

(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
2023年1月12日(12.01.2023)



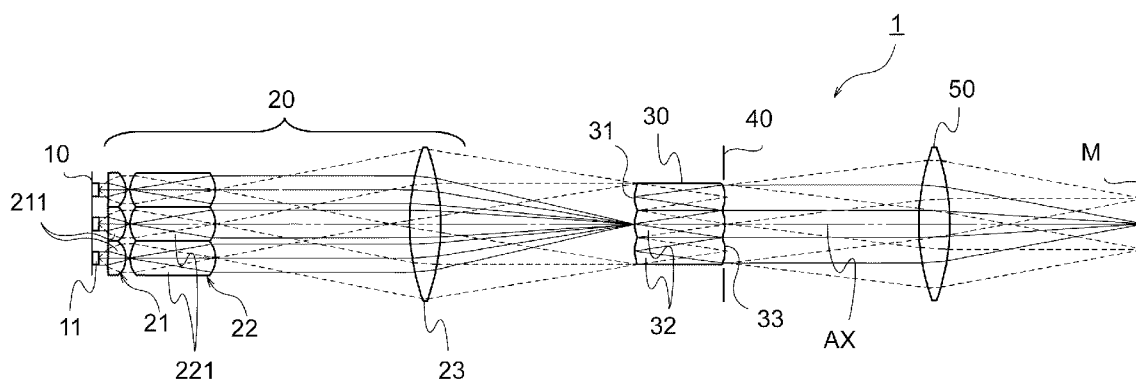
(10) 国際公開番号

WO 2023/281850 A1

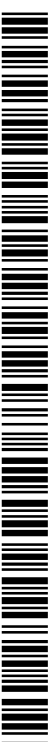
- (51) 国際特許分類:
G02B 19/00 (2006.01) *F21V 5/00* (2018.01)
G03F 7/20 (2006.01) *F21V 5/02* (2006.01)
F21Y 115/00 (2016.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/013874
- (22) 国際出願日: 2022年3月24日(24.03.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2021-113402 2021年7月8日(08.07.2021) JP
- (71) 出願人: ウシオ電機株式会社 (**USHIO DENKI KABUSHIKI KAISHA**) [JP/JP]; 〒1008150 東京都千代田区丸の内一丁目6番5号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 大澤 理(**OSAWA Osamu**); 〒1008150 東京都千代田区丸の内1丁目6番5号 ウシオ電機株式会社内 Tokyo (JP). 伊藤 公一(**ITO Koichi**); 〒1008150 東京都千代田区丸の内1丁目6番5号 ウシオ電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 小西 恵, 外 (**KONISHI, Kay et al.**); 〒1070052 東京都港区赤坂2-2-1-8 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, IT, JM, JO, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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,

(54) Title: ILLUMINATION OPTICAL SYSTEM AND EXPOSURE DEVICE

(54) 発明の名称: 照明光学系および露光装置



(57) Abstract: The present invention utilizes light from a plurality of light-emitting elements with high efficiency. An aspect of an illumination optical system (1) is provided with: a light source (10) in which a plurality of light-emitting elements (11) that individually emit light from light-emitting surfaces are mutually arrayed along a direction in which the light-emitting surfaces extend; a relay optical system (20) that converts the luminous intensity distributions of the light emitted by the light-emitting elements into illuminance distributions and that superimposes the plurality of illuminance distributions corresponding to the plurality of light-emitting elements on one another on a superimposing surface; an optical integrator (30) in which a plurality of wavefront-dividing elements that subject the light superimposed on the superimposing surface to wavefront division and that transmit the light in the form of a plurality of light fluxes are disposed mutually in parallel; and a condenser optical system (50) that superimposes the plurality of light fluxes on an irradiated surface.



WO 2023/281850 A1

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：

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約：複数の発光素子からの光を高い効率で利用する。照明光学系 (1) の一態様は、各々が発光面から光を発する複数の発光素子 (11) が、当該発光面の広がる方向に互いに並んでいる光源 (10) と、上記発光素子が発した光の配光分布を照度分布に変換すると共に、上記複数の発光素子に対応した複数の当該照度分布を重畳面上で互いに重ね合わせるリレー光学系 (20) と、上記重畳面上で重畳される光を波面分割して複数の光束として伝達する複数の波面分割要素が互いに並列的に配置されたオプティカルインテグレート (30) と、上記複数の光束を被照射面で重畳させるコンデンサ光学系 (50) と、を備える。

明 細 書

発明の名称：照明光学系および露光装置

技術分野

[0001] 本発明は、照明光学系および露光装置に関する。

背景技術

[0002] 半導体素子、フラットパネルディスプレイ、MEMS（マイクロエレクトロメカニカルシステム）などの製造工程で用いる露光装置および照明光学系が知られている。

[0003] 従来、露光装置の光源として、超高圧水銀ランプ、メタルハライドランプなどの高輝度の放電ランプが用いられていた。これに対し、近年のLED、LDなどの発光素子の技術の進歩に伴い、複数のLEDを露光装置の光源に用いる技術が提案されている。

[0004] LEDは、露光用の光源としては1チップ当たりの放射光量が少ない。このため、被照射面において所要の高い照度を得るためには、複数のチップからの光を照明光学系で合成して被照射面に導くことが求められる。

[0005] 例えば特許文献1には、複数のLEDにおける各発光面の像が、フライアイレンズの入射側の面の有効領域を覆う大きさまで拡大され、拡大された像がフライアイレンズの入射側で互いに重なり合うように投影される照明光学系および露光装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2016-188878号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかし、特許文献1に記載の照明光学系および露光装置を実際に組み立てる(実際に使用してみる)と、発光素子から発せられた光のうち被照射面に達する光の割合(光の利用効率)が低い。このため、露光するパターンサイズに

応じて露光解像度を高めるために開口絞りを狭めた場合には被照射面での照度が不足して、露光時間が長時間化することになる。

そこで、本発明は、複数の発光素子からの光を高い効率で利用することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を解決するために、本発明に係る照明光学系の一態様は、各々が発光面から光を発する複数の発光素子が、当該発光面の広がる方向に互いに並んでいる光源と、上記発光素子が発した光の配光分布を照度分布に変換すると共に、上記複数の発光素子に対応した複数の当該照度分布を重畳面上で互いに重ね合わせるリレー光学系と、上記リレー光学系による照射光を波面分割して複数の光束として伝達する複数の波面分割要素が互いに並列的に配置されたオプティカルインテグレータと、上記複数の光束を被照射面で重畳させるコンデンサ光学系と、を備える。

[0009] 上記照明光学系によれば、各発光素子からの光が重畳面上に丸い形状の照度分布となって互いに重ね合わされることになり、丸い形状の開口絞りを通った光がコンデンサ光学系へと導かれる効率が高く、光源から発せられる光の利用効率が低い。

[0010] 上記照明光学系において、上記リレー光学系が、上記複数の発光素子に対応した複数の第1レンズ要素を有し、各第1レンズが各発光素子からの光を集光する集光レンズ群と、上記複数の第1レンズ要素に対応した複数の第2レンズ要素を有し、各発光素子からの光の配光分布に相当する照度分布の照射光が各第1レンズにより各第2レンズ要素の入射面に照射されるレンズアレイと、上記レンズアレイの各第2レンズ要素の出射面と光学的に協働して、各第2レンズ要素の入射面に照射された各照射光を上記重畳面上に導いて互いに重ね合わせるリレーレンズと、を備えることが好ましい。

集光レンズ群、レンズアレイ、およびリレーレンズによりリレー光学系の機能が分担され、リレー光学系が容易に実現される。

[0011] 上記照明光学系において、上記リレーレンズから上記オプティカルインテ

グレータの入射面までの距離は、当該リレーレンズから上記重畳面までの距離よりも短いことが好ましい。オプティカルインテグレータの入射面がこの距離に位置しても光の利用効率は殆ど変わらず開口絞りの面で周辺までフラットな照度分布になるためより微細なパターンの露光に適している。

[0012] 上記照明光学系において、上記レンズアレイは、上記複数の第2レンズ要素のそれぞれが、光軸に沿った方向に見て四角形の外形を有し、当該複数の第2レンズ要素が束ねられたことも好ましい。四角形の第2レンズ要素が用いられることで、丸い第2レンズ要素が用いられる場合に較べて光の利用効率が向上する。

[0013] 上記照明光学系において、上記集光レンズ群は、上記複数の第1レンズ要素のそれぞれの出射側が、光軸に沿った方向に見て四角形の外形を有し、当該複数の第1レンズ要素が束ねられたことも好ましい。出射側が四角形の第1レンズ要素が用いられることで、丸い第1レンズ要素が用いられる場合に較べて光の利用効率が向上する。

