

(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
2024年8月8日(08.08.2024)



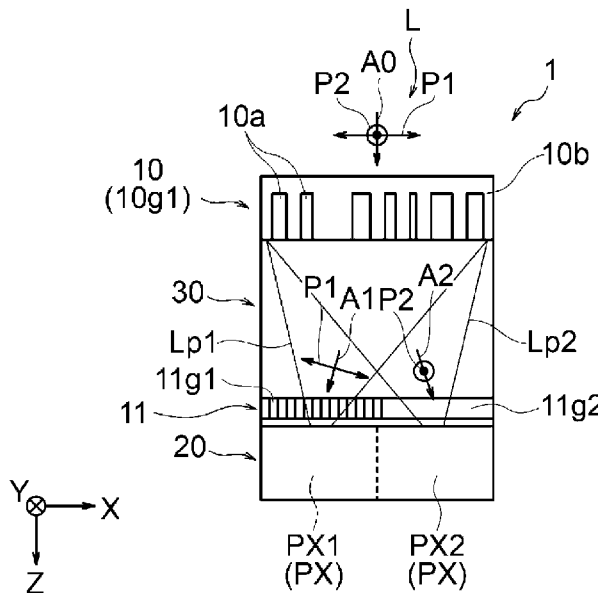
(10) 国際公開番号

WO 2024/162000 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 27/146 (2006.01) *G02B 5/30* (2006.01) **CORPORATION)** [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/001099 (72) 発明者: 戸田 淳(TODA Atsushi); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町4丁目14-1 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 森田 博紀(MORITA Hiroki); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニーグループ株式会社内 Tokyo (JP).
- (22) 国際出願日: 2024年1月17日(17.01.2024)
- (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 2023-014713 2023年2月2日(02.02.2023) JP (74) 代理人: 宮 嶋 学 (MIYAJIMA Manabu); 〒1000005 東京都千代田区丸の内1丁目6番6号 日本生命丸の内ビル 協和特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 Kanagawa (JP). ソニーグループ株式会社(SONY GROUP (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,

(54) Title: LIGHT DETECTION DEVICE AND ELECTRONIC APPARATUS

(54) 発明の名称: 光検出装置及び電子機器



(57) Abstract: [Problem] To provide advantageous techniques for limiting reception of light of an undesirable polarization while achieving excellent reception sensitivity for light of a desired polarization in each light receiving pixel. [Solution] This light detection device comprises: a polarization control unit that includes a two-dimensional array of a plurality of microstructures, and that selectively transmits a plurality of polarizations in input light; an additional polarizer that a plurality of polarizations from the polarization control unit enters and that selectively transmits the plurality of polarizations; and a photoelectric conversion unit that includes a plurality of light receiving pixels for receiving the light of a plurality of polarizations from the additional polarizer. The plurality of polarizations transmitted through each of the polarization

BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

control unit and the additional polarizer include a first polarization, a second polarization, a third polarization, and a fourth polarization that have mutually different directions of oscillation.

(57) 要約: [課題] 各受光画素において、所望の偏光の良好な受光感度を実現しつつ、望まれない偏光の受光を抑えるのに有利な技術を提供する。[解決手段] 光検出装置は、二次元的に配列される複数の微細構造体を含み、入射光中の複数の偏光を選択的に透過する偏光制御部と、偏光制御部からの複数の偏光が入射し、当該複数の偏光を選択的に透過する追加偏光子と、追加偏光子からの複数の偏光を受光する複数の受光画素を含む光電変換部と、を備え、偏光制御部及び追加偏光子の各々を透過する複数の偏光は、お互いに振動方向が異なる第1偏光、第2偏光、第3偏光及び第4偏光を含む。

明 細 書

発明の名称：光検出装置及び電子機器

技術分野

[0001] 本開示は、光検出装置及び電子機器に関する。

背景技術

[0002] 偏光子を具備する偏光イメージセンサ（光検出装置）は、明るさ及び色の情報に加え、偏光子を具備しないイメージセンサでは感知できない偏光情報を得ることができ、そのような偏光情報から被写体の形状を把握することも可能である。そのため偏光イメージセンサは、偏光子を具備しないイメージセンサから出力される画像では可視化や認識が困難であった対象の検査等に応用が可能であり、今後も様々な産業機器分野での活用が期待される。

[0003] 特許文献1は、ワイヤーグリッド型偏光子及び光電変換素子を備える固体撮像素子を開示する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2012-80065号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 近年、メタサーフェスとも呼ばれる多数の微細構造体を含む偏光子が注目されている。メタサーフェス構造の偏光子を具備する偏光イメージセンサは、優れた偏光受光感度を示す傾向がある。

[0006] 例えば特許文献1の固体撮像素子では、入射光のうちワイヤーグリッド型偏光子を透過した偏光波が光電変換素子（受光画素）に入射して受光される。しかしながらワイヤーグリッド型偏光子は、入射光のうち所望方向に振動する偏光のみを透過し、他の方向に振動する偏光を遮断するため、光学的なロスが大きく低光透過率を示す。その結果、ワイヤーグリッド型偏光子を具備する固体撮像素子は低感度及び低消光比を示す傾向がある。

[0007] 一方、メタサーフェス構造の偏光子は、ワイヤーグリッド型偏光子に比べ、優れた光透過率を示す傾向がある。

[0008] ただしメタサーフェス構造の偏光子は、所望方向に振動する偏光を受光することが意図された受光画素に向けた、当該所望方向とは異なる方向に振動する偏光の出射を十分に抑えることが難しい場合がある。その結果、メタサーフェス構造の偏光子を具備する偏光イメージセンサでは、各受光画素が、所望方向に振動する偏光だけではなく当該所望方向とは異なる方向に振動する偏光も受光することになり、良好な消光比を実現することが簡単ではない。

[0009] 本開示は、各受光画素において、所望の偏光の良好な受光感度を実現しつつ、望まれない偏光の受光を抑えるのに有利な技術を提供する。

課題を解決するための手段

[0010] 本開示の一態様は、二次元的に配列される複数の微細構造体を含み、入射光中の複数の偏光を選択的に透過する偏光制御部と、偏光制御部からの複数の偏光が入射し、当該複数の偏光を選択的に透過する追加偏光子と、追加偏光子からの複数の偏光を受光する複数の受光画素を含む光電変換部と、を備え、偏光制御部及び追加偏光子の各々を透過する複数の偏光は、お互いに振動方向が異なる第1偏光、第2偏光、第3偏光及び第4偏光を含む、光検出装置に関する。

[0011] 偏光制御部は、複数の偏光の各々を、追加偏光子のうちの互いに異なる領域に向けて集光してもよい。

[0012] 追加偏光子は、ワイヤーグリッド型偏光子を含んでもよい。

[0013] 追加偏光子は、フォトリソ結晶型偏光子を含んでもよい。

[0014] 追加偏光子は、複数の追加偏光画素と、隣り合う追加偏光画素間に設けられる追加偏光遮光部と、を含んでもよく、複数の追加偏光画素の各々は、第1偏光、第2偏光、第3偏光及び第4偏光のうちのいずれかを選択的に透過してもよい。

[0015] 第1偏光及び第2偏光は、お互いに90度異なる振動方向を有してもよく

、第3偏光及び第4偏光は、お互いに90度異なる振動方向を有してもよく、第2偏光及び第3偏光は、お互いに45度異なる振動方向を有してもよい。

[0016] 偏光制御部は、第1偏光及び第2偏光を選択的に透過する第1単位偏光制御部と、第3偏光及び第4偏光を選択的に透過する第2単位偏光制御部と、を含んでもよく、追加偏光子は、第1偏光、第2偏光、第3偏光及び第4偏光のうちのいずれかを選択的に透過する複数の追加偏光画素を含んでもよく、第1単位偏光制御部は、第1偏光を選択的に透過する追加偏光画素に向けて第1偏光を集光し、第2偏光を選択的に透過する追加偏光画素に向けて第2偏光を集光してもよく、第2単位偏光制御部は、第3偏光を選択的に透過する追加偏光画素に向けて第3偏光を集光し、第4偏光を選択的に透過する追加偏光画素に向けて第4偏光を集光してもよい。

[0017] 光検出装置は、偏光制御部と追加偏光子との間に設けられる導波路を備えてもよく、導波路は、第1単位偏光制御部から出射する第1偏光及び第2偏光が追加偏光子に向かって進行する第1単位偏光導波路と、第2単位偏光制御部から出射する第3偏光及び第4偏光が追加偏光子に向かって進行する第2単位偏光導波路と、を有してもよく、隣り合う第1単位偏光導波路と第2単位偏光導波路との間に偏光制御遮光部が設けられてもよい。

[0018] 偏光制御遮光部は金属を含んでもよい。

[0019] 偏光制御遮光部はエア層を含んでもよい。

[0020] 複数の受光画素は斜め格子配列を有してもよい。

[0021] 追加偏光子は、斜め格子配列を有する複数の追加偏光画素を含んでもよい。

[0022] 偏光制御部は、斜め格子配列を有する複数の単位偏光制御部を含んでもよい。

[0023] 本開示の他の態様は、上記のいずれかの光検出装置を備える電子機器に関する。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]図 1 は、イメージセンサの構成例を示す概略図である。

[図2A]図 2 A は、第 1 実施形態の第 1 の例のイメージセンサの概略を示す部分断面図（X Z 断面図）である。

[図2B]図 2 B は、第 1 実施形態の第 1 の例のイメージセンサの概略を示す部分断面図（X Z 断面図）である。

[図3]図 3 は、第 1 実施形態の第 1 の例の偏光制御部（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。

[図4]図 4 は、第 1 実施形態の第 1 の例の追加偏光子（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。

[図5]図 5 は、単位偏光制御部の一例を示す偏光制御部（特に偏光制御ユニット）の平面図である。

[図6]図 6 は、図 4 に示す追加偏光子の追加偏光画素と、割り当てられる偏光の振動方向との対応関係を例示する追加偏光子（特に追加偏光画素ユニット）の平面図である。

[図7]図 7 は、図 2 A に示すイメージセンサにおいて偏光制御部から出射した第 1 偏光（振動方向＝0 度）の進行方向を例示する部分断面図である。

[図8]図 8 は、図 2 A に示すイメージセンサにおいて偏光制御部から出射した第 2 偏光（振動方向＝90 度）の進行方向を例示する部分断面図である。

[図9]図 9 は、追加偏光子の一変形例の概略を示す平面図である。

[図10]図 10 は、光電変換部（特に第 1 受光画素～第 4 受光画素を含む受光画素ユニット）における FDTD 法の波動シミュレーションの結果の一例（受光パワー分布）を示す図である。

[図11]図 11 は、第 1 実施形態の第 2 の例の偏光制御部（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。

[図12]図 12 は、第 1 実施形態の第 2 の例の追加偏光子（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。

[図13]図 13 は、第 1 実施形態の第 3 の例の偏光制御部（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。

[図14]図14は、第1実施形態の第3の例の追加偏光子（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。

[図15]図15は、第1実施形態の第4の例の偏光制御部（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。

[図16]図16は、第1実施形態の第4の例の追加偏光子（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。

[図17]図17は、第1実施形態の第5の例の偏光制御部（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。

[図18]図18は、第1実施形態の第5の例の追加偏光子（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。

[図19]図19は、第1実施形態の第6の例の偏光制御部（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。

[図20]図20は、第1実施形態の第6の例の追加偏光子（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。

[図21]図21は、正方格子配列の受光画素を含む光電変換部の一部を例示する概略平面図である。

[図22]図22は、斜め格子配列の受光画素を含む光電変換部の一部を例示する概略平面図である。

[図23]図23は、第2実施形態の第1の例のイメージセンサにおいて偏光制御部から出射した第1偏光（振動方向＝0度）の進行方向を例示する部分断面図である。

[図24]図24は、第2実施形態の第1の例のイメージセンサにおいて偏光制御部から出射した第2偏光（振動方向＝90度）の進行方向を例示する部分断面図である。

[図25]図25は、第2実施形態の第1の例の単位偏光制御部の一例を示す偏光制御部（特に偏光制御ユニット）の平面図である。

[図26]図26は、第2実施形態の第1の例の追加偏光子（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。

[図27]図27は、第2実施形態の第1の例の追加偏光子の概略を示す斜視図である。

[図28]図28は、第2実施形態の第2の例の偏光制御部（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。

[図29]図29は、第2実施形態の第2の例の追加偏光子（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。

[図30]図30は、第2実施形態の第3の例の偏光制御部（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。

[図31]図31は、第2実施形態の第3の例の追加偏光子（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。

[図32]図32は、第2実施形態の第4の例の偏光制御部（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。

[図33]図33は、第2実施形態の第4の例の追加偏光子（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。

[図34]図34は、第2実施形態の第5の例の偏光制御部（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。

[図35]図35は、第2実施形態の第5の例の追加偏光子（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。

[図36]図36は、第2実施形態の第6の例の偏光制御部（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。

[図37]図37は、第2実施形態の第6の例の追加偏光子（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。

[図38]図38は、イメージセンサの第1変形例を示す偏光制御部の平面図である。

[図39]図39は、図38に示すイメージセンサのYZ平面の一例を示す断面図である。

[図40]図40は、図38に示すイメージセンサのXZ平面の一例を示す断面図である。

[図41]図4 1は、イメージセンサ（特にワイヤーグリッド型の追加偏光子を備えるイメージセンサ）の製造方法の一例を説明するための断面図である。

[図42]図4 2は、イメージセンサ（特にワイヤーグリッド型の追加偏光子を備えるイメージセンサ）の製造方法の一例を説明するための断面図である。

[図43]図4 3は、イメージセンサ（特にワイヤーグリッド型の追加偏光子を備えるイメージセンサ）の製造方法の一例を説明するための断面図である。

[図44]図4 4は、イメージセンサ（特にワイヤーグリッド型の追加偏光子を備えるイメージセンサ）の製造方法の一例を説明するための断面図である。

[図45]図4 5は、イメージセンサ（特にワイヤーグリッド型の追加偏光子を備えるイメージセンサ）の製造方法の一例を説明するための断面図である。

[図46]図4 6は、イメージセンサ（特にワイヤーグリッド型の追加偏光子を備えるイメージセンサ）の製造方法の一例を説明するための断面図である。

[図47]図4 7は、イメージセンサ（特にワイヤーグリッド型の追加偏光子を備えるイメージセンサ）の製造方法の一例を説明するための断面図である。

[図48]図4 8は、イメージセンサ（特にワイヤーグリッド型の追加偏光子を備えるイメージセンサ）の製造方法の一例を説明するための断面図である。

発明を実施するための形態

[0025] 図面を参照して本開示技術の例示的な実施形態を説明する。以下では、カメラシステムなどに応用可能なイメージセンサ（固体撮像素子）に対し、本開示技術が適用されるケースについて説明する。ただし本開示技術の適用対象は限定されず、撮像以外の用途にも応用可能な他の光検出装置（例えばセンサ等）に本開示技術が適用されてもよい。

[0026] なお図面中の各要素は模式的又は概念的に示されている。したがって図面中の各要素のサイズ及び形状等の特性は、現実の対応の要素の特性とは異なりうる。また図面中の要素間のサイズ比も、現実の装置における対応要素間のサイズ比とは異なりうる。また図面間で、各要素のサイズ及び形状や要素間のサイズ比は必ずしも一致せず、各図面において特定の1又は複数の要素が誇張されて表現されていることもある。

[0027] 以下の説明において、X方向、Y方向及びZ方向はお互いに直交する方向である。例えばX方向が水平方向に対応してもよく、Y方向は垂直方向（高さ方向）に対応してもよく、Z方向が奥行き方向に対応してもよい。

[0028] 図1は、イメージセンサ1の構成例を示す概略図である。図1において、偏光制御部（偏光スプリッター）10、追加偏光子11及び光電変換部20は斜めから見た状態で示されており、光学系OPは側方から見た状態が示されている。

[0029] イメージセンサ1は、典型的にはCCD（Charge Coupled Device）イメージセンサ又はCMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）イメージセンサによって構成可能である。ただしイメージセンサ1は、任意の撮像デバイスによって構成可能である。

[0030] イメージセンサ1は、外部にある被写体からの光を受光し、当該光の強度情報及び色情報を含む各種情報に関するデータを取得して、被写体の画像を生成する。被写体からの光の偏光情報には、光強度及び色（波長）のみからでは取得できない有益な情報が含まれており、例えば被写体の表面の形状に関する情報や被写体の材料に関する情報が含まれる。このような偏光情報を用いる偏光イメージング技術は、車載用カメラ、IoT（Internet of Things）デバイス及び医療用デバイス等、様々な分野で活用可能である。

[0031] 図1に示すイメージセンサ1は、光学系OP、偏光制御部10、追加偏光子11及び光電変換部20を備える。光学系OPは、被写体からの入射光Lを集光するレンズ等を含む。光学系OPを通過した入射光Lは、主光線の光軸方向に進行する正面入射光Laと、主光線の光軸に対して傾斜する方向に進行する傾斜入射光Lbとを含む。図1に示す例では、光軸方向がZ方向に一致する。

[0032] 光電変換部20は、入射光L（特に入射光Lから取り出される複数の偏光）を受光する複数の受光画素PXを含む。図1に示す例では、複数の受光画素PXがX方向及びY方向に二次元的に並べられており、光電変換部20は、全体としてX方向及びY方向に延びる辺を持つ矩形状を有する。光電変換

部20の中央部（像高0割）に位置する受光画素PXは、正面入射光Laを受光する。光電変換部20の中央部から離れて位置する受光画素PX（例えば光電変換部20の端部（例えば像高10割）に位置する受光画素PX）は、傾斜入射光Lbを受光する。

[0033] 各受光画素PXは、Si（シリコン）半導体材料等のフォトダイオードを有する。なお各受光画素PXは、入射光（偏光）の波長（例えば940nm）に応じて入射光の吸収率（感度）が変わりうるため、各受光画素PXの光吸収係数は必ずしも大きくない。そのため、一例として、各受光画素PXの表面（受光面）に光散乱体（図示省略）を設置して当該光散乱体によって入射光を散乱させることで、各受光画素PXにおける入射光の光路長を増大させて各受光画素PXの感度を向上させてもよい。

[0034] 偏光制御部10及び追加偏光子11は、光学系OPと光電変換部20との間の光路に配置され、光電変換部20の複数の受光画素PX（特に受光面）を覆うように設けられる。偏光制御部10は、「メタアトム」とも呼ばれる多数（複数）の微細構造体を含むメタサーフェス構造を有する。一方、追加偏光子11は、メタサーフェス構造を持たない偏光子である。追加偏光子11として、入射光Lから所望の直線偏光を取り出すことができる任意構造の偏光子（例えば後述のワイヤーグリッド型偏光子やフォトニック結晶型偏光子）を用いることが可能である。

[0035] 偏光制御部10及び追加偏光子11のうち光電変換部20の中央部に位置する受光画素PXを覆う部分は、正面入射光Laの偏光制御を行って、正面入射光La（特に偏光成分）を光電変換部20の中央部に位置する受光画素PX上に集光させる。偏光制御部10及び追加偏光子11のうち光電変換部20の端部に位置する受光画素PXを覆う部分は、傾斜入射光Lbの偏光制御を行って、傾斜入射光Lb（特に偏光成分）を光電変換部20の端部に位置する受光画素PX上に集光させる。このように偏光制御部10及び追加偏光子11の各部分は、様々な角度で入射する入射光Lに含まれる特定の偏光成分を選択的に通過させて対応の受光画素PX上に集光させる。

[0036] 追加偏光子 11 は、光軸方向に関して偏光制御部 10 と光電変換部 20 との間に設けられ、偏光制御部 10 からの複数の偏光が入射し、当該複数の偏光を選択的に透過する。特に偏光制御部 10 は、後述のように、複数の偏光を、それぞれ追加偏光子 11 のうちの互いに異なる領域（後述の「複数の追加偏光画素」）に向けて集光する。光電変換部 20 が有する複数の受光画素 P X は、追加偏光子 11 から選択的に出射される複数の偏光を受光する。各受光画素 P X には、所望方向に振動する偏光が選択的に入射するように、偏光制御部 10（特に後述の単位偏光制御部）及び追加偏光子 11（特に後述の追加偏光画素）が割り当てられる。

[0037] 本例において、偏光制御部 10 及び追加偏光子 11 の各々を透過し且つ光電変換部 20 によって受光される複数の偏光は、お互いに振動方向が異なる第 1 偏光、第 2 偏光、第 3 偏光及び第 4 偏光を含む。

[0038] 第 1 偏光～第 4 偏光の具体的な振動方向は限定されない。典型的には、イメージセンサ 1 に入射する直前の入射光 L において、第 1 偏光及び第 2 偏光はお互いに 90 度異なる振動方向を有し、第 3 偏光及び第 4 偏光はお互いに 90 度異なる振動方向を有し、第 2 偏光及び第 3 偏光はお互いに 45 度異なる振動方向を有する。後述の各実施形態では、第 1 偏光～第 4 偏光がそれぞれ、伝播方向を基準に 0 度（degree）、+90 度、-45 度及び +45 度の振動方向を有する。例えば X Y 平面において、0 度の振動方向は X 方向に一致する方向であってもよく、+90 度の振動方向は Y 方向に一致する方向であってもよく、-45 度及び +45 度の振動方向は X 方向及び Y 方向に対して斜めを成す方向であってもよい。

[0039] 上述のイメージセンサ 1（特に偏光制御部 10 及び追加偏光子 11）は様々な構成をとりうる。以下、イメージセンサ 1 の典型的な実施形態について説明する。

[0040] [第 1 実施形態]

本実施形態の追加偏光子 11 は、ワイヤーグリッド型偏光子を含む。

[0041] 図 2 A 及び図 2 B は、第 1 実施形態の第 1 の例のイメージセンサ 1 の概略

を示す部分断面図（XZ断面図）であり、入射光Lがイメージセンサ1（特に偏光制御部10）に対して垂直に入射する場合を示す。特に、図2Aは第1受光画素PX1及び第2受光画素PX2を示し、図2Bは第3受光画素PX3及び第4受光画素PX4を示す。図3は、第1実施形態の第1の例の偏光制御部10（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。図4は、第1実施形態の第1の例の追加偏光子11（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。

[0042] 図5は、単位偏光制御部10gの一例を示す偏光制御部10（特に偏光制御ユニット）の平面図である。図6は、図4に示す追加偏光子11の追加偏光画素11gと、割り当てられる偏光の振動方向P1～P4との対応関係を示す追加偏光子11（特に追加偏光画素ユニット）の平面図である。図7は、図2Aに示すイメージセンサ1において偏光制御部10から出射した第1偏光Lp1（振動方向P1＝0度）の進行方向を示す部分断面図である。図8は、図2Aに示すイメージセンサ1において偏光制御部10から出射した第2偏光Lp2（振動方向P2＝90度）の進行方向を示す部分断面図である。

[0043] 図2A～図8に示す例では、偏光制御部10、追加偏光子11及び光電変換部20の各々が正方画素配列を有する。

[0044] すなわちX方向に2つの受光画素PXが並び且つY方向に2つの受光画素PXが並ぶ正方格子配列の4つの受光画素PXを1つの受光画素ユニットとし、当該受光画素ユニットがX方向及びY方向に複数並べられる。各受光画素ユニットに含まれる4つの受光画素PX（第1受光画素PX1～第4受光画素PX4）は、それぞれ第1偏光Lp1～第4偏光Lp4に割り当てられる（図2A及び図2B参照）。

[0045] 具体的には、各受光画素ユニットのうちX方向に並べられる第1受光画素PX1及び第2受光画素PX2（図2A参照）は、それぞれ第1偏光Lp1（振動方向P1＝0度）及び第2偏光Lp2（振動方向P2＝90度）を受光するための受光画素PXである。各受光画素ユニットのうちX方向に並べ

られる他の第3受光画素 $P \times 3$ 及び第4受光画素 $P \times 4$ （図2B参照）は、それぞれ第3偏光 $L p 3$ （振動方向 $P 3 = -45$ 度）及び第4偏光 $L p 4$ （振動方向 $P 4 = +45$ 度）を受光するための受光画素 $P \times$ である。

[0046] このように4方向に振動する偏光を分離して受光可能なイメージセンサ1によって取得される偏光情報の位相によれば、被写体表面の法線ベクトルを推定することができ、ひいては被写体の形状を把握することが可能である。

