

(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9月28日(28.09.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/163435 A1

- (51) 国際特許分類:
H04N 5/369 (2011.01) *H01L 27/146* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/059773
- (22) 国際出願日: 2016年3月25日(25.03.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 中山 智史(Nakayama Satoshi); 〒1086290
東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニ
コン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 龍華国際特許業務法人(RYUKA IP LAW
FIRM); 〒1631522 東京都新宿区西新宿1-6-
1 新宿エルタワー22階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,

CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH,
PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

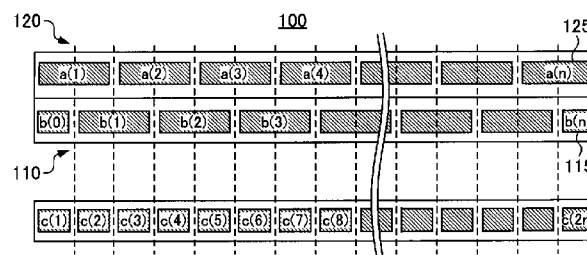
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ロピア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,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

(54) 発明の名称: 受光素子アレイおよびライトフィールド記録装置



(57) Abstract: This light-receiving element array is provided with: a first substrate that has a plurality of light-receiving elements arranged periodically and two-dimensionally; and a second substrate having a plurality of light-receiving elements that are arranged periodically and two-dimensionally, that are stacked on a light incident side with respect to the first substrate, and that have sensitivity in a wavelength band in common with at least one portion of a wavelength band in which the light-receiving elements of the first substrate have sensitivity. The arrangement of the light-receiving elements in the first substrate and the arrangement of the light-receiving elements in the second substrate are shifted from each other in the arranging direction of the light-receiving elements, and each of the light-receiving elements in the first substrate receives light transmitted through one of the light-receiving elements in the second substrate.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2017/163435 A1



受光素子アレイであって、周期的且つ二次元的に配列された複数の受光素子を有する第1基板と、第1基板に対して光の入射側に積層され、前記第1基板の受光素子が感度を有する波長帯域の少なくとも一部と共通する波長帯域に感度を有し、周期的且つ二次元的に配列された複数の受光素子を有する第2基板とを備え、第1基板における複数の受光素子の配置が、第2基板における複数の受光素子の配置に対して、複数の受光素子が配列された方向について互いにずれており、第1基板における複数の受光素子の各々は、第2基板における複数の受光素子のいずれかを透過した光を受光する。

明 細 書

発明の名称： 受光素子アレイおよびライトフィールド記録装置

技術分野

[0001] 本発明は、受光素子アレイおよびライトフィールド記録装置に関する。

背景技術

[0002] アレイを形成するマイクロレンズのひとつひとつに複数の受光素子を割り当てたイメージセンサを用いて、被写界のライトフィールドを記録する装置がある（例えば、特許文献1参照）。

特許文献1 特開2015-186189号公報

[0003] 受光素子の寸法により、個々のマイクロレンズに割り当てることができる受光素子の数には限りがある。このため、マイクロレンズ毎に記録できるライトフィールドの解像度も制約される。

発明の概要

[0004] 本発明の第1の態様においては、周期的且つ二次元的に配列された複数の受光素子を有する第1基板と、第1基板に対して光の入射側に積層され、第1基板の受光素子が感度を有する波長帯域の少なくとも一部と共通する波長帯域に感度を有し、周期的且つ二次元的に配列された複数の受光素子を有する第2基板とを備え、第1基板における複数の受光素子の配置が、第2基板における複数の受光素子の配置に対して、第1基板に複数の受光素子が配列された二次元方向のいずれかまたは両方の方向について互いにずれており、第1基板における複数の受光素子の各々は、第2基板における複数の受光素子のいずれかを透過した光を受光する受光素子アレイが提供される。

[0005] また、本発明の第2の態様においては、上記の受光素子アレイと、第2基板に対して光の入射側に配置され、上記第2基板の複数の受光素子のうちの2以上の受光素子毎に周期的に設けられた複数のマイクロレンズを有するマイクロレンズアレイとを備えるライトフィールド記録装置が提供される。

[0006] 上記の発明の概要は、本発明の特徴の全てを列挙したものではない。これ

ら特徴群のサブコンビネーションもまた発明となり得る。

図面の簡単な説明

- [0007] [図1]受光素子アレイ 1 0 0 の模式的断面図である。
- [図2]受光素子アレイ 1 0 0 の等価回路を部分的に示す図である。
- [図3]受光素子 1 1 5、1 2 5 の配置を示す模式図である。
- [図4]受光素子アレイ 1 0 0 の解像度を説明する図である。
- [図5]ライトフィールド記録装置 5 0 0 のブロック図である。
- [図6]ライトフィールド記録装置 5 0 0 の動作を説明する図である。
- [図7]ライトフィールド記録装置 5 0 0 の動作を説明する図である。
- [図8]受光素子アレイ 1 0 1 の模式的断面図である。
- [図9]受光素子アレイの製造過程を段階毎に示す模式的断面図である。
- [図10]受光素子アレイの製造過程を段階毎に示す模式的断面図である。
- [図11]受光素子アレイの製造過程を段階毎に示す模式的断面図である。
- [図12]受光素子アレイの製造過程を段階毎に示す模式的断面図である。
- [図13]受光素子アレイの製造過程を段階毎に示す模式的断面図である。
- [図14]受光素子アレイの製造過程を段階毎に示す模式的断面図である。
- [図15]受光素子アレイの製造過程を段階毎に示す模式的断面図である。
- [図16]受光素子アレイの製造過程を段階毎に示す模式的断面図である。
- [図17]受光素子アレイの製造過程を段階毎に示す模式的断面図である。
- [図18]受光素子 1 1 5、1 2 5 の配置を示す図である。
- [図19]受光素子アレイ 1 0 3 の模式的断面図である。
- [図20]受光素子アレイ 1 0 4 の模式的断面図である。
- [図21]受光素子アレイ 1 0 5 の模式的断面図である。

発明を実施するための形態

- [0008] 以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は特許請求の範囲にかかる発明を限定するものではない。また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

- [0009] 図1は、受光素子アレイ100の模式的断面図である。受光素子アレイ100は、互いに積層された第1基板110、第2基板120、およびマイクロレンズ130を備える。
- [0010] 第1基板110は、図中下側に位置し、順次積み重なった支持基板114、配線層112、および受光層111を有する。支持基板114は、例えばシリコンウエハにより形成してもよい。
- [0011] 第1基板110において、配線層112は支持基板114の直上に配されて、受光層111は配線層112に沿って配される。受光層111は、配線層112の表面に沿って二次元的且つ周期的に配列された複数の受光素子115を含む。受光素子115は、例えば、フォトダイオードであってもよい。
- [0012] 第2基板120は、第1基板110の図中上側に重ねて配され、第1基板110側から順次積層された、受光層121および配線層122を有する。第2基板120自体には支持層がなく、第1基板110に沿って配される。
- [0013] 第2基板120において、受光層121は、配線層122の図中下側の表面に沿って二次元的且つ周期的に配列された複数の受光素子125を有する。受光素子125は、第1基板110の受光層111における受光素子115と同じものを用いることができ、例えばフォトダイオードであってもよい。
- [0014] また、第2基板120において、配線層122は、受光層121に沿って配されるが、配線層122に含まれる配線は、受光素子125の直上を避けてパターンニングされる。これにより、第1基板110の受光層111が受光感度を有する波長帯域と、第2基板120の受光層121が受光感度を有する帯域とは、少なくとも一部が共通しており、それぞれの受光層が共通して感度を有する波長帯域の光を受光する。よって、受光素子125の各々は外部からの入射光を効率よく受光できる。このように、第2基板120は、受光素子125に光が入射する側と同じ側に配線層122を有する表面照射型の受光層121を形成する。なお、第1基板110の受光層111と第2基

板 1 2 0 の受光層 1 2 1 とは、互いに異なる波長帯域の光も受光してもよい。この場合、受光層 1 1 1 と受光層 1 2 1 は、それぞれの波長帯域に受光感度を有する材料を用いて形成される。

[0015] なお、配線層 1 2 2 は、信号を導通させる配線自体に加えて、配線を相互に分離する分離層 1 2 7 を含む。図示の例における分離層 1 2 7 は、配線層 1 2 2 の図中上面にあたる表面を平坦化する目的で受光素子 1 2 5 の図中上方に配され、入射光を透過させる透明な樹脂等により分離層 1 2 7 を形成する。以降の説明においては、配線層 1 2 2 と分離層 1 2 7 とを合わせて配線層 1 2 2 と記載する場合がある。

[0016] マイクロレンズ 1 3 0 は、受光素子アレイ 1 0 0 の図中最上層に配される。マイクロレンズ 1 3 0 は、受光素子アレイ 1 0 0 の面方向について、個々の受光素子 1 2 5 の受光面よりも大きい。換言すれば、ひとつのマイクロレンズ 1 3 0 を通過した入射光は、受光層 1 2 1 において複数の受光素子 1 2 5 に受光される。なお、第 1 基板 1 1 0 の受光素子 1 1 5 は、第 2 基板 1 2 0 の受光素子 1 2 5 に入射し、受光素子 1 2 5 において吸収されなかった成分を受光する。

[0017] また、受光素子アレイ 1 0 0 において、第 1 基板 1 1 0 の受光素子 1 1 5 の配置と、第 2 基板 1 2 0 の受光素子 1 2 5 の配置とは、受光素子 1 1 5、1 2 5 の配列方向について互いにずれている。このため、第 1 基板 1 1 0 の受光素子 1 1 5 と第 2 基板 1 2 0 の受光素子 1 2 5 とは、互いに異なる位置で入射光を受光する。