[0014] 出射側が四角形の第1レンズ要素が用いられる場合、上記集光レンズ群は、上記複数の第1レンズ要素のそれぞれが、上記発光素子側に位置する前要素と上記レンズアレイ側に位置する後要素とを有し、当該前要素は光軸に沿った方向に見て丸い外形を有し、当該後要素は光軸に沿った方向に見て四角形の外形を有することが更に好ましい。丸い外形の前要素と四角形の外形の後要素との組み合わせにより光の利用効率が更に向上する。

[0015] また、上記課題を解決するために、本発明に係る露光装置の一態様は、上記照明光学系で上記被照射面に配置されたパターンを照射して、当該パターンを露光対象物に露光する。上記露光装置によれば、効率の良い光照射によってパターン露光の露光時間の短縮化が図られる。

上記露光装置において、上記照明光学系によって照射された前記パターンの像を上記露光対象物に投影する投影光学系を備えてもよい。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、複数の発光素子からの光を高い効率で利用することがで

きる。

図面の簡単な説明

- [0017] [図1]本発明の照明光学系の一実施形態を示す図である。
- [図2]本発明の露光装置の一実施形態を示す図である。
- [図3]発光素子と集光レンズとレンズ要素との位置関係を示す図である
- [図4]組み合わせレンズの集光レンズを示す図である。
- [図5]発光素子の配光特性を示す図である。
- [図6]比較例の照明光学系におけるオプティカルインテグレータの入射面における照度分布を示す図である。
- [図7]比較例の照明光学系における開口絞りの位置における照度分布を示す図である。
- [図8]図1に示す照明光学系におけるオプティカルインテグレータの入射面における照度分布を示す図である。
- [図9]図1に示す照明光学系における開口絞りの位置における照度分布を示す図である。
- [図10]発光素子、集光レンズ、およびレンズ要素の配置に関する第1の変形例を示す図である。
- [図11]発光素子、集光レンズ、およびレンズ要素の配置に関する第2の変形例を示す図である。
- [図12]レンズアレイの構造が異なる変形例を示す図である。
- [図13]リレー光学系とオプティカルインテグレータとの距離が異なる変形例を示す図である
- [図14]図13に示す照明光学系におけるオプティカルインテグレータの入射面における照度分布を示す図である。
- [図15]図13に示す照明光学系における開口絞りの位置における照度分布を示す図である。

発明を実施するための形態

- [0018] 以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。但し、以下の説明

が不必要に冗長になるのを避け、当業者の理解を容易にするため、必要以上に詳細な説明は省略する場合がある。例えば、既によく知られた事項の詳細説明や実質的に同一の構成に対する重複説明を省略する場合がある。また、先に説明した図に記載の要素については、後の図の説明において適宜に参照する場合がある。

図1は、本発明の照明光学系の一実施形態を示す図である。

- [0019] 図1に示す照明光学系1は、マスクMに光を照射する光学系である。マスクMには、照射された光を透過するパターンが形成されており、マスクMは被照射面に配置される。
- [0020] 照明光学系1は、光源10と、リレー光学系20と、オプティカルインテグレータ30と、開口絞り40と、コンデンサレンズ50とを備えている。照明光学系1の光軸AXは図の上下方向を向いている。以下の説明では、光軸AXの向きを基準として用い、光軸AXに沿う方向をZ方向と称し、光軸AXに垂直な2次元方向をXY方向と称する場合がある。
- [0021] 光源10は複数の発光素子11を有し、発光素子11としては例えばLEDが用いられる。発光素子11は発光面から光を発するものであり、LEDに限定されない。発光素子11は、例えば、半導体レーザの光が光ファイバーなどで導かれて発光面から発せられるものでもよい。
- [0022] リレー光学系20は、光源10の各発光素子11から発せられる光を重ね合わせてオプティカルインテグレータ30の入射面31へと導く。リレー光学系20の詳しい構造と作用については後述する。
- [0023] オプティカルインテグレータ30は、入射面31に入射する光の波面を複数の波面分割要素32で波面分割して出射面33側へと伝達する。なお、オプティカルインテグレータ30における波面分割要素32の数は、光源10の発光素子11の数に依存しない。
- [0024] 開口絞り40は、オプティカルインテグレータ30の出射面33から出射される光を絞る。開口絞り40は開閉自在のものであってもよいが、本実施形態における開口絞り40は、マスクMに形成されたパターンの細密さ(粗い

パターンか微細なパターンか)に合わせた固定の開口径を有する。開口絞り40のサイズは照明光学系のNA(開口数)に相当し開口絞り40のサイズや開口絞り面に於ける照度分布は投影光学系のNAとの関係で露光の各パターンサイズに対する解像性能に影響する。

[0025] コンデンサレンズ50は、本発明にいうコンデンサ光学系の一例に相当し、開口絞り40を通過した光を被照射面上に(即ちマスクM上に)照射する。コンデンサレンズ50は、複数のレンズが組み合わせられた組み合わせレンズであってもよい。

図2は、本発明の露光装置の一実施形態を示す図である。

露光装置100には、照明光学系1と、マスクステージ110と、投影光学系120と、ワークステージ130が備えられている。

マスクステージ110はマスクMを保持し、そのマスクMには照明光学系1によって光が照射される。

ワークステージ130には、例えばガラス基板や半導体基板などといった露光対象となるワークWが保持される。

投影光学系120は、マスクMを透過した光をワークW上に投影してワークWをパターン露光する。

露光装置100は、投影光学系120を有さずに、ワークWがマスクMに近接あるいは接触して保持される方式のものであってもよい。

図1に戻って、リレー光学系20の詳細について説明する。

リレー光学系20は、一例として、集光レンズ群21と、レンズアレイ22と、リレーレンズ23とを有する。

[0026] 集光レンズ群21は、光源10の複数の発光素子11に対応した複数の集光レンズ211を有し、レンズアレイ22は、複数の集光レンズ211に対応した複数のレンズ要素221を有する。集光レンズ群21の集光レンズ211は本発明にいう第1レンズ要素の一例に相当し、レンズアレイ22のレンズ要素221は本発明にいう第2レンズ要素の一例に相当する。

[0027] 各集光レンズ211は、対応する各発光素子11から発せられた光を、対

応するレンズ要素 2 2 1 の入射側に集光する。具体的には、発光素子 1 1 から発せられた光の平行光束成分は、集光レンズ 2 1 1 により、平行光束の方向に応じた箇所に集光される。また、発光素子 1 1 上の 1 点から発せられた発散光束成分は、集光レンズ 2 1 1 により、平行光束として、あるいは平行光束に近い角度の光束としてレンズ要素 2 2 1 に入射される。

[0028] レンズアレイ 2 2 の各レンズ要素 2 2 1 は、入射側から出射側へと光を伝達し、本実施形態では、入射側の 1 点に集光された光は平行光束、あるいは平行光束に近い角度の光束として出射され、入射側で平行光束、あるいは平行光束に近い角度の光束として入射された光は出射側の 1 点から発散光束として出射される。

図 3 は、発光素子 1 1 と集光レンズ 2 1 1 とレンズ要素 2 2 1 との位置関係を示す図である。

[0029] 図 3 には、光源 1 0 と集光レンズ群 2 1 とレンズアレイ 2 2 を Z 方向に見た場合の発光素子 1 1 と集光レンズ 2 1 1 とレンズ要素 2 2 1 との位置関係が示されている。なお、図 3 に示された位置関係はマスク M (面) での照射形状が正方形の場合における位置関係である。

複数の発光素子 1 1 は X Y 方向に配列されており、各発光素子 1 1 は四角い発光面を有している。

[0030] 各発光素子 1 1 に対応して各集光レンズ 2 1 1 と各レンズ要素 2 2 1 が配備されている。集光レンズ 2 1 1 の外形は四角形となっていて、集光レンズ群 2 1 は四角形の集光レンズ 2 1 1 が X Y 方向に束ねられたものとなっている。同様に、レンズ要素 2 2 1 の外形は四角形となっていて、レンズアレイ 2 2 は四角形のレンズ要素 2 2 1 が X Y 方向に束ねられたものとなっている。本実施形態の場合、集光レンズ群 2 1 およびレンズアレイ 2 2 の外形も四角形となっている。

[0031] 上述したように、集光レンズ 2 1 1 は本発明にいう第 1 レンズ要素の一例に相当し、本発明にいう第 1 レンズ要素は丸い外形のものであってもよいが、四角い外形の集光レンズ 2 1 1 が束ねられた集光レンズ群 2 1 によれば、

光源 10 の各発光素子 11 から発せられる光が効率よく集光されるので光の利用効率が低い。

[0032] また、レンズ要素 221 は本発明にいう第 2 レンズ要素の一例に相当し、本発明にいう第 2 レンズ要素は丸い外形のものであってもよいが、四角い外形のレンズ要素 221 が束ねられたレンズアレイ 22 によれば、光源 10 の各発光素子 11 から発せられる光が効率よく入射されて伝達されるので光の利用効率が低い。