[0047] ワイヤグリッド型偏光子である追加偏光子11は多数のワイヤ線11aを含む（図4参照）。各ワイヤ線11aは、例えばアルミニウム（Al）等の金属によって構成されるが、他の材料によって構成されてもよい。

[0048] 隣り合うワイヤ線11a間のワイヤ間部分11bは偏光透過領域であり、空間（エア領域）として構成されてもよいし、低屈折率材料（例えば二酸化ケイ素（ SiO_2 ））によって構成されてもよい。

[0049] 追加偏光子11は、図4に示すように複数の追加偏光画素11gに区分される。本例の追加偏光子11に含まれる複数の追加偏光画素11gは、正方格子配列を有する。

[0050] すなわちX方向に2つの追加偏光画素11gが並び且つY方向に2つの追加偏光画素11gが並ぶ正方格子配列の4つの追加偏光画素11gを1つの追加偏光画素ユニットとして、当該追加偏光画素ユニットがX方向及びY方向に複数並べられる。各追加偏光画素ユニットに含まれるこれらの4つの追加偏光画素11gは、それぞれ第1偏光 $L p 1$ ～第4偏光 $L p 4$ に割り当てられる。

[0051] 具体的には図6に示すように、各追加偏光画素ユニットのうちX方向に並べられる第1追加偏光画素11g1及び第2追加偏光画素11g2は、それぞれ第1偏光 $L p 1$ （振動方向 $P 1 = 0$ 度）及び第2偏光（振動方向 $P 2 = 90$ 度）を選択的に透過する。一方、各追加偏光画素ユニットのうちX方向に並べられる他の第3追加偏光画素11g3及び第4追加偏光画素11g4は、それぞれ第3偏光 $L p 3$ （振動方向 $P 3 = -45$ 度）及び第4偏光 $L p 4$ （振動方向 $P 4 = +45$ 度）を選択的に透過する。

- [0052] このように各追加偏光画素 11g は、第 1 偏光 Lp1、第 2 偏光 Lp2、第 3 偏光 Lp3 及び第 4 偏光 Lp4 のうちのいずれかを選択的に透過する。なお各追加偏光画素 11g のワイヤー線 11a の延在方向は、割り当てられる偏光の振動方向に応じて定められ、割り当てられる偏光の振動方向に対して 90 度を成す方向である（図 6 参照）。
- [0053] 追加偏光子 11 は、更に、各追加偏光画素 11g を囲むように設けられる枠状の追加偏光遮光部 11c（図 4 参照）を有する。追加偏光遮光部 11c は、光（特に偏光）の透過を遮ることができる任意の構成及び任意の組成を有する。したがって追加偏光遮光部 11c は、光を反射することで遮光するように構成されてもよいし、光を吸収することで遮光するように構成されてもよい。
- [0054] このようにして隣り合う追加偏光画素 11g 間に設けられる追加偏光遮光部 11c は、隣り合う追加偏光画素 11g 間における光（特に偏光）の漏れ出し（クロストーク）を抑えることができ、高い消光比を得るのに有利である。
- [0055] メタサーフェス構造の偏光制御部 10 は、図 2A 及び図 2 に示すように、入射光 L の入射方向 A0 に関して追加偏光子 11 よりも上流側に設けられる。この偏光制御部 10 は、入射光 L 中の複数の偏光（第 1 偏光 Lp1～第 4 偏光 Lp4）を選択的に透過しつつ分離する偏光スプリッター機能を発揮する。
- [0056] 本例では、偏光制御部 10 と光電変換部 20（各受光画素 PX）との間に導波路 30 が設けられる。導波路 30 は任意の構成を有することができ、導波路 30 を構成可能な材料は限定されない。例えばアモルファスシリコン、多結晶シリコン、ゲルマニウム、酸化チタン、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、窒化シリコン、酸化シリコン、窒化酸化シリコン、炭化シリコン、酸化炭化シリコン、窒化炭化シリコン及び酸化ジルコニウムのうちのいずれかの透明材料によって、導波路 30 が作られてもよい。

- [0057] 偏光制御部10に含まれる複数のメタアトム（微細構造体）10aは、図3に示すようにX方向及びY方向へ二次元的に配列されており、受光画素PX（光電変換部20）の受光面に対して略平行な面内に配置される。各メタアトム10aの屈折率は、メタアトム10a間の領域（すなわち構造体周辺部10b）の屈折率よりも大きい。
- [0058] メタアトム10aは任意の構成を有することができ、各メタアトム10aを構成可能な材料は限定されない。例えばアモルファスシリコン（ α -Si）、多結晶シリコン（Poly-Si）、ゲルマニウム、酸化チタン（TiO₂）、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、窒化シリコン（SiN、Si₃N₄）、酸化シリコン、窒化酸化シリコン、炭化シリコン、酸化炭化シリコン、窒化炭化シリコン、酸化ジルコニウム、窒化ガリウム（GaN）、ヒ化ガリウム（GaAs）及びリン化インジウム（InP）のうちのいずれかによって、各メタアトム10aが作られてもよい。
- [0059] またメタアトム10a間の領域（構造体周辺部10b）は任意の構成を有することができ、例えば空間として設けられてもよいし、二酸化ケイ素などの実体材料によって構成されてもよい。
- [0060] なおメタアトム10a及び導波路30は、お互いに異なる材料で作られる。例えば、導波路30がシリコン酸化膜又は酸化チタンで作られる場合、メタアトム10aは、シリコン単結晶又はアモルファスシリコンで作られてもよい。ただし構造体周辺部10bは、導波路30とは異なる材料で構成されてもよいし、導波路30と同じ材料で構成されてもよい。
- [0061] 各メタアトム10aは、ピラー形状を有し、理想的には矩形の断面形状及び平面形状を有する直方体として構成される。ただし実際には、リソグラフィのフォトリソマスクを使った加工で偏光制御部10を作製すると、各メタアトム10aの角部が丸味を帯びることがある。各メタアトム10aの角部が丸味を帯びていても、偏光制御部10は偏光スプリッター機能を十分に発揮しうる。このように各メタアトム10aの形状は限定されず、各メタアトム10aの断面形状及び平面形状は、任意の多角形、楕円形、中空形、又はそれ

以外の形状であってもよい。

[0062] 偏光制御部 10 は、お互いに異なる方向に振動する偏光を分離及び出射（集光）する複数種類の単位偏光制御部 10g を含む（図 5 参照）。

[0063] 本例の各単位偏光制御部 10g は、2つの受光画素 PX に対応する範囲（すなわち 2つの受光画素 PX を覆う領域）に設けられ、入射光 L 中の 2つの偏光成分をお互い異なる方向に選択的に出射して集光する。これにより各単位偏光制御部 10g は、入射光 L のうち 2画素（複数画素）に対応する範囲に入射した偏光を、1画素（単一画素）に対応する追加偏光子 11（追加偏光画素 11g）及び光電変換部 20（受光画素 PX）に集中させることができる。

[0064] 具体的には、複数の単位偏光制御部 10g は第 1 単位偏光制御部 10g1 及び第 2 単位偏光制御部 10g2 を含む。すなわち Y 方向に隣り合う 1つの第 1 単位偏光制御部 10g1 及び 1つの第 2 単位偏光制御部 10g2 を 1つの偏光制御ユニットとして、当該偏光制御ユニットが X 方向及び Y 方向に複数並べられる。

[0065] 第 1 単位偏光制御部 10g1 は、第 1 追加偏光画素 11g1 及び第 2 追加偏光画素 11g2 に割り当てられ、ひいては第 1 受光画素 PX1 及び第 2 受光画素 PX2 に割り当てられる。第 2 単位偏光制御部 10g2 は、第 3 追加偏光画素 11g3 及び第 4 追加偏光画素 11g4 に割り当てられ、ひいては第 3 受光画素 PX3 及び第 4 受光画素 PX4 に割り当てられる。

[0066] 各第 1 単位偏光制御部 10g1 に含まれる複数のメタアトム 10a は、入射光 L 中の第 1 偏光 Lp1 の振動方向 P1（0度：X 方向）及び第 2 偏光 Lp2 の振動方向 P2（90度：Y 方向）の各々に沿って直線的に配列される。各第 1 単位偏光制御部 10g1 の複数のメタアトム 10a は、入射光 L 中の第 1 偏光 Lp1 の振動方向 P1（X 方向）及び第 2 偏光 Lp2 の振動方向 P2（Y 方向）のサイズが互いに異なる複数のメタアトム 10a を含む。

[0067] 各第 2 単位偏光制御部 10g2 の複数のメタアトム 10a は、第 3 偏光 Lp3 の振動方向 P3（-45度）及び第 4 偏光 Lp4 の振動方向 P4（+4

5度)に沿って直線的に配列され、当該振動方向P3、P4のサイズが互いに異なる複数のメタアトム10aを含む。

[0068] 複数のメタアトム10aが上述の構造を有することで、各单位偏光制御部10gは、入射光L中の偏光成分を追加偏光子11（特に対応の追加偏光画素11g）に向けて選択的に出射（集光）する。

[0069] すなわち図2Aに示すように第1単位偏光制御部10g1は、入射光L中の第1偏光Lp1及び第2偏光Lp2を選択的に透過し、第1偏光Lp1を第1追加偏光画素11g1に向けて出射（集光）しつつ、第2偏光Lp2を第2追加偏光画素11g2に向けて出射（集光）する。なお図2Aにおいて第1単位偏光制御部10g1から第1追加偏光画素11g1に向かう第1偏光Lp1の進行方向が「A1」によって表される。また第1単位偏光制御部10g1から第2追加偏光画素11g2に向かう第2偏光Lp2の進行方向が「A2」によって表される。

[0070] 図7に示すように、第1単位偏光制御部10g1のうち第1受光画素Px1を覆う部分から出射される第1偏光Lp1は、Z方向に沿って又はZ方向に対して僅かに傾斜する斜め方向に沿って、第1受光画素Px1に向かって進行する。第1単位偏光制御部10g1のうち第2受光画素Px2を覆う部分から出射される第1偏光Lp1は、Z方向に対して大きく傾斜する斜め方向（図7の左下方向）に沿って、第1受光画素Px1に向かって進行する。

[0071] 一方、図8に示すように、第1単位偏光制御部10g1のうち第2受光画素Px2を覆う部分から出射される第2偏光Lp2は、Z方向に沿って又はZ方向に対して僅かに傾斜する斜め方向に沿って、第2受光画素Px2に向かって進行する。第1単位偏光制御部10g1のうち第1受光画素Px1を覆う部分から出射される第2偏光Lp2は、Z方向に対して大きく傾斜する斜め方向（図8の右下方向）に沿って、第2受光画素Px2に向かって進行する。

[0072] 同様に、図2Bに示すように第2単位偏光制御部10g2は、第3偏光Lp3及び第4偏光Lp4を選択的に透過し、第3偏光Lp3を第3追加偏光

画素 1 1 g 3 に向けて出射（集光）しつつ、第 4 偏光 L p 4 を第 4 追加偏光画素 1 1 g 4 に向けて出射（集光）する。なお図 2 B において第 2 単位偏光制御部 1 0 g 2 から第 3 追加偏光画素 1 1 g 3 に向かう第 3 偏光 L p 3 の進行方向が「A 3」によって表される。また第 2 単位偏光制御部 1 0 g 2 から第 4 追加偏光画素 1 1 g 4 に向かう第 4 偏光 L p 4 の進行方向が「A 4」によって表される。

[0073] 上述の構成を有するイメージセンサ 1 によれば、偏光制御部 1 0 によって、追加偏光子 1 1 のそれぞれの追加偏光画素 1 1 g に対して対応の所望の偏光を集光することができる。その結果、各追加偏光画素 1 1 g に対する望まれない偏光の入射を抑えることができ、追加偏光子 1 1 における光のロスを効果的に低減できる。

[0074] また各追加偏光画素 1 1 g は、所望の偏光の透過を許容しつつ、望まれない偏光の透過を効果的に防ぐ。

[0075] したがって本例のイメージセンサ 1 は、各受光画素 P X において所望の偏光の良好な受光感を確保しつつ、望まれない偏光の受光を抑えることができ、高い消光比を実現するのに有利である。

[0076] なおイメージセンサ 1 は、上述の図 2 A～図 8 に示す構成とは異なる構成を、適宜とりうる。

[0077] 図 9 は、追加偏光子 1 1 の一変形例の概略を示す平面図である。

[0078] より効果的にクロストークを抑える観点からは、隣り合う追加偏光画素 1 1 g の実質的な透光エリア（ワイヤー間部分 1 1 b）間の距離が大きくなるように、追加偏光子 1 1 の追加偏光遮光部 1 1 c が設けられることが好ましい。図 9 に示す例では、各追加偏光画素 1 1 g の実質的な透光エリア（ワイヤー間部分 1 1 b）が、各画素の中央において円形の平面形状を有するように、追加偏光遮光部 1 1 c が設けられる。

[0079] このように追加偏光遮光部 1 1 c が、各追加偏光画素 1 1 g における光（特に偏光）を透過可能な透光エリアを制限する絞りとして設けられることで、各受光画素 P X への望まれない偏光の入射が抑えられ、ひいては消光比を

向上させることができる。

[0080] 次に、上述の図1～図8に示す構造を有するイメージセンサ1を使って行ったFDTD法 (Finite-Difference Time-Domain method) の波動シミュレーションの結果例について述べる。

[0081] [第1のシミュレーション結果]

本シミュレーションでは、図1～図8に示す構造を有するイメージセンサ1に対し、波長940nmの入射光L (特に第1偏光Lp1 (すなわち第2偏光Lp2～第4偏光Lp4を含まず第1偏光Lp1のみを含む入射光L)) を垂直に入射させた。

[0082] 図10は、光電変換部20 (特に第1受光画素Px1～第4受光画素Px4を含む受光画素ユニットPxg) におけるFDTD法の波動シミュレーションの結果の一例 (受光パワー分布) を示す図である。図10に示す受光画素ユニットPxgにおいて、白に近い色で表される箇所ほど第1偏光Lp1を強く受光していることを示し、黒に近い色で表される箇所ほど第1偏光Lp1の受光強度が弱いことを示す。

[0083] 図10に示す結果例では、第1受光画素Px1が第1偏光Lp1を相対的に強く受光しており、他の受光画素Px (とりわけ第2受光画素Px2) による第1受光画素Px1の受光強度は相対的に弱かった。

[0084] 上述のように第1偏光Lp1は、偏光制御部10 (特に第1単位偏光制御部10g1) によって第1追加偏光画素11g1に集光され、第1追加偏光画素11g1を透過して第1受光画素Px1に集中的に入射するように誘導される。すなわち第1偏光Lp1は、第1追加偏光画素11g1以外の追加偏光画素11gに入射しないように、ひいては第1受光画素Px1以外の受光画素Pxに本来的に入射しないように、偏光制御部10によって誘導される。

[0085] 図10に示すシミュレーション結果は、そのような図1～図8のイメージセンサ1の構造的特性にも合致しており、第1偏光Lp1を第1受光画素Px1によって選択的に集中して受光させるのに図1～図8に示すイメージセ

ンサ 1 が有利なことを裏付ける。

[0086] なお図 10 は第 1 偏光 $Lp1$ に関するシミュレーション結果を示すが、他の偏光（第 2 偏光 $Lp2$ ～第 4 偏光 $Lp4$ ）についても同様のシミュレーション結果が得られた。すなわち図 1 ～図 8 に示すイメージセンサ 1 が、第 2 偏光 $Lp2$ ～第 4 偏光 $Lp4$ をそれぞれ第 2 受光画素 $Px2$ ～第 4 受光画素 $Px4$ によって選択的に集中して受光させるのに有利なことが、シミュレーション結果によって裏付けられた。

[0087] [第 2 のシミュレーション結果]

本件発明者は、偏光制御部 10 及び追加偏光子 11 の有無に基づくシミュレーションも行った。すなわち「偏光制御部 10 及び追加偏光子 11 を具備するイメージセンサ 1」及び「偏光制御部 10 及び追加偏光子 11 のうちの一方のみを具備する（他方を具備しない）イメージセンサ 1」に基づくシミュレーションも行った。

[0088] ここで「偏光制御部 10 及び追加偏光子 11 を具備するイメージセンサ 1」は、上述の図 1 ～図 8 に示す構造を有する。一方、「偏光制御部 10 及び追加偏光子 11 のうちの一方のみを具備するイメージセンサ 1」は、上述の図 1 ～図 8 に示す構造から偏光制御部 10 又は追加偏光子 11 が取り除かれた構造を有する。

[0089] 偏光制御部 10 及び追加偏光子 11 以外の構成は、シミュレーションを行ったイメージセンサ 1 間で共通させた。

[0090] 下記の表 1 は、「偏光制御部 10 及び追加偏光子 11 を具備するイメージセンサ 1」及び「偏光制御部 10 及び追加偏光子 11 のうちの一方のみを具備するイメージセンサ 1」に基づいて行われたシミュレーションの結果例を示す。

[0091]

[表1]

表1

番号	イメージセンサ構造	第1受光画素の 受光パワー	第2受光画素の 受光パワー	消光比
1	偏光制御部：アリ 追加偏光子：ナシ	0.59640	0.19060	3.1284
2	偏光制御部：ナシ 追加偏光子：アリ	0.11625	0.0022389	51.921
3	偏光制御部：アリ 追加偏光子：アリ	0.30311	0.00047402	639.45

[0092] 本シミュレーションでは、イメージセンサ1に対し、同じ光強度を有する波長940nmの入射光L（特に第1偏光Lp1（すなわち第2偏光Lp2～第4偏光Lp4を含まず第1偏光Lp1のみを含む入射光L））を垂直に入射させた。

[0093] 上記の表1において「第1受光画素の受光パワー」及び「第2受光画素の受光パワー」は、それぞれ第1受光画素PX1及び第2受光画素PX2による第1偏光Lp1の受光強度を示す数値である。「第1受光画素の受光パワー」の数値が大きいほど、各受光画素PXにおける所望の偏光の受光感度（本例では第1受光画素PX1における第1偏光Lp1の受光感度）が高いことを示し、通常は望ましい。一方、「第2受光画素の受光パワー」の数値が大きいほど、各受光画素PXにおける望まれない偏光の受光感度（本例では第2受光画素PX2における第1偏光Lp1の受光感度）が高いことを示し、通常は望ましくない。

[0094] また上記の表1において「消光比」は、「第1受光画素の受光パワー」及び「第2受光画素の受光パワー」の比を示す（消光比＝第1受光画素の受光パワー／第2受光画素の受光パワー）。消光比の値が大きいほど、各受光画素PXにおける所望の偏光の受光感度が高く且つ望まれない偏光の受光感度が低いことを示す。

- [0095] 表1の結果から、偏光制御部10が設けられ且つ追加偏光子11が設けられない場合（番号「1」参照）、第1偏光Lp1に対し、第1受光画素Px1の受光パワーは大きい、第2受光画素Px2の受光パワーも大きい。その結果、偏光制御部10が設けられ且つ追加偏光子11が設けられない場合には、相対的に高い消光比が得られないことが分かる。
- [0096] また表1の結果から、偏光制御部10が設けられず且つ追加偏光子11が設けられる場合（番号「2」参照）、第1受光画素Px1の受光パワーが相対的に小さい。したがって追加偏光子11を通過して第1受光画素Px1に到達する第1偏光Lp1の強度が本来的に弱く、結果的にイメージセンサ1が低感度になることが分かる。その結果、偏光制御部10が設けられず且つ追加偏光子11が設けられる場合にも、相対的に高い消光比が得られないことが分かる。
- [0097] 一方、表1の結果から、偏光制御部10及び追加偏光子11が設けられる場合（番号「3」参照）、第1偏光Lp1に対し、第1受光画素Px1の受光パワーの確保及び第2受光画素Px2の受光パワーの低減がバランス良く両立される。
- [0098] 例えば、追加偏光子11のみが設けられる場合（番号「2」）に比べ、偏光制御部10及び追加偏光子11が設けられる場合（番号「3」）には第1偏光Lp1に対する第1受光画素Px1の受光パワーが約3倍増大した。また追加偏光子11のみが設けられる場合（番号「2」）に比べ、偏光制御部10及び追加偏光子11が設けられる場合（番号「3」）には第1偏光Lp1に対する第2受光画素Px2の受光パワーが約1/5に低減した。
- [0099] その結果、追加偏光子11のみが設けられる場合（番号「2」）に比べ、偏光制御部10及び追加偏光子11が設けられる場合（番号「3」）には消光比が約12倍増大した。また偏光制御部10のみが設けられる（番号「1」）に比べ、偏光制御部10及び追加偏光子11が設けられる場合（番号「3」）には消光比が約204倍増大した。
- [0100] 上述の表1の結果からも、イメージセンサ1は偏光制御部10及び追加偏

光子 1 1 を具備することで、各受光画素 P X に関して「所望の偏光に対する高い感度」且つ「望ましくない偏光に対する低い感度」を実現して桁違いの高い消光比を得られることが分かる。したがって本実施形態のイメージセンサ 1 の出力結果によれば、より正確な偏光の位相見積もりを得ることが可能であり、ひいてはより高精度な被写体表面の法線ベクトル見積もりや形状把握が可能になる。

[0101] 次に、第 1 実施形態の他の例について説明する。

[0102] 図 1 1 は、第 1 実施形態の第 2 の例の偏光制御部 1 0（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。図 1 2 は、第 1 実施形態の第 2 の例の追加偏光子 1 1（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。

[0103] 第 2 の例では、光電変換部 2 0 の各受光画素ユニット P X g における第 3 受光画素 P X 3 及び第 4 受光画素 P X 4 の配置が、上述の第 1 の例における配置（図 1 0 参照）と入れ替わっている。すなわち第 1 受光画素 P X 1 に対して Y 方向に隣り合うように第 4 受光画素 P X 4 が配置され、第 2 受光画素 P X 2 に対して Y 方向に隣り合うように第 3 受光画素 P X 3 が配置される。

[0104] そのため第 2 の例では、図 1 2 に示すように、追加偏光子 1 1 の各追加偏光画素ユニットにおける第 3 追加偏光画素 1 1 g 3 及び第 4 追加偏光画素 1 1 g 4 の配置が、第 1 の例における配置（図 4 参照）と入れ替わっている。すなわち第 1 追加偏光画素 1 1 g 1 に対して Y 方向に隣り合うように第 4 追加偏光画素 1 1 g 4 が配置され、第 2 追加偏光画素 1 1 g 2 に対して Y 方向に隣り合うように第 3 追加偏光画素 1 1 g 3 が配置される。

[0105] なお第 2 の例における各受光画素ユニット P X g の第 1 受光画素 P X 1 及び第 2 受光画素 P X 2 の配置は、上述の第 1 の例における配置（図 1 0 参照）と同じである。したがって第 2 の例では、図 1 2 に示すように、追加偏光子 1 1 の各追加偏光画素ユニットにおける第 1 追加偏光画素 1 1 g 1 及び第 2 追加偏光画素 1 1 g 2 の配置が、第 1 の例における配置（図 4 参照）と同じである。

[0106] 偏光制御部 1 0 は、第 1 偏光 L p 1 ～第 4 偏光 L p 4 を上述の第 1 追加偏

光画素 1 1 g 1 ~ 第 4 追加偏光画素 1 1 g 4 のそれぞれに向けて選択的に出射するようなメタサーフェス構造（複数のメタアトム 1 0 a 及び構造体周辺部 1 0 b）を有する。

[0107] そのため本例でも第 1 偏光 L p 1 ~ 第 4 偏光 L p 4 は、偏光制御部 1 0 によって追加偏光子 1 1 の第 1 追加偏光画素 1 1 g 1 ~ 第 4 追加偏光画素 1 1 g 4 のそれぞれに集光され、第 1 追加偏光画素 1 1 g 1 ~ 第 4 追加偏光画素 1 1 g 4 のそれぞれを選択的に透過する。その結果、第 1 偏光 L p 1 ~ 第 4 偏光 L p 4 は、光電変換部 2 0 の第 1 受光画素 P X 1 ~ 第 4 受光画素 P X 4 のそれぞれによって選択的に受光される。

[0108] 図 1 3 は、第 1 実施形態の第 3 の例の偏光制御部 1 0（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。図 1 4 は、第 1 実施形態の第 3 の例の追加偏光子 1 1（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。