[0018] 更に、図中の受光素子アレイ 1 0 0 の右側に点線で示すように、図示の受光素子アレイ 1 0 0 は、更に、二次元的且つ周期的に配される。これにより、受光素子アレイ 1 0 0 は、被写界全体のライトフィールドを取得できる。一方、図中の受光素子アレイ 1 0 0 の左側に示すように、受光素子アレイ 1 0 0 の側縁部においては、第 1 基板 1 1 0 および第 2 基板 1 2 0 のいずれかにおいて、受光面積が小さい受光素子 1 1 5、1 2 5 が配される場合がある。

[0019] 図2は、受光素子アレイ100における第1基板110および第2基板120の等価回路の一例を部分的に示す図である。図中、点線で囲った領域Aは、多数の画素を含む受光素子アレイ100において、繰り返しの単位となる回路を示す。

[0020] 領域Aには、各々が複数のフォトダイオードPD1～4および転送トランジスタTX1～4と、各々が単一のリセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMIおよび選択トランジスタSELが配される。転送トランジスタ1～4の各々は、フォトダイオード1～4に個別に対応している。これにより、4つのフォトダイオード1～4における光電変換で発生した電気信号を、個別に出力することができる。このように、受光素子アレイ100における第1基板110および第2基板120の各々には、受光素子115、125と共に、読出回路が個別に設けられる。

[0021] なお、図示の例では、画素のサイズを補う目的で複数のフォトダイオードPD1～4によりひとつの画素を形成している。しかしながら、受光素子アレイ100の構造が図示の構造に限られないことはもちろんである。

[0022] 図3は、受光素子アレイ100における素子の配置を模式的に示す図である。図3において、実線で描かれているのは、第2基板120における受光素子125およびトランジスタであり、点線で描かれているのは、第1基板110における受光素子115である。なお、図2では、リセットトランジスタRST、増幅トランジスタAMIおよび選択トランジスタSELが複数のフォトダイオードPD1～4に共有して配される例を示しているが、図3では、これらがそれぞれのフォトダイオードPD1～4に対応して個別に配される例を示す。図示のように、第1基板110の受光素子115と、第2基板120の受光素子125とは、図中に矢印で示す行方向にずれて配置されている。

[0023] これにより、第1基板110における受光素子115のひとつに着目すると、当該受光素子115は、第2基板120において隣接する2つの受光素子125のそれぞれの一部と重なっている。よって、第1基板110の受光

素子 1 1 5 の各々は、2つの受光素子 1 2 5 の各々の一部を透過した光を受光する。

[0024] また、受光素子アレイ 1 0 0 における受光素子 1 1 5、1 2 5 の配列平面においては、リセットトランジスタ R S T、増幅トランジスタ A M I、および選択トランジスタ S E L が、画素毎に行方向に配列される。このため、画素の寸法を行方向に短縮することは難しい。これに対して、列方向については、画素毎に転送トランジスタのみが配置されているので、画素の寸法を小さくすることができる。

[0025] そこで、受光素子アレイ 1 0 0 においては、列方向については画素の寸法を短縮して解像度を向上させる。また、行方向については、配列がずれた 2 層の受光素子 1 1 5、1 2 5 を配置して解像度を向上させた。こうして、行方向および列方向の両方について解像度が高い受光素子アレイ 1 0 0 を形成できる。

[0026] 図 4 は、受光素子アレイ 1 0 0 の解像度を説明する図である。図 4 には、図 3 に示した受光素子アレイ 1 0 0 における受光素子 1 1 5、1 2 5 の配置が、図 3 に示した A - A 断面において模式的に示されている。

[0027] 受光素子アレイ 1 0 0 においては、互いに積層された受光層 1 1 1、1 2 1 において、受光素子 1 1 5、1 2 5 の配列がずれている。ここで、第 2 基板 1 2 0 において図中左端に位置して信号 a (1) を出力する受光素子 1 2 5 に着目すると、この受光素子 1 2 5 には、第 1 基板 1 1 0 において左端に位置して信号 b (0) を出力する受光素子 1 1 5 に重なる領域と、当該受光素子 1 1 5 に隣接して信号 b (1) を出力する他の受光素子 1 1 5 に重なる領域とが含まれる。

[0028] 一方、第 1 基板 1 1 0 において信号 b (1) を出力する受光素子 1 1 5 に着目すると、この受光素子 1 1 5 には、第 2 基板 1 2 0 において左端に位置して信号 a (1) を出力する受光素子 1 2 5 に重なる領域と、当該受光素子 1 2 5 に隣接して信号 a (2) を出力する他の受光素子 1 2 5 に重なる領域とが含まれる。このように、受光素子アレイ 1 0 0 においては、第 1 基板 1

10および第2基板120における受光素子115、125の出力を合わせると、受光素子115、125の配列ピッチの半分の周期で受光条件が変化する。

[0029] そこで、下記の式に示すように、第1基板110の受光素子115の出力「 $a(1)$ 、 $a(2)$ 、 $a(3) \cdots a(n)$ 」と、第2基板120の受光素子の出力「 $b(0)$ 、 $b(1)$ 、 $b(2) \cdots b(n)$ 」を補正した値との差分を下記の式に従って算出することにより、受光素子115、125の配列ピッチの半分の領域の各々における輝度を反映した仮想的な高解像度情報「 $c(1)$ 、 $c(2)$ 、 $c(3) \cdots c(2n)$ 」を算出できる。なお、「 $c(1)$ 、 $c(2)$ 、 $c(3) \cdots c(2n)$ 」は、第2基板120の配列ピッチの半分の領域の各々における輝度値に相当する。

$$c(2m) = a(m) - c(2m-1)、$$

$$c(2m-1) = k * b(m-1) - c(2m-2)$$

[0030] ただし、上記の式において、 $m=1, 2, \cdots, n$ であり、係数 k は、第1基板110の受光素子115が、第2基板120の受光素子125を透過して減衰した光を受光することを補正する目的で設定した係数である。係数 k の値は、例えば、予め実験により決定してもよい。

[0031] 斯くして、受光素子アレイ100の出力から、高解像度情報「 $c(1)$ 、 $c(2)$ 、 $c(3) \cdots c(2n)$ 」が、下記の式のように得られる。

[数1]

$$c(1) = k*b(0)$$

$$c(2) = a(1)-k*b(0)$$

$$c(3) = k*b(1)-c(2)$$

$$c(4) = a(2)-c(3)$$

...

[0032] 上記のように、受光素子アレイ100においては、第1基板の受光素子115と第2基板の受光素子125とを互いに配列方向にずらして配置される。これにより、受光素子アレイ100の実効的な解像度を向上させることができる。

[0033] 図5は、受光素子アレイ100を用いたライトフィールド記録装置500のブロック図である。ライトフィールド記録装置500は、受光素子アレイ100、システム制御部501、駆動部502、測光部503、ワークメモリ504、記録部505、表示部506、および主電源507を備える。

[0034] また、ライトフィールド記録装置500は、入射光を受光素子アレイ100に導く主光学系520を備える。主光学系520は、ライトフィールド記録装置500に対して着脱できる交換式であってもよい。

[0035] 主光学系520は、光軸OAに沿って入射する被写体光束を受光素子アレイ100へ導く。主光学系520は、複数の光学レンズ群から構成され、その焦点面近傍に被写界からの被写体光束を結像させる。なお、図中では瞳近

傍に配置された仮想的な１枚のレンズで主光学系５２０を代表して表している。

[0036] 駆動部５０２は、システム制御部５０１からの指示に従って受光素子アレイ１００のタイミング制御、領域制御等の電荷蓄積制御を実行する制御回路である。駆動部５０２は、例えば、受光素子アレイ１００に対して、入射光を光電変換して生成した電荷を蓄積させて画素信号を出力させる一連の制御を担う。

[0037] 受光素子アレイ１００の各受光素子１１５、１２５から出力された信号は、システム制御部５０１の画像処理部５１１へ渡される。画像処理部５１１は、ワークメモリ５０４をワークスペースとして処理を実行する。

[0038] ライトフィールド記録装置５００における画像処理部５１１は、少なくとも次の処理を実行する。まず、図４を参照して説明した通り、互いに位置がずれた受光素子１１５、１２５から取得した信号に基づいて、受光層１１１、１２１における受光素子１１５、１２５の解像度よりも解像度が高い画素値群を算出する。次に、算出した画素値群に基づいて、被写体のライトフィールドデータを生成する。

[0039] 生成されたライトフィールドデータは、記録部５０５に記録されるとともに、表示信号に変換されて予め設定された期間、表示部５０６に表示される。主電源５０７は、ライトフィールド記録装置５００の各部に電力を供給する。主電源５０７の電力供給先には、受光素子アレイ１００も含まれる。

[0040] 測光部５０３は、ライトフィールドデータを生成する一連のシーケンスに先立ち、シーンの輝度分布を検出する。測光部５０３は、例えば１００万画素程度のＡＥセンサを含む。システム制御部５０１の演算部５１２は、測光部５０３の出力を受けてシーンの領域ごとの輝度を算出する。

[0041] 更に、演算部５１２は、算出した輝度分布に従ってシャッタ速度、絞り値、ＩＳＯ感度を決定する。測光部５０３は受光素子アレイ１００で兼用してもよい。なお、演算部５１２は、ライトフィールド記録装置５００を動作させる場合に必要な各種演算も実行する。

