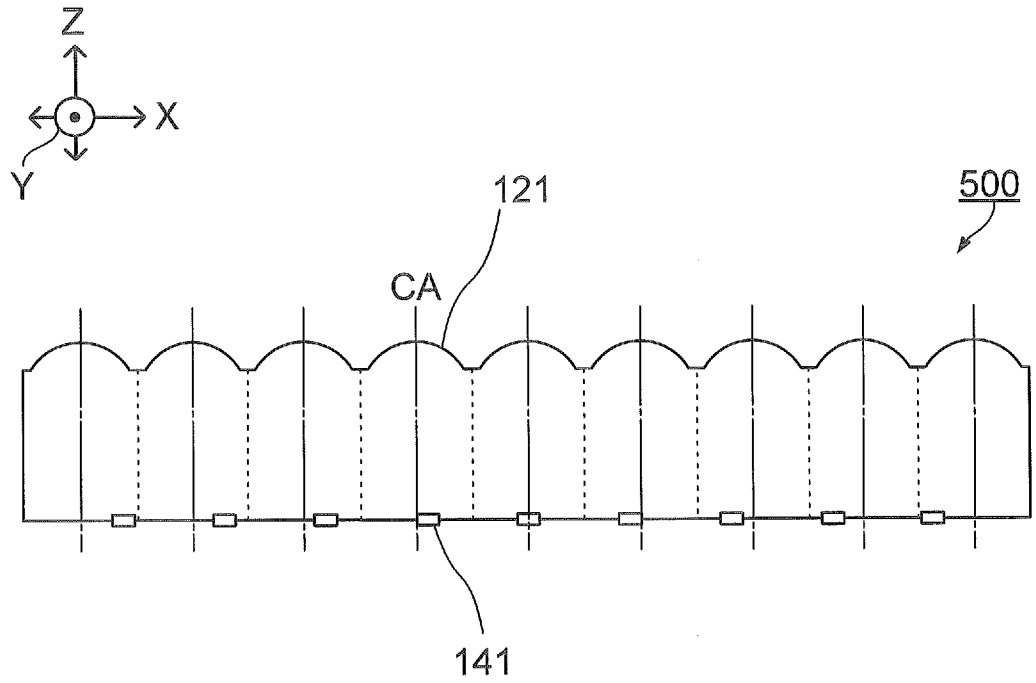


図10C

[図11]



[図12]