[0109] 第 3 の例では、光電変換部 2 0 の各受光画素ユニット P X g における第 1 受光画素 P X 1 及び第 2 受光画素 P X 2 の配置が、上述の第 1 の例における配置（図 1 0 参照）と入れ替わっている。すなわち第 1 受光画素 P X 1 に対して Y 方向に隣り合うように第 4 受光画素 P X 4 が配置され、第 2 受光画素 P X 2 に対して Y 方向に隣り合うように第 3 受光画素 P X 3 が配置される。

[0110] そのため第 3 の例では、図 1 4 に示すように、追加偏光子 1 1 の各追加偏光画素ユニットにおける第 1 追加偏光画素 1 1 g 1 及び第 2 追加偏光画素 1 1 g 2 の配置が、第 1 の例における配置（図 4 参照）と入れ替わっている。すなわち第 1 追加偏光画素 1 1 g 1 に対して Y 方向に隣り合うように第 4 追加偏光画素 1 1 g 4 が配置され、第 2 追加偏光画素 1 1 g 2 に対して Y 方向に隣り合うように第 3 追加偏光画素 1 1 g 3 が配置される。

[0111] なお第 3 の例における各受光画素ユニット P X g の第 3 受光画素 P X 3 及び第 4 受光画素 P X 4 の配置は、上述の第 1 の例における配置と同じである。また第 3 の例における各追加偏光画素ユニットの第 3 追加偏光画素 1 1 g 3 及び第 4 追加偏光画素 1 1 g 4 の配置は、上述の第 1 の例における配置と同じである。

- [0112] 偏光制御部 10 は、第 1 偏光 L_{p1} ～第 4 偏光 L_{p4} を上述の第 1 追加偏光画素 $11g1$ ～第 4 追加偏光画素 $11g4$ のそれぞれに向けて選択的に出射するようなメタサーフェス構造（複数のメタアトム 10a 及び構造体周辺部 10b）を有する。
- [0113] そのため本例でも第 1 偏光 L_{p1} ～第 4 偏光 L_{p4} は、偏光制御部 10 によって追加偏光子 11 の第 1 追加偏光画素 $11g1$ ～第 4 追加偏光画素 $11g4$ のそれぞれに集光され、第 1 追加偏光画素 $11g1$ ～第 4 追加偏光画素 $11g4$ のそれぞれを選択的に透過する。その結果、第 1 偏光 L_{p1} ～第 4 偏光 L_{p4} は、光電変換部 20 の第 1 受光画素 $Px1$ ～第 4 受光画素 $Px4$ のそれぞれによって選択的に受光される。
- [0114] 図 15 は、第 1 実施形態の第 4 の例の偏光制御部 10（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。図 16 は、第 1 実施形態の第 4 の例の追加偏光子 11（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。図 17 は、第 1 実施形態の第 5 の例の偏光制御部 10（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。図 18 は、第 1 実施形態の第 5 の例の追加偏光子 11（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。図 19 は、第 1 実施形態の第 6 の例の偏光制御部 10（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。図 20 は、第 1 実施形態の第 6 の例の追加偏光子 11（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。
- [0115] 図 15 ～図 20 に示す第 4 ～第 6 の例では、複数の受光画素 Px が斜め格子配列を有し、 X 方向及び Y 方向の各々に対して傾斜する方向（例えば X 方向及び Y 方向の各々に対して 45° 傾いた方向）に二次元的に配置される。また第 4 ～第 6 の例では、偏光制御部 10 に含まれる複数の単位偏光制御部 $10g$ が、斜め格子配列を有する（図 15、図 17 及び図 19 参照）。また第 4 ～第 6 の例では、追加偏光子 11 に含まれる複数の追加偏光画素 $11g$ が、斜め格子配列を有する（図 16、図 18 及び図 20 参照）。
- [0116] そして第 4 ～第 6 の例では、複数の受光画素ユニット、複数の追加偏光画素ユニット及び複数の偏光制御ユニットが、 X 方向及び Y 方向の各々に対し

て斜めを成す方向に二次元的に配列される。

[0117] ただし第4～第6の例では、第1偏光 L_{p1} ～第4偏光 L_{p4} のそれぞれを受光する第1受光画素 P_{X1} ～第4受光画素 P_{X4} 間の相対的な配置が異なる。

[0118] すなわち第4の例では、各受光画素ユニットにおいてX方向に第1受光画素 P_{X1} 及び第3受光画素 P_{X3} が並び、第2受光画素 P_{X2} 及びY方向に第4受光画素 P_{X4} が並ぶ。したがって図16に示すように、各追加偏光ユニットにおいてX方向に第1追加偏光画素 $11g1$ 及び第3追加偏光画素 $11g3$ が並び、Y方向に第2追加偏光画素 $11g2$ 及び第4追加偏光画素 $11g4$ が並ぶ。

[0119] 第5の例では、各受光画素ユニットにおいてX方向に第3受光画素 P_{X3} 及び第2受光画素 P_{X2} が並び、Y方向に第4受光画素 P_{X4} 及び第1受光画素 P_{X1} が並ぶ。したがって図18に示すように、各追加偏光ユニットにおいてX方向に第3追加偏光画素 $11g3$ 及び第2追加偏光画素 $11g2$ が並び、Y方向に第4追加偏光画素 $11g4$ 及び第1追加偏光画素 $11g1$ が並ぶ。

[0120] 第6の例では、各受光画素ユニットにおいてX方向に第4受光画素 P_{X4} 及び第1受光画素 P_{X1} が並び、Y方向に第3受光画素 P_{X3} 及び第2受光画素 P_{X2} が並ぶ。したがって図20に示すように、各追加偏光ユニットにおいてX方向に第4追加偏光画素 $11g4$ 及び第1追加偏光画素 $11g1$ が並び、Y方向に第3追加偏光画素 $11g3$ 及び第2追加偏光画素 $11g2$ が並ぶ。

[0121] 図21は、正方格子配列の受光画素 P_X を含む光電変換部20の一部を示す概略平面図である。図22は、斜め格子配列の受光画素 P_X を含む光電変換部20の一部を示す概略平面図である。

[0122] 図21及び図22において、特定の偏光（第1偏光 L_{p1} ～第4偏光 L_{p4} のうちの1つの偏光）を受光するための特定の受光画素（第1受光画素 P_{X1} ～第4受光画素 P_{X4} のうちの1つの受光画素 P_X ）が「 P_{Xn} 」で表

されている。また図 2 1 及び図 2 2 において、特定受光画素 $P \times n$ 間の X 方向の周期的な距離（ X 方向周期距離）が「 T_x 」で表され、特定受光画素 $P \times n$ 間の Y 方向の周期的な距離（ Y 方向周期距離）が「 T_y 」で表される。

[0123] 図 2 1 に示すように、正方格子配列の受光画素 $P \times$ の X 方向周期距離 T_x 及び Y 方向周期距離 T_y は、各受光画素 $P \times$ の X 方向及び Y 方向のサイズ（受光画素サイズ d ）の 2 倍である（ $T_x = T_y = 2d$ ）。

[0124] 一方、図 2 2 に示す斜め格子配列の受光画素 $P \times$ の X 方向周期距離 T_x 及び Y 方向周期距離 T_y は、受光画素サイズ d の $\sqrt{2}$ 倍である（ $T_x = T_y = \sqrt{2}d$ ）。

[0125] そのため斜め格子配列の受光画素 $P \times$ （図 2 2）は、正方格子配列の受光画素 $P \times$ （図 2 1）に比べ、より小さな X 方向周期距離 T_x 及び Y 方向周期距離 T_y （具体的には $1/\sqrt{2}$ 倍の X 方向周期距離 T_x 及び Y 方向周期距離 T_y ）を有する。

[0126] このように斜め格子配列の受光画素 $P \times$ （図 2 2）は、正方格子配列の受光画素 $P \times$ （図 2 1）に比べ、 X 方向（水平方向に対応）及び Y 方向（垂直方向に対応）に関してより細かい（より高い）解像度を実質的に有する。したがって斜め格子配列に基づく上述の第 4～第 6 の例のイメージセンサ 1 は、正方格子配列に基づく上述の第 1～第 3 の例のイメージセンサ 1 に比べ、水平方向及び垂直方向に関してより高い解像度の画像を取得するのに有利である。

[0127] 人間の眼が斜め方向よりも水平方向及び垂直方向の変化に敏感であるという視覚特性を考慮すると、画像の水平方向（ X 方向）及び垂直方向（ Y 方向）の解像度が高くなることは好ましい。したがって斜め格子配列に基づく上述の第 4～第 6 の例のイメージセンサ 1 は、人間の視覚特性上好ましい解像度の画像を取得するのに有利である。

[0128] 特に、メタサーフェス構造の偏光制御部 1 0 は、広い範囲から光を集めて、複数の偏光（4 種類の偏光）をそれぞれ別々の追加偏光画素 1 1 g 及び別々の受光画素 $P \times$ に向けて出射する。そのような偏光制御部 1 0 及び追加偏

光子 11 を備えるイメージセンサ 1 では原理的に解像度が劣化しやすいが、上述の斜め格子配列が採用されることで解像度の劣化を効果的に抑えることができる。

[0129] なお斜め格子配列に基づく上述の第 4 ～ 第 6 の例のイメージセンサ 1 は、上述以外の構成について、正方格子配列に基づく上述の第 1 ～ 第 3 の例のイメージセンサ 1 と同様の構成をとりうる。例えば、第 2 ～ 第 6 の例の追加偏光子 11 は、第 1 の例と同様に、上述の図 9 に示すように、各追加偏光画素 11g の実質的透光エリアを限定して隣り合う追加偏光画素 11g の透光エリア間距離を長大化する追加偏光遮光部 11c を有していてもよい。

[0130] [第 2 実施形態]

本実施形態において、上述の第 1 実施形態と同一又は対応の要素には同一の符号を付し、その詳細な説明は省略する。

[0131] 本実施形態の追加偏光子 11 は、フォトリック結晶型偏光子を含む。

[0132] 図 23 は、第 2 実施形態の第 1 の例のイメージセンサ 1 において偏光制御部 10 から出射した第 1 偏光（振動方向 $P1 = 0$ 度）の進行方向を示す部分断面図である。図 24 は、第 2 実施形態の第 1 の例のイメージセンサ 1 において偏光制御部 10 から出射した第 2 偏光（振動方向 $P2 = 90$ 度）の進行方向を示す部分断面図である。図 25 は、第 2 実施形態の第 1 の例の単位偏光制御部 10g の一例を示す偏光制御部 10（特に偏光制御ユニット）の平面図である。図 26 は、第 2 実施形態の第 1 の例の追加偏光子 11（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。図 27 は、第 2 実施形態の第 1 の例の追加偏光子 11 の概略を示す斜視図である。

[0133] 追加偏光子 11 を構成するフォトリック結晶型偏光子は、上述のワイヤグリッド型偏光子と同様に、偏光を振動方向に応じて選択的に透過及び出射する特性を有する。

[0134] フォトリック結晶型偏光子は、屈折率の異なる材料が周期的に並んだフォトリック結晶構造を有し、本例の追加偏光子 11 は周期的に並ぶ低屈折率材料 11d 及び高屈折率材料 11e を含む。追加偏光子 11 は、例えば屈折率

の高いアモルファスシリコン (α -Si) 層及び屈折率の低いシリコンオキサイド (SiO₂) 層の多層膜を有することで、1次元のフォトニックバンドギャップを形成することができる。

[0135] なおフォトニック結晶型の追加偏光子 11 は、他の組成に基づく低屈折率材料 11 d 及び高屈折率材料 11 e の組み合わせにより構成されてもよい。例えば高屈折率材料 11 e は、チタンオキサイド (TiO₂)、窒化シリコン (Si₃N₄)、タンタルオキサイド (Ta₂O₅) 或いはハフニウムオキサイド (HfO₂) であってもよい。

[0136] 追加偏光子 11 の当該多層膜に、ドライエッチング加工等の製法で周期的なピッチの溝を形成し、当該溝に屈折率の異なる材料（本例では二酸化ケイ素）が埋め込まれる。これにより追加偏光子 11 は、図 27 に示すように当該溝の延在方向と同じ方向に振動する偏光（TE 波）を反射しつつ、当該溝の延在方向に対して 90 度を成す方向に振動する偏光（TM 波）を透過することができる。このようにフォトニック結晶型偏光子は、特定方向に振動する偏光を選択的に透過することができる。

[0137] 本例の追加偏光子 11 の追加偏光ユニットは、図 26 に示すように、第 1 偏光 Lp1 ~ 第 4 偏光 Lp4 のそれぞれを選択的に透過するフォトニック結晶構造を有する正方画素配列の第 1 追加偏光画素 11 g1 ~ 第 4 追加偏光画素 11 g4 を含む。また隣り合う追加偏光画素 11 g 間に設けられる追加偏光遮光部 11 c として、遮光性に優れた枠状部材（例えばタングステン (W)）によって作られる遮光膜）が設置される。

[0138] 本例においても上述の第 1 実施形態の第 1 の例と同様に、第 1 偏光 Lp1 ~ 第 4 偏光 Lp4 は、偏光制御部 10 によって、追加偏光子 11 の第 1 追加偏光画素 11 g1 ~ 第 4 追加偏光画素 11 g4 のそれぞれに集光される。そして第 1 偏光 Lp1 ~ 第 4 偏光 Lp4 は、第 1 追加偏光画素 11 g1 ~ 第 4 追加偏光画素 11 g4 のそれぞれを選択的に透過して、光電変換部 20 の第 1 受光画素 Px1 ~ 第 4 受光画素 Px4 のそれぞれによって選択的に受光される。

[0139] 次に、第2実施形態の他の例について説明する。

[0140] 図28は、第2実施形態の第2の例の偏光制御部10（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。図29は、第2実施形態の第2の例の追加偏光子11（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。図30は、第2実施形態の第3の例の偏光制御部10（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。図31は、第2実施形態の第3の例の追加偏光子11（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。

[0141] 図32は、第2実施形態の第4の例の偏光制御部10（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。図33は、第2実施形態の第4の例の追加偏光子11（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。図34は、第2実施形態の第5の例の偏光制御部10（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。図35は、第2実施形態の第5の例の追加偏光子11（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。図36は、第2実施形態の第6の例の偏光制御部10（特に偏光制御ユニット）の概略を示す平面図である。図37は、第2実施形態の第6の例の追加偏光子11（特に追加偏光画素ユニット）の概略を示す平面図である。

[0142] 第2実施形態の第1～第6の例（図23～図37）は、上述の第1実施形態の第1～第6の例と同様に、第1偏光 L_p1 ～第4偏光 L_p4 を受光する第1受光画素 P_X1 ～第4受光画素 P_X4 間の相対配置が互いに異なる。

[0143] すなわち第2実施形態の第1～第6の例の第1受光画素 P_X1 ～第4受光画素 P_X4 は、上述の第1実施形態の第1～第6の例のそれぞれの第1受光画素 P_X1 ～第4受光画素 P_X4 と同様に配置される。また第2実施形態の第1～第6の例の第1単位偏光制御部 $10g1$ 及び第2単位偏光制御部 $10g2$ は、第1実施形態の第1～第6の例のそれぞれと同様に配置される（図25、28、30、32、34及び36参照）。また第2実施形態の第1～第6の例の第1～第4追加偏光画素 $11g1$ ～ $11g4$ は、第1実施形態の第1～第6の例のそれぞれの第1～第4追加偏光画素 $11g1$ ～ $11g4$ と同様に配置される（図26、29、31、33、35及び37参照）。

[0144] なお本実施形態の各例の追加偏光子 11 は、上述の図 9 に示すように、各追加偏光画素 11g の実質的な受光エリアを限定して隣り合う追加偏光画素 11g の受光エリア間距離が長大化されるように、追加偏光遮光部 11c を有していてもよい。

[0145] [第 1 変形例]

図 38 は、イメージセンサ 1 の第 1 変形例を示す偏光制御部 10 の平面図である。図 39 は、図 38 に示すイメージセンサ 1 の YZ 平面の一例を示す断面図である。図 40 は、図 38 に示すイメージセンサ 1 の XZ 平面の一例を示す断面図である。

[0146] 偏光制御部 10 と追加偏光子 11 との間に設けられる導波路 30 は、第 1 単位偏光導波路 30a 及び第 2 単位偏光導波路 30b を有する。隣り合う第 1 単位偏光導波路 30a と第 2 単位偏光導波路 30b との間には、偏光制御遮光部 31 が設けられる。図 38 ～図 40 に示す例では、偏光制御遮光部 31 が、導波路 30 において Z 方向に延びるとともに、偏光制御部 10（特に第 1 単位偏光制御部 10g1 と第 2 単位偏光制御部 10g2 との間の境界を含む部分）を貫通するように Z 方向に延びる。

[0147] 第 1 単位偏光導波路 30a は、第 1 単位偏光制御部 10g1 から出射する第 1 偏光 Lp1 及び第 2 偏光 Lp2 が追加偏光子 11（特に第 1 追加偏光画素 11g1 及び第 2 追加偏光画素 11g2）に向かって進行する際に通る領域である。第 2 単位偏光導波路 30b は、第 2 単位偏光制御部 10g2 から出射する第 3 偏光 Lp3 及び第 4 偏光 Lp4 が追加偏光子 11（特に第 3 追加偏光画素 11g3 及び第 4 追加偏光画素 11g4）に向かって進行する際に通る領域である。

[0148] 偏光制御遮光部 31 は、光（特に偏光）の透過を遮ることができる任意の構成及び任意の組成を有し、光を反射することで遮光するように構成されてもよいし、光を吸収することで遮光するように構成されてもよい。一例として、偏光制御遮光部 31 は、光（特に偏光）に対して高い反射性能を示す部材（例えばプレート状の金属（アルミニウムなど））を含んでいてもよい。

また偏光制御遮光部 31 は、導波路 30（第 1 単位偏光導波路 30a 及び第 2 単位偏光導波路 30b）とは屈折率が異なる組成の層（例えばエア層などの低屈折率層）を含んでいてもよい。

[0149] 偏光制御部 10 の第 1 単位偏光制御部 10g1 に入射した入射光 L 中の第 1 偏光 Lp1 及び第 2 偏光 Lp2 は、共通の第 1 単位偏光導波路 30a を通って、第 1 追加偏光画素 11g1 及び第 2 追加偏光画素 11g2 のそれぞれに入射する。一方、偏光制御部 10 の第 2 単位偏光制御部 10g2 に入射した入射光 L 中の第 3 偏光 Lp3 及び第 4 偏光 Lp4 は、共通の第 2 単位偏光導波路 30b を通って、第 3 追加偏光画素 11g3 及び第 4 追加偏光画素 11g4 のそれぞれに入射する。

[0150] 偏光制御遮光部 31 は、第 1 偏光 Lp1 及び第 2 偏光 Lp2 が通過する第 1 単位偏光導波路 30a と、第 3 偏光 Lp3 及び第 4 偏光 Lp4 が通過する第 2 単位偏光導波路 30b とを、光学的に分離する。これにより「第 1 偏光 Lp1 と第 2 偏光 Lp2 の間のスプリット」及び「第 3 偏光 Lp3 と第 4 偏光 Lp4 の間のスプリット」を邪魔することなく、「第 1 偏光 Lp1 及び第 2 偏光 Lp2」と「第 3 偏光 Lp3 及び第 4 偏光 Lp4」の間のクロストークが抑えられる。その結果、イメージセンサ 1 の消光比を向上させることができる。

[0151] なお図 38～図 40 に示す例では、偏光制御遮光部 31 が導波路 30 だけではなく偏光制御部 10 にも設けられるが、導波路 30 のみに偏光制御遮光部 31 が設けられ、偏光制御部 10 には偏光制御遮光部 31 が設けられなくてもよい。

[0152] [製造方法]

次に、イメージセンサ 1 の製造方法の一例について説明する。

[0153] 図 41～図 48 は、イメージセンサ 1（特にワイヤーグリッド型の追加偏光子 11 を備えるイメージセンサ 1）の製造方法の一例を説明するための断面図である。

[0154] まず図 41 に示すように、受光画素 PX を構成するフォトダイオード PD

を有する基板 4 1 が準備される。

[0155] フォトダイオード P D は任意の方法で基板 4 1 に形成可能である。一例として、p 型の S i 製の基板 4 1 に対して n 型ドーパントをイオン注入するドーピングを行い、高温アニールによる活性化を行うことで、画素毎にフォトダイオード P D を形成することが可能である。

[0156] その後図 4 2 に示すように、基板 4 1 上に、フォトダイオード P D を覆うように反射防止膜（A R（Anti-Reflection）膜）4 3、二酸化ケイ素膜 4 4 及びアルミニウム膜 4 5 が順次成膜されて積層される。反射防止膜 4 3、二酸化ケイ素膜 4 4 及びアルミニウム膜 4 5 は、任意の方法（一例として C V D 法（Chemical Vapor Deposition））で基板 4 1 上に積層可能である。

[0157] その後図 4 3 及び図 4 4 に示すように、アルミニウム膜 4 5 を加工してワイヤーグリッド型偏光子としての追加偏光子 1 1 が形成される。

[0158] アルミニウム膜 4 5 は任意の方法でワイヤーグリッド型偏光子に加工可能である。一例として、リソグラフィ技術に基づくフォトレジストを使ったドライエッチング（例えば反応性イオンエッチング（R I E : Reactive Ion Etching））によってアルミニウム膜 4 5 に微細溝（貫通孔）が形成される（図 4 3 参照）。その後、任意の方法（例えば C V D 法）でアルミニウム膜 4 5 上に二酸化ケイ素膜 4 6 が成膜されて積層されることで、アルミニウム膜 4 5 の微細溝が二酸化ケイ素によって埋められる（図 4 4 参照）。

[0159] その結果、アルミニウムにより構成されるワイヤー線 1 1 a 及び二酸化ケイ素により構成されるワイヤー間部分 1 1 b を有する追加偏光子 1 1 が形成される。またアルミニウム膜 4 5 上の二酸化ケイ素膜 4 6 によって導波路 3 0 が構成される。

[0160] その後図 4 5 ～図 4 7 に示すように、二酸化ケイ素膜 4 6（導波路 3 0）上に偏光制御部 1 0 が形成される。

[0161] すなわち図 4 5 に示すように、任意の方法（例えば C V D 法）で二酸化ケイ素膜 4 6 上にアモルファスシリコン膜 4 7 が成膜されて積層される。そして図 4 6 に示すように、任意の方法（例えば R I E などのドライエッチング

）でアモルファスシリコン膜 4 7 に微細溝（貫通孔）が形成される。そして図 4 7 に示すように、任意の方法（例えば C V D 法）でアモルファスシリコン膜 4 7 上に二酸化ケイ素膜 4 8 が成膜されて積層されることで、アモルファスシリコン膜 4 7 の微細溝が二酸化ケイ素によって埋められる。

[0162] その結果、アモルファスシリコンにより構成されるメタアトム 1 0 a 及び二酸化ケイ素により構成される構造体周辺部 1 0 b を有するメタサーフェス構造の偏光制御部 1 0 が形成される。

[0163] その後図 4 8 に示すように、二酸化ケイ素膜 4 8、アモルファスシリコン膜 4 7 の微細溝に充填される二酸化ケイ素（構造体周辺部 1 0 b）、及び二酸化ケイ素膜 4 6 に穴（空間）が形成される。当該穴は、任意の方法（例えば R I E などのドライエッチング）で形成可能であり、偏光制御遮光部 3 1（エア層）を構成する。

[0164] 上述の一連の処理（図 4 1 ～図 4 8）を行うことによって、イメージセンサ 1 を量産することができる。

[0165] 以上説明したように上述の各実施形態及び各変形例によれば、偏光フィルタ機能を持つ追加偏光子 1 1 の上層として、偏光スプリッター機能を持つメタサーフェス構造の偏光制御部 1 0 が配置される。

[0166] これにより光電変換部 2 0 の各受光画素 P X に対し、割り当てられている所望の偏光を集中的に入射させつつ、割り当てられていない望まれない偏光の入射を効果的に抑えることができる。その結果、振動方向の異なる 4 種類の偏光（第 1 偏光 L p 1 ～第 4 偏光 L p 4）に高感度を示し且つ良好な消光比を有するイメージセンサ 1（光検出装置）を提供することができる。このようなイメージセンサ 1 の検出結果（偏光情報を含む）に基づいて、被写体の形状等を高精度に把握することが可能になる。

[0167] [産業上の利用分野]