集光レンズ群 21 の集光レンズ 211 は、図 1 に示すいわゆる単玉レンズであってもよいが、例えば 2 枚のレンズによる組み合わせレンズであってもよい。

図 4 は、組み合わせレンズの集光レンズ 211 を示す図である。

図 4 には、側面図 (A) と正面図 (B) が示されている。

[0033] 組み合わせレンズの集光レンズ 211 は、発光素子 11 側の前レンズ 212 と、レンズアレイ 22 側の後レンズ 213 との組み合わせからなる。正面図 (B) に示されているように、前レンズ 212 の外形は丸く、後レンズ 213 の外形は四角い。集光レンズ 211 が組み合わせレンズである場合には、丸い前レンズ 212 と四角い後レンズ 213 との組み合わせによって光の利用効率が向上する。前レンズ 212 は、本発明にいう前要素の一例に相当し、後レンズ 213 は、本発明にいう後要素の一例に相当する。

図 4 に示す集光レンズ 211 からなる集光レンズ群 21 が図 3 に示すレンズアレイ 22 と組み合わせられることにより、図 4 に示す集光レンズ 211 からなる集光レンズ群 21 が図 3 に示すレンズアレイ 22 と組み合わせられない場合 (後述する比較例) と比較して光の利用効率が 10% 程度向上することが期待される。

再び図 1 に戻って説明を続ける。

[0034] リレーレンズ 23 は、レンズアレイ 22 の各レンズ要素 221 から出射された光を互いに重ね合わせてオプティカルインテグレータ 30 の入射面 31 に入射させる。具体的には、レンズアレイ 22 の出射側の 1 点から出射され

た発散光束成分は、オプティカルインテグレータ 30 の入射面 31 に平行光束、あるいは平行光束に近い角度の光束として入射され、レンズアレイ 22 から出射された平行光束成分、あるいは平行光束に近い角度の成分は、オプティカルインテグレータ 30 の入射面 31 上の中央に集光される。

[0035] 本実施形態では、レンズアレイ 22 の入射面と、オプティカルインテグレータ 30 の入射面 31 とが光学的な共役関係となっていて、各発光素子 11 の配光分布に相当する照度分布を有する像が入射面 31 上で互いに重畳される。

図 5 は、発光素子 11 の配光特性を示す図である。

[0036] 図 5 には、Z 方向を 0° とした極座標が示され、発光素子 11 の配光特性が実線で表されている。図 5 に点線で示された配光特性は、光源がランバーシアン配光の場合の配光特性である。実線も点線も 0° 方向を 1 とした相対値で表示されており、点線で示されたランバーシアン配光と比較すると発光素子 11 では、大きな角度に対して光束が弱くなっている分、小さな角度でより強い光束となっている。レンズアレイ 22 の各レンズ要素 221 の入射面には配光特性に相当する光の内、レンズ要素 211 で捕捉された例えば $-50^\circ \sim +50^\circ$ の範囲の光が照射されている。レンズ要素 221 が四角い外形の場合、その入射面に照射されている光は四角形の内接円よりも広い範囲になるが、オプティカルインテグレータ 30 の入射面 31 上に重畳される光は丸に近い形状の光となり、これにより、被照射面上のマスク M に高い利用効率で光が照射されることになる。

ここで、図 1 に示す実施形態における照度分布を比較例と比較して説明する。

[0037] 比較例としては、図 1 に示すレンズアレイ 22 が無く、オプティカルインテグレータ 30 の入射面 31 上で発光素子 11 の発光面の像が重ね合わされる照明光学系が用いられる。

[0038] 図 6 は、比較例の照明光学系におけるオプティカルインテグレータ 30 の入射面 31 における照度分布を示す図であり、図 7 は、比較例の照明光学系

における開口絞り40の位置における照度分布を示す図である。

[0039] 図6および図7には、XY方向における2次元的な照度分布を示す照度分布図301,401と、照度分布図301,401の中心を通るX方向(図の横方向)の直線上における照度分布を示す照度グラフ301a,401aと、照度分布図301,401の中心を通るY方向(図の縦方向)の直線上における照度分布を示す照度グラフ301b,401bとが示されている。(以下、照度分布の図において同様。)

[0040] 図6の照度分布図301に示されるように、比較例ではオプティカルインテグレータ30の入射面31に四角い形状で光が照射される。また、照度グラフ301a,301bに示されるように、光が照射された範囲内において均一に近い照度分布となっている。

比較例における照度分布は、被照射面において光の利用効率が最も良くなるよう設計された場合の照度分布である。

オプティカルインテグレータ30の入射面31全体での合計光量は、光源10における発光量を基準とした相対値で756.2となっている。

[0041] 均一に近い照度分布の光が四角い形状でオプティカルインテグレータ30の入射面31に照射された結果、図7の照度分布図401に示されるように、丸い形状の開口絞り40によって照度分布の4隅で光が遮られる。この結果、比較例では、開口絞り40を通過する合計光量が上記相対値で507.0となる。また、図7の照度グラフ401a,401bに示されるように、開口絞り40を通過する光は上下左右方向の周辺部で照度が大きく低下する。微細なパターンに対してはこの領域の照度が低下しないよう照明範囲が広がるよう設計した方が良い。この場合は開口絞り40によって遮られる光が増加し、合計光量が上記相対値で454.1となり、光の利用効率がさらに低くなる。

[0042] 図8は、図1に示す照明光学系1におけるオプティカルインテグレータ30の入射面31における照度分布を示す図であり、図9は、図1に示す照明光学系1における開口絞り40の位置における照度分布を示す図である。

[0043] 図8の照度分布図302に示されるように、図1に示す実施形態の照明光学系1では、オプティカルインテグレータ30の入射面31に丸い形状で光が照射される。また、照度グラフ302a, 302bに示されるように、光が照射された範囲内において均一に近い照度分布となり、照射範囲の外縁では照度がやや高めとなっている。本実施形態の照明光学系1において、オプティカルインテグレータ30の入射面31全体での合計光量は、上記相対値で729.2となっている。

[0044] 均一に近い照度分布の光が丸い形状でオプティカルインテグレータ30の入射面31に照射された結果、図9の照度分布図402に示されるように、開口絞り40の開口全体を光が通過する。また、図9の照度グラフ402a, 402bに示されるように、開口絞り40を通過する光は開口の範囲で均一に近い照度分布となる。この結果、第1実施形態の照明光学系1では、開口絞り40を通過する合計光量が上記相対値で558.1となり、図6および図7に示す比較例に対し光の利用効率が低い。

次に、本実施形態の照明光学系1に対する変形例について説明する。

図10および図11は、発光素子11、集光レンズ211、およびレンズ要素221の配置に関する変形例を示す図であり、マスクM(面)での照射形状が円形である場合の例である。

[0045] 図10に示す変形例では、光源10の発光素子11が点線で示された丸い範囲内に縦横に並んで配列される。図10に示す変形例でも、集光レンズ211およびレンズ要素221は、各々が四角い外形を有し、各集光レンズ211および各レンズ要素221が、各発光素子11に対応して配備される。

図10に示す丸い配置であっても、各集光レンズ211および各レンズ要素221が四角い外形を有することで光の利用効率が向上する。

[0046] 図11に示す変形例では、光源10の発光素子11が点線で示された丸い範囲内に収まる六角形状に配置され、発光素子11の配列は、互いに60°異なる3方向の列が交わった配列となっている。また、図11に示す変形例では、集光レンズ211およびレンズ要素221は、各々が丸い外形を有し

、各集光レンズ 2 1 1 および各レンズ要素 2 2 1 が、各発光素子 1 1 に対応して配備される。尚、各集光レンズ 2 1 1 及びレンズ要素 2 2 1 は各々が六角形の外形を有していてもよい。

各集光レンズ 2 1 1 および各レンズ要素 2 2 1 が丸い外形を有する変形例では、図 3 および図 1 0 に示す配置と較べると光の利用効率が低いが、発光素子 1 1 を点線で示した丸い範囲内に多く配置できる。また開口絞り 4 0 面でフラットな照度分布になるため図 6、図 7 の比較例で開口絞り 4 0 の面で周辺までフラットな照度分布になるようにオプティカルインテグレータ 3 0 の入射面で照射範囲を広く設計した場合と比較すると光の利用効率が高くなる。

図 1 2 は、レンズアレイ 2 2 の構造が異なる変形例を示す図である。

[0047] 図 1 2 に示す変形例の照明光学系 2 では、レンズアレイ 2 2 の各レンズ要素 2 2 1 が第 1 レンズ 2 2 2 と第 2 レンズ 2 2 3 とで構成されている。即ち、レンズアレイ 2 2 が、第 1 レンズ 2 2 2 のレンズアレイと第 2 レンズ 2 2 3 のレンズアレイとの一対で構成されている。レンズアレイ 2 2 が一対のレンズアレイで構成されることでレンズアレイ 2 2 の軽量化が図られる。第 1 レンズ 2 2 2 と第 2 レンズ 2 2 3 との対で構成されたレンズ要素 2 2 1 も、本発明にいう第 2 レンズ要素の一例に相当する。