- [0042] 図6は、受光素子アレイ100を備えたライトフィールド記録装置500が記録するライトフィールドを説明する図である。図中の点線Cで囲まれた領域は、同図中に拡大して示されている。
- [0043] 図示の状態は、被写体531に対して合焦した主光学系が、マイクロレンズ130の配列面に被写体像を結像した状態を示す。この場合、被写体531の中央の一点から放射された光線は、図中では太線で示すように、受光素子アレイ100の略中央に位置するマイクロレンズに収束し、当該マイクロレンズの後方に位置する複数の受光素子115、125のうち、中央に位置する複数の画素 P_1 に受光される。
- [0044] よって、システム制御部501は、これら複数の画素 P_1 が出力した画素値を、被写体531における一点の輝度として、被写体531における他の点の輝度と併せて処理することにより、被写体531の画像を生成する。換言すれば、システム制御部501は、合焦位置 S_1 に位置する被写体531の輝度に対応した信号を出力する画素 P_1 を特定する情報を予め保持しており、主光学系520の合焦位置 S_1 に位置する被写体531の鮮明な像を生成する指示を受けた場合に、画像処理部511に、画素 P_1 の出力信号に基づく画像を生成させる。
- [0045] 図7は、ライトフィールド記録装置500が記録するライトフィールドデータを説明する図である。図中の点線Cで囲まれた領域は、同図中に拡大して示されている。
- [0046] ここでは、主光学系520が合焦する被写体531よりも近くに位置する被写体532への対応について説明する。合焦位置よりも手前に位置する被写体532の中央の一点から放射された光線は、主光学系520の結像面に配されたマイクロレンズ130のひとつには収束せず、図中に太線で示すように、複数のマイクロレンズ130を通じて、受光素子アレイ100において互いに離れて配された複数の画素 P_2 に受光される。
- [0047] よって、システム制御部501は、被写体532の鮮明な像を生成することを指示された場合、これら複数の画素 P_2 が出力した画素値を、被写体53

2における一点の輝度として処理して被写体532の画像を生成する。換言すれば、システム制御部501は、合焦位置ではない位置 S_2 に位置する被写体532の輝度に対応した信号を出力する画素 P_2 を特定する情報を予め保持しており、位置 S_2 に位置する被写体532の鮮明な像を生成する指示を受けた場合は、画像処理部511に、画素 P_2 の出力信号に基づく画像を生成させる。

[0048] ここで、ライトフィールド記録装置500は、マイクロレンズ130を通じて被写体531の一点から生じた光線を複数の受光素子115、125で受光することにより、特定の面における輝度分布ではなく、被写体から放射された光線自体の情報を記録する。よって、記録されたライトフィールドデータからは、記録した時点での主光学系520の合焦位置にかかわらず、被写界内の任意の位置で合焦した画像を再構成できる。

[0049] 上記のように、ライトフィールド記録装置500が記録したライトフィールドデータからは、平面情報と奥行き情報とを取得できる。よって、画像を記録する撮像装置としての使用はもちろん、製造ライン等における探傷装置、成形品の品質検査装置等として用いることもできる。また、高倍率顕微鏡の被写界深度を補う目的で使用することもできる。

[0050] 図8は、他の受光素子アレイ101の模式的断面図である。受光素子アレイ101は、次に説明する部分を除くと、図1に示した受光素子アレイ100と同じ構造を有する。よって、共通の要素には同じ参照番号を付して重複する説明を省く。

[0051] 受光素子アレイ101は、第1基板110における受光素子115の一部が、入射光を遮断する遮光層116を有する点において、受光素子アレイ100と異なる構造を有する。遮光層116は、通常 of 受光素子115の配列ピッチの半分の領域を有する受光素子（半画素）を覆うように形成される。受光素子アレイ101において、遮光層116を有する受光素子115を周期的に複数配することで、図4に示したように、一方向に配列された受光素子115、125について画素値を順次算出した場合の誤差の累積を防止で

きる。

[0052] 具体的には、第1基板110の受光素子115の出力と第2基板120の受光素子125の出力から、仮想的な高解像度情報「 $c(1)$ 、 $c(2)$ 、 $c(3) \cdots c(2n)$ 」を算出する場合に、遮光層116を有する受光素子115の出力を参照することにより、誤差を補正することができる。これにより、受光素子アレイ101は、出力精度を向上できる。

[0053] 更に、高解像度情報「 $c(1)$ 、 $c(2)$ 、 $c(3) \cdots c(2n)$ 」の算出を、受光層111、121の両側から開始して、誤差の累積を、受光層111、121の幅の半分までに抑制することもできる。また更に、下記の式で示すように、互いに重なり合う受光素子115、125の平均値を個別に計算し、これを1/2倍することで、互いに重なり合う1/2画素ごとの高解像度情報「 $c(1)$ 、 $c(2)$ 、 $c(3) \cdots c(2n)$ 」とすることにより、誤差が累積されることを回避してもよい。

[数2]

$$c(2m) = (1/4) \times \{a(m) + k \cdot b(m)\}$$

(ただし、 m は、1か、1よりも大きく n よりも小さな任意の自然数)

[0054] 図9は、受光素子アレイ100の製造過程を段階毎に示す模式的断面図であり、第1基板110を用意する段階を示す。この段階においては、下地基板113上に、受光層111および配線層112が順次積層される。なお、この段階で受光層111を支持する下地基板113は、図1に示した第1基板110における支持基板114とは異なるものである。

[0055] 下地基板113は、例えばシリコン単結晶基板である。まず、フォトリソグラフィにより、受光層111を形成し、次いで、受光層111に重ねて配

線層 1 1 2 を形成する。受光層 1 1 1 は、周期的且つ二次元的に配列された複数の受光素子 1 1 5 を含む。

[0056] 配線層 1 1 2 は、受光素子 1 1 5 の各々に、リセット信号、転送信号、選択信号、電源電圧等を供給する配線と、これらの信号を断続または増幅するトランジスタ等の素子とを含む。なお、受光層 1 1 1 においては、受光素子 1 1 5 が光電変換により生成した電荷を蓄積するフローティングディフュージョン等の容量素子が、受光素子 1 1 5 と同じレベルの層に配される場合がある。

[0057] 図 1 0 は、受光素子アレイ 1 0 0 の製造過程における次の段階を示す模式的断面図である。この段階においては、第 1 基板 1 1 0 の配線層 1 1 2 の表面に、支持基板 1 1 4 が貼り付けられる。支持基板 1 1 4 は、シリコン基板等を用いることができ、下地基板 1 1 3 が除去された後も受光層 1 1 1 および配線層 1 1 2 を支持できる剛性と強度とを有する。

[0058] なお、支持基板 1 1 4 は、受光素子アレイ 1 0 0 が完成した後も、第 1 基板 1 1 0 の一部として恒久的に残される。よって、支持基板 1 1 4 は、配線層 1 1 2 に対して強固に貼り付けられる。

[0059] 図 1 1 は、受光素子アレイ 1 0 0 の製造過程における次の段階を示す模式的断面図である。図示の段階においては、受光層 1 1 1 および配線層 1 1 2 を形成する場合の下地となった下地基板 1 1 3 が除去される。下地基板 1 1 3 は、支持基板 1 1 4 により第 1 基板 1 1 0 を保持した状態で、例えば、機械化学研磨により除去される。なお、薄化した下地基板 1 1 3 の一部を残す場合もある。

[0060] 図 1 2 は、受光素子アレイ 1 0 0 の製造過程における次の段階を示す模式的断面図である。図示の段階において、第 1 基板 1 1 0 は、上下が反転されて支持基板 1 1 4 により保持される。また、下地基板 1 1 3 を除去することにより露出した受光層 1 1 1 は、清浄且つ平坦な状態を維持すべく、他の部材が接触しない状態で保護される。このように、受光素子アレイ 1 0 0 を形成する場合に用いる第 1 基板 1 1 0 が用意される。

[0061] なお、第1基板110における配線層112は、受光層111を全体に覆って形成される。配線層112は可視光帯域の光を透過し難いので、第1基板110の受光素子115は、配線層112とは反対の側から入射光を受光する。このように、第1基板110は、受光素子115に光が入射する側と反対の側に配線層112を有し、下地基板113の側から入射光を受ける裏面照射型の受光層111を形成する。

[0062] 図13は、受光素子アレイ100の製造過程における他の段階を示す模式的断面図である。図示の段階は、第2基板120を用意する段階を示す。この段階においては、下地基板123上に、受光層121および配線層122が順次積層される。

[0063] 下地基板123は、例えばシリコン単結晶基板である。まず、フォトリソグラフィにより、受光層121を形成し、次いで、受光層121に重ねて配線層122を形成する。受光層121は、周期的且つ二次元的に配列された複数の受光素子125を含む。

[0064] 配線層122は、受光素子125の各々に、リセット信号、転送信号、選択信号、電源電圧等を供給する配線を含む。また、これらの信号を断続または増幅するトランジスタ等の素子を含む。なお、受光層121においては、受光素子125が光電変換により生成した電荷を蓄積するフローティングディフュージョン等の容量素子が、受光素子125と同じレベルの層に配される場合がある。

[0065] 第2基板120における配線層122は、受光層121における受光素子125の直上を避けて形成される。このため、第2基板120の受光素子125は、配線層122側から光を受光できる。

[0066] 図14は、受光素子アレイ100の製造過程における次の段階を示す模式的断面図である。この段階においては、第2基板120の配線層122の表面に、支持基板124が貼り付けられる。支持基板124は、シリコン基板等を用いることができ、下地基板123が除去された後も、受光層121および配線層122を支持できる剛性および強度を有する。

