

(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
2012年2月9日(09.02.2012)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/017600 A1

- (51) 国際特許分類:
H04N 5/369 (2011.01) G02B 5/30 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/003933
- (22) 国際出願日: 2011年7月8日(08.07.2011)
- (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 2010-175542 2010年8月4日(04.08.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): パナソニック株式会社 (PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): シング ブラハム パル (SINGH, Brahm Pal).
- (74) 代理人: 奥田 誠司 (OKUDA, Seiji); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜一丁目8番16号 大阪証券取引所ビル10階 奥田国際特許事務所 Osaka (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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

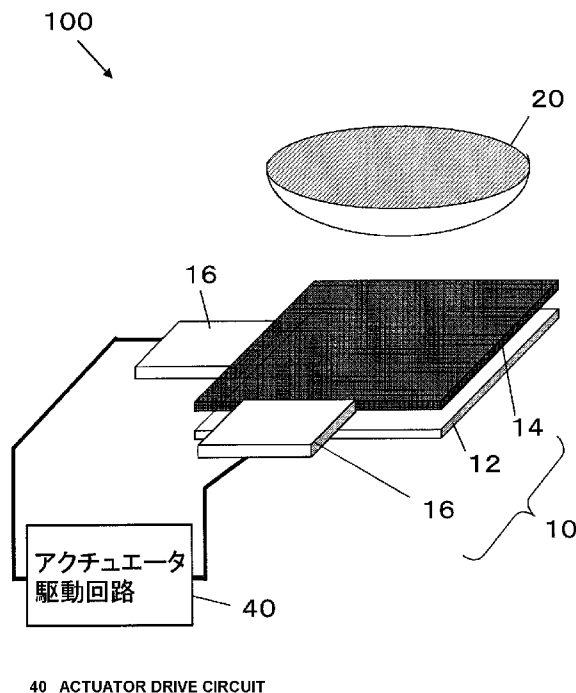
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: IMAGING ELEMENT AND IMAGING DEVICE

(54) 発明の名称: 撮像素子および撮像装置

[図1]



(57) Abstract: An imaging element (10) is provided with: a light-sensing cell array (12) comprising light-sensing cells arrayed along an imaging surface; a polarizer array (14) comprising a two-dimensional array of unit structures containing N polarizers (N an integer 2 or greater) each with a different polarization transmission axis direction and configured such that to each light-sensing cell, light is incident that has been transmitted through a single polarizer; a circuit for reading pixel signals from the light-sensing cell array (12); and a shift device (16) for shifting the position of the polarizer array (14) relative to the light-sensing cell array (12) in a direction parallel to the imaging surface. The disclosed imaging device is provided with: the aforementioned imaging element (10), a drive circuit (40) for driving the shift device (16), and an imaging lens (20) for forming images on the imaging element (10).

(57) 要約: 本発明の撮像装置は、複数の光感知セルが撮像面に沿って配列された光感知セルアレイ12と、各々が偏光透過軸方向の異なるN個(Nは2以上の整数)の偏光子を含む複数の単位構造が2次元的に配列され、各光感知セルに1つの偏光子を透過した光が入射するように構成された偏光子アレイ14と、光感知セルアレイ12から画素信号を読み出す回路と、光感知セルアレイ14の位置を撮像面に平行な方向にシフトさせるシフト装置16とを備える撮像素子10と、シフト装置16を駆動する駆動回路40と、撮像素子10上に像を形成するための撮影レンズ20と

を備える。

明 細 書

発明の名称：撮像素子および撮像装置

技術分野

[0001] 本発明は、偏光情報を取得することができる撮像素子、および当該撮像素子を備える撮像装置に関する。

背景技術

[0002] 輝度画像だけでは得られない情報を取得できる偏光イメージングが注目されている。偏光イメージングを行うには、撮像素子の撮像面の前に偏光子または偏光板を配置する必要がある。特許文献1は、微細な偏光子をたとえば $100\mu\text{m}$ 程度のピッチで配列した撮像素子を開示している。特許文献2は、偏光板を回転させる機構を備えた撮像装置を開示している。特許文献3は、偏光透過軸が直交する関係にある2枚の偏光板を交互に用いることにより、偏光画像を取得する内視鏡を開示している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2007-86720号公報
特許文献2：米国特許出願公開第2009-79982号公報
特許文献3：特開2003-47588号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に記載の従来技術によれば、偏光子が固定されており、画素ズレの問題が生じず、偏光板を回転させるための機構も不要である。しかし、個々の画素からは一定方向の偏光透過軸を透過した光しか入射しないため、偏光度や偏光位相角度などの偏光情報を獲得するには、複数の画素から信号を用いる必要があり、解像度が低下する。