図 1 3 は、リレー光学系 2 0 とオプティカルインテグレータ 3 0 との距離が異なる変形例を示す図である。

[0048] 図 1 3 に示す変形例の照明光学系 3 では、光源 1 0 およびリレー光学系 2 0 の構造と、オプティカルインテグレータ 3 0 からコンデンサレンズ 5 0 に至る構造は、図 1 に示す照明光学系 1 と同様であるが、リレー光学系 2 0 からオプティカルインテグレータ 3 0 の入射面 3 1 に至る距離が変形例の照明光学系 3 と図 1 に示す照明光学系 1 とでは異なっている。具体的には、図 1 に示す照明光学系 1 での距離に対し、図 1 3 に示す変形例の照明光学系 3 での距離は短くなっている。この結果、リレー光学系 2 0 のリレーレンズ 2 3 によって像が重ね合わされる重畳面 P に対してリレーレンズ 2 3 側に近い面

で光がオプティカルインテグレータ 30 の入射面 31 に入射することになる。これにより、重畳面 P とは異なる面で照射光がオプティカルインテグレータ 30 に入射するが、結果として光の利用効率は重畳面 P で入射した場合と殆ど変わらない。

[0049] 図 14 は、図 13 に示す照明光学系 3 におけるオプティカルインテグレータ 30 の入射面 31 における照度分布を示す図であり、図 15 は、図 13 に示す照明光学系 3 における開口絞り 40 の位置における照度分布を示す図である。

[0050] 図 14 の照度分布図 303 に示されるように、図 13 に示す変形例の照明光学系 3 でも、オプティカルインテグレータ 30 の入射面 31 に丸い形状で光が照射される。また、照度グラフ 303 a, 303 b に示されるように、光が照射された範囲内において均一に近い照度分布となっている。照度分布の均一性は、図 13 に示す照明光学系 3 の方が、図 1 に示す照明光学系 1 よりも良く、図 13 に示す照明光学系 3 において、オプティカルインテグレータ 30 の入射面 31 全体での合計光量は、上記相対値で 729.1 となっている。

[0051] 均一性の良い照度分布の光が丸い形状でオプティカルインテグレータ 30 の入射面 31 に照射された結果、図 15 の照度分布図 403 に示されるように、開口絞り 40 の開口全体を光が通過する。また、図 15 の照度グラフ 403 a, 403 b に示されるように、開口絞り 40 を通過する光は開口の範囲で更に均一に近い照度分布となる。この結果、図 13 に示す照明光学系 3 では、開口絞り 40 を通過する合計光量が上記相対値で 563.5 となり、光の利用効率は、図 1 の照明光学系 1 に示したオプティカルインテグレータ 30 の入射面を重畳面 P に配置した場合と殆ど変わらないが、照度を落とさず開口絞り 40 の面で周辺まで均一な照度分布にできるため、より微細なパターンの露光に適しており図 6、図 7 で示した比較例や図 8、図 9 の例に対して優位性がある。また、重畳面 P にオプティカルインテグレータ 30 の入射面を配置した場合と照度が殆ど変わらないということは重畳面 P に対してリ

レーンズ 2 3 からの距離が遠くなるようオプティカルインテグレータ 3 0 の入射面を配置してもかまわない。

[0052] なお、上記では照明光学系がパターン露光の露光装置に適用される例が示されているが、本発明の照明光学系は、露光対象を均一に全面露光する露光装置に適用されてもよいし、露光以外の照明に適用されてもよい。

符号の説明

[0053] 1, 2, 3…照明光学系、1 0…光源、1 1…発光素子、2 0…リレー光学系、
、
2 1…集光レンズ群、2 1 1…集光レンズ、2 1 2…前レンズ、2 1 3…後
レンズ
2 2…レンズアレイ、2 2 1…レンズ要素、2 3…リレーレンズ、
3 0…オプティカルインテグレータ、3 1…入射面、3 2…波面分割要素、
3 3…出射面
4 0…開口絞り、5 0…コンデンサレンズ、1 0 0…露光装置、
1 1 0…マスクステージ、1 2 0…投影光学系、1 3 0…ワークステージ

請求の範囲

- [請求項1] 各々が発光面から光を発する複数の発光素子が、当該発光面の広がる方向に互いに並んでいる光源と、
前記発光素子が発した光の配光分布を照度分布に変換すると共に、前記複数の発光素子に対応した複数の当該照度分布を重畳面上で互いに重ね合わせるリレー光学系と、
前記リレー光学系による照射光を波面分割して複数の光束として伝達する複数の波面分割要素が互いに並列的に配置されたオプティカルインテグレータと、
前記複数の光束を被照射面で重畳させるコンデンサ光学系と、
を備えたことを特徴とする照明光学系。
- [請求項2] 前記リレー光学系が、
前記複数の発光素子に対応した複数の第1レンズ要素を有し、各第1レンズが各発光素子からの光を集光する集光レンズ群と、
前記複数の第1レンズ要素に対応した複数の第2レンズ要素を有し、各発光素子からの光の配光分布に相当する照度分布の照射光が各第1レンズにより各第2レンズ要素の入射面に照射されるレンズアレイと、
前記レンズアレイの各第2レンズ要素の出射面と光学的に協働して、各第2レンズ要素の入射面に照射された各照射光を前記重畳面上に導いて互いに重ね合わせるリレーレンズと、
を備えたことを特徴とする請求項1に記載の照明光学系。
- [請求項3] 前記リレーレンズから前記オプティカルインテグレータの入射面までの距離は、当該リレーレンズから前記重畳面までの距離よりも短いことを特徴とする請求項2に記載の照明光学系。
- [請求項4] 前記レンズアレイは、前記複数の第2レンズ要素のそれぞれが、光軸に沿った方向に見て四角形の外形を有し、当該複数の第2レンズ要素が束ねられたことを特徴とする請求項2または3に記載の照明光学

系。

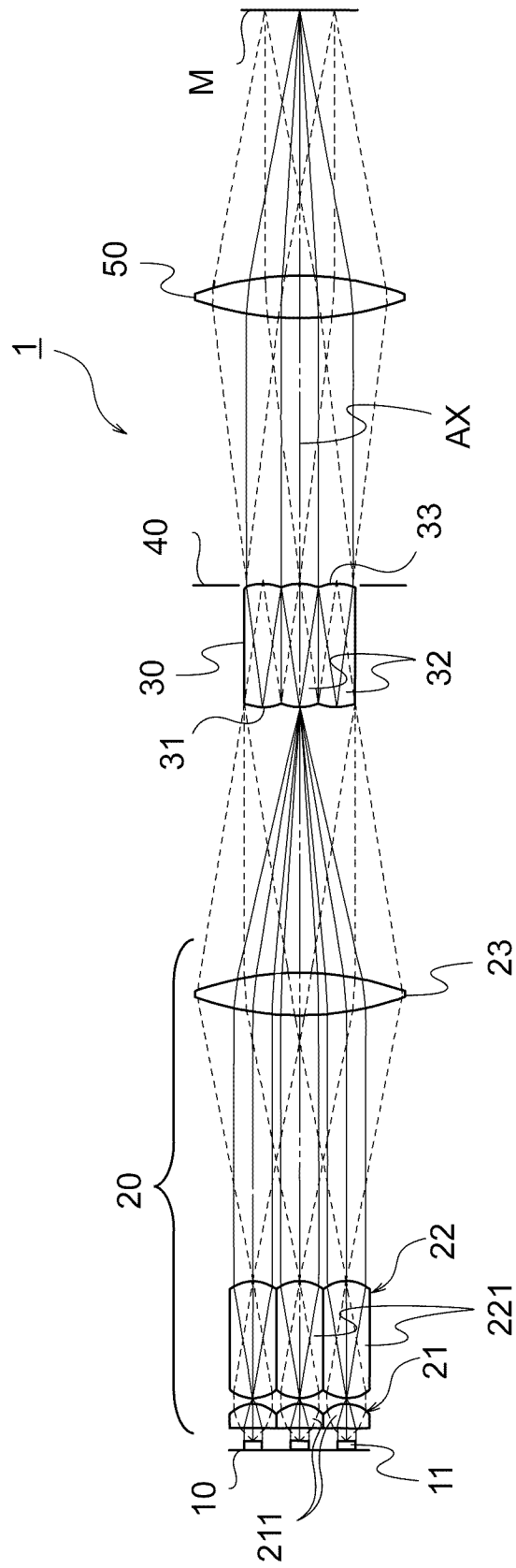
[請求項5] 前記集光レンズ群は、前記複数の第1レンズ要素のそれぞれの出射側が、光軸に沿った方向に見て四角形の外形を有し、当該複数の第1レンズ要素が束ねられたことを特徴とする請求項2または3に記載の照明光学系。