[0067] なお、支持基板 124 は、第 2 基板 120 が第 1 基板に貼り付けられた後に除去される。よって、支持基板 124 を貼り付ける場合は、第 2 基板 120 の構造を傷めることなく剥離できる接着強度を有する粘着剤、紫外線、熱等の照射により剥離が容易になる接着剤等を用いて貼り付けることが望ましい。

[0068] 図 15 は、受光素子アレイ 100 の製造過程における次の段階を示す模式的断面図である。図示の段階においては、受光層 121 および配線層 122 を形成する場合の下地となった下地基板 123 が除去される。下地基板 123 は、支持基板 124 により第 2 基板 120 を保持した状態で、例えば、下地基板 123 を機械化学研磨することにより除去される。なお、薄化した下地基板 123 の一部を残す場合もある。

[0069] こうして、第 2 基板 120 が完成する。下地基板 123 を除去することにより露出した受光層 121 の図中下面は、清浄且つ平坦な状態を維持すべく、他の部材が接触しない状態で保護される。

[0070] なお、上記の説明は、第 1 基板 110 を用意する段階について説明した後、第 2 基板 120 を説明する段階について説明した。しかしながら、第 1 基板 110 の用意と第 2 基板 120 の用意とは、どちらが先でも差し支えなく、特に量産する場合は、第 1 基板 110 および第 2 基板を並行して作製してもよい。

[0071] 図 16 は、受光素子アレイ 100 の製造過程における次の段階を示す模式的断面図である。この段階においては、上記のようにして用意した第 2 基板 120 を、図 12 に示した状態の第 1 基板 110 に積層して貼り合わせる。これにより、2 層の受光層 111、121 を有する構造が形成される。

[0072] 第 1 基板 110 および第 2 基板 120 を重ねる場合は、図 1、図 3、および図 4 等にしたように、第 1 基板 110 の受光素子 115 の配置と、第 2 基板 120 の受光素子 125 の配置とがずれるように、第 1 基板 110 および第 2 基板 120 が位置合わせされる。

[0073] なお、第 1 基板 110 および第 2 基板 120 の貼り合わせは、貼り合わせ

る面を鏡面研磨して密着させてもよい。また、貼り合わせる面の少なくとも一方をプラズマに暴露して活性化してもよい。更に、紫外線硬化性樹脂等の、可視光帯域の光をよく透過する接着剤を用いて第1基板110および第2基板120を接着してもよい。

[0074] 図17は、受光素子アレイ100の製造過程における次の段階を示す模式的断面図である。図示の段階においては、下地基板123を除去する場合に第2基板120を保持するのに用いた支持基板124が除去される。支持基板124は、第1基板110の支持基板114により、貼り合わされた第1基板110および第2基板120を保持した状態で、例えば、機械化学研磨により除去される。

[0075] こうして、支持基板124を除去することにより、第2基板120における配線層122が露出される。よって、露出した配線層122の表面にマイクロレンズ130を積層して形成することにより、図1に示した受光素子アレイ100が完成する。

[0076] なお、第2基板120における配線層122は、受光層121における受光素子125の受光面を避けてパターンニングされている。よって、第2基板120における受光素子125は、配線層122と同じ側から入射した光を受光する表面照射型の受光層121を形成する。

[0077] 図18は、受光素子アレイ102における受光素子115、125の配置を示す図である。図中実線で描かれているのは、第2基板120における受光素子125およびトランジスタであり、点線で描かれているのは第1基板110における受光素子115である。

[0078] 図示のように、第2基板120における受光素子125は、行方向および列方向に周期的に配列されている。ここで、受光素子アレイ102において、受光素子125は、行方向および列方向について、互いに等間隔に配列されている。この場合、例えば上述の式2と同じ考えで、行方向および列方向に互いに重なり合う受光素子115、125の平均値を個別に計算し、これを1/4倍することで、互いに重なり合う1/4画素ごとの高解像度情報を

得ることができる。

[0079] また、受光素子アレイ 102 において、第 1 基板 110 の受光素子 115 は、第 2 基板 120 の受光素子 125 に対して、受光素子 115、125 の配列と並行な面における行方向と、行方向と交差する列方向とにずれて配列されている。これにより、第 1 基板 110 における受光素子 115 に着目すると、ひとつの受光素子 115 が、第 2 基板 120 における隣接する 4 つの受光素子 125 と部分的に重なりあっている。よって、第 1 基板 110 の受光素子 115 の各々は、4 つの受光素子 125 の各々の一部を透過した光を受光する。

[0080] 図 19 は、受光素子アレイ 103 の模式的断面図である。受光素子アレイ 103 は、次に説明する部分を除くと、図 1 に示した受光素子アレイ 100 と同じ構造を有する。よって、共通の要素には同じ参照番号を付して重複する説明を省く。

[0081] 受光素子アレイ 103 は、第 1 基板 110 に換えて、第 2 基板 120 と同じ表面照射型の受光層 121 を有するもうひとつの第 2 基板 120 が、図中上層の第 2 基板 120 に積層される。このように、受光素子アレイ 103 は、裏面照射型の受光層を用いることなく形成できる。

[0082] 図 20 は、受光素子アレイ 104 の模式的断面図である。受光素子アレイ 104 は、次に説明する部分を除くと、図 1 に示した受光素子アレイ 100 と同じ構造を有する。よって、共通の要素には同じ参照番号を付して重複する説明を省く。

[0083] 受光素子アレイ 104 は、表面照射型の受光層 121 を有する単一の第 2 基板 120 と、裏面照射型の受光層 111 を有する 2 枚の第 1 基板 110 とを積層して形成される。このように、受光素子アレイ 104 は、各々が受光層 111、121 を有する 3 枚以上の基板を積層して形成してもよい。これにより、受光素子アレイ 104 の分解能を更に向上できる。

[0084] 図 21 は、受光素子アレイ 105 の模式的断面図である。受光素子アレイ 105 は、次に説明する部分を除くと、図 1 に示した受光素子アレイ 100

と同じ構造を有する。よって、共通の要素には同じ参照番号を付して重複する説明を省く。

[0085] 受光素子アレイ 105 は、受光素子アレイ 100 と同じ層構成を有し、裏面照射型の受光層 111 を有する第 1 基板 110 と、表面照射型の受光層 121 を有する第 2 基板 120 とを積層して形成される。受光素子アレイ 105 において、第 1 基板 110 における受光素子 125 の各々は、配線層 112 の直上に形成されたフローティングディフュージョン 118 の図中上方にオーバハングして形成される。これに対して、第 2 基板 120 においては、受光素子 125 相互の間にフローティングディフュージョン 128 が配される。

[0086] これにより、第 1 基板 110 における受光素子 115 の各々が、第 2 基板 120 における受光素子 125 の各々の受光面積よりも広い受光面積を有する。よって、第 2 基板 120 の受光素子 125 を透過したことにより減衰した第 2 基板 120 への入射光強度を構造的に補正できる。

[0087] なお、上記の実施形態においてはカラーフィルタに言及しなかった。しかしながら、受光素子アレイ 100、101、102、103、104、105 において、例えば、入射側の受光層 121 とマイクロレンズ 130 との間にカラーフィルタを設けて、色情報も併せて取得できるようにしてもよいことはもちろんである。

[0088] また、上記の実施形態においてはライトフィールドの撮像に用いることができる受光素子アレイについて説明したが、通常の静止画または動画の撮影に用いる撮像素子においても、同様の構造により解像度を向上できることはもちろんである。そのような用途で用いる撮像素子においては、撮影画像の最小単位、すなわち、半画素毎にマイクロレンズを形成設けた構造としてもよいし、第 2 基板における画素毎にマイクロレンズが形成された構造としてもよい。

[0089] 以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変

更または改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。そのような変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

[0090] 特許請求の範囲、明細書、および図面中において示した装置、システム、プログラム、および方法における動作、手順、ステップ、および段階等の各処理の実行順序は、特段「より前に」、「先立って」等と明示しておらず、また、前の処理の出力を後の処理で用いるのでない限り、任意の順序で実現しうることに留意すべきである。特許請求の範囲、明細書、および図面中の動作フローに関して、便宜上「まず、」、「次に、」等を用いて説明したとしても、この順で実施することが必須であることを意味するものではない。

符号の説明

[0091] 100、101、102、103、104、105 受光素子アレイ、110 第1基板、111、121 受光層、112、122 配線層、113、123 下地基板、114、124 支持基板、115、125 受光素子、116 遮光層、118、128 フローティングディフュージョン、120 第2基板、127 分離層、130 マイクロレンズ、500 ライトフィールド記録装置、501 システム制御部、502 駆動部、503 測光部、504 ワークメモリ、505 記録部、506 表示部、507 主電源、511 画像処理部、512 演算部、520 主光学系、531、532 被写体