[0005] 特許文献2に記載の従来技術によれば、回転偏光板による画素ズレの問題があり、解像度やS/N比が低下する。また、偏光板を回転させるための装置

は小型化が困難である。

[0006] 特許文献 3 に記載の従来技術によれば、偏光板の移動距離が大きく、偏光板の位置を変えるための装置の小型化が困難である。

[0007] 本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、その主な目的は、偏光板を回転または大きく移動させるための装置が不要であり、かつ、各画素から偏光情報を取得できる撮像素子を提供することにある。

[0008] 本発明の他の目的は、上記の撮像素子を備え、偏光情報を出力することができるカメラなどの撮像装置を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の撮像素子は、複数の光感知セルが撮像面に沿って配列された光感知セルアレイと、各々が偏光透過軸方向の異なる N 個 (N は 2 以上の整数) の偏光子を含む複数の単位構造が 2 次元的に配列され、各光感知セルに 1 つの偏光子を透過した光が入射するように構成された偏光子アレイと、前記光感知セルアレイから画素信号を読み出す回路と、前記光感知セルアレイに対する前記偏光子アレイの位置を前記撮像面に平行な方向にシフトさせるシフト装置とを備える。

[0010] ある実施形態において、撮像を行うとき、前記シフト装置は、前記単位構造のサイズを超えない距離だけ前記偏光子アレイをシフトさせる。

[0011] ある実施形態において、前記シフト装置は、前記光感知セルアレイの全体から蓄積電荷信号が読み出されるタイミングと同期して、前記偏光子アレイを画素単位でシフトさせ、各光感知セルに入射する光の偏光方向を変化させる。

[0012] ある実施形態において、前記複数の光感知セルの各々に対して、前記 N 個の偏光子の 1 つを透過する光を入射させるステップと、前記偏光子アレイを画素単位でシフトさせた後、前記 N 個の偏光子の他の 1 つを透過する光を入射させるステップとを実行する。

[0013] ある実施形態において、前記アクチュエータは、第 1 の方向に前記偏光子アレイを画素単位でシフトさせる第 1 アクチュエータ部分と、前記第 1 の方

向に垂直な第2方向に前記偏光子アレイを画素単位でシフトさせる第2アクチュエータ部分とを含んでおり、前記撮像面に沿って前記偏光子アレイを周期的および2次的に移動させる。

[0014] ある実施形態において、Nは3以上である。

[0015] ある実施形態において、前記シフト装置は、前記撮像面に沿って前記偏光子アレイを周期的および直線的に移動させる。

[0016] ある実施形態において、前記偏光子アレイにおける偏光子の配列ピッチは、前記光感知セルアレイにおける光感知セルの配列ピッチに一致している。

[0017] ある実施形態において、前記偏光子アレイにおける前記複数の単位構造の各々は、前記偏光透過軸方向が 45° ずつ異なる4つの偏光子を含んでいる。

[0018] ある実施形態において、前記偏光子アレイにおける前記複数の単位構造の各々は、前記偏光透過軸方向が 60° ずつ異なる3つの偏光子を含んでいる。

[0019] 本発明の撮像装置は、複数の光感知セルが撮像面に沿って配列された光感知セルアレイと、各々が偏光透過軸方向の異なるN個（Nは2以上の整数）の偏光子を含む複数の単位構造が2次的に配列され、各光感知セルに1つの偏光子を透過した光が入射するように構成された偏光子アレイと、前記光感知セルアレイに対する前記偏光子アレイの位置を前記撮像面に平行な方向にシフトさせるシフト装置とを備える撮像素子と、前記シフト装置を駆動する駆動回路と、前記撮像素子上に像を形成するための撮影レンズとを備える。

[0020] ある実施形態において、前記シフト装置は、前記光感知セルアレイの全体から蓄積電荷信号が読み出されるタイミングと同期して、前記偏光子アレイを画素単位でシフトさせ、それによって各光感知セルに入射する光の偏光方向を変化させ、個々の光感知セルに入射した偏光方向が異なる光の輝度値を得る。