本開示技術は、各種の電子機器に応用可能であり、光エレクトロニクス分野全般（イメージセンサに関わる分野を含む）において利用可能である。

[0168] 典型的には、上述の各実施形態及び各変形例のイメージセンサ 1 を、カメ

ラシステムが具備する撮像装置として使用することが可能である。また上述の各実施形態及び各変形例のイメージセンサ 1 は撮像装置以外の光検出装置に応用されてもよく、そのような光検出装置を備える各種電子機器を提供することが可能である。

[0169] そのような各種電子機器は、光検出装置（イメージセンサ 1）の検出結果（偏光情報を含む）に基づいて被写体の形状を導出することが可能であり、とりわけ高度な感度や消光比が必要な状況で有用であり、被写体の動きや形状を高精度且つ高速に検知可能である。

[0170] したがって本開示の光検出装置及び電子機器は、検出結果（偏光情報を含む）に基づいて、人間が示すジェスチャーを認識することが可能であり、例えばヘッドマウントディスプレイとして構成されてユーザの視線（眼球の動き等）を検知することも可能である。そのため本開示の光検出装置及び電子機器は、一例としてゲーム用途に応用可能であり、VR（Virtual Reality）技術やAR（Augmented Reality）技術への応用も可能である。

[0171] また本開示の光検出装置及び電子機器は、検出結果（偏光情報を含む）に基づく被写体形状の高速検知が可能であるため、産業機械用のカメラへの応用も可能であり、例えばロボットを使った製品組み立てシステムなどの製造機器に応用できる。

[0172] 本明細書で開示されている実施形態及び変形例はすべての点で例示に過ぎず限定的には解釈されないことに留意されるべきである。上述の実施形態及び変形例は、添付の特許請求の範囲及びその趣旨を逸脱することなく、様々な形態での省略、置換及び変更が可能である。例えば上述の実施形態及び変形例が全体的に又は部分的に組み合わせられてもよく、また上述以外の実施形態が上述の実施形態又は変形例と組み合わせられてもよい。また、本明細書に記載された本開示の効果は例示に過ぎず、その他の効果ももたらされてもよい。

[0173] 上述の技術的思想を具現化する技術的カテゴリーは限定されない。例えば上述の装置を製造する方法或いは使用方法に含まれる 1 又は複数の手順

(ステップ) をコンピュータに実行させるためのコンピュータプログラムによって、上述の技術的思想が具現化されてもよい。またそのようなコンピュータプログラムが記録されたコンピュータが読み取り可能な非一時的 (non-transitory) な記録媒体によって、上述の技術的思想が具現化されてもよい。

[0174] [付記]

本開示技術は以下の構成をとることもできる。

[0175] [項目 1]

二次元的に配列される複数の微細構造体を含み、入射光中の複数の偏光を選択的に透過する偏光制御部と、

前記偏光制御部からの前記複数の偏光が入射し、当該複数の偏光を選択的に透過する追加偏光子と、

前記追加偏光子からの前記複数の偏光を受光する複数の受光画素を含む光電変換部と、を備え、

前記偏光制御部及び前記追加偏光子の各々を透過する前記複数の偏光は、お互いに振動方向が異なる第 1 偏光、第 2 偏光、第 3 偏光及び第 4 偏光を含む、

光検出装置。

[0176] [項目 2]

前記偏光制御部は、前記複数の偏光の各々を、前記追加偏光子のうちの互いに異なる領域に向けて集光する項目 1 に記載の光検出装置。

[0177] [項目 3]

前記追加偏光子は、ワイヤーグリッド型偏光子を含む、
項目 1 又は 2 に記載の光検出装置。

[0178] [項目 4]

前記追加偏光子は、フォトリソ結晶型偏光子を含む、
項目 1 又は 2 に記載の光検出装置。

[0179] [項目 5]

前記追加偏光子は、複数の追加偏光画素と、隣り合う追加偏光画素間に設

けられる追加偏光遮光部と、を含み、

前記複数の追加偏光画素の各々は、前記第 1 偏光、前記第 2 偏光、前記第 3 偏光及び前記第 4 偏光のうちのいずれかを選択的に透過する、

項目 1 ～ 4 のいずれかに記載の光検出装置。

[0180] [項目 6]

前記第 1 偏光及び前記第 2 偏光は、お互いに 90 度異なる振動方向を有し

、

前記第 3 偏光及び前記第 4 偏光は、お互いに 90 度異なる振動方向を有し

、

前記第 2 偏光及び前記第 3 偏光は、お互いに 45 度異なる振動方向を有する、

項目 1 ～ 5 のいずれかに記載の光検出装置。

[0181] [項目 7]

前記偏光制御部は、

前記第 1 偏光及び前記第 2 偏光を選択的に透過する第 1 単位偏光制御部と

、

前記第 3 偏光及び前記第 4 偏光を選択的に透過する第 2 単位偏光制御部と

、

を含み、

前記追加偏光子は、前記第 1 偏光、前記第 2 偏光、前記第 3 偏光及び前記第 4 偏光のうちのいずれかを選択的に透過する複数の追加偏光画素を含み、

前記第 1 単位偏光制御部は、

前記第 1 偏光を選択的に透過する追加偏光画素に向けて前記第 1 偏光を集光し、

前記第 2 偏光を選択的に透過する追加偏光画素に向けて前記第 2 偏光を集光し、

前記第 2 単位偏光制御部は、

前記第 3 偏光を選択的に透過する追加偏光画素に向けて前記第 3 偏光を集

光し、

前記第 4 偏光を選択的に透過する追加偏光画素に向けて前記第 4 偏光を集光する、

項目 1 ～ 6 のいずれかに記載の光検出装置。

[0182] [項目 8]

前記偏光制御部と前記追加偏光子との間に設けられる導波路を備え、

前記導波路は、

前記第 1 単位偏光制御部から出射する前記第 1 偏光及び前記第 2 偏光が前記追加偏光子に向かって進行する第 1 単位偏光導波路と、

前記第 2 単位偏光制御部から出射する前記第 3 偏光及び前記第 4 偏光が前記追加偏光子に向かって進行する第 2 単位偏光導波路と、を有し、

隣り合う前記第 1 単位偏光導波路と前記第 2 単位偏光導波路との間に偏光制御遮光部が設けられる、

項目 7 に記載の光検出装置。

[0183] [項目 9]

前記偏光制御遮光部は金属を含む、

項目 8 に記載の光検出装置。

[0184] [項目 10]

前記偏光制御遮光部はエア層を含む、

項目 8 に記載の光検出装置。

[0185] [項目 11]

前記複数の受光画素は斜め格子配列を有する、

項目 1 ～ 10 のいずれかに記載の光検出装置。

[0186] [項目 12]

前記追加偏光子は、斜め格子配列を有する複数の追加偏光画素を含む、

項目 1 ～ 11 のいずれかに記載の光検出装置。

[0187] [項目 13]

前記偏光制御部は、斜め格子配列を有する複数の単位偏光制御部を含む、

項目 1 ～ 1 2 のいずれかに記載の光検出装置。

[0188] [項目 1 4]

二次元的に配列される複数の微細構造体を含み、入射光中の複数の偏光を選択的に透過する偏光制御部と、

前記偏光制御部からの前記複数の偏光が入射し、当該複数の偏光を選択的に透過する追加偏光子と、

前記追加偏光子からの前記複数の偏光を受光する複数の受光画素を含む光電変換部と、を有し、

前記偏光制御部及び前記追加偏光子の各々を透過する前記複数の偏光は、お互いに振動方向が異なる第 1 偏光、第 2 偏光、第 3 偏光及び第 4 偏光を含む、光検出装置

を備える電子機器。

[0189] [項目 1 5]

前記偏光制御部は、前記複数の偏光の各々を、前記追加偏光子のうちの互いに異なる領域に向けて集光する項目 1 4 に記載の電子機器。

[0190] [項目 1 6]

前記追加偏光子は、ワイヤーグリッド型偏光子を含む、

項目 1 4 又は 1 5 に記載の電子機器。

[0191] [項目 1 7]

前記追加偏光子は、フォトリソ結晶型偏光子を含む、

項目 1 4 又は 1 5 に記載の電子機器。

[0192] [項目 1 8]

前記追加偏光子は、複数の追加偏光画素と、隣り合う追加偏光画素間に設けられる追加偏光遮光部と、を含み、

前記複数の追加偏光画素の各々は、前記第 1 偏光、前記第 2 偏光、前記第 3 偏光及び前記第 4 偏光のうちのいずれかを選択的に透過する、

項目 1 4 ～ 1 7 のいずれかに記載の電子機器。

[0193] [項目 1 9]

前記第 1 偏光及び前記第 2 偏光は、お互いに 90 度異なる振動方向を有し、
前記第 3 偏光及び前記第 4 偏光は、お互いに 90 度異なる振動方向を有し、
前記第 2 偏光及び前記第 3 偏光は、お互いに 45 度異なる振動方向を有する、
項目 14～18 のいずれかに記載の電子機器。

[0194] [項目 20]

前記偏光制御部は、
前記第 1 偏光及び前記第 2 偏光を選択的に透過する第 1 単位偏光制御部と、
前記第 3 偏光及び前記第 4 偏光を選択的に透過する第 2 単位偏光制御部と、
を含み、
前記追加偏光子は、前記第 1 偏光、前記第 2 偏光、前記第 3 偏光及び前記第 4 偏光のうちのいずれかを選択的に透過する複数の追加偏光画素を含み、
前記第 1 単位偏光制御部は、
前記第 1 偏光を選択的に透過する追加偏光画素に向けて前記第 1 偏光を集光し、
前記第 2 偏光を選択的に透過する追加偏光画素に向けて前記第 2 偏光を集光し、
前記第 2 単位偏光制御部は、
前記第 3 偏光を選択的に透過する追加偏光画素に向けて前記第 3 偏光を集光し、
前記第 4 偏光を選択的に透過する追加偏光画素に向けて前記第 4 偏光を集光する、
項目 14～19 のいずれかに記載の電子機器。

[0195] [項目 21]

前記偏光制御部と前記追加偏光子との間に設けられる導波路を備え、
前記導波路は、

前記第 1 単位偏光制御部から出射する前記第 1 偏光及び前記第 2 偏光が
前記追加偏光子に向かって進行する第 1 単位偏光導波路と、

前記第 2 単位偏光制御部から出射する前記第 3 偏光及び前記第 4 偏光が
前記追加偏光子に向かって進行する第 2 単位偏光導波路と、を有し、

隣り合う前記第 1 単位偏光導波路と前記第 2 単位偏光導波路との間に偏光
制御遮光部が設けられる、

項目 2 0 に記載の電子機器。

[0196] [項目 2 2]

前記偏光制御遮光部は金属を含む、

項目 2 1 に記載の電子機器。

[0197] [項目 2 3]

前記偏光制御遮光部はエア層を含む、

項目 2 1 に記載の電子機器。

[0198] [項目 2 4]

前記複数の受光画素は斜め格子配列を有する、

項目 1 4 ～ 2 3 のいずれかに記載の電子機器。

[0199] [項目 2 5]

前記追加偏光子は、斜め格子配列を有する複数の追加偏光画素を含む、

項目 1 4 ～ 2 4 のいずれかに記載の電子機器。

[0200] [項目 2 6]

前記偏光制御部は、斜め格子配列を有する複数の単位偏光制御部を含む、

項目 1 4 ～ 2 5 のいずれかに記載の電子機器。

符号の説明

[0201] 1 イメージセンサ

1 0 偏光制御部

1 0 a メタアトム

- 1 0 b 構造体周辺部
- 1 0 g 単位偏光制御部
- 1 0 g 1 第1 単位偏光制御部
- 1 0 g 2 第2 単位偏光制御部
- 1 1 追加偏光子
- 1 1 a ワイヤー線
- 1 1 b ワイヤー間部分
- 1 1 c 追加偏光遮光部
- 1 1 d 低屈折率材料
- 1 1 e 高屈折率材料
- 1 1 g 追加偏光画素
- 1 1 g 1 第1 追加偏光画素
- 1 1 g 2 第2 追加偏光画素
- 1 1 g 3 第3 追加偏光画素
- 1 1 g 4 第4 追加偏光画素
- 2 0 光電変換部
- 3 0 導波路
- 3 0 a 第1 単位偏光導波路
- 3 0 b 第2 単位偏光導波路
- 3 1 偏光制御遮光部
- 4 1 基板
- 4 3 反射防止膜
- 4 4 二酸化ケイ素膜
- 4 5 アルミニウム膜
- 4 6 二酸化ケイ素膜
- 4 7 アモルファスシリコン膜
- 4 8 二酸化ケイ素膜
- d 受光画素サイズ

L 入射光

L p 1 第1偏光

L p 2 第2偏光

L p 3 第3偏光

L p 4 第4偏光

P D フォトダイオード

P X 受光画素

P X g 受光画素ユニット

P X n 特定受光画素

P X 1 第1受光画素

P X 2 第2受光画素

P X 3 第3受光画素

P X 4 第4受光画素

T x X方向周期距離

T y Y方向周期距離

請求の範囲

- [請求項1] 二次元的に配列される複数の微細構造体を含み、入射光中の複数の偏光を選択的に透過する偏光制御部と、
- 前記偏光制御部からの前記複数の偏光が入射し、当該複数の偏光を選択的に透過する追加偏光子と、
- 前記追加偏光子からの前記複数の偏光を受光する複数の受光画素を含む光電変換部と、を備え、
- 前記偏光制御部及び前記追加偏光子の各々を透過する前記複数の偏光は、お互いに振動方向が異なる第1偏光、第2偏光、第3偏光及び第4偏光を含む、
- 光検出装置。
- [請求項2] 前記偏光制御部は、前記複数の偏光の各々を、前記追加偏光子のうちの互いに異なる領域に向けて集光する請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項3] 前記追加偏光子は、ワイヤーグリッド型偏光子を含む、
- 請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項4] 前記追加偏光子は、フォトリソ結晶型偏光子を含む、
- 請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項5] 前記追加偏光子は、複数の追加偏光画素と、隣り合う追加偏光画素間に設けられる追加偏光遮光部と、を含み、
- 前記複数の追加偏光画素の各々は、前記第1偏光、前記第2偏光、前記第3偏光及び前記第4偏光のうちのいずれかを選択的に透過する、
- 請求項1に記載の光検出装置。
- [請求項6] 前記第1偏光及び前記第2偏光は、お互いに90度異なる振動方向を有し、
- 前記第3偏光及び前記第4偏光は、お互いに90度異なる振動方向を有し、

前記第2偏光及び前記第3偏光は、お互いに45度異なる振動方向を有する、

請求項1に記載の光検出装置。

[請求項7]

前記偏光制御部は、

前記第1偏光及び前記第2偏光を選択的に透過する第1単位偏光制御部と、

前記第3偏光及び前記第4偏光を選択的に透過する第2単位偏光制御部と、

を含み、

前記追加偏光子は、前記第1偏光、前記第2偏光、前記第3偏光及び前記第4偏光のうちのいずれかを選択的に透過する複数の追加偏光画素を含み、

前記第1単位偏光制御部は、

前記第1偏光を選択的に透過する追加偏光画素に向けて前記第1偏光を集光し、

前記第2偏光を選択的に透過する追加偏光画素に向けて前記第2偏光を集光し、

前記第2単位偏光制御部は、

前記第3偏光を選択的に透過する追加偏光画素に向けて前記第3偏光を集光し、

前記第4偏光を選択的に透過する追加偏光画素に向けて前記第4偏光を集光する、

請求項1に記載の光検出装置。

[請求項8]

前記偏光制御部と前記追加偏光子との間に設けられる導波路を備え、

前記導波路は、

前記第1単位偏光制御部から出射する前記第1偏光及び前記第2偏光が前記追加偏光子に向かって進行する第1単位偏光導波路と、

前記第2単位偏光制御部から出射する前記第3偏光及び前記第4偏光が前記追加偏光子に向かって進行する第2単位偏光導波路と、を有し、

隣り合う前記第1単位偏光導波路と前記第2単位偏光導波路との間に偏光制御遮光部が設けられる、

請求項7に記載の光検出装置。

[請求項9] 前記偏光制御遮光部は金属を含む、

請求項8に記載の光検出装置。

[請求項10] 前記偏光制御遮光部はエア層を含む、

請求項8に記載の光検出装置。

[請求項11] 前記複数の受光画素は斜め格子配列を有する、

請求項1に記載の光検出装置。

[請求項12] 前記追加偏光子は、斜め格子配列を有する複数の追加偏光画素を含む、

請求項1に記載の光検出装置。

[請求項13] 前記偏光制御部は、斜め格子配列を有する複数の単位偏光制御部を含む、

請求項1に記載の光検出装置。

[請求項14] 二次元的に配列される複数の微細構造体を含み、入射光中の複数の偏光を選択的に透過する偏光制御部と、

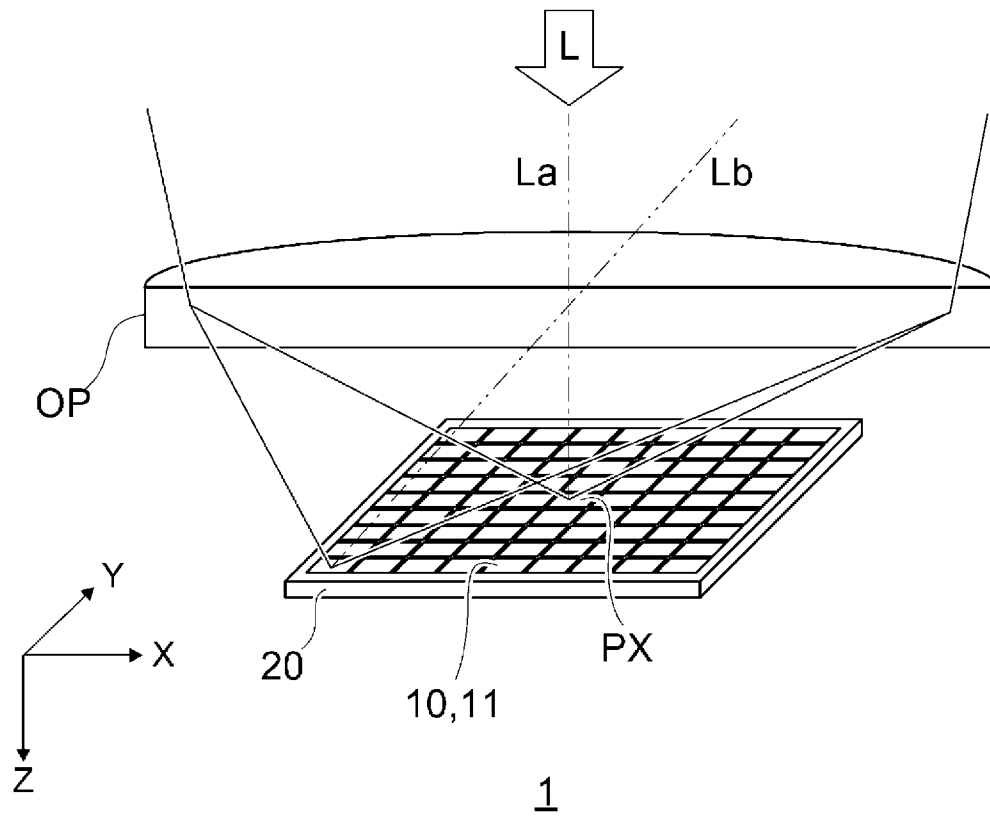
前記偏光制御部からの前記複数の偏光が入射し、当該複数の偏光を選択的に透過する追加偏光子と、

前記追加偏光子からの前記複数の偏光を受光する複数の受光画素を含む光電変換部と、を有し、

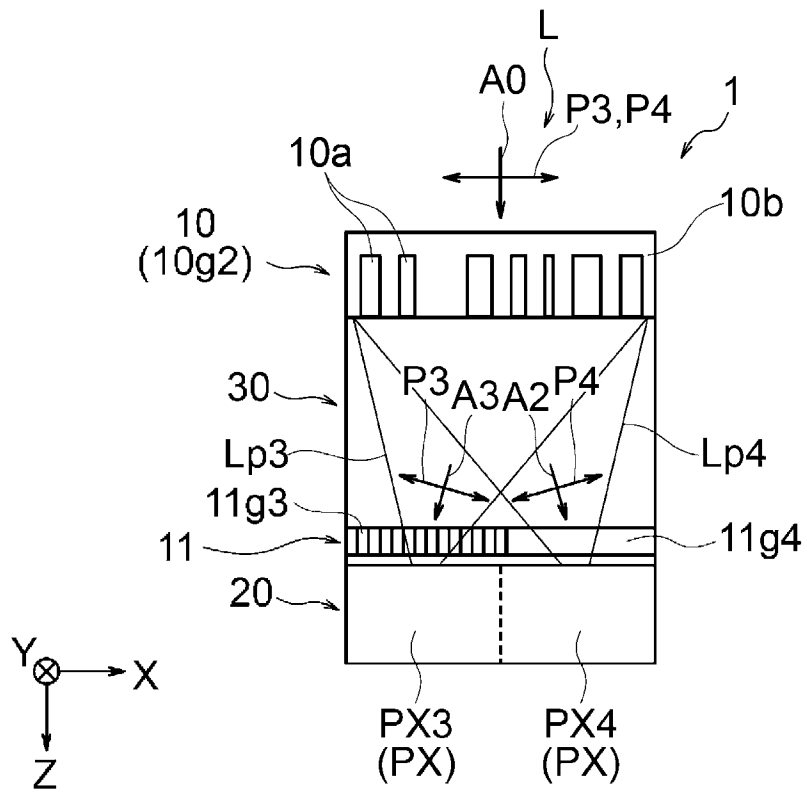
前記偏光制御部及び前記追加偏光子の各々を透過する前記複数の偏光は、お互いに振動方向が異なる第1偏光、第2偏光、第3偏光及び第4偏光を含む、光検出装置

を備える電子機器。

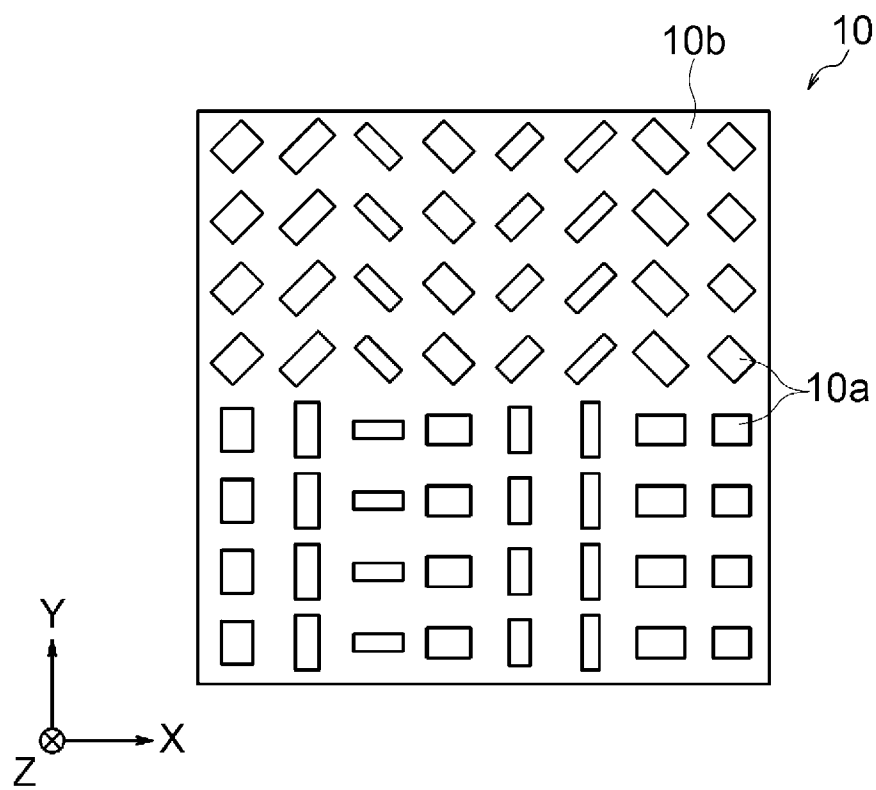
[図1]