請求の範囲

- [請求項1] 周期的且つ二次元的に配列された複数の受光素子を有する第1基板と、
- 前記第1基板に対して光の入射側に積層され、前記第1基板の受光素子が感度を有する波長帯域の少なくとも一部と共通する波長帯域に感度を有し、周期的且つ二次元的に配列された複数の受光素子を有する第2基板とを備え、
- 前記第1基板における前記複数の受光素子の配置が、前記第2基板における前記複数の受光素子の配置に対して、前記第1基板に複数の受光素子が配列された二次元方向のいずれかまたは両方の方向について互いにずれており、
- 前記第1基板における前記複数の受光素子の各々は、前記第2基板における前記複数の受光素子のいずれかを透過した光を受光する受光素子アレイ。
- [請求項2] 前記第2基板は、前記第1基板における前記複数の受光素子のひとつが、前記第2基板における前記複数の受光素子のうちの複数の受光素子と重なるように前記第1基板に積層される請求項1に記載の受光素子アレイ。
- [請求項3] 前記第2基板は、前記第1基板における前記複数の受光素子のひとつが、前記第2基板における前記複数の受光素子のうち、前記二次元方向のいずれかの方向に隣接する複数の受光素子と重なるように前記第1基板に積層される請求項2に記載の受光素子アレイ。
- [請求項4] 前記第2基板は、前記第1基板における前記複数の受光素子のひとつが、前記第2基板における前記複数の受光素子のうち、前記二次元方向の両方の方向に隣接する3以上の受光素子と重なるように前記第1基板に積層される請求項2に記載の受光素子アレイ。
- [請求項5] 前記第1基板は、前記第1基板における前記複数の受光素子において光電変換された信号を読み出す第1読み出し回路を有し、

前記第 2 基板は、前記第 2 基板における前記複数の受光素子において光電変換された信号を読み出す第 2 読み出し回路を有する請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の受光素子アレイ。

[請求項6] 前記第 1 基板は、前記複数の受光素子に対して光が入射する側と反対側に配線層を有し、

前記第 2 基板は、前記複数の受光素子に対して光が入射する側に配線層を有する

請求項 1 から 5 までのいずれか一項に記載の受光素子アレイ。

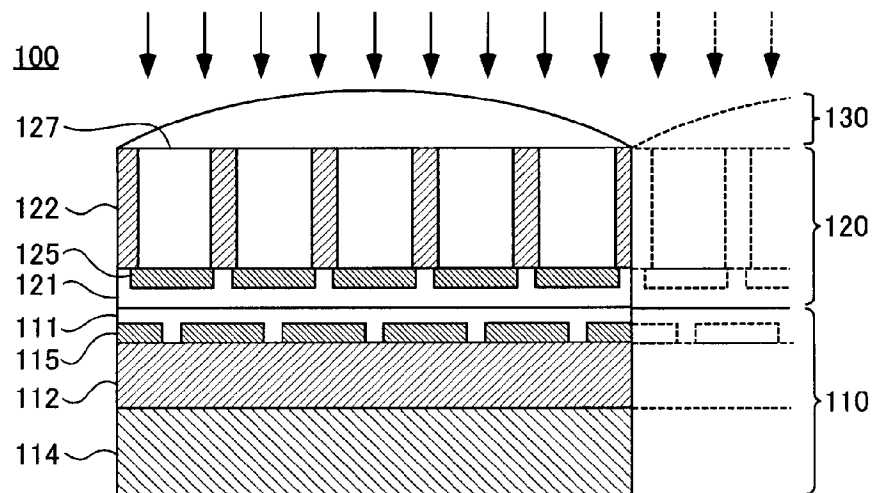
[請求項7] 前記第 1 基板における前記複数の受光素子の各々は、前記第 2 基板における前記複数の受光素子の各々よりも広い受光面積を有する請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の受光素子アレイ。

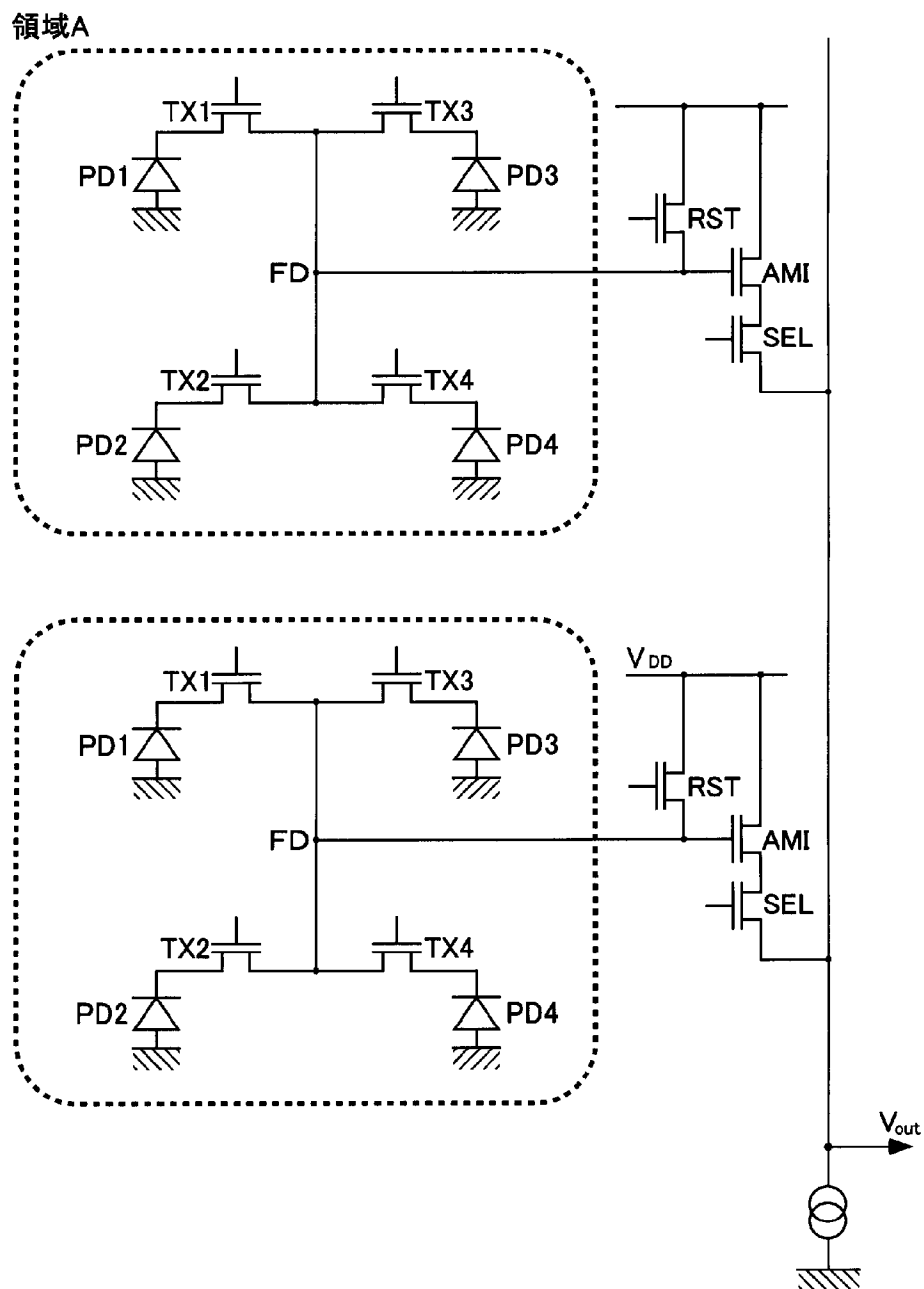
[請求項8] 前記第 1 基板における前記複数の受光素子のひとつから読み出された第 1 信号と、当該受光素子を透過した光を受けた前記第 2 基板における前記複数の受光素子のひとつから読み出された第 2 信号との差分に基づいて、前記第 2 基板における前記複数の受光素子のひとつよりも小さな単位面積において受光した光の光強度を算出する光強度算出部を更に備える請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の受光素子アレイ。

[請求項9] 前記第 1 基板における前記複数の受光素子の一部は、入射光の一部を遮断する遮光層を有する請求項 8 に記載の受光素子アレイ。

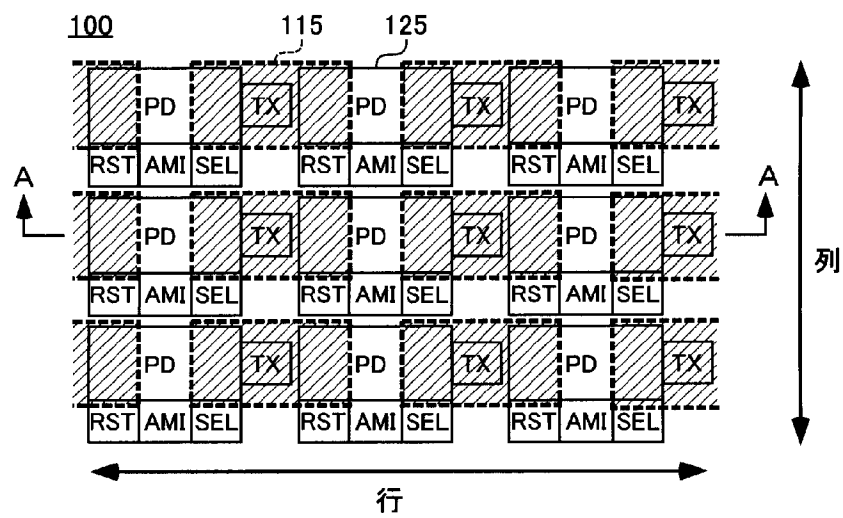
[請求項10] 請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の受光素子アレイと、
前記第 2 基板に対して光の入射側に配置され、前記第 2 基板における前記複数の受光素子のうちの 2 以上の受光素子毎に周期的に設けられた複数のマイクロレンズを有するマイクロレンズアレイと、
を備えるライトフィールド記録装置。

[図1]