発明の効果

[0021] 本発明によれば、偏光子アレイを画素の配列ピッチの距離だけ撮像面に平行な方向にシフトさせるシフト装置を備えているため、偏光板を回転させたり、交替させるための大型の装置が不要である。そして、各画素に偏光主軸の異なる光を入射させることができるため、高い解像度の偏光画像を取得することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本発明による撮像装置の第1の実施形態における撮像部の概略構成を示す図である。

[図2] (a) は、第1の実施形態における偏光子アレイ14の平面構成を模式的に示す図、(b) は、光感知セルアレイ12の構成を模式的に示す図である。

[図3A]最初の位置にある偏光子アレイ14に含まれる1つの単位構造と、光感知セルアレイ12との配置関係を示す図である。

[図3B]2番目の位置にある偏光子アレイ14に含まれる1つの単位構造と、光感知セルアレイ12との配置関係を示す図である。

[図3C]3番目の位置にある偏光子アレイ14に含まれる1つの単位構造と、光感知セルアレイ12との配置関係を示す図である。

[図3D]4番目の位置にある偏光子アレイ14に含まれる1つの単位構造と、光感知セルアレイ12との配置関係を示す図である。

[図3E]最初の位置に戻った偏光子アレイ14に含まれる1つの単位構造と、光感知セルアレイ12との配置関係を示す図である。

[図4]偏光子アレイ14の偏光子よりも小さな光感知セルを備える光感知セルアレイ12を示す図である。

[図5]偏光子の偏光透過軸の方向に応じて各偏光子に符号「A」、「B」、「C」、「D」を割り当てたことを示す図である。

[図6]偏光子アレイ14と、符号「A」、「B」、「C」、「D」の配列との対応関係を示す図である。

[図7]偏光子アレイ14の移動パターンの一例を示す図である。

[図8] (a) は、シフト装置 16 が組み込まれた撮像素子 10 の一例を示す上面図であり、(b) は (a) に示す撮像素子 10 の B-B' 線断面図である。

[図9] (a) から (d) は、図 8 におけるシフト装置 16 の動作を説明するための図である。

[図10] 図 9 に示される一連のシフト動作が実行されるときに、圧電変換素子 160a および圧電変換素子 160b および圧電変換素子 160c および圧電変換素子 160d に印加される電圧波形の一例を示すグラフである。

[図11] は、シフト装置 16 と偏光子アレイ 14 とが一体化された可動偏光子ユニット 1000 を示す上面図である。

[図12] (a)、(b)、(c) は、それぞれ、ベース 1002、偏光子アレイ 14、およびリニアアクチュエータ 1004a の上面図であり、(d) は X 方向移動ステージ 1010 を示す図であり、(e) は、(d) に示す X 方向移動ステージ 1010 の E-E' 線断面図である。

[図13] X 方向移動ステージ 1010、ベース 1001 およびリニアアクチュエータ 1004a を示す図である。

[図14] シフト装置 16 と偏光子アレイ 14 とが一体化された可動偏光子ユニット 1000 の他の構成例を示す上面図である。

[図15] 本実施形態における撮像装置の概略構成を示すブロック図である。

[図16] 本実施形態における信号処理部 200 の主要な構成要素の一例を示すブロック図である。

[図17] 方向が異なる偏光透過軸 ($\Psi_i = 0^\circ$ 、 45° 、 90° 、 135°) を有する 4 種類の偏光子を透過した光の強さ (画素値または輝度) $I_1 \sim I_4$ を示すグラフである。

[図18] 偏光輝度の変動カーブの振幅、位相、平均値を示すグラフである。

[図19] 本発明による第 2 の実施形態における偏光子アレイの構成を示す上面図である。

[図20] (a) は、図 19 の偏光子アレイの一部を示す図であり、(b) は、

偏光子の配列パターンの他の例を示す図である。

[図21] 本発明の第2の実施形態における偏光子アレイ14の平面構成を模式的に示す図である。

[図22] (a) および (b) は、各行に4種類の偏光子14A、14B、14C、14Dが配列された偏光アレイ14の1画素単位のシフトを示す図である。

[図23] (a) および (b) は、各行に4種類の偏光子14A、14B、14C、14Dが配列された偏光アレイ14の1画素単位のシフトを示す図である。

[図24] 図22および図23に示す一連の動作を実行するとき、アクチュエータに印加される電圧の変化の一例を示すグラフである。

[図25] 3種類の偏光子14A、14B、14Cが配列された偏光子アレイ14を用いて、XY面内でシフトを行う例を示す図である。

[図26] (a) から (c) は、3種類の偏光子14A、14B、14Cが配列された偏光子アレイ14を用いて、X軸方向のみに沿ったシフトを行う例を示す図である。