[請求項6] 前記集光レンズ群は、前記複数の第1レンズ要素のそれぞれが、前記発光素子側に位置する前要素と前記レンズアレイ側に位置する後要素とを有し、当該前要素は光軸に沿った方向に見て丸い外形を有し、当該後要素は光軸に沿った方向に見て四角形の外形を有することを特徴とする請求項5に記載の照明光学系。

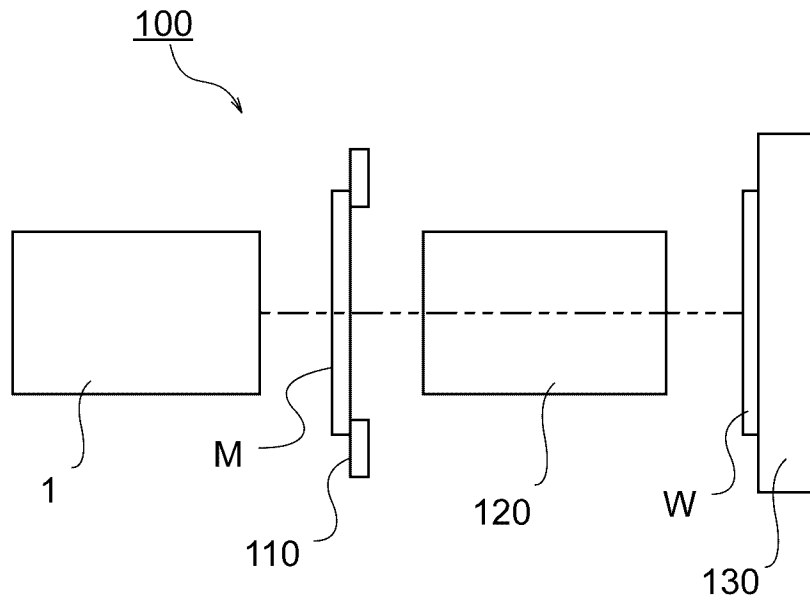
[請求項7] 請求項1または2に記載の照明光学系で前記被照射面に配置されたパターンを照射して、当該パターンを露光対象物に露光することを特徴とする露光装置。

[請求項8] 前記照明光学系によって照射された前記パターンの像を前記露光対象物に投影する投影光学系を備えたことを特徴とする請求項7に記載の露光装置。

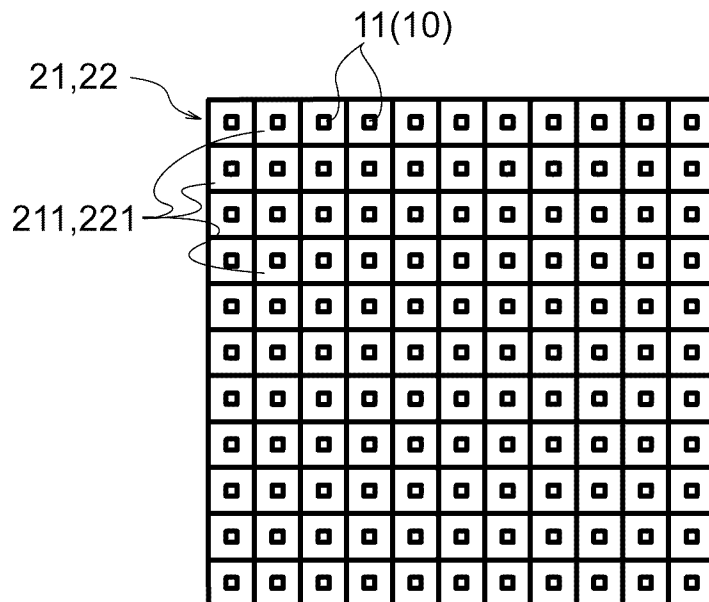
[図1]



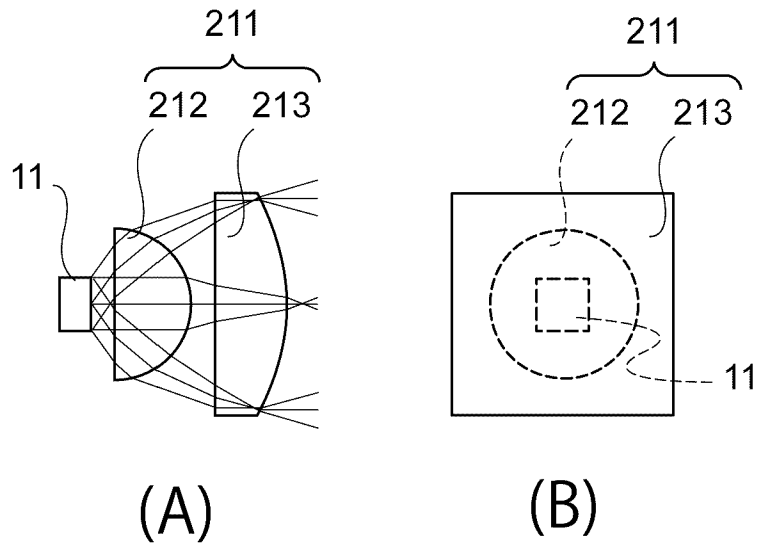
[図2]



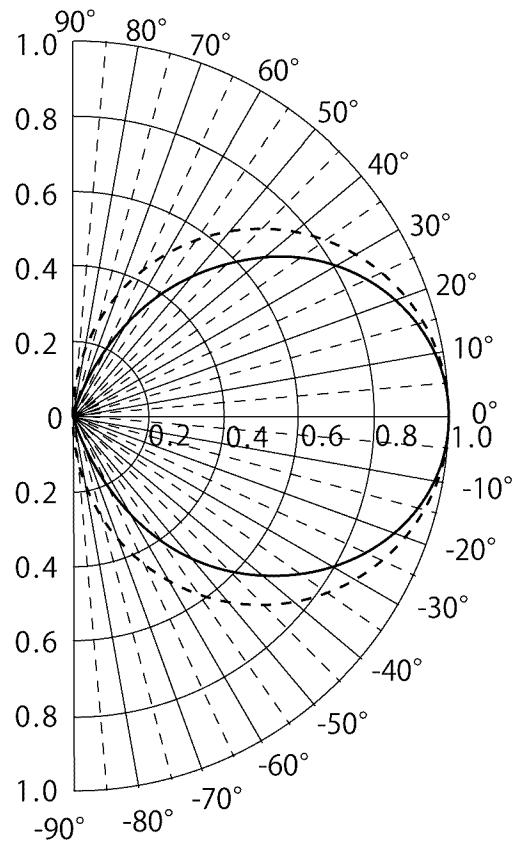
[図3]



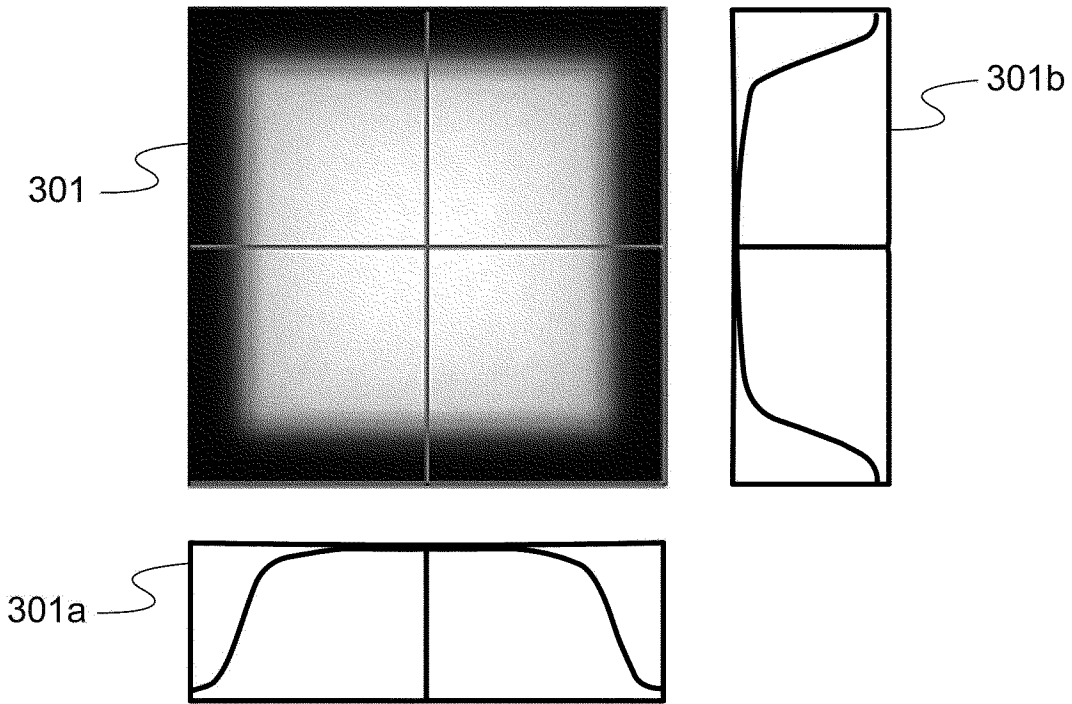
[図4]