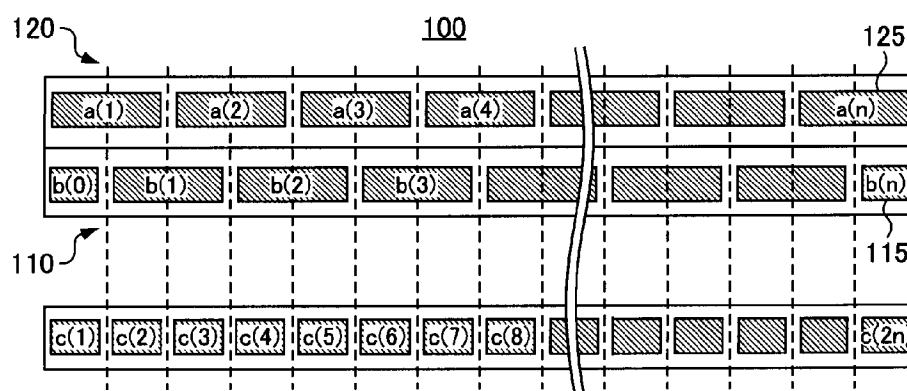




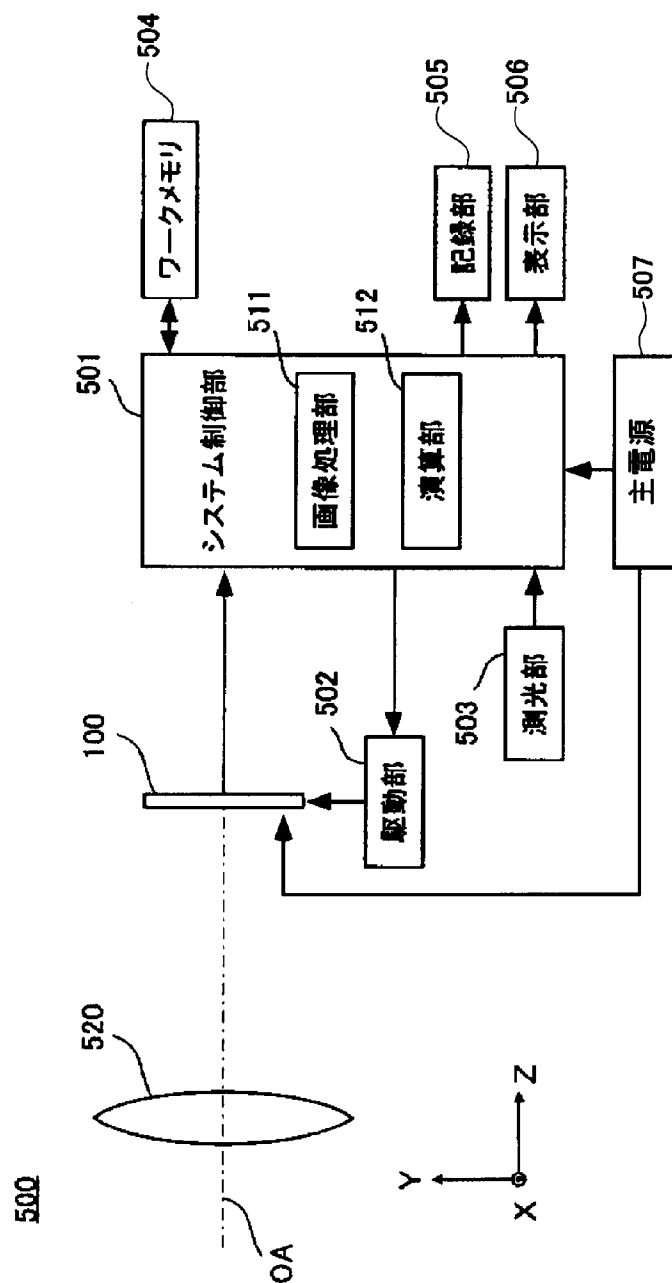
[図3]



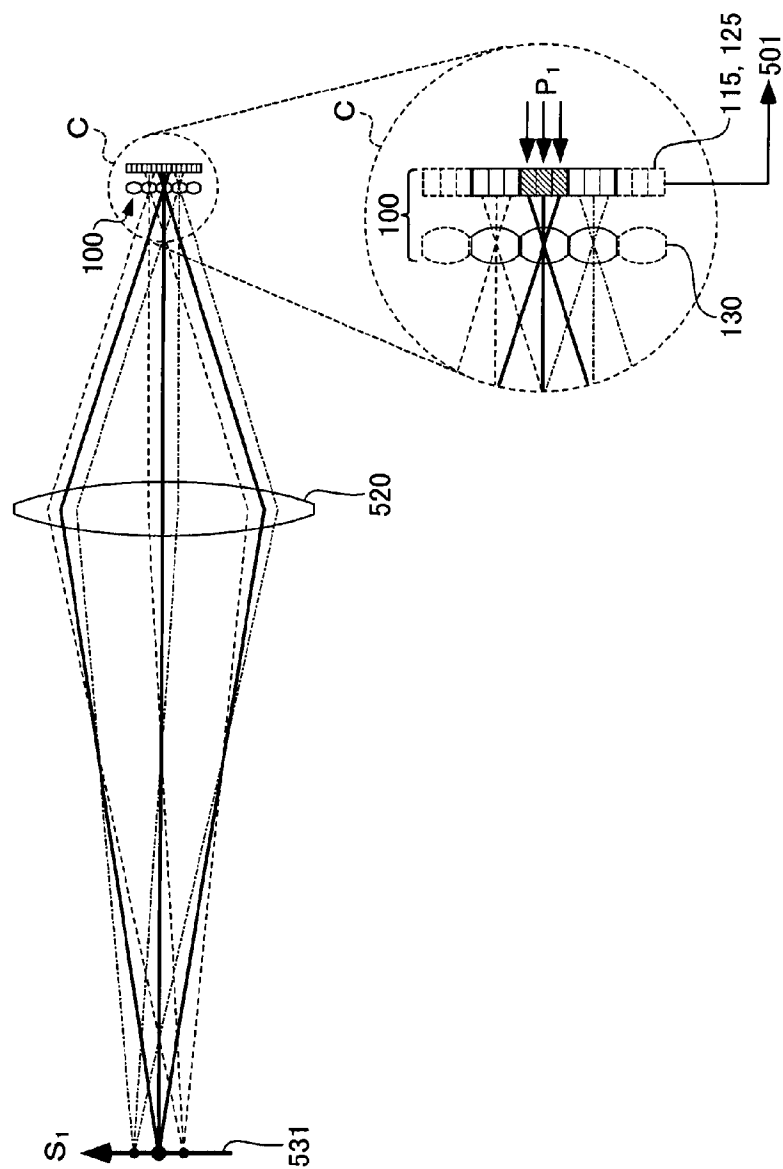
[図4]



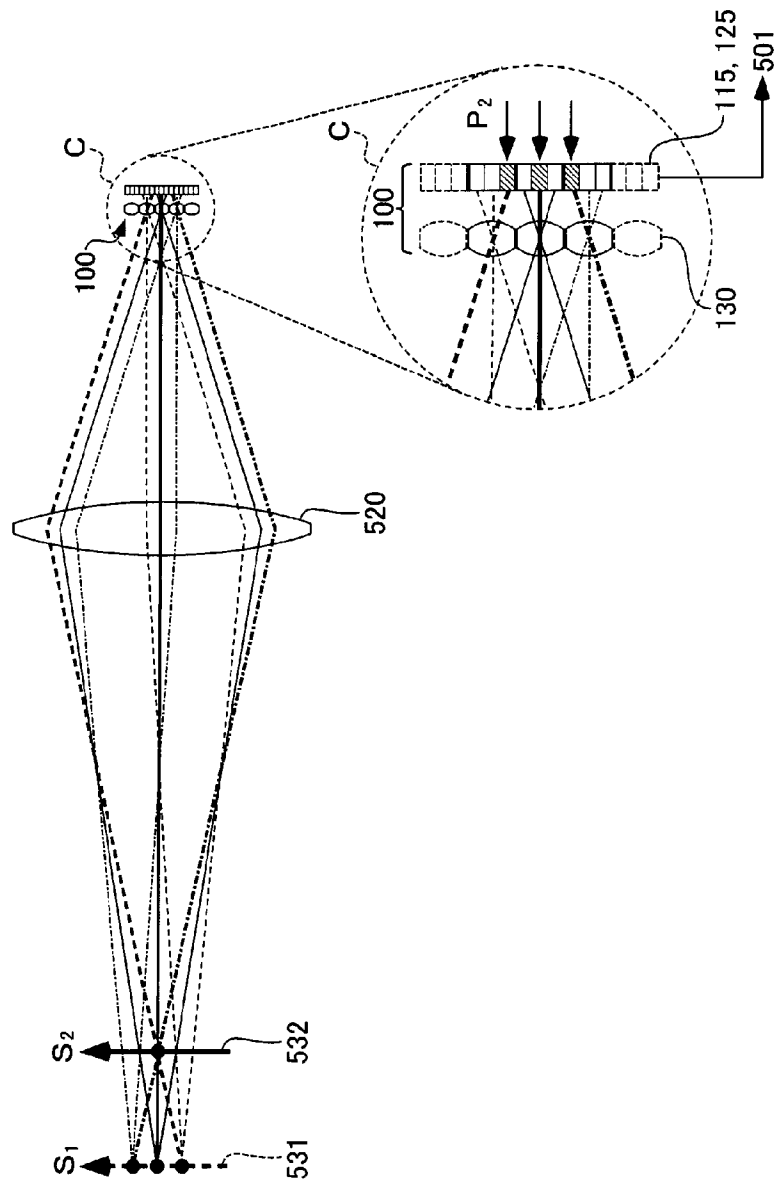
[図5]