[図27] 図26の動作を行うときにアクチュエータに印加させる電圧の波形例を示すグラフである。

[図28] 図2(b)に示される光感知セルアレイ12の回路構成の一例を示す図である。

[図29] 光感知セルアレイ12における電荷蓄積期間を模式的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0023] (実施形態1)

まず、図1を参照する。図1は、本発明による撮像装置の第1の実施形態における撮像部の概略構成を示す図である。

[0024] この撮像部100は、撮像素子(イメージセンサ)10と、撮像素子10の撮像面に像を形成するための撮影レンズ20とを有している。撮像素子1

0は、複数の光感知セル（光電変換素子）が撮像面に沿って配列された光感知セルアレイ12と、偏光子アレイ（偏光モザイクアレイ板）14と、光感知セルアレイ12に対する偏光子アレイ14の位置を撮像面に平行な方向にシフトさせるシフト装置16とを備えている。

[0025] 個々の光感知セルは、画素に相当するため、光感知セルアレイ12は画素アレイ12と称しても良い。偏光子アレイ14は、後に詳しく説明するように、各々が偏光透過軸方向の異なるN個（Nは2以上の整数）の偏光子を含む複数の単位構造が2次元的に配列され、各偏光子を透過した光が、対応する光感知セルに入射するように構成されている。撮影レンズ20は、図1において単一レンズとして模式的に記載されているが、通常は、複数のレンズが組み合わせられた光学系であり、公知の構成を備えている。

[0026] この撮像部100は、シフト装置16が有するアクチュエータを駆動するアクチュエータ駆動回路40を備えている。アクチュエータ駆動回路40は、撮像素子10に組み込まれていても良いし、他の部品として搭載されていてもよい。

[0027] 次に、図2を参照する。

[0028] 図2（a）は、偏光子アレイ14の平面構成を模式的に示し、図2（b）は、光感知セルアレイ12の構成を模式的に示している。

[0029] 図2（a）の偏光子アレイ14においては、各々が偏光透過軸方向の異なる4個の偏光子14A、14B、14C、14Dを含む4個の単位構造が2次元的に配列されている。実際の偏光子アレイ14では、より多数の単位構造が配列されているが、図2（a）では、簡単のため、4個の単位構造が示されている。図2（a）の各偏光子14A、14B、14C、14D上には、方向が異なる4種類の矢印が記載されている。この矢印は、偏光子の偏光透過軸の方向（主軸方向）を示している。偏光子に入射した光のうち、電場ベクトルの振動方向が偏光透過軸に一致する光は、その偏光子を透過することができる。偏光子を透過した光は、その偏光子が有する偏光透過軸の方向に偏光した直線偏光である。

- [0030] 図2(b)では、簡単のため、3行×3列＝9個の光感知セル12a、12b、・・・、12iが図示されているが、現実の光感知セルアレイ12では、たとえば100万を超える数の光感知セルが配列される。光感知セルアレイ12における光感知セルの配列ピッチは、偏光子アレイ14における偏光子の配列ピッチと一致している。これらの配列ピッチを「画素ピッチ」と称する場合がある。実際の光感知セルアレイ12は、上述したように偏光子アレイ14の各偏光子を透過した光を受ける位置に配置される。光感知セルアレイ12は、行および列状に配列された光感知セルから構成されている。
- [0031] 図28は、図2(b)に示される光感知セルアレイ12の回路構成の一例を示す図である。図28には、3×3個の光感知セル12a～12iと、これらの光感知セル12a～12iに接続された制御信号線122、124および出力信号線132などが図示されている。前述したように、現実の光感知セルアレイ12は、図示されていない多数の光感知セルを含んでいる。
- [0032] 光感知セル12a～12iが配列されている領域の外側には、垂直走査回路120および水平走査回路130（光感知セルアレイ12から信号を読み出す回路）が設けられている。垂直走査回路120には、第1制御信号線122および第2制御信号線124が接続されている。垂直走査回路120からは、電荷蓄積開始のタイミングを規定する制御信号1000aが第1制御信号線122に出力され、蓄積電荷信号を読み出すタイミングを規定する制御信号1000bが第2制御信号線124に出力される。
- [0033] 垂直走査回路120から第1制御信号線122に出力された制御信号1000aは、各光感知セル12a～12iのリセット素子（不図示）に与えられる。制御信号1000aがリセット素子に与えられると、そのリセット素子に関連づけられた光感知セルに蓄積されていた電荷がクリアされ、光感知セルの電荷蓄積状態がリセットされる。リセットにより、電荷蓄積期間が開始する。
- [0034] 一方、垂直走査回路120から制御信号線124に出力された制御信号1000bは、各光感知セル12a～12iの読み出しトランジスタのゲート