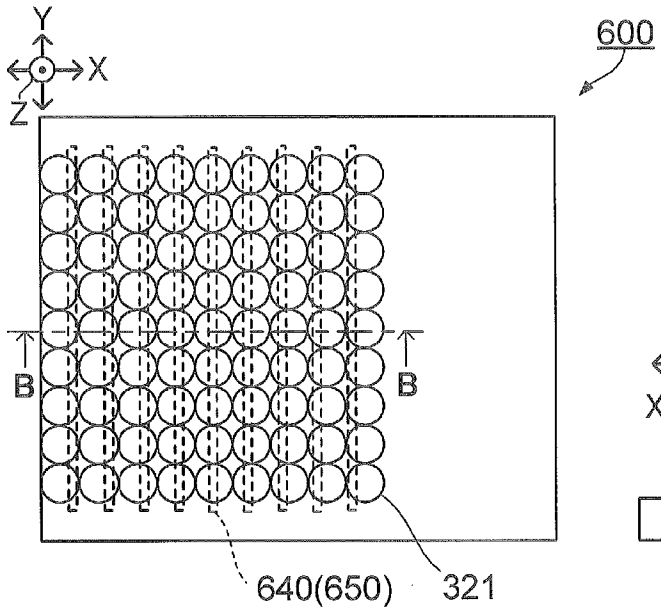


図12A

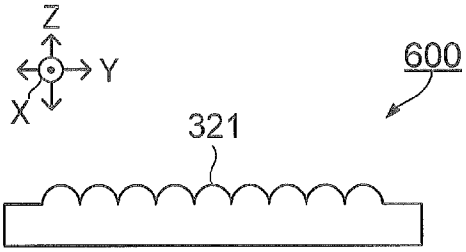


図12D

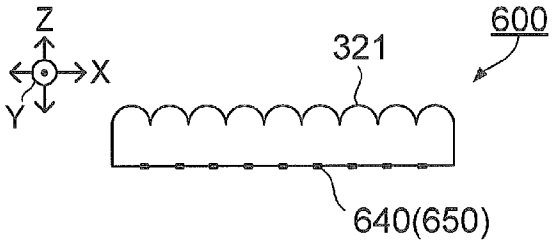


図12B

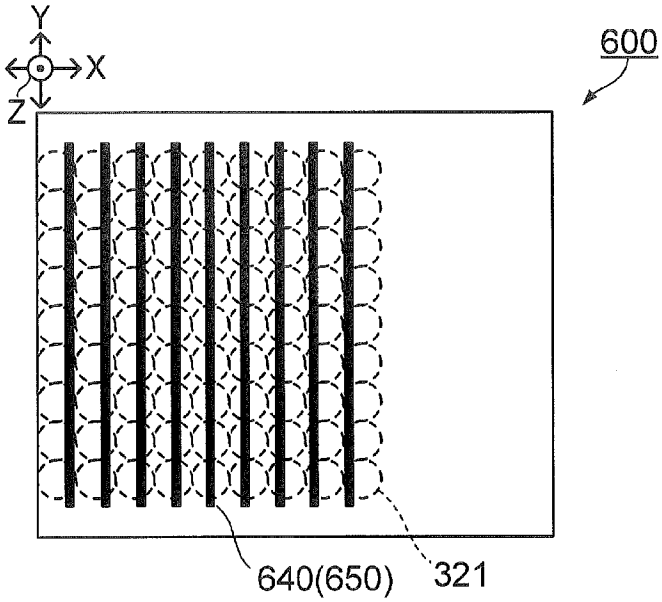


図12C

[図13]