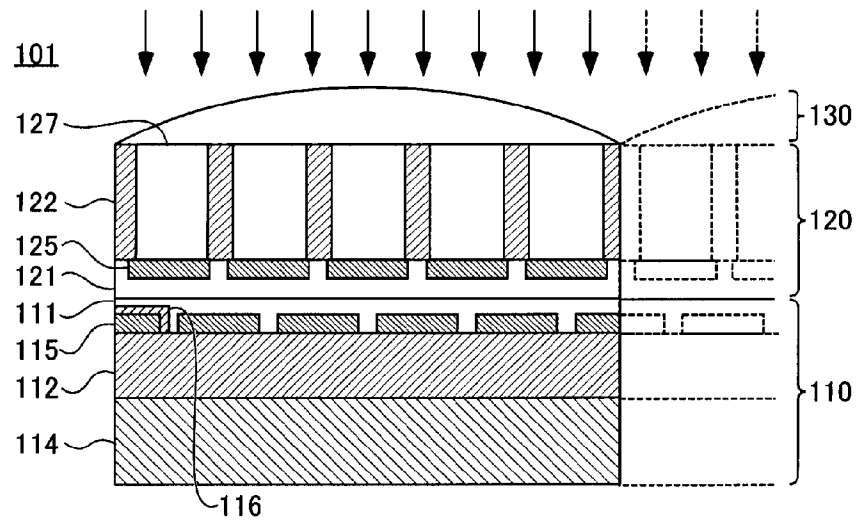
[図6]



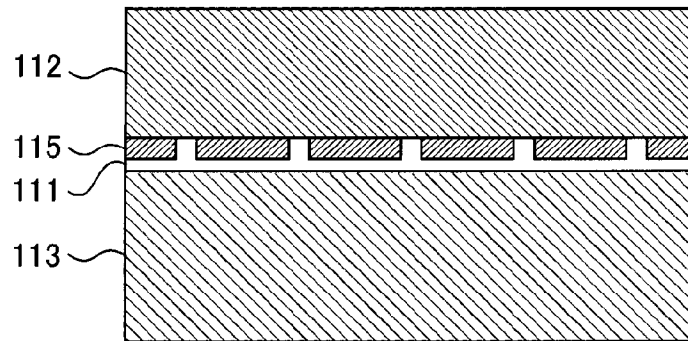
[図7]



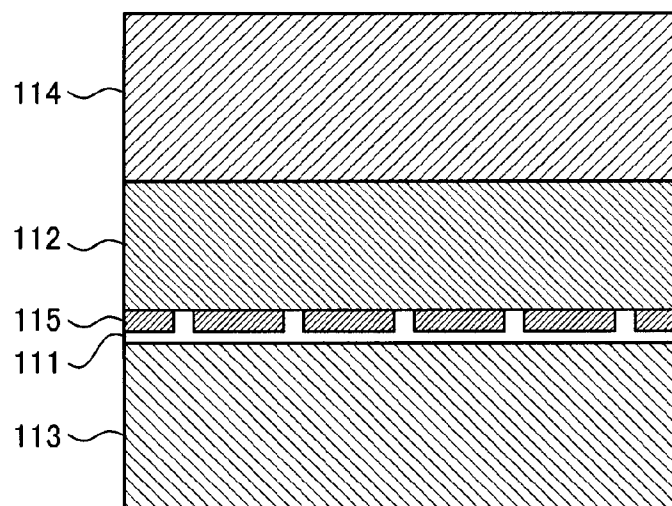
[図8]



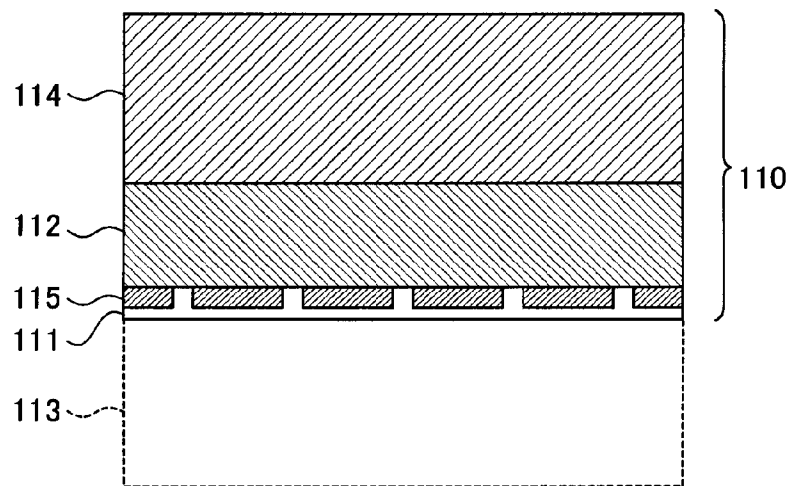
[図9]



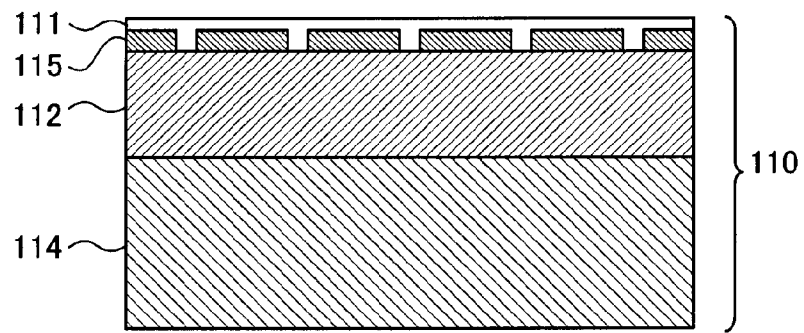
[図10]



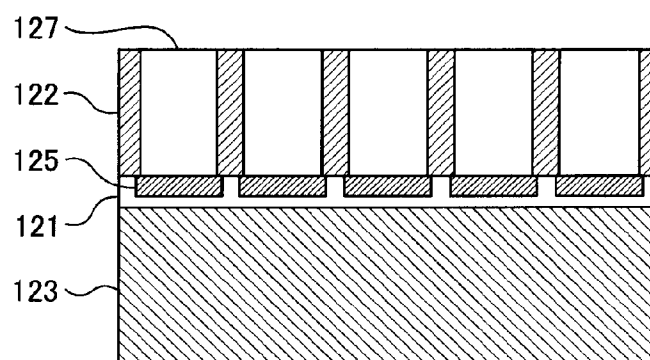
[図11]



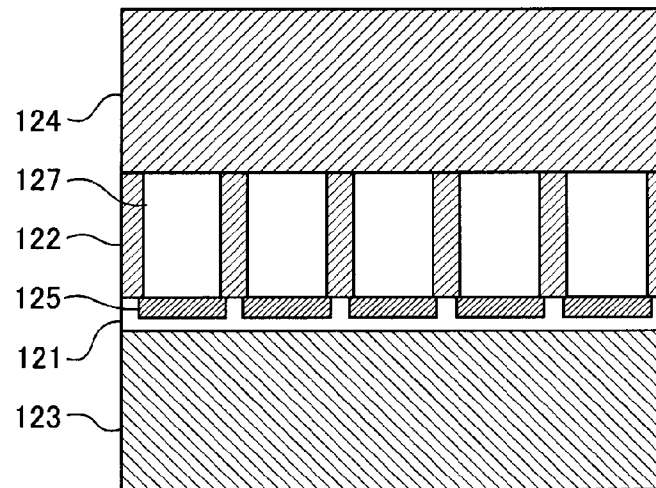
[図12]



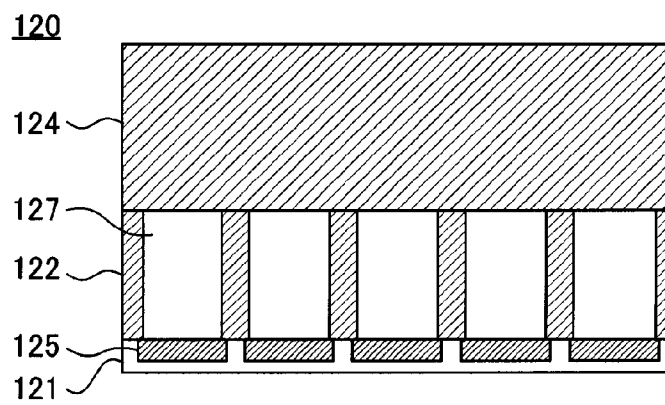
[図13]



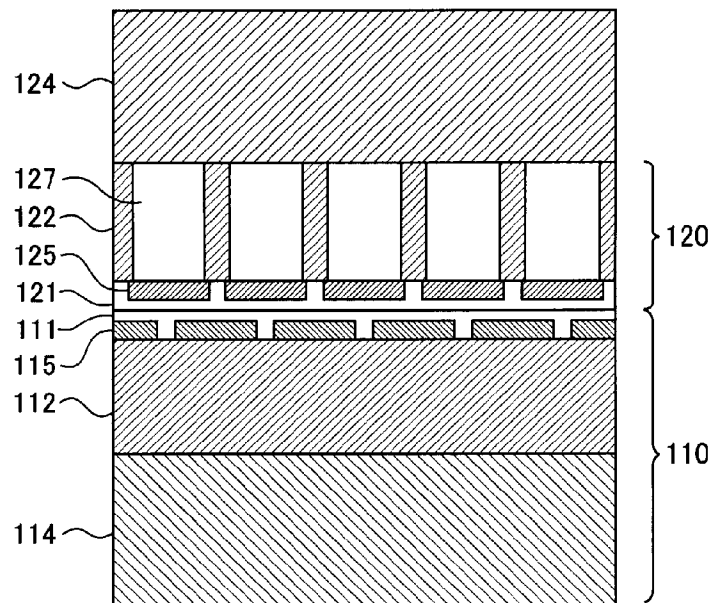
[図14]