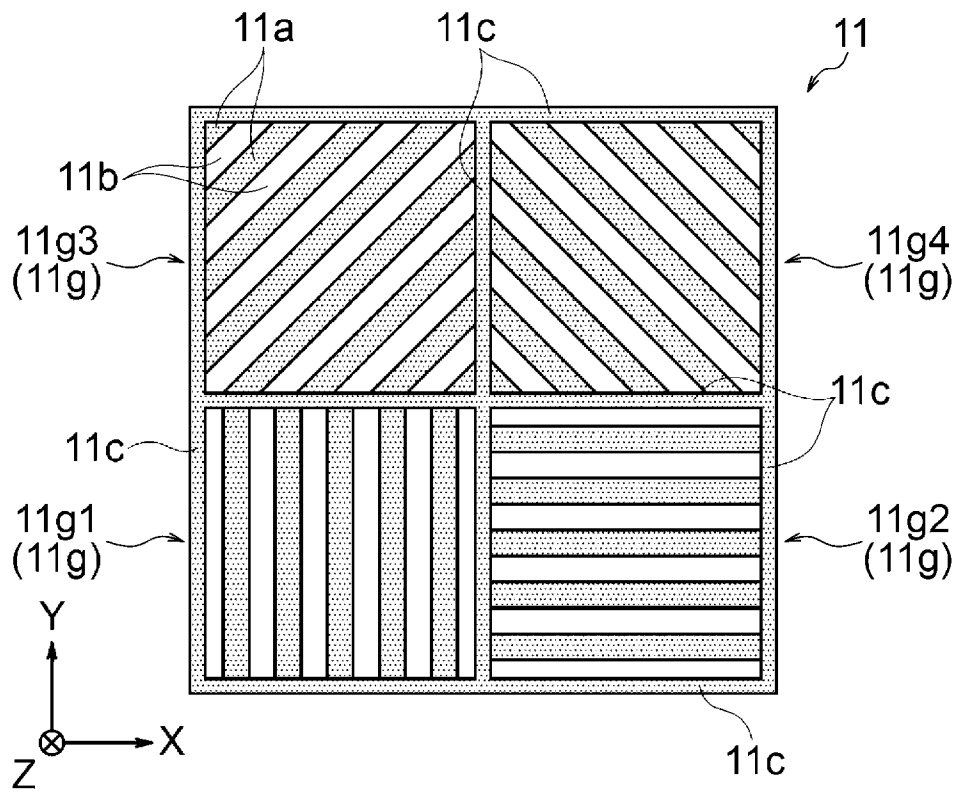
[図2B]



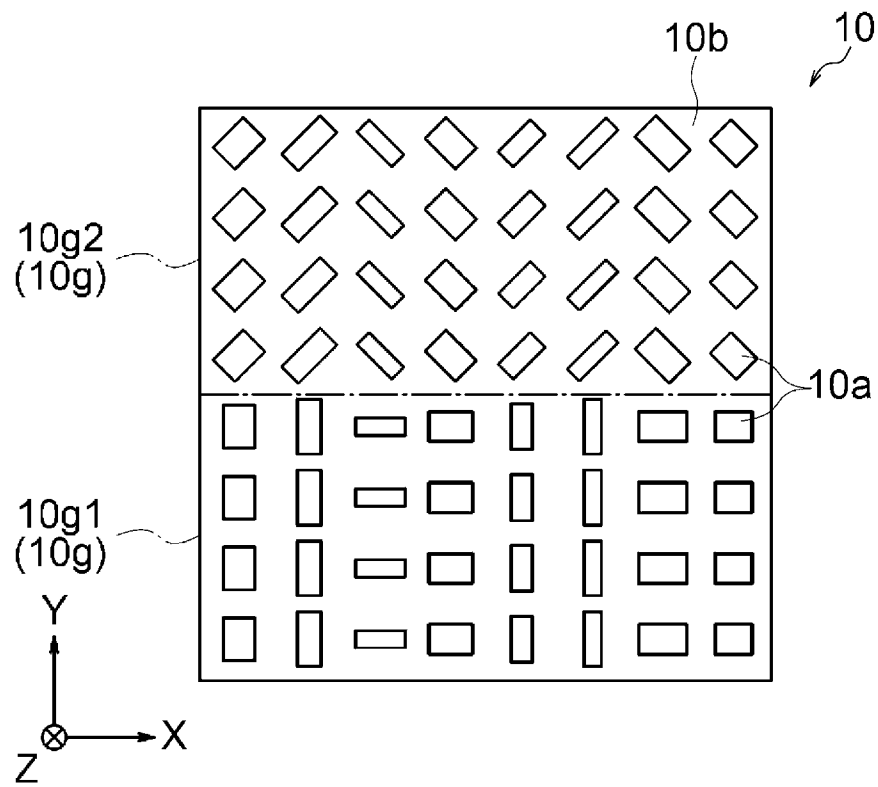
[図3]



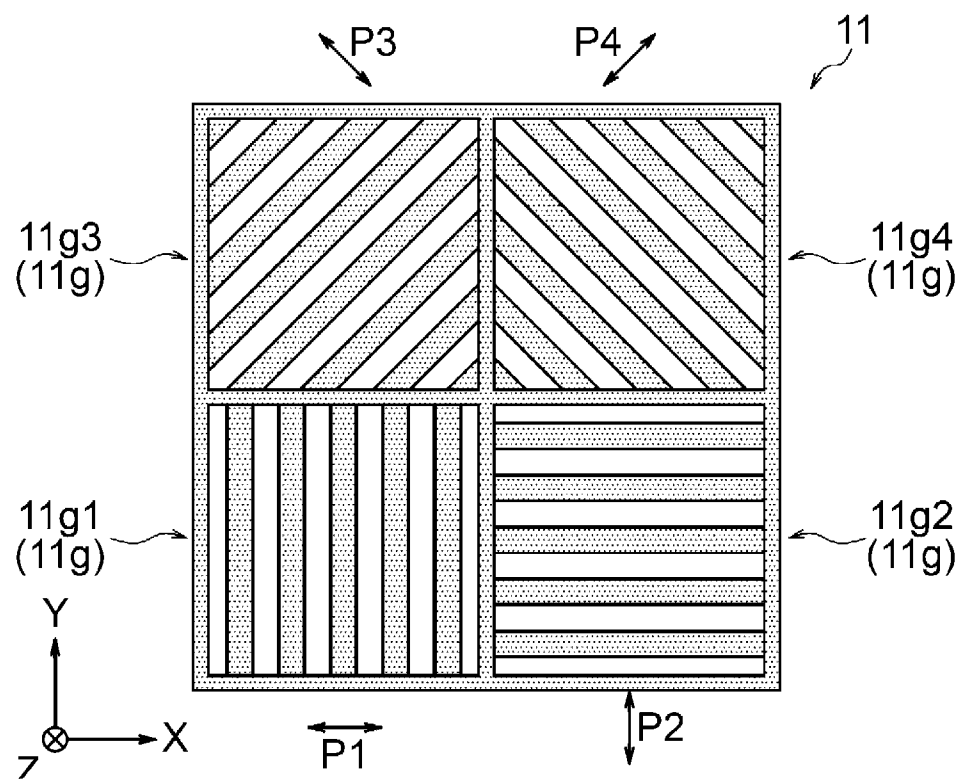
[図4]



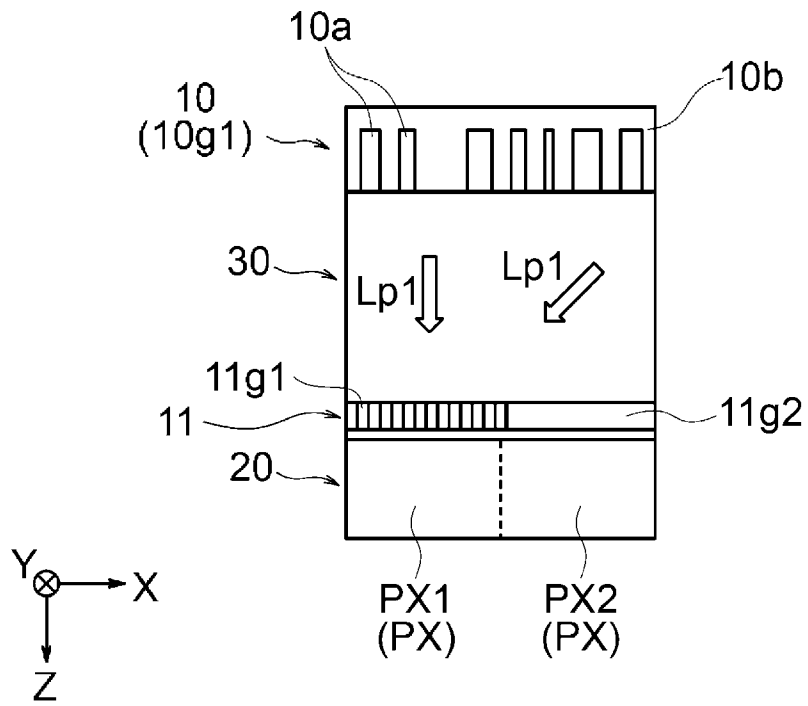
[図5]



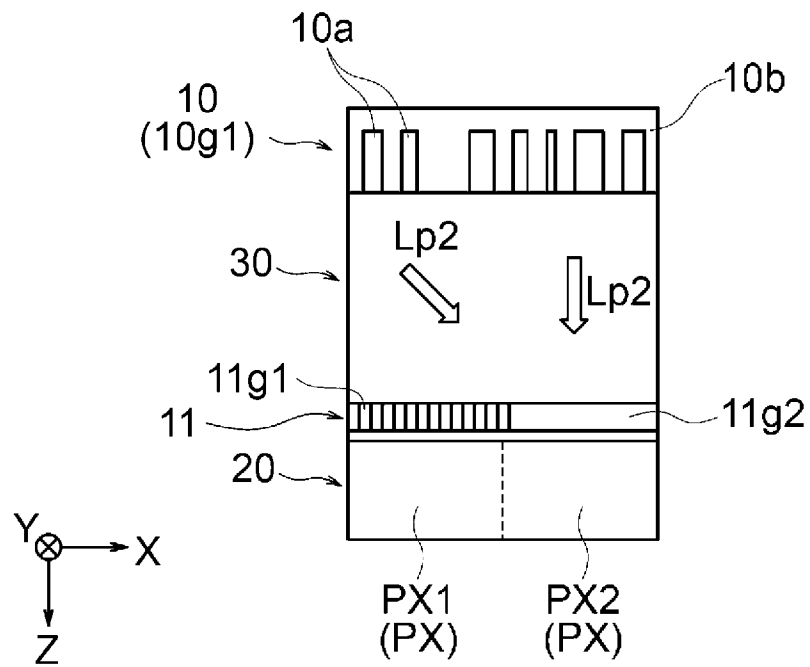
[図6]



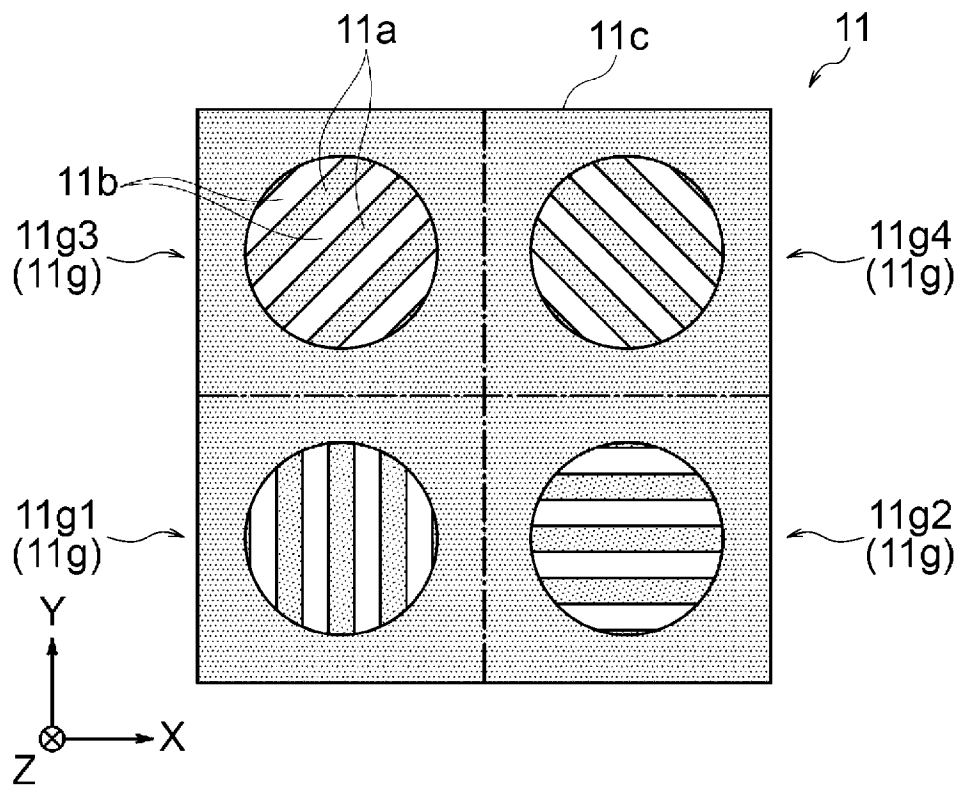
[図7]



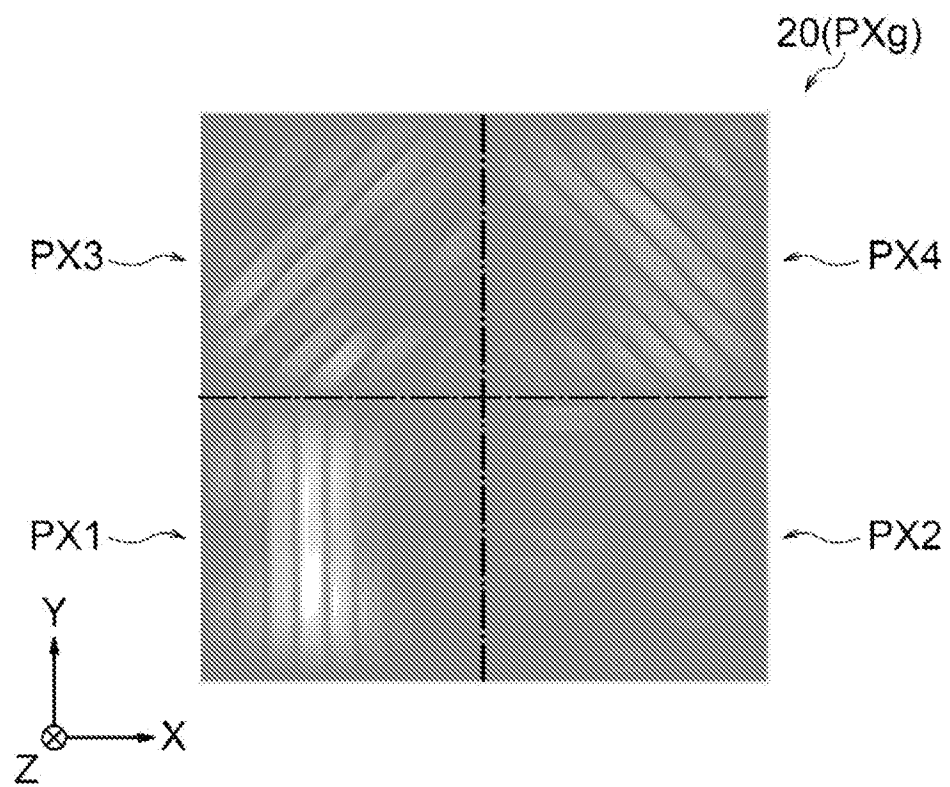
[図8]



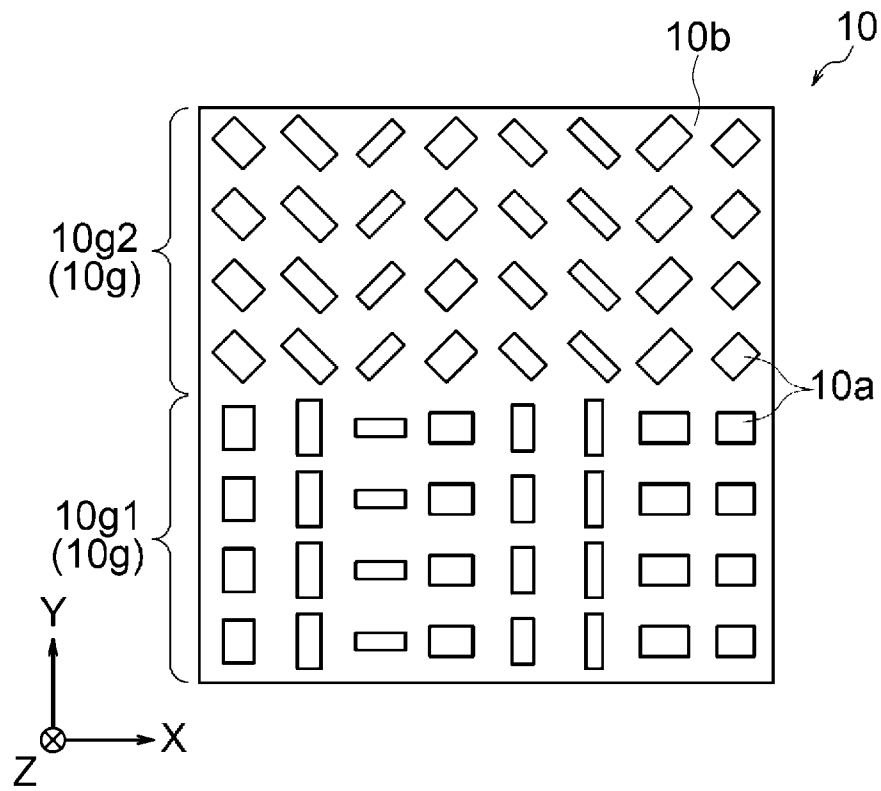
[図9]



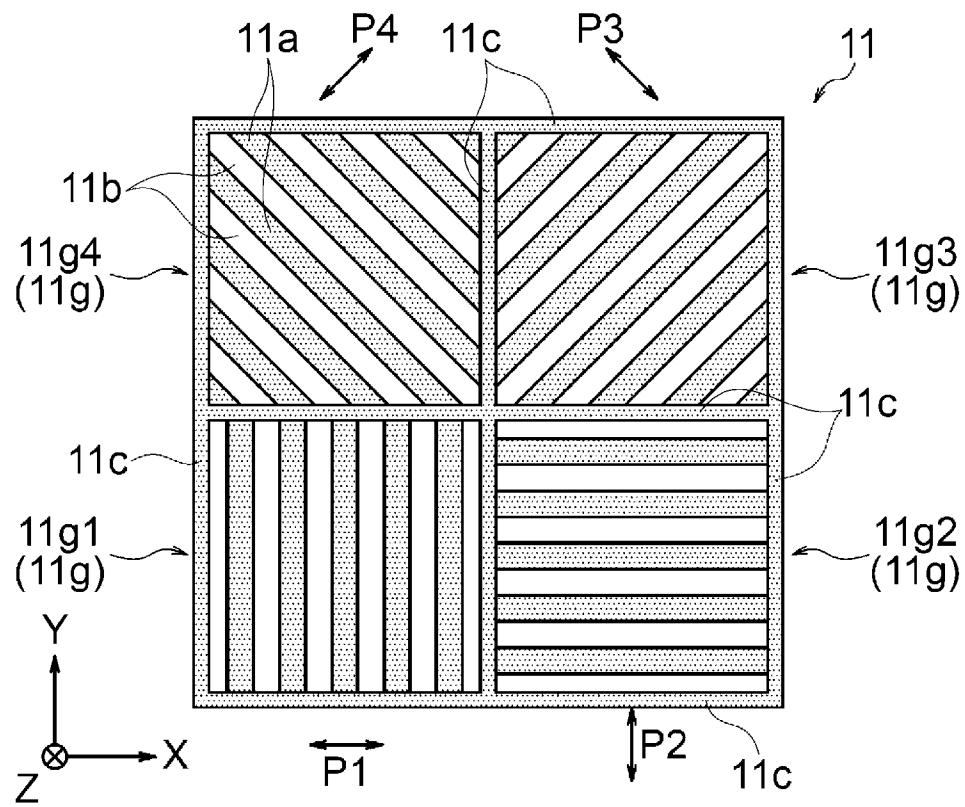
[図10]



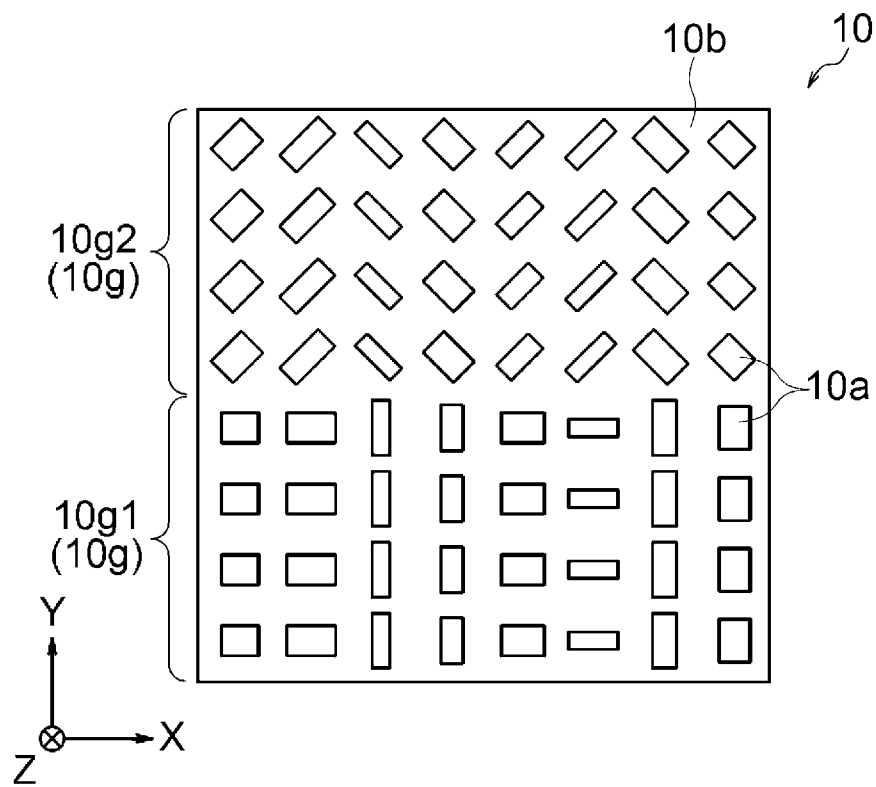
[図11]



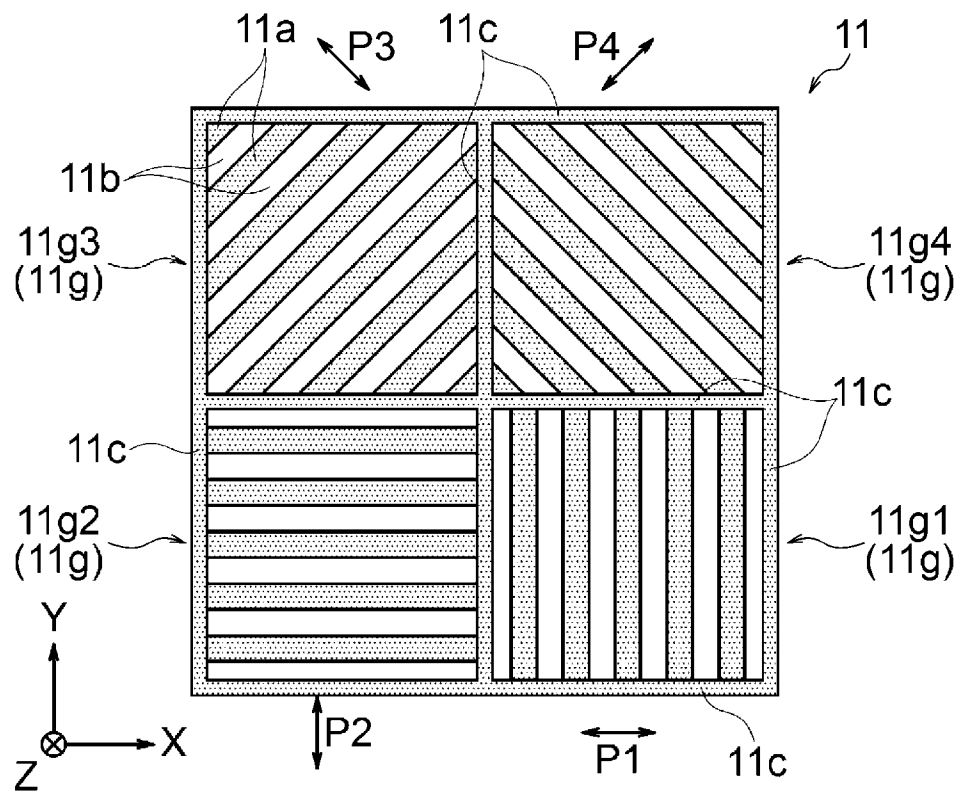
[図12]