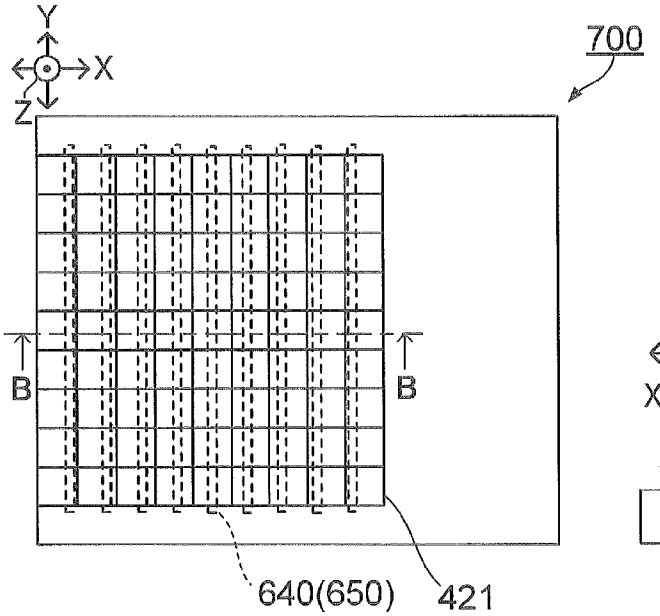


図13A

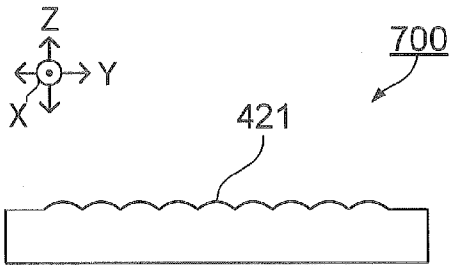


図13D

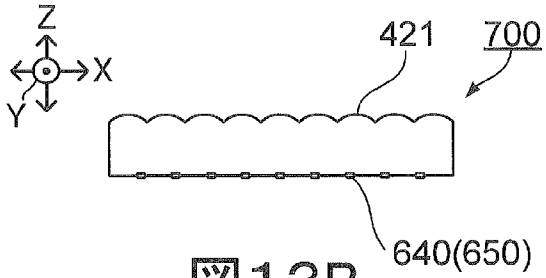


図13B

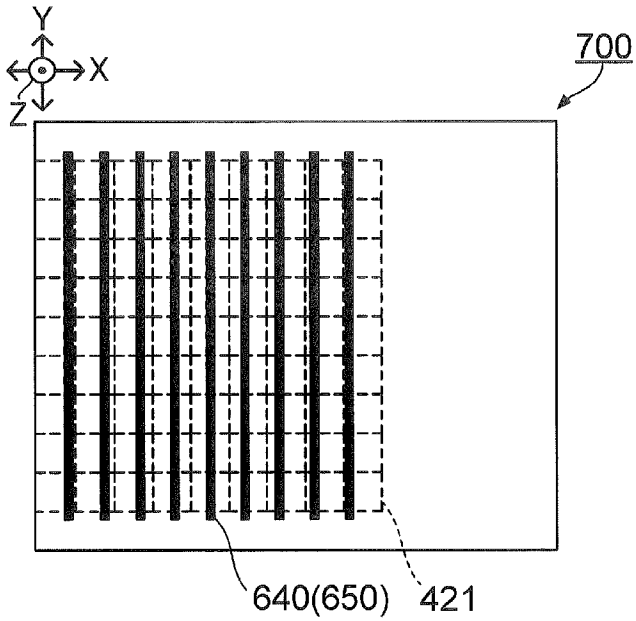


図13C

[図14]