に与えられ、このトランジスタの導通／非導通を制御する。制御信号 1 0 0 0 b がトランジスタのゲートに与えられると、そのトランジスタは導通し、光感知セル 1 2 a ～ 1 2 i に蓄積されていた電荷の量に応じた電気信号が出力信号線 1 3 2 に与えられる。出力信号線 1 3 2 上の電気信号は、水平走査回路 1 3 0 からの制御信号 1 0 0 0 c により、順次、画素ごとに読み出される。

[0035] 特定の行に属する光感知セル、例えば、図 2 8 における第 1 行目に属する光感知セル 1 2 a、1 2 b、1 2 c に蓄積された電荷の読み出しが行われ後、次の行に属する光感知セル、例えば、図 2 8 における第 2 行目に属する光感知セル 1 2 d、1 2 e、1 2 f に蓄積された電荷の読み出しが行われる。

[0036] ある実施形態では、同一の行に属する各光感知セルに対して略同時に制御信号 1 0 0 0 a が与えられ、それらの光感知セルのリセットが実行される。リセット後、所定の電荷蓄積期間が経過したとき、その行に属する各光感知セルに対して略同時に制御信号 1 0 0 0 b が与えられる。その結果、その行に属する光感知セルから蓄積電荷信号が信号線 1 3 2 上に与えられる。その後、この行に属する光感知セルからの蓄積電荷信号が制御信号 1 0 0 0 c によって順次読み出される。

[0037] 各行について、上述の読み出し動作が順次行われることにより、光感知セルアレイ 1 2 内のすべての光感知セルから蓄積電荷信号を得ることができる。全ての光感知セルの電荷蓄積期間を略等しくするには、制御信号（リセット信号）1 0 0 0 a の印加から制御信号（読み出し信号）1 0 0 0 b の印加までの期間を各行で等しくすればよい。

[0038] 図 2 9 は、光感知セルアレイ 1 2 の第 1 行～最終行の代表的な行について、電荷蓄積期間を模式的に示す図である。各々の行において、制御信号 1 0 0 0 a の印加時から制御信号 1 0 0 0 b の印加時までの期間が電荷蓄積期間に相当する。行ごとに制御信号 1 0 0 0 b の印加タイミングが異なるため、各行の光感知セルから読み出された信号が出力信号線上でバッティングすることはない。

[0039] 図29の最下部には、全ての行の電荷蓄積期間を重ね合わせた、光感知セルアレイ12の全体の電荷蓄積期間が示されている。後述するように、光感知セルアレイ12の全体から蓄積電荷信号が読み出されるタイミングに同期して、偏光子アレイ14の2次元的な移動が実行される。すなわち、典型的には、光感知セルアレイ12の全体から蓄積電荷信号が読み出された後、光感知セルアレイ12で次の電荷蓄積期間が開始するまでの間に、偏光子アレイ14の2次元的な移動が実行される。厳密に言えば、いずれの光感知セルについても、その電荷蓄積期間の途中で偏光子アレイ14が移動しなければ良く、偏光子アレイ14は光感知セルアレイ12で電荷蓄積が行われていないときに移動すればよい。

[0040] 再び図2(a)を参照する。偏光子アレイ14は、シフト装置16により、図2の紙面に平行な方向、すなわち、XY座標のX軸方向およびY軸方向が形成する平面に平行な方向にシフトする。シフト装置16は、偏光子アレイ14の各偏光子を透過した光が、対応する光感知セルに入射するように偏光子アレイ14の位置決めを行う。図2(a)では、簡単のため、シフト装置16は、偏光子アレイ14の右側のみに位置しているが、現実のシフト装置16は、この例に限定されない。シフト装置16の構成および動作は、後に詳しく説明する。