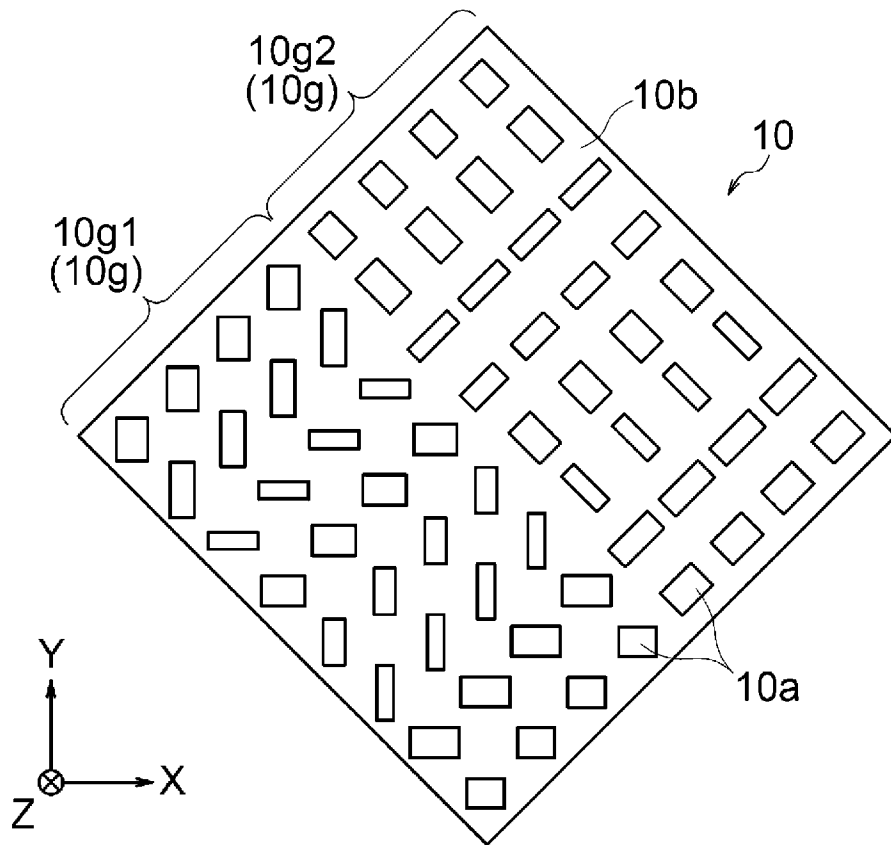
[図13]



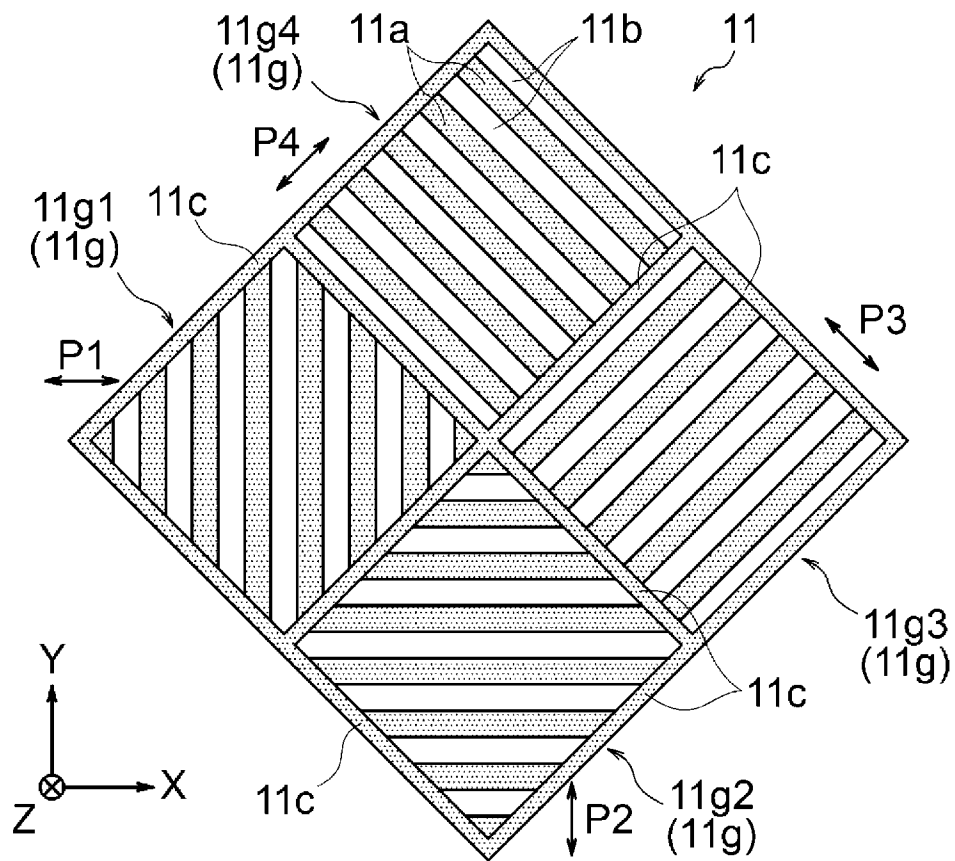
[図14]



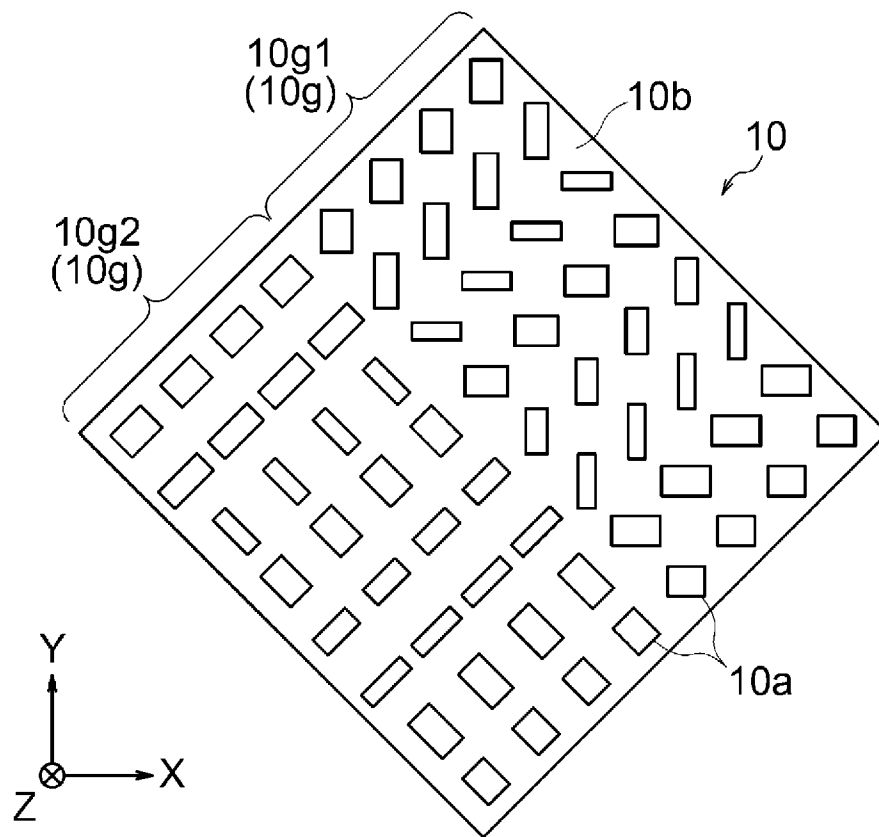
[図15]



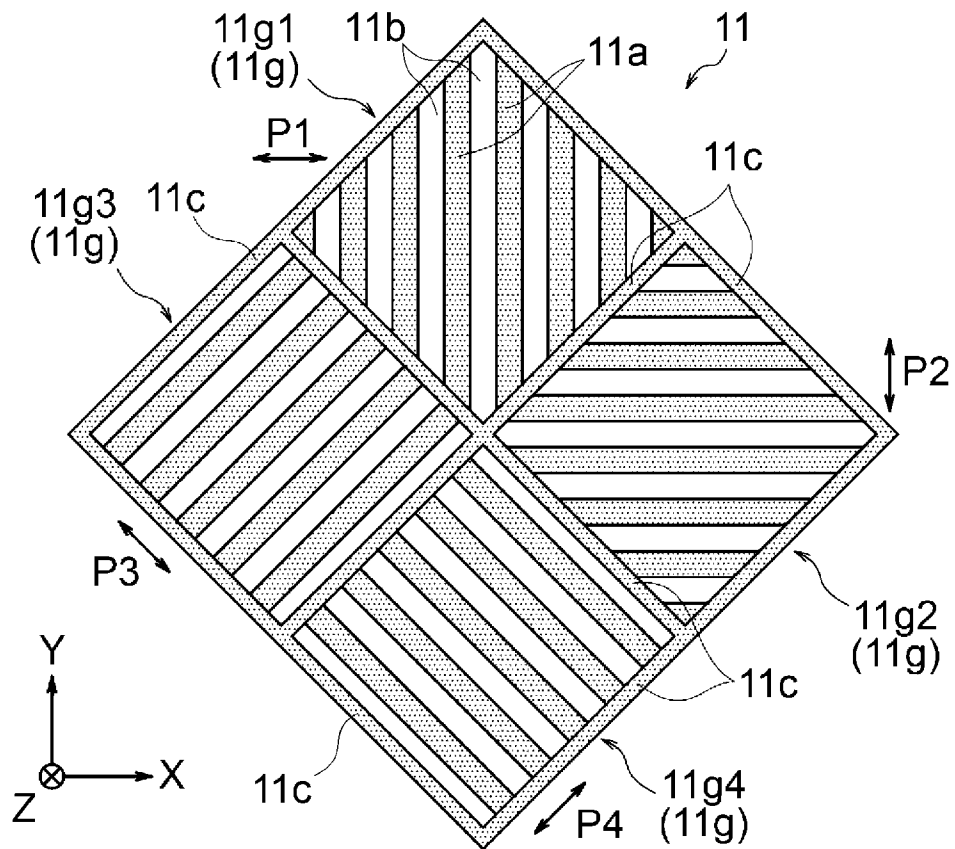
[図16]



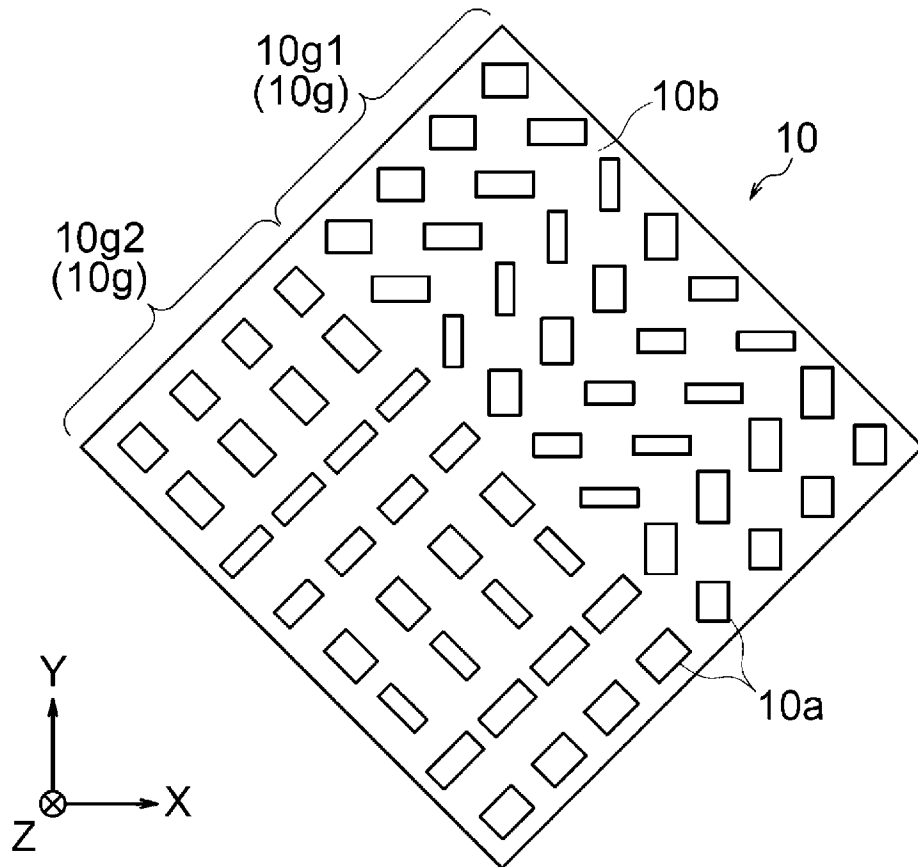
[図17]



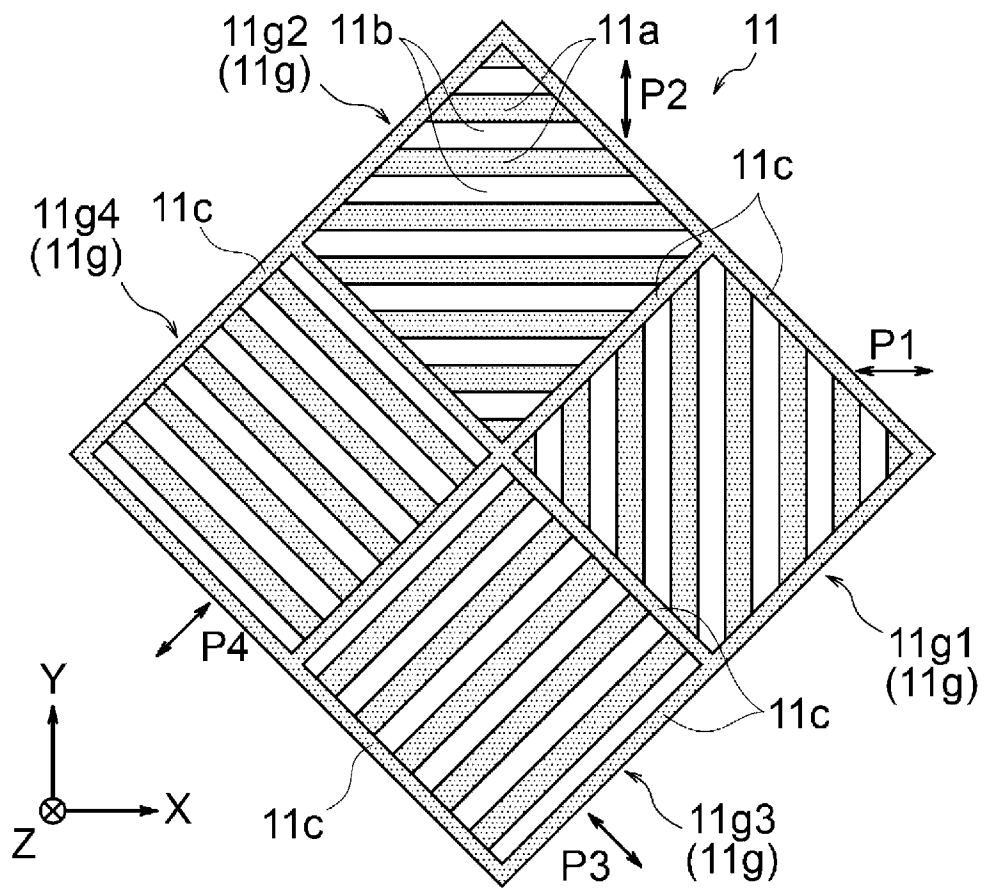
[図18]



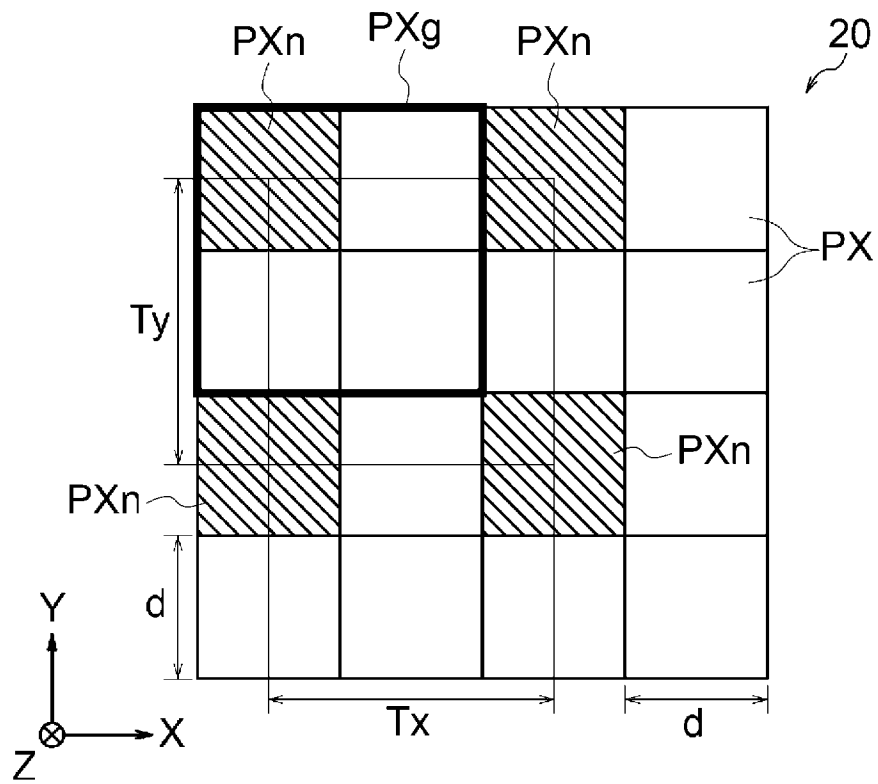
[図19]



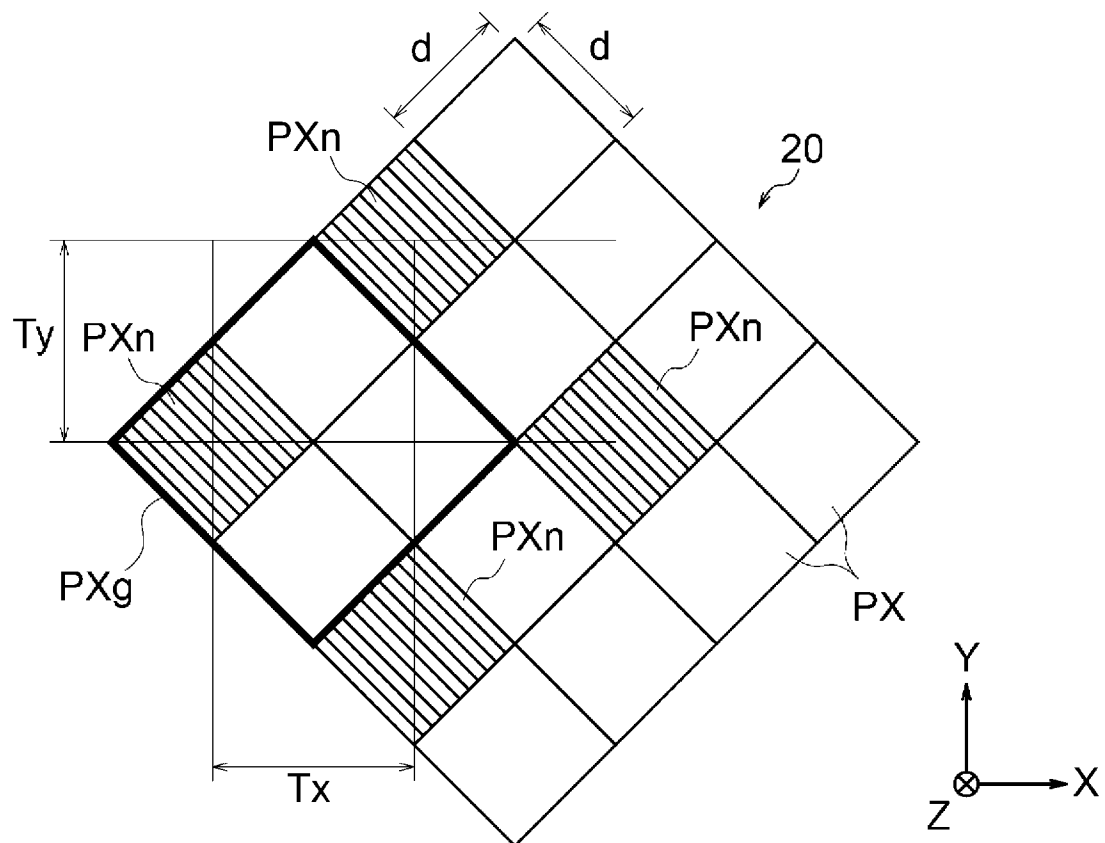
[図20]



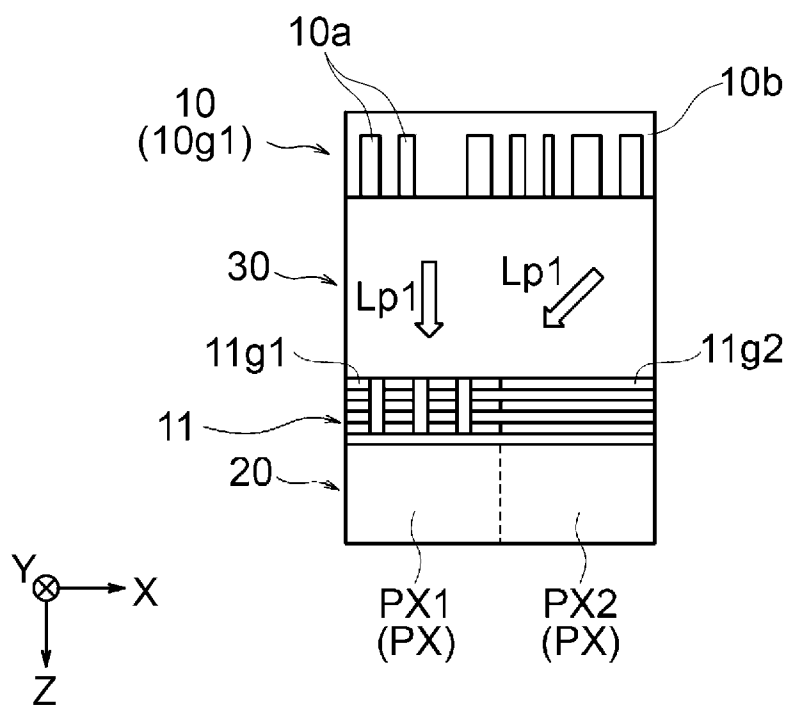
[図21]



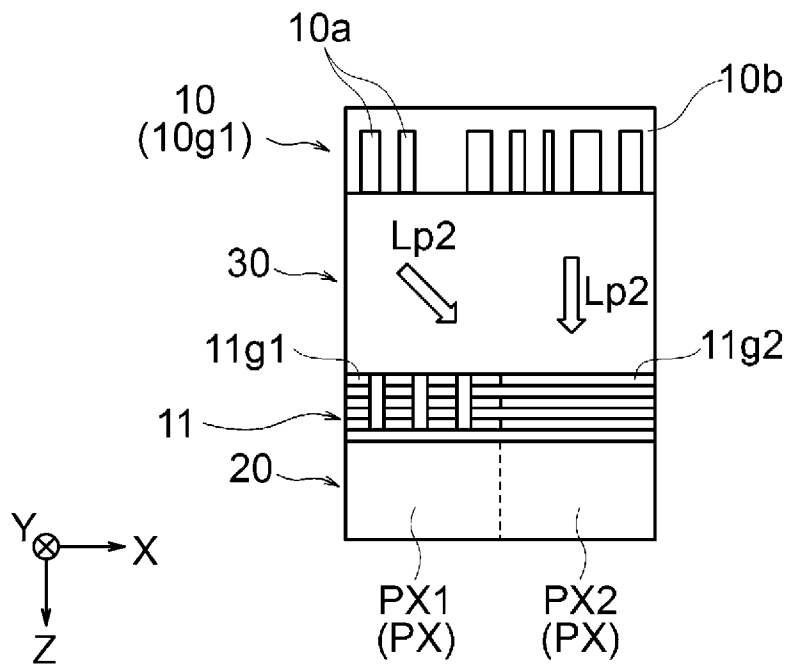
[図22]