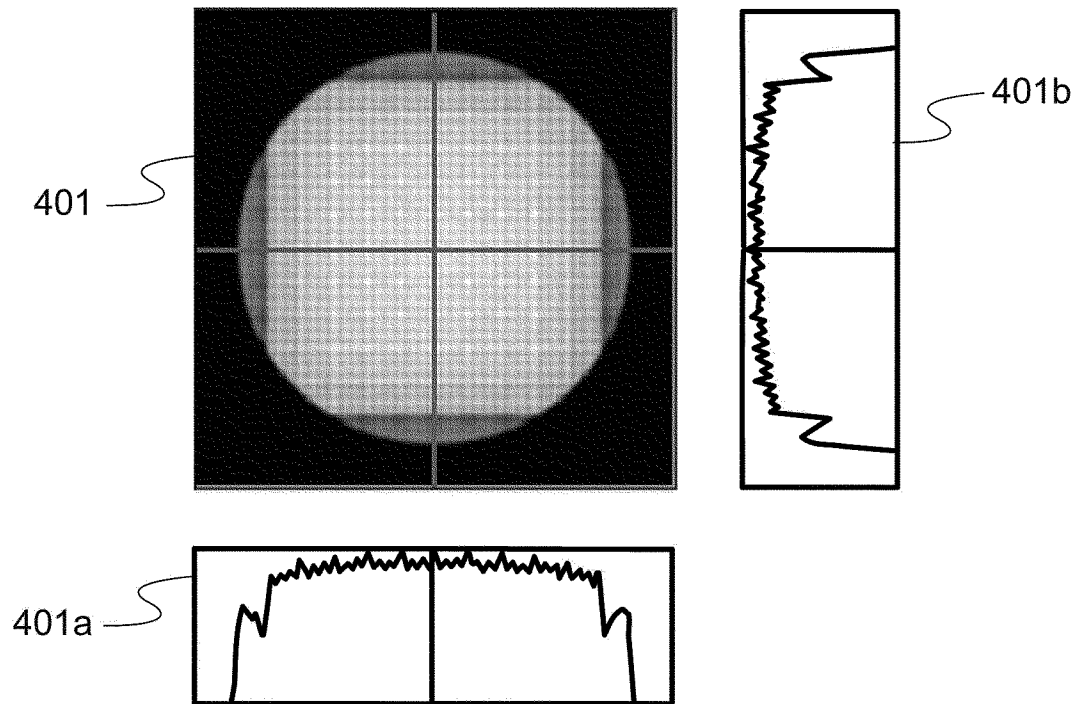
[図5]



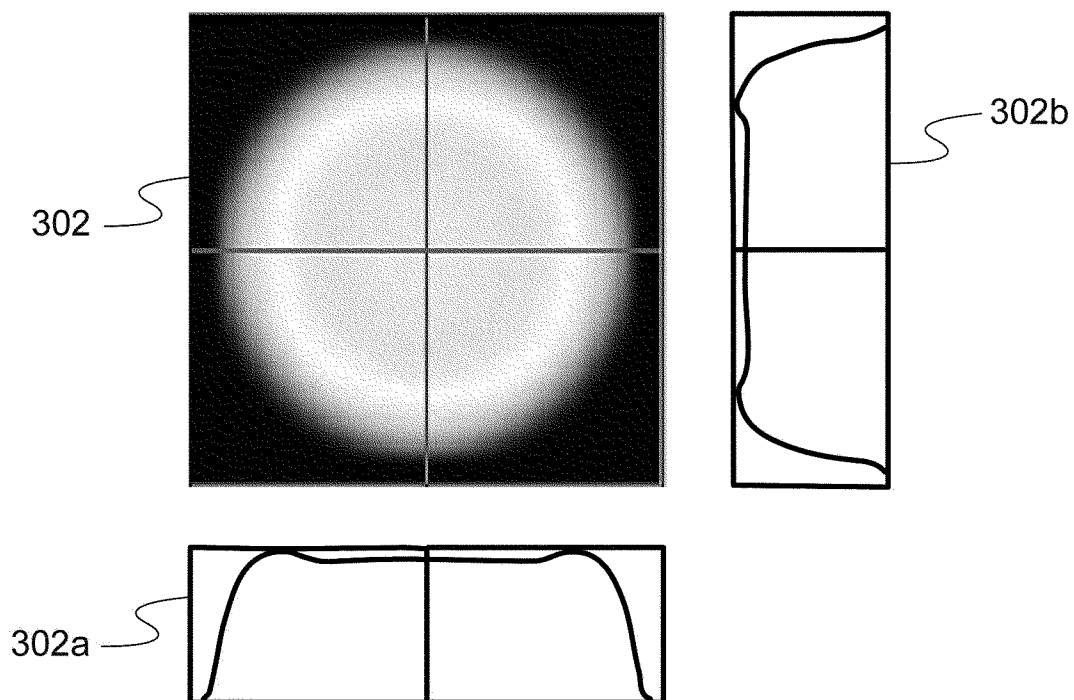
[図6]



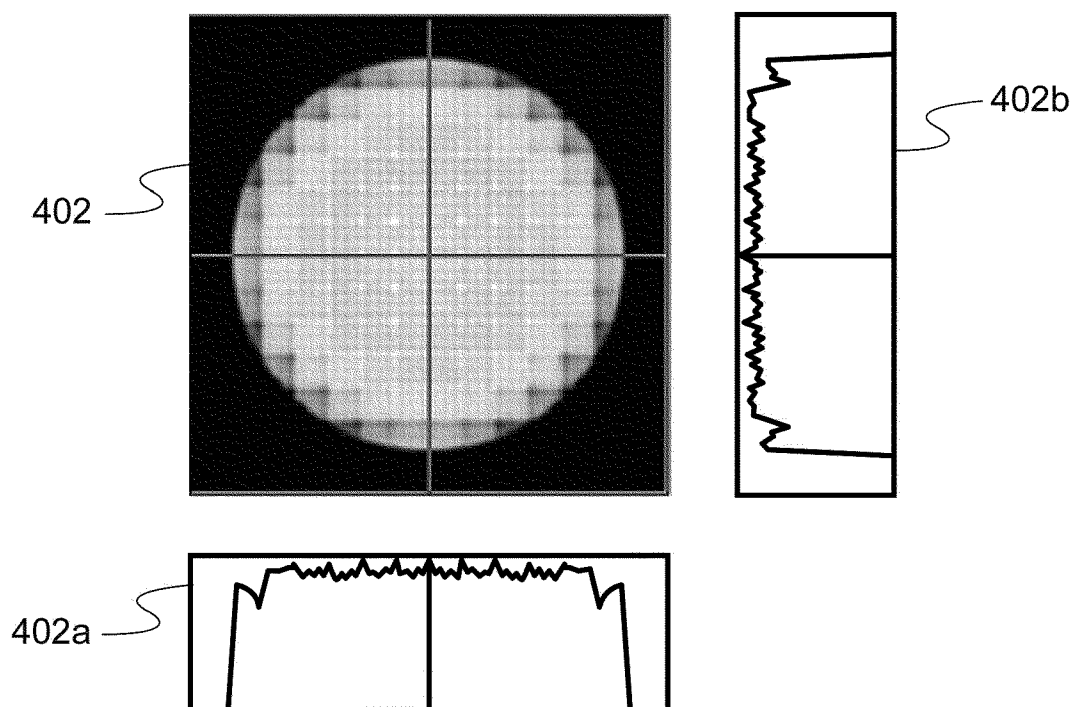
[図7]