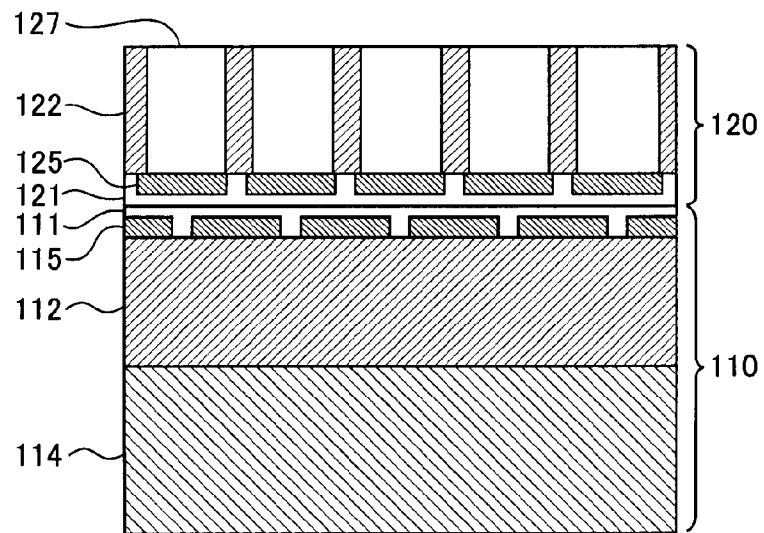
[図15]



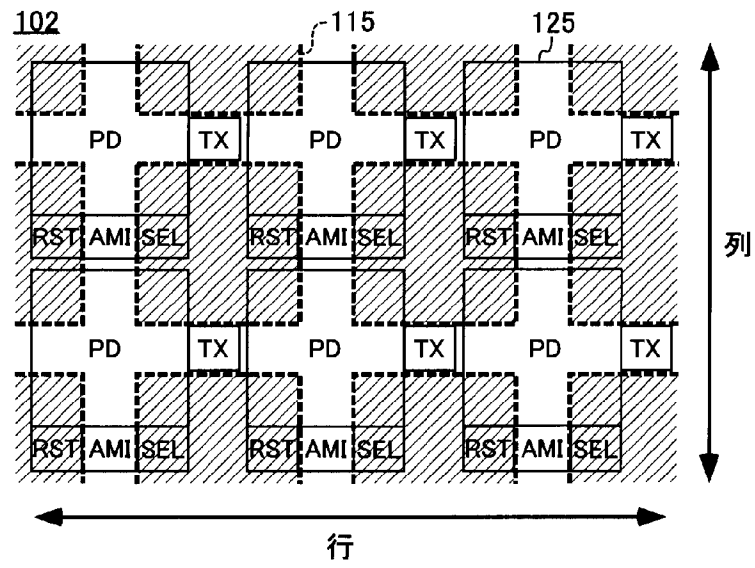
[図16]



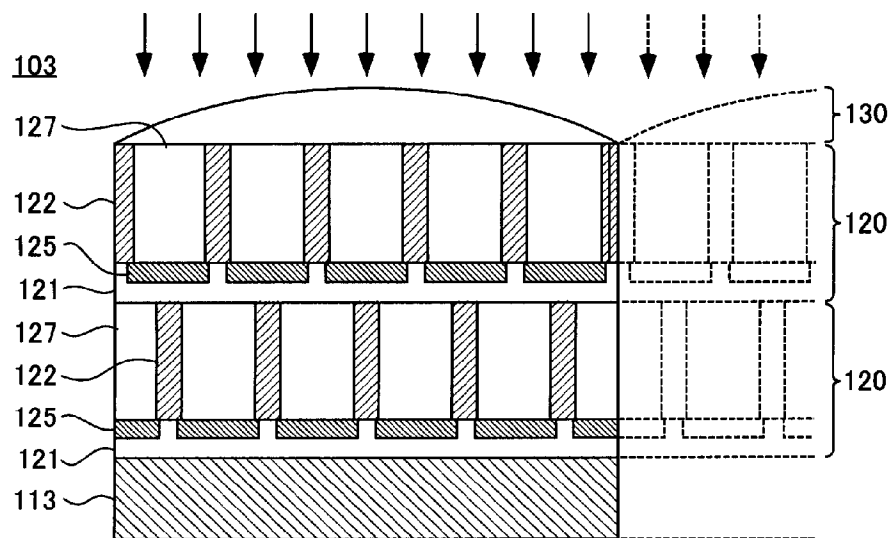
[図17]



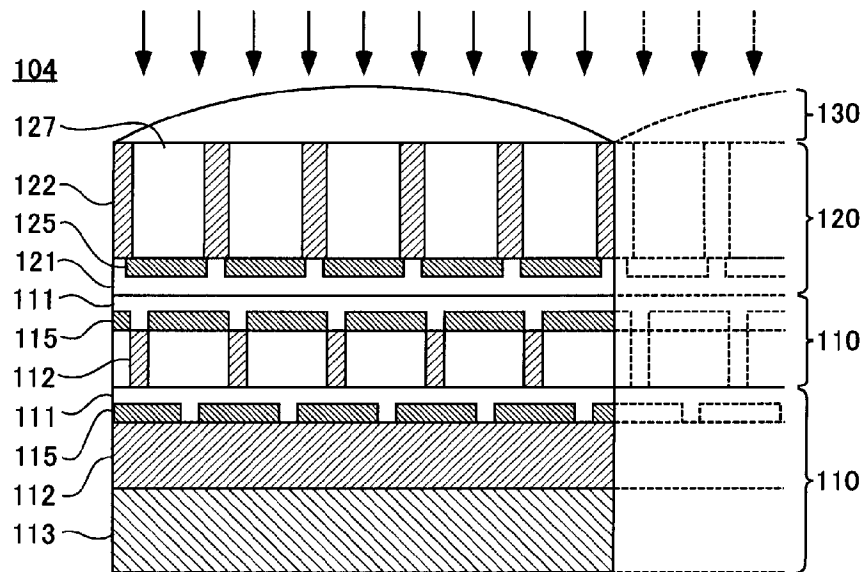
[図18]



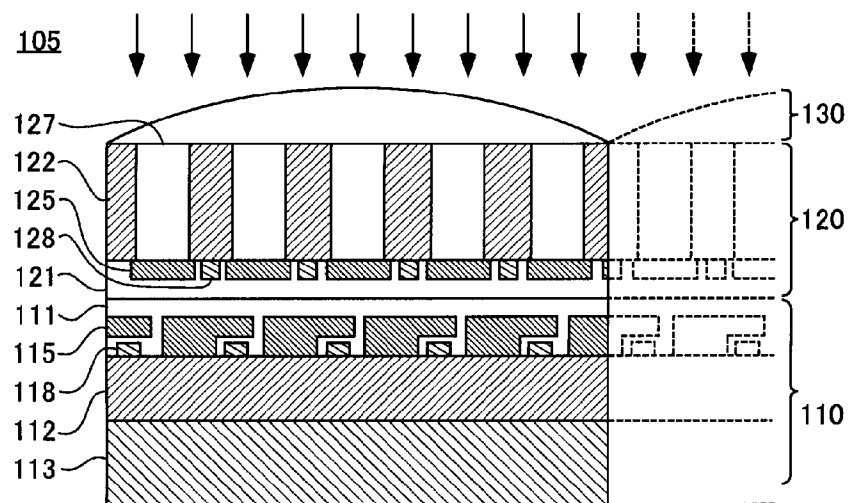
[図19]



[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/059773

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04N5/369(2011.01)i, H01L27/146(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)

H04N5/369, H01L27/146

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 A	JP 2005-252411 A (Sharp Corp.), 15 September 2005 (15.09.2005), paragraphs [0046], [0049], [0053], [0055]; fig. 2 to 4 (Family: none)	1-5, 7, 10 8, 9
X	JP 2015-128131 A (Sony Corp.), 09 July 2015 (09.07.2015), paragraphs [0045], [0067], [0086], [0159]; fig. 13, 14 & US 2015/0146056 A1 paragraphs [0097], [0123], [0142], [0215]; fig. 13, 14	1-4, 6

☒ 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
01 June 2016 (01.06.16)

Date of mailing of the international search report
14 June 2016 (14.06.16)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/059773

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 2009-54806 A (Canon Inc.), 12 March 2009 (12.03.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H04N5/369(2011.01)i, H01L27/146(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. H04N5/369, H01L27/146

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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 A	JP 2005-252411 A（シャープ株式会社）2005.09.15, 段落 [0046], [0049], [0053], [0055], 第2-4図 （ファミリーなし）	1-5, 7, 10 8, 9
X	JP 2015-128131 A（ソニー株式会社）2015.07.09, 段落 [0045], [0067], [0086], [0159], 第13, 14図 & US 2015/0146056 A1, 段落 [0097], [0123], [0142], [0215], 第13, 14図	1-4, 6

☒ 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

01.06.2016

国際調査報告の発送日

14.06.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

鈴木 明

5 V

9185

電話番号 03-3581-1101 内線 3571

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 2009-54806 A (キヤノン株式会社) 2009.03.12, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-10