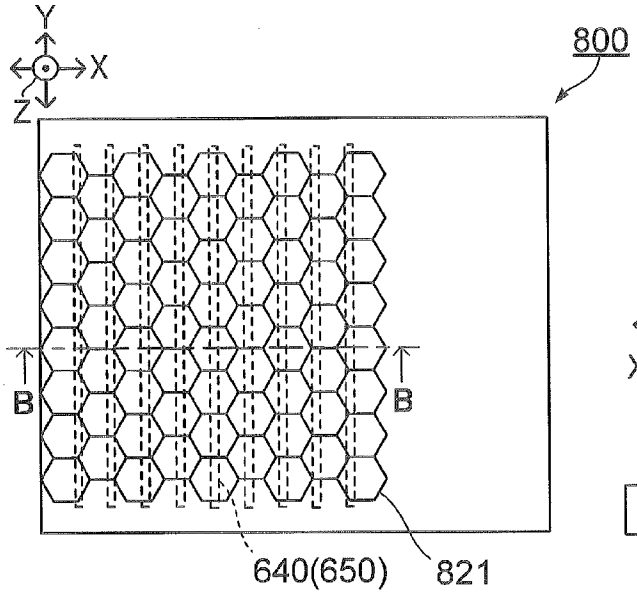


図14A

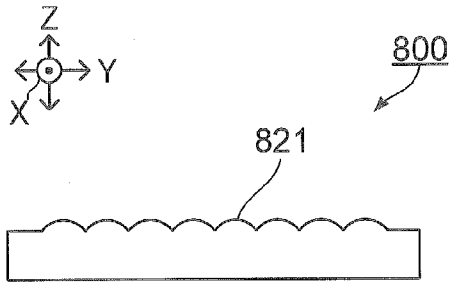


図14D

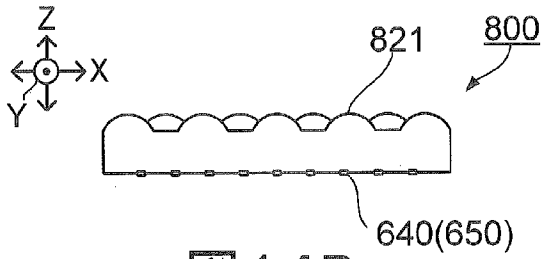


図14B

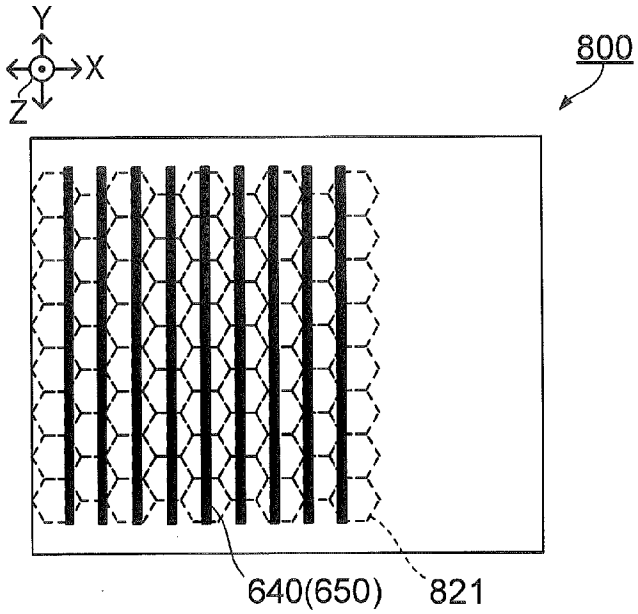


図14C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/006595

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01B11/00(2006.01)i, *G01B11/26*(2006.01)i, *G02B3/06*(2006.01)i, *G03B35/00*(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)
G01B11/00-11/30, G03B35/00-37/06, G09F19/00-27/00

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
X Y	US 6369949 B1 (CONLEY, Kenneth E.), 09 April 2002 (09.04.2002), column 10, lines 44 to 60; column 13, line 60 to column 15, line 25; fig. 13 to 17 (Family: none)	1-3 3
X Y	JP 2013-25043 A (Grapac Japan Co., Inc.), 04 February 2013 (04.02.2013), paragraphs [0180] to [0184]; fig. 21 (Family: none)	1 3
A	JP 2010-534352 A (RealD Inc.), 04 November 2010 (04.11.2010), entire text; all drawings & US 2008/0186573 A1 & WO 2009/014607 A1 & EP 2168002 A1 & KR 10-2010-0041698 A	1-3

☒ 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	Date of mailing of the international search report
08 May 2017 (08.05.17)	16 May 2017 (16.05.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/006595

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2012-145559 A (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), 02 August 2012 (02.08.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-3

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／００６５９５

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01B11/00(2006.01)i, G01B11/26(2006.01)i, G02B3/06(2006.01)i, G03B35/00(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01B11/00-11/30, G03B35/00-37/06, G09F19/00-27/00

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７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
X Y	US 6369949 B1 (CONLEY, Kenneth E.) 2002.04.09, 第10欄第44-60行, 第13欄第60行-第15欄第25行, 第13-17図 (ファミリーなし)	1-3 3
X Y	JP 2013-25043 A (グラパックジャパン株式会社) 2013.02.04, 段落[0180]-[0184], 第21図 (ファミリーなし)	1 3
A	JP 2010-534352 A (リアルディー　インコーポレイテッド) 2010.11.04, 全文, 全図 & US 2008/0186573 A1 & WO 2009/014607 A1 & EP 2168002 A1 & KR 10-2010-0041698 A	1-3

☑　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	国際調査報告の発送日
０８．０５．２０１７	１６．０５．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　２Ｓ　３３０３
梶田　真也
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２１６

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2012-145559 A（独立行政法人産業技術総合研究所）2012.08.02, 全文，全図（ファミリーなし）	1-3