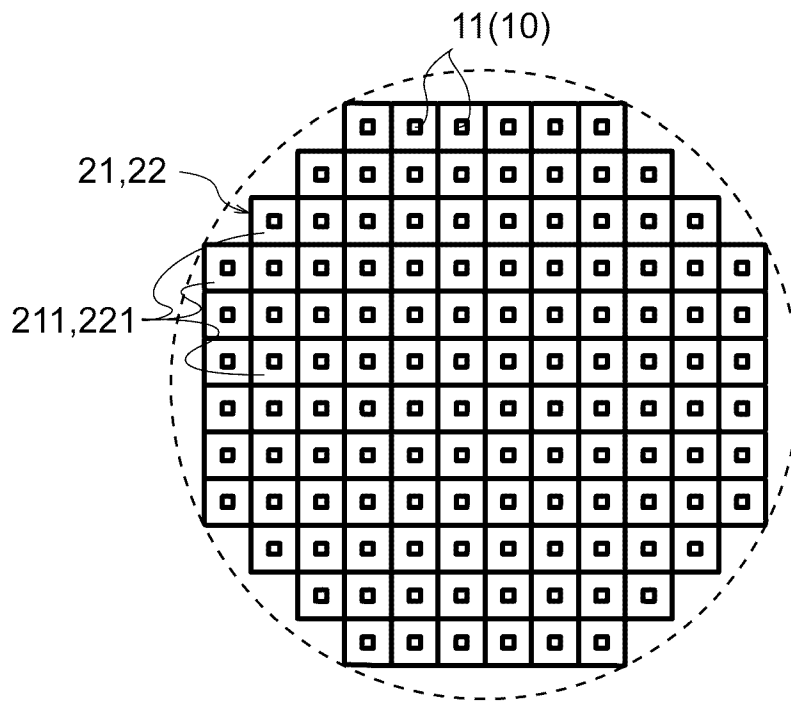
[図8]



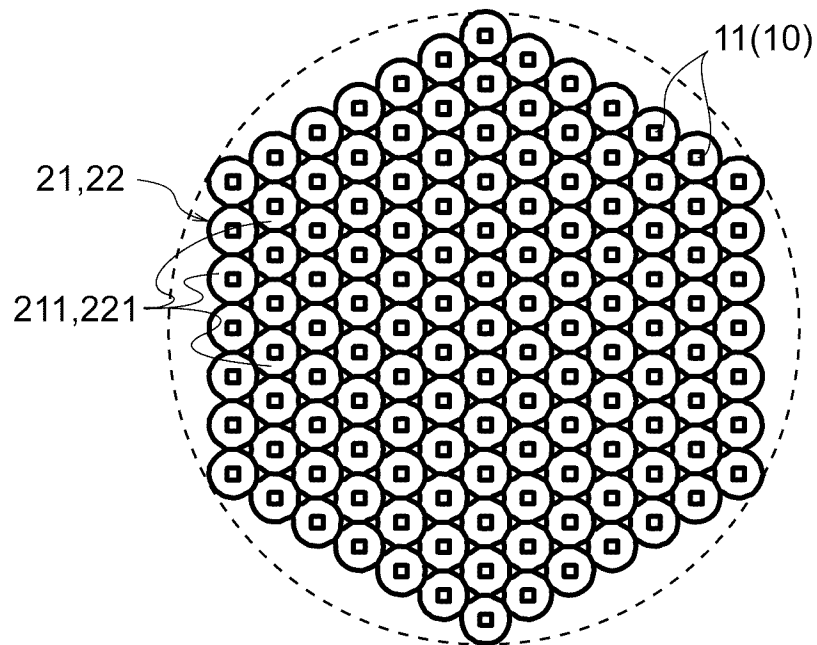
[図9]



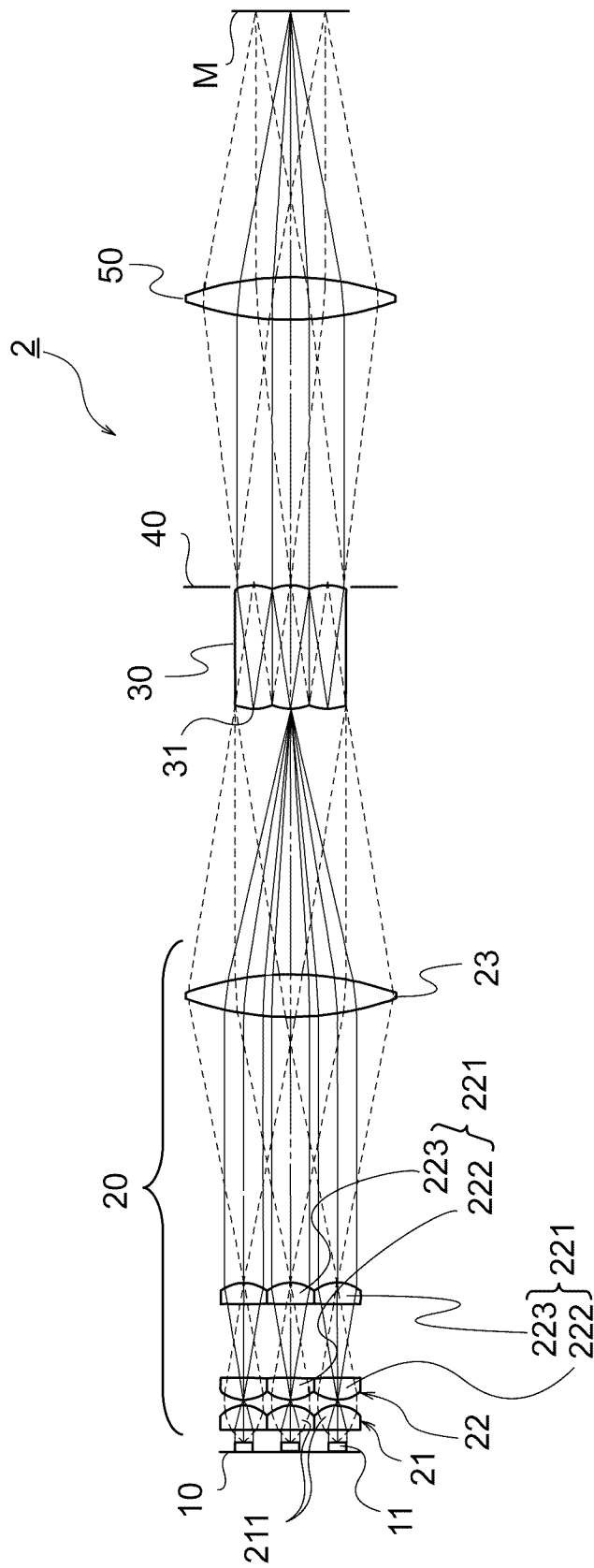
[図10]



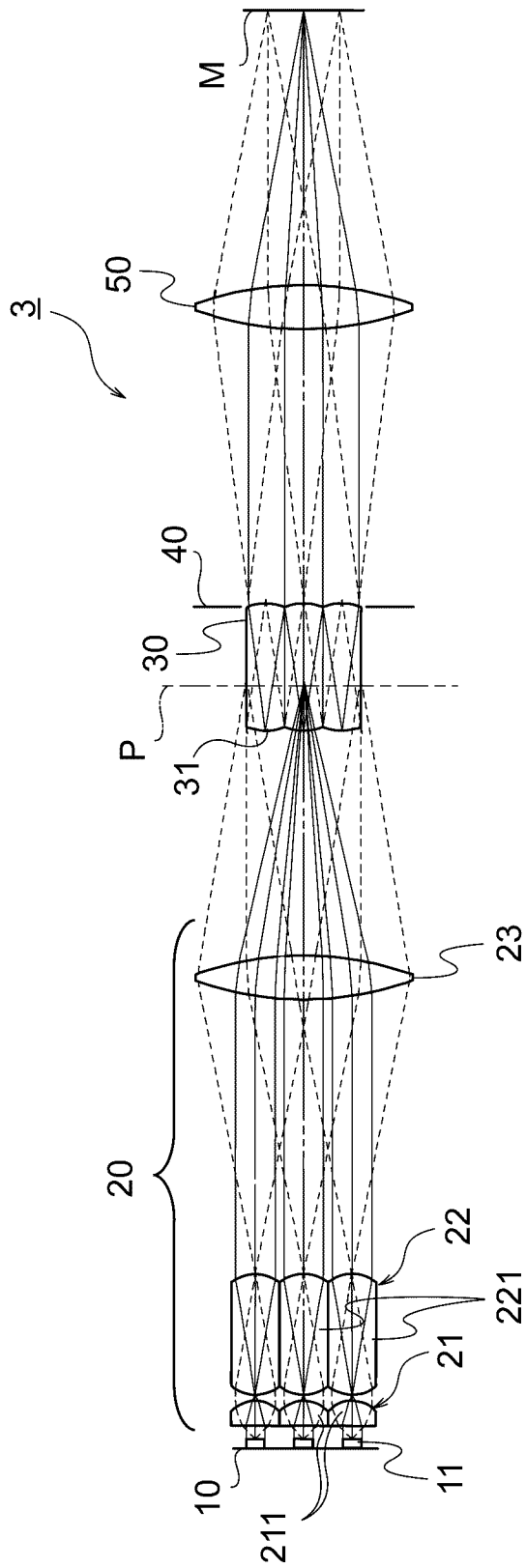
[図11]