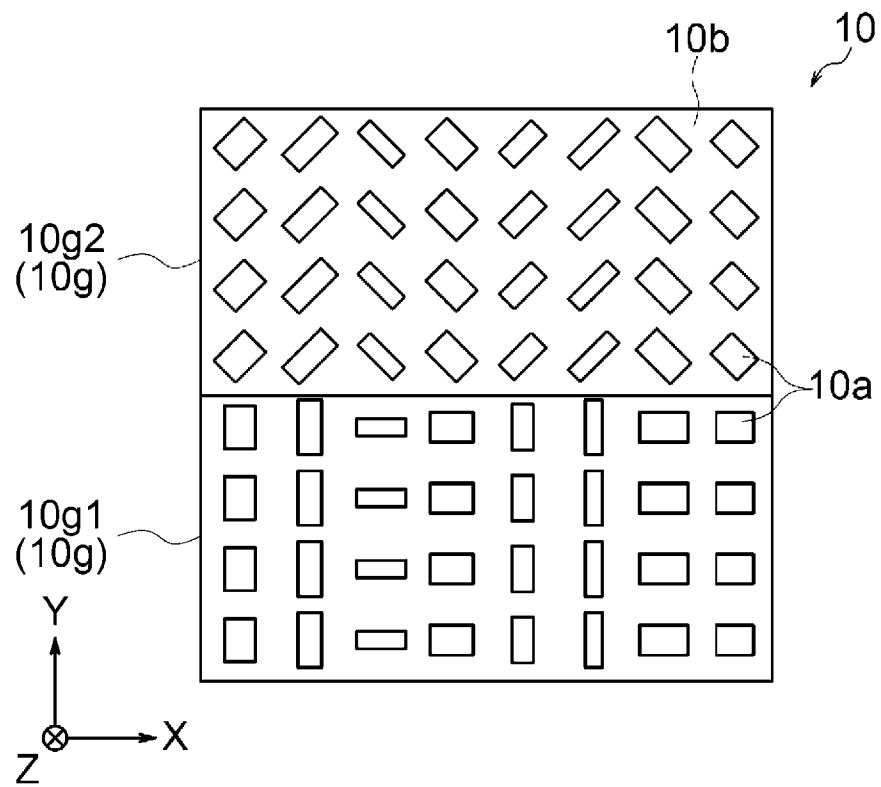
[図23]



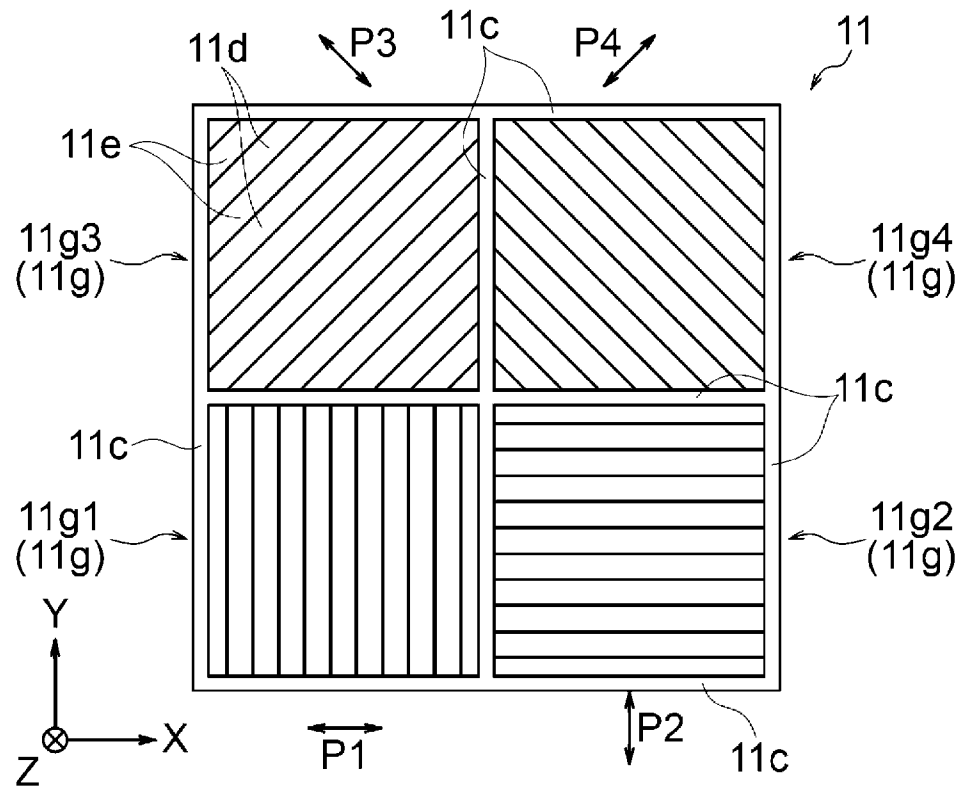
[図24]



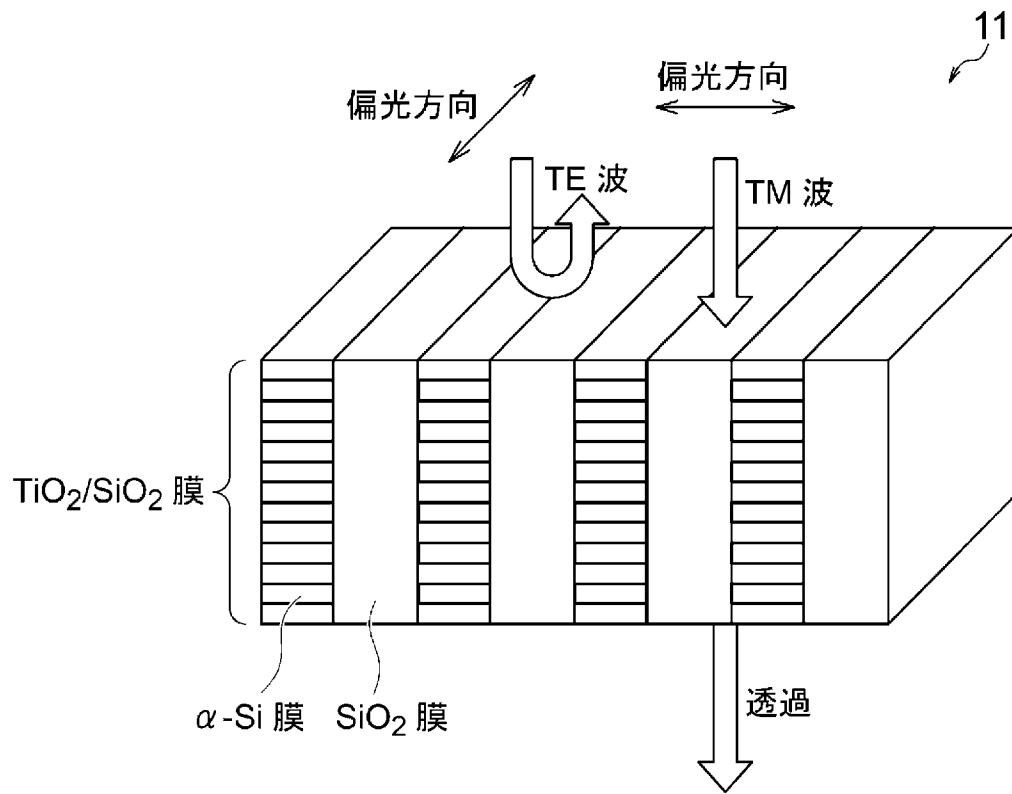
[図25]



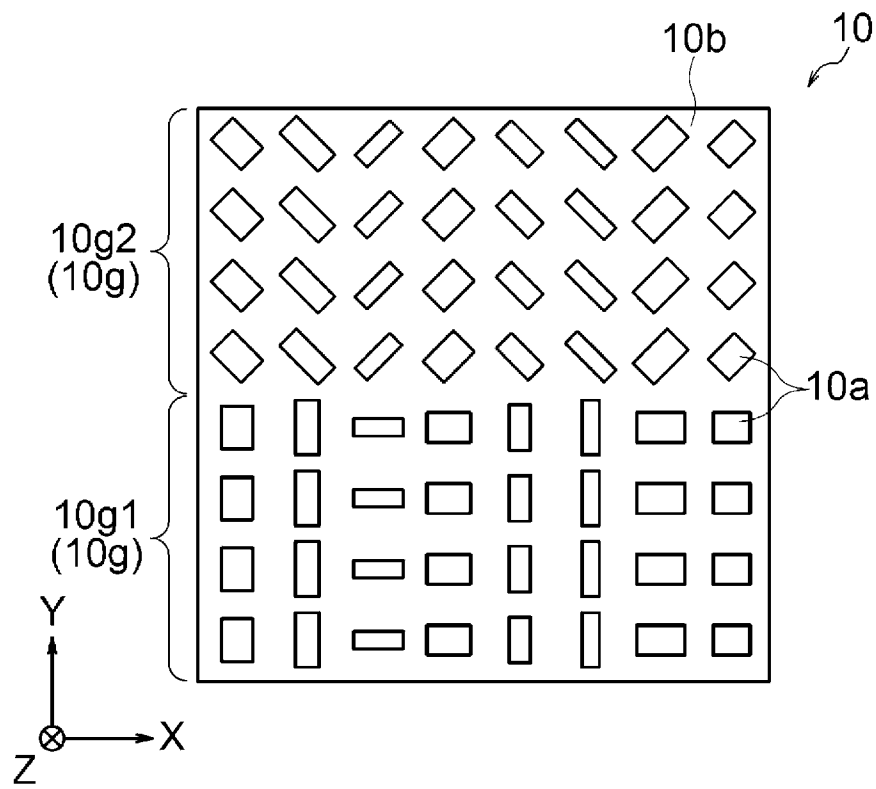
[図26]



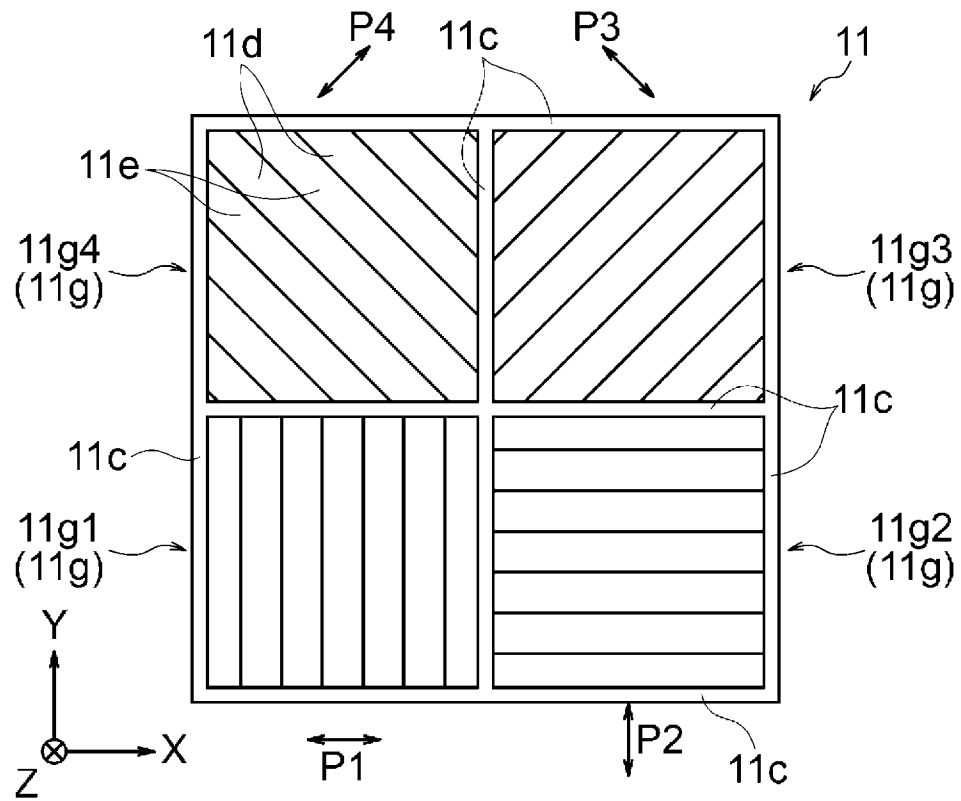
[図27]



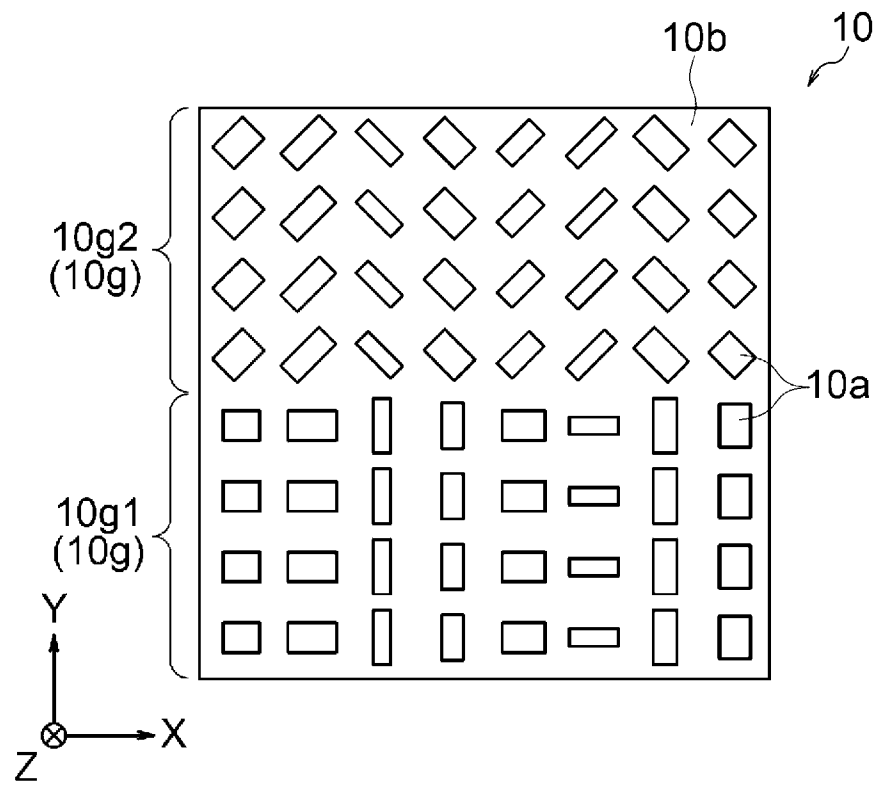
[図28]



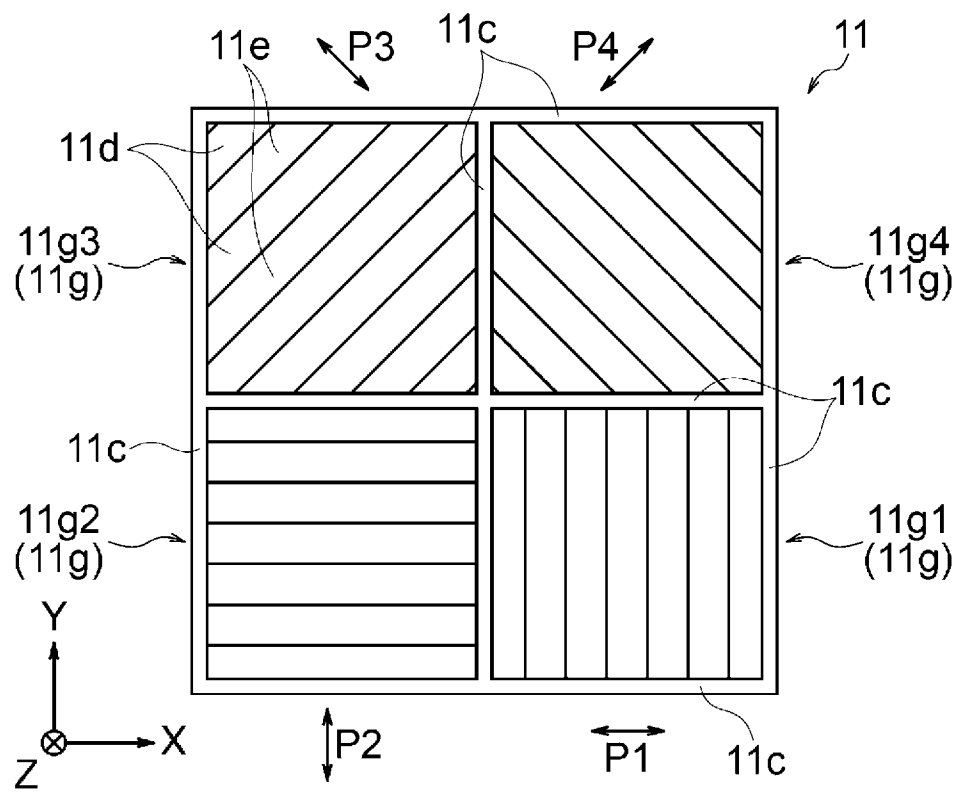
[図29]



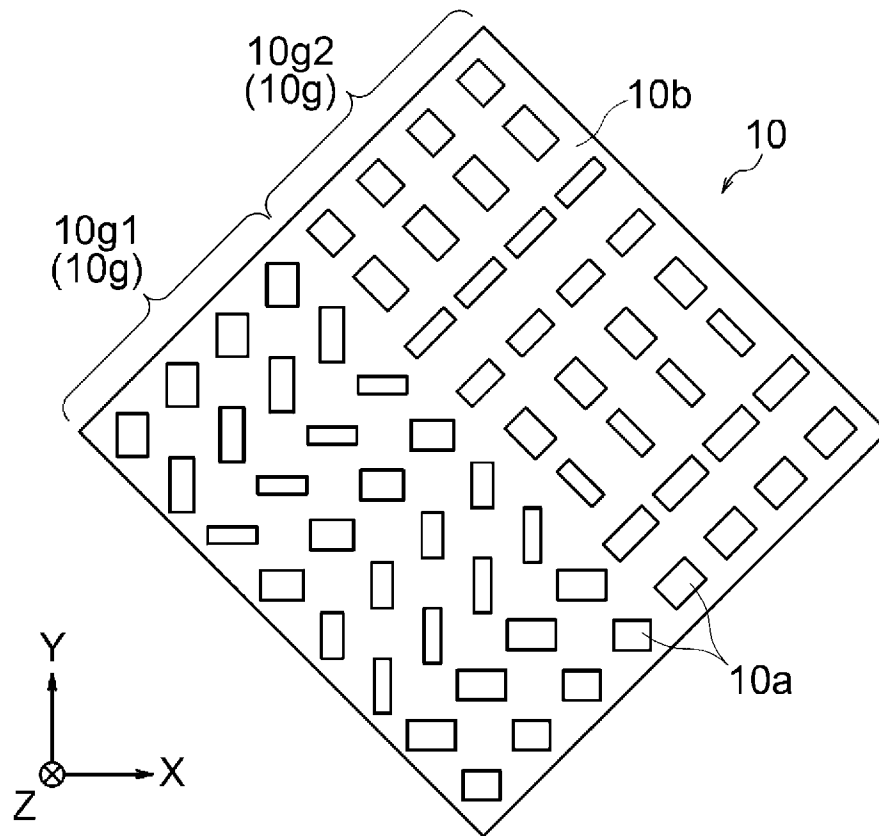
[図30]



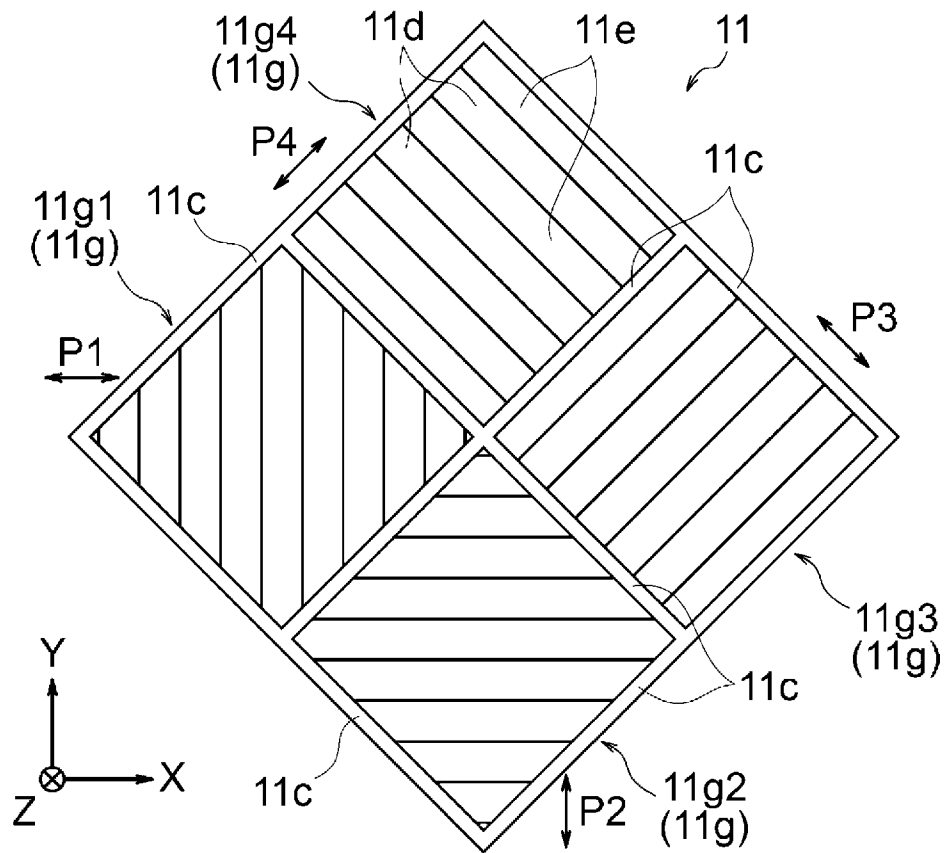
[図31]



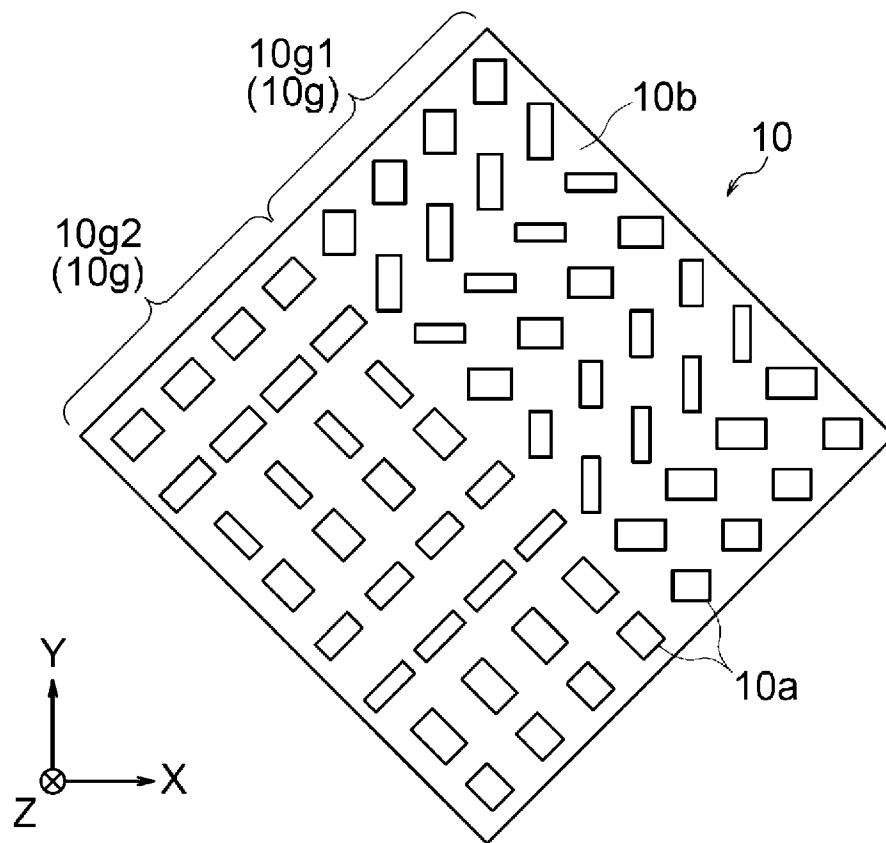
[図32]