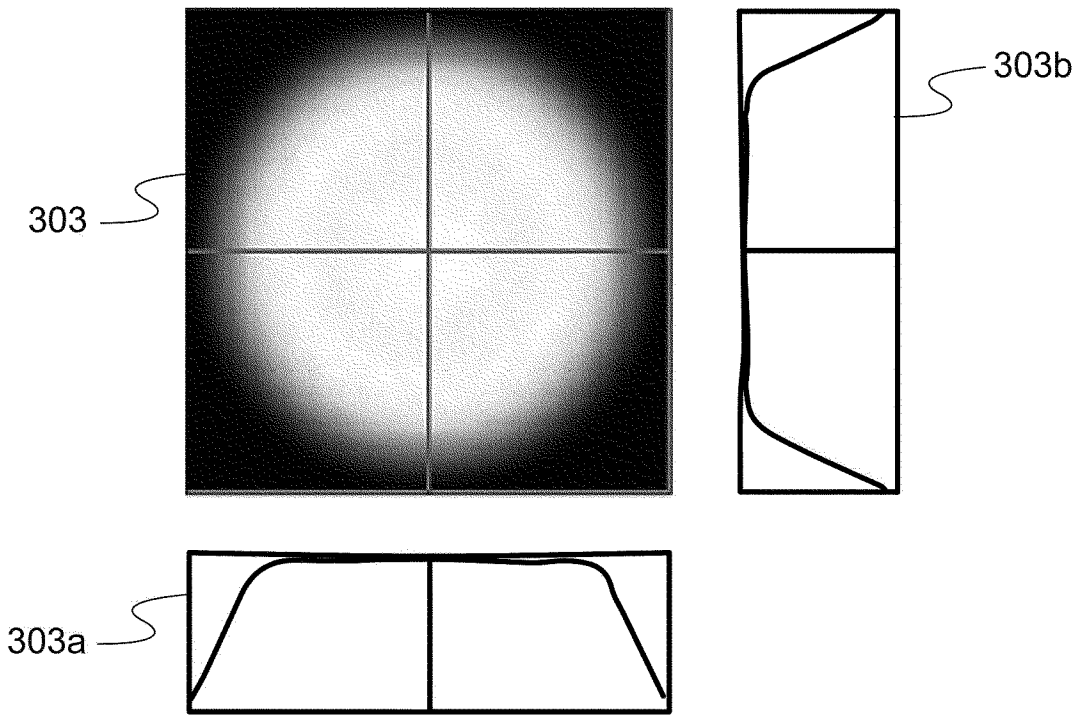
[図12]



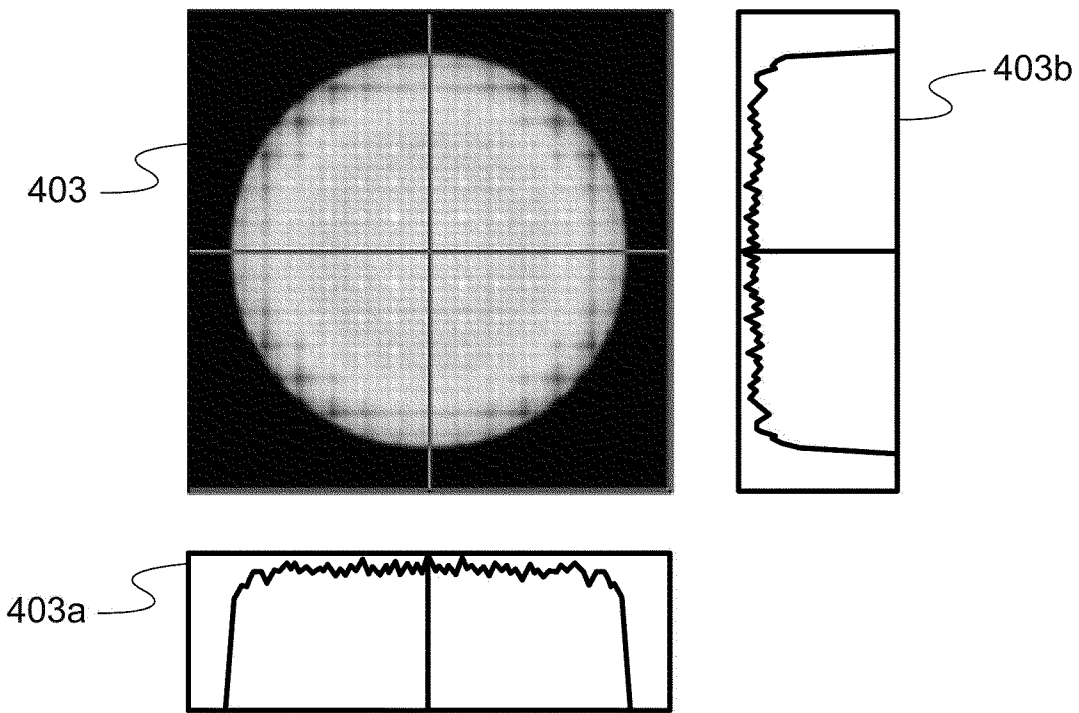
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/013874

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G02B 19/00</i> (2006.01)i; <i>G03F 7/20</i> (2006.01)i; <i>F21Y 115/00</i> (2016.01)n; <i>F21V 5/00</i> (2018.01)i; <i>F21V 5/02</i> (2006.01)i FI: G03F7/20 501; F21V5/00 300; F21V5/02; G02B19/00; G03F7/20 521; F21Y115:00		
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) G02B3/00; G02B19/00; G03F7/20; F21Y115/00; F21V5/00; F21V5/02		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
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	JP 2020-122921 A (CANON KK) 13 August 2020 (2020-08-13) paragraphs [0015]-[0016], [0021]-[0026], [0035], [0041], fig. 1, 3-5, 10, 13	1-2, 7-8
Y		3-5
A		6
Y	JP 2016-188878 A (NIKON CORP) 04 November 2016 (2016-11-04) paragraphs [0054]-[0055]	3-5
Y	JP 2001-147305 A (SEIKO EPSON CORP) 29 May 2001 (2001-05-29) paragraphs [0035]-[0044]	4-5
Y	JP 2003-107400 A (RICOH CO LTD) 09 April 2003 (2003-04-09) paragraph [0099]	4-5
A	JP 2007-025613 A (SANEE GIKEN KK) 01 February 2007 (2007-02-01) paragraphs [0028]-[0029], fig. 9	1-8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 18 May 2022		Date of mailing of the international search report 31 May 2022
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/JP2022/013874

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2020-122921	A	13 August 2020	US 2020/0248890 A1 paragraphs [0026]-[0027], [0032]-[0037], [0046], [0052], fig. 1, 3-5, 10, 13	
				KR 10-2020-0095371	A
				CN 111503533	A
				TW 202043928	A
JP	2016-188878	A	04 November 2016	(Family: none)	
JP	2001-147305	A	29 May 2001	(Family: none)	
JP	2003-107400	A	09 April 2003	(Family: none)	
JP	2007-025613	A	01 February 2007	KR 10-2006-0050911	A
				TW 200619862	A
				CN 1743960	A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 19/00(2006.01)i; G03F 7/20(2006.01)i; F21Y 115/00(2016.01)n; F21V 5/00(2018.01)i; F21V 5/02(2006.01)i FI: G03F7/20 501; F21V5/00 300; F21V5/02; G02B19/00; G03F7/20 521; F21Y115:00		
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）） G02B3/00; G02B19/00; G03F7/20; F21Y115/00; F21V5/00; F21V5/02 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 - 2022年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2022年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2022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 A	JP 2020-122921 A（キヤノン株式会社）13.08.2020（2020 - 08 - 13） 段落[0015]-[0016], [0021]-[0026], [0035], [0041], 図1, 3-5, 10, 13	1-2, 7-8 3-5 6
Y	JP 2016-188878 A（株式会社ニコン）04.11.2016（2016 - 11 - 04） 段落[0054]-[0055]	3-5
Y	JP 2001-147305 A（セイコーエプソン株式会社）29.05.2001（2001 - 05 - 29） 段落[0035]-[0044]	4-5
Y	JP 2003-107400 A（株式会社リコー）09.04.2003（2003 - 04 - 09） 段落[0099]	4-5
A	JP 2007-025613 A（サンエー技研株式会社）01.02.2007（2007 - 02 - 01） 段落[0028]-[0029], 図9	1-8
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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抵触するものではなく、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 18.05.2022		国際調査報告の発送日 31.05.2022
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 菅原 拓路 2G 4780 電話番号 03-3581-1101 内線 3226

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/013874

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2020-122921 A	13.08.2020	US 2020/0248890 A1 段落[0026]-[0027], [0032]- [0037], [0046], [0052], 図 1, 3-5, 10, 13 KR 10-2020-0095371 A CN 111503533 A TW 202043928 A	
JP 2016-188878 A	04.11.2016	(ファミリーなし)	
JP 2001-147305 A	29.05.2001	(ファミリーなし)	
JP 2003-107400 A	09.04.2003	(ファミリーなし)	
JP 2007-025613 A	01.02.2007	KR 10-2006-0050911 A TW 200619862 A CN 1743960 A	