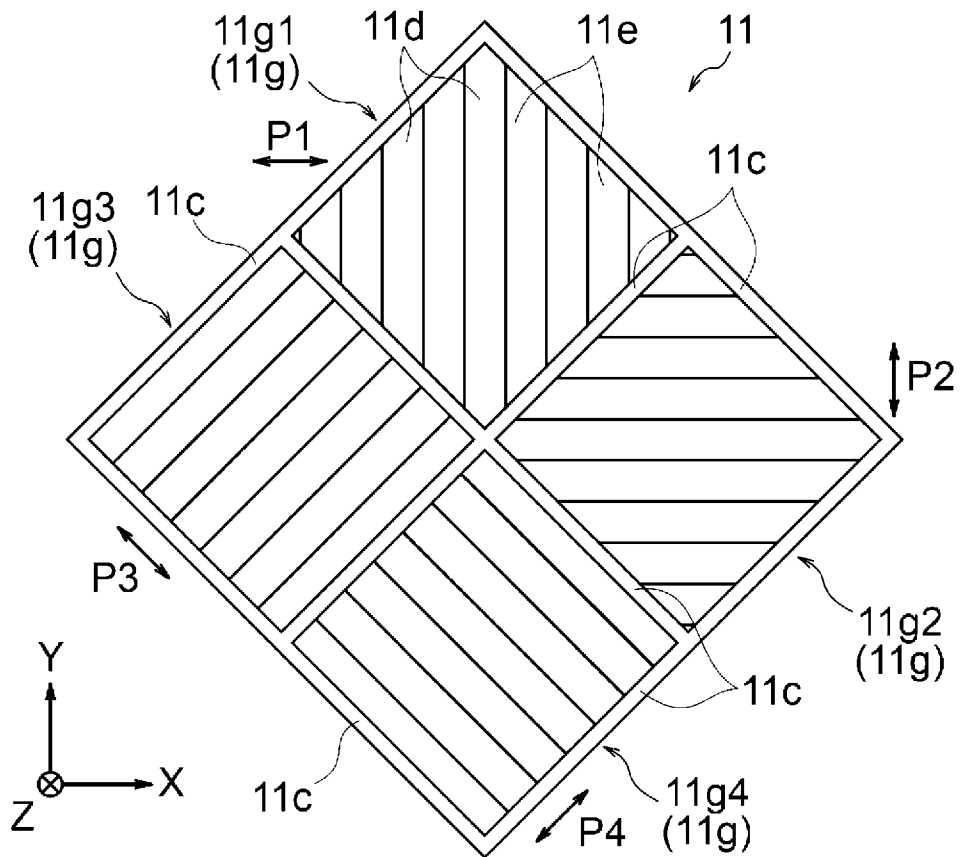
[図33]



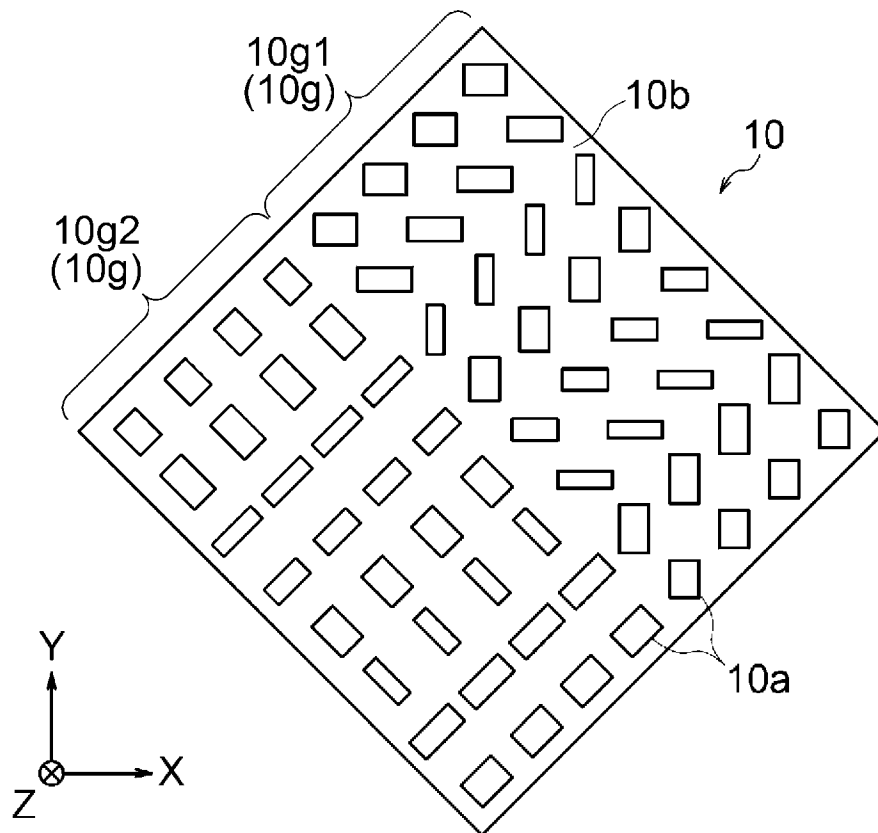
[図34]



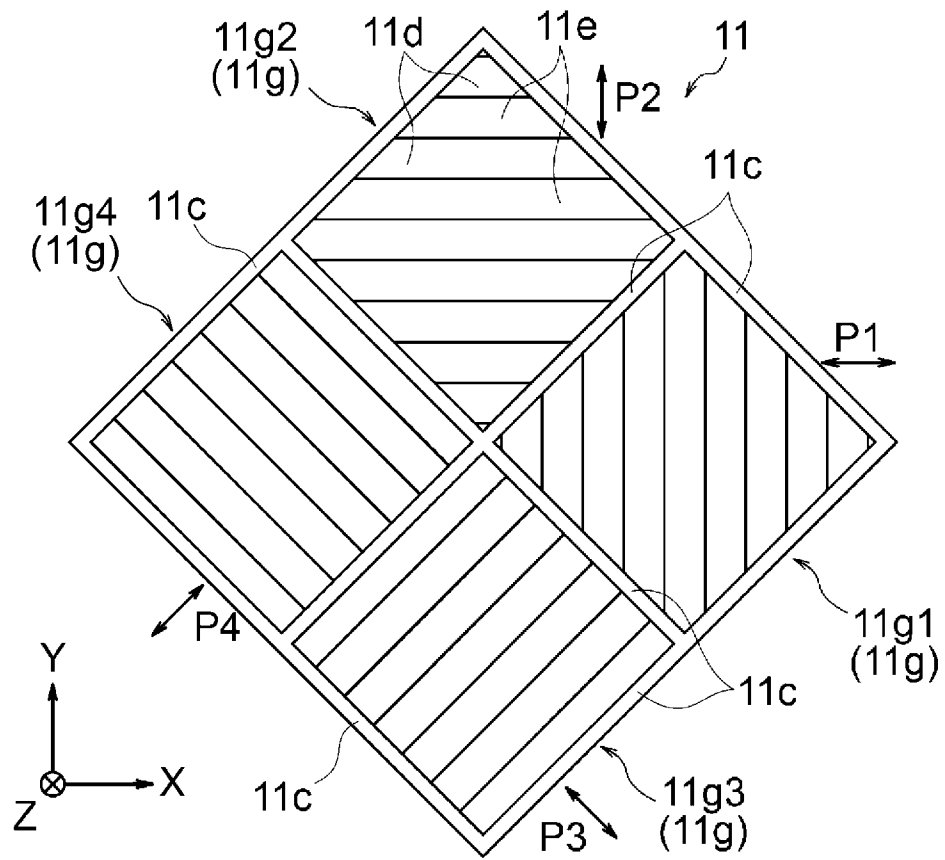
[図35]



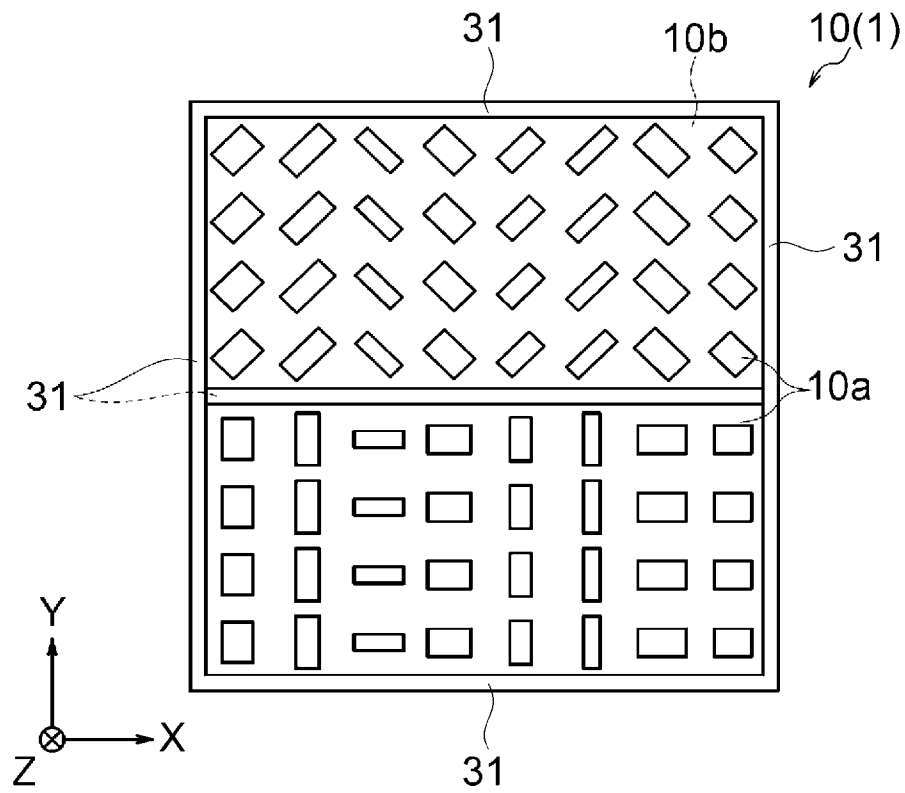
[図36]



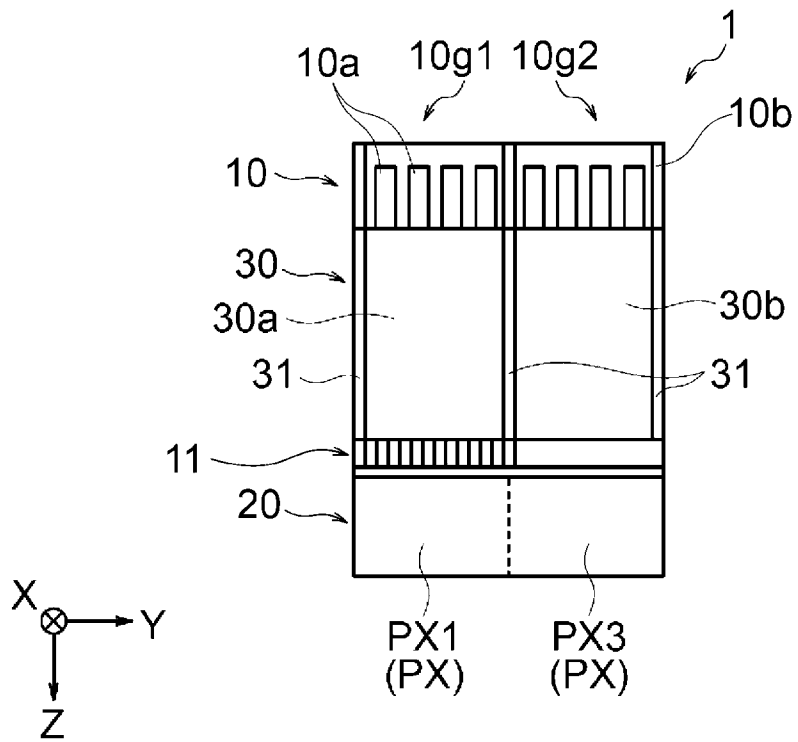
[図37]



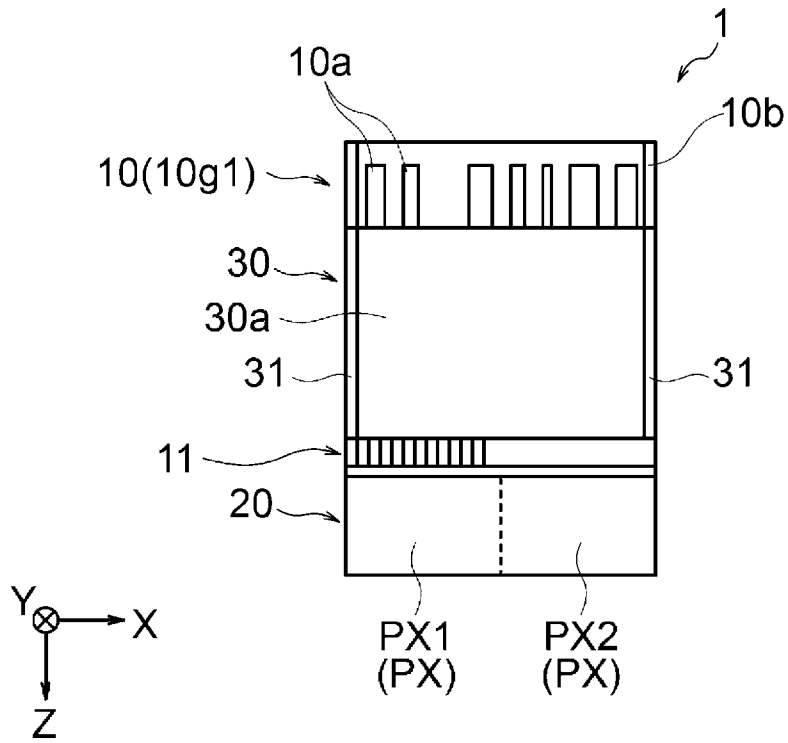
[図38]



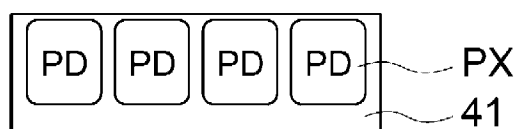
[図39]



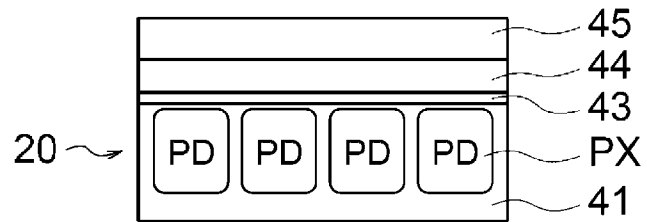
[図40]



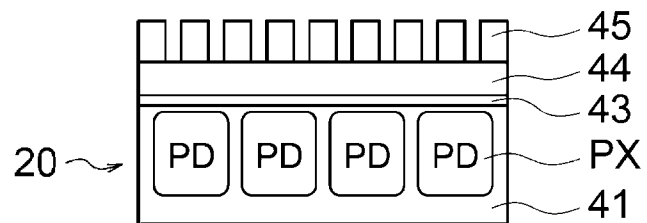
[図41]



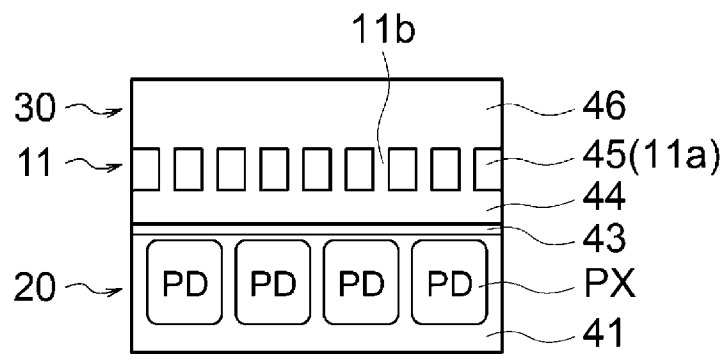
[図42]



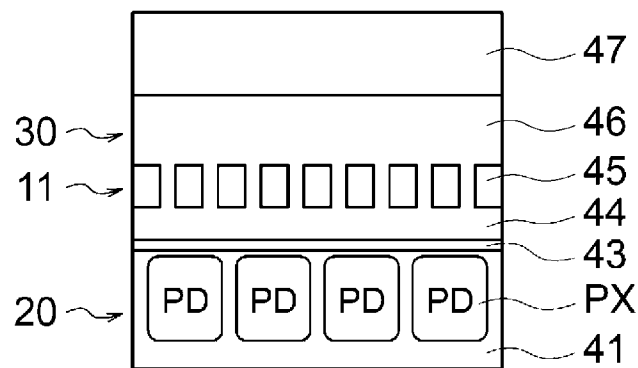
[図43]



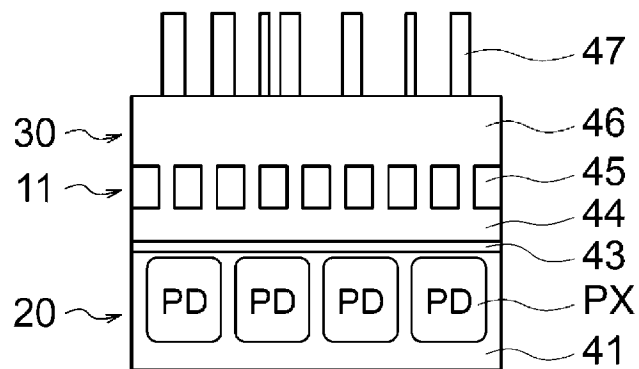
[図44]



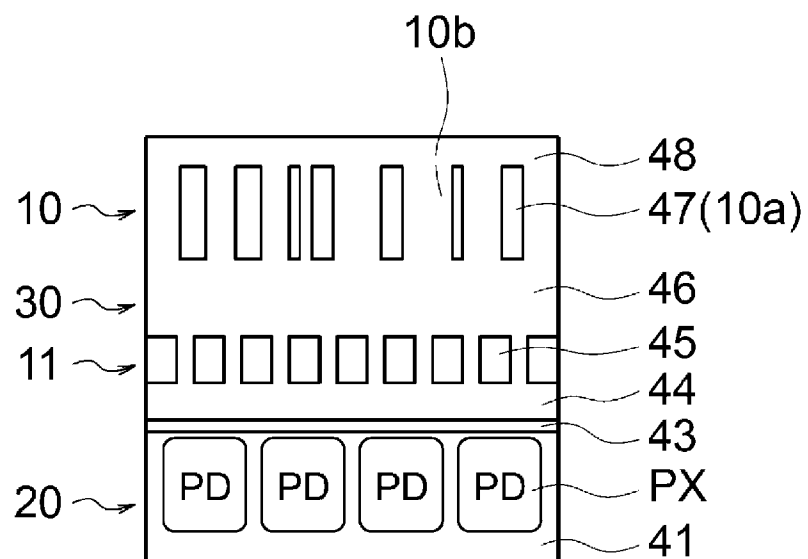
[図45]



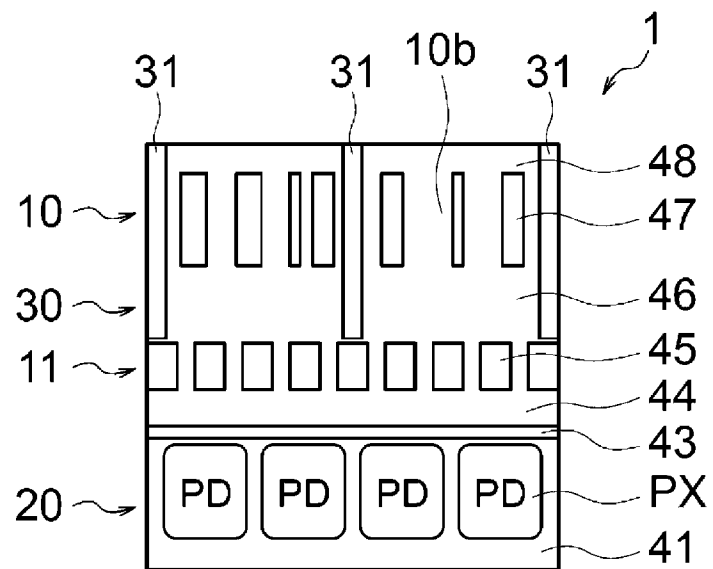
[図46]



[図47]



[図48]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/001099

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01L 27/146 (2006.01)i; G02B 5/30 (2006.01)i FI: H01L27/146 D; G02B5/30 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) H01L27/146; G02B5/30 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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 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	WO 2021/234924 A1 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 25 November 2021 (2021-11-25) paragraphs [0029]-[0063], [0086]-[0107], [0130]-[0144], fig. 2-6, 14-16, 24, 25	1-4, 6, 7, 14
Y		5, 11-13
A		8-10
Y	JP 2018-182022 A (SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORP.) 15 November 2018 (2018-11-15) paragraphs [0051]-[0053], fig. 16	5
Y	JP 2010-050702 A (FUJIFILM CORPORATION) 04 March 2010 (2010-03-04) paragraphs [0039], [0048], fig. 3(b)	11-13
A	JP 2020-051868 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 02 April 2020 (2020-04-02)	1-14
☒ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 14 March 2024		Date of mailing of the international search report 26 March 2024
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.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 108007575 A (THE INSTITUTE OF OPTICS AND ELECTRONICS, THE CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 08 May 2018 (2018-05-08)	1-14
A	WO 2017/169968 A1 (FUJIFILM CORPORATION) 05 October 2017 (2017-10-05)	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/001099

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2021/234924	A1	25 November 2021	US 2023/0239552 A1 paragraphs [0071]-[0108], [0129]-[0147], [0170]-[0184], fig. 2-6, 14-16, 24, 25	
JP	2018-182022	A	15 November 2018	US 2020/0119073 A1 paragraphs [0125]-[0127], fig. 16	
				WO 2018/190049 A1	
				CN 110546763 A	
JP	2010-050702	A	04 March 2010	(Family: none)	
JP	2020-051868	A	02 April 2020	US 2021/0333151 A1	
				WO 2020/066738 A1	
CN	108007575	A	08 May 2018	(Family: none)	
WO	2017/169968	A1	05 October 2017	US 2019/0041270 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

H01L 27/146(2006.01)i; G02B 5/30(2006.01)i

FI: H01L27/146 D; G02B5/30

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））

H01L27/146; G02B5/30

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 - 2024年

日本国実用新案登録公報

1996 - 2024年

日本国登録実用新案公報

1994 - 2024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	WO 2021/234924 A1（日本電信電話株式会社）25.11.2021（2021 - 11 - 25） [0029] - [0063], [0086] - [0107], [0130] - [0144], 図2 - 6, 14 - 16, 24, 25	1-4, 6, 7, 14
Y		5, 11-13
A		8-10
Y	JP 2018-182022 A（ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社）15.11.2018 （2018 - 11 - 15） [0051] - [0053], 図16	5
Y	JP 2010-050702 A（富士フイルム株式会社）04.03.2010（2010 - 03 - 04） [0039], [0048], 図3（b）	11-13
A	JP 2020-051868 A（日本電信電話株式会社）02.04.2020（2020 - 04 - 02）	1-14
A	CN 108007575 A（THE INSTITUTE OF OPTICS AND ELECTRONICS, THE CHINESE ACADEMY OF SCIENCES）08.05.2018（2018 - 05 - 08）	1-14
A	WO 2017/169968 A1（富士フイルム株式会社）05.10.2017（2017 - 10 - 05）	1-14

☐ 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

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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

14. 03. 2024

国際調査報告の発送日

26. 03. 2024

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）

柴山 将隆 5F 3035

電話番号 03-3581-1101 内線 3559

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

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/JP2024/001099

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2021/234924	A1	25.11.2021	US 2023/0239552 A1 [0071] - [0108], [0129] - [0147], [0170] - [0184], 図2-6, 14-16, 24, 25	
JP	2018-182022	A	15.11.2018	US 2020/0119073 A1 [0125] - [0127], 図16 WO 2018/190049 A1 CN 110546763 A	
JP	2010-050702	A	04.03.2010	(ファミリーなし)	
JP	2020-051868	A	02.04.2020	US 2021/0333151 A1 WO 2020/066738 A1	
CN	108007575	A	08.05.2018	(ファミリーなし)	
WO	2017/169968	A1	05.10.2017	US 2019/0041270 A1	