[0041] 次に、図3Aから図3Eを参照しながら、光感知セルアレイ12に対する偏光子アレイ14の位置変化を説明する。

[0042] まず、図3Aを参照する。

[0043] 図3Aは、最初の位置にある偏光子アレイ14に含まれる1つの単位構造と、光感知セルアレイ12との配置関係を示している。最初の位置では、4個の偏光子14A、14B、14C、14Dを透過した光が、それぞれ、光感知セル12e、12f、12i、12h、に入射する。こうして、光感知セル12e、12f、12i、12hには、それぞれ、偏光方向の異なる光が同時に入射する。

[0044] 偏光子アレイ14が最初の位置にある間に、光感知セル12e、12f、

12 i、12 hでは、光電変換により、入射光量に応じた電荷が生成され、蓄積される。所定の電荷蓄積期間が経過したとき、光感知セル12 e、12 f、12 i、12 hの各々で蓄積された電荷が画素信号（蓄積電荷信号）として読み出される。この信号は、ある特定方向に偏光した光の輝度値を示している。電荷の読み出しが完了した後、蓄積電荷はリセットされる。一般に、電荷蓄積期間は、信号読み出しのフレームレート（fps：フレーム毎秒）の逆数によって規定される。

[0045] 次に、図3Bを参照する。

[0046] 図3Bは、次の位置にある偏光子アレイ14に含まれる1つの単位構造と、光感知セルアレイ12との配置関係を示している。この位置では、4個の偏光子14A、14B、14C、14Dを透過した光が、それぞれ、光感知セル12d、12e、12h、12gに入射する。図3Bにおける偏光子アレイ14は、図2（a）に示すシフト装置16の働きにより、最初の位置（図3A）から1画素分だけX軸の負方向に移動してきた。

[0047] 偏光子アレイ14が、図3Bの位置にある間に、光感知セル12d、12e、12h、12gでは、光電変換により、入射光量に応じた電荷が生成され、蓄積される。所定の電荷蓄積期間が経過したとき、光感知セル12d、12e、12h、12gの各々で蓄積された電荷が画素信号として読み出される。電荷の読み出しが完了した後、蓄積電荷はリセットされる。

[0048] ここで、光感知セル12hに着目すると、偏光子アレイ14が図3Aに示す位置にあるときは、偏光子14Dを透過した光が光感知セル12hに入射していた。そして、偏光子アレイ14が図3Bに示す位置にあるときは、偏光子14Cを透過した光が光感知セル12hに入射することになる。

[0049] 偏光子アレイ14のシフト（1画素の平行移動）は、光感知セルアレイ12の全体から画素信号（蓄積電荷信号）が読み出されるタイミングに同期して行われるため、各々の光感知セルに入射する光の偏光方向は、電荷蓄積期間の途中では変化しない。その結果、読み出される画素信号に基づいて、その光感知セルに入射する光の偏光情報を得ることが可能になる。画素単位で

の偏光情報の取得については、後に詳しく説明する。

[0050] 次に、図 3 C を参照する。

[0051] 図 3 C は、更に次の位置にある偏光子アレイ 1 4 に含まれる 1 つの単位構造と、光感知セルアレイ 1 2 との配置関係を示している。この位置では、4 個の偏光子 1 4 A、1 4 B、1 4 C、1 4 D を透過した光が、それぞれ、光感知セル 1 2 a、1 2 b、1 2 e、1 2 d に入射する。図 3 C における偏光子アレイ 1 4 は、図 2 に示すシフト装置 1 6 の働きにより、図 3 B の位置から 1 画素分だけ Y 軸の正方向に移動してきた。

[0052] 偏光子アレイ 1 4 が、図 3 C の位置にある間に、光感知セル 1 2 a、1 2 b、1 2 e、1 2 d では、光電変換により、入射光量に応じた電荷が生成され、蓄積される。所定の電荷蓄積期間が経過したとき、光感知セル 1 2 a、1 2 b、1 2 e、1 2 d の各々で蓄積された電荷が画素信号として読み出される。電荷の読み出しが完了した後、蓄積電荷はリセットされる。

[0053] 次に、図 3 D を参照する。

[0054] 図 3 D は、更に次の位置にある偏光子アレイ 1 4 に含まれる 1 つの単位構造と、光感知セルアレイ 1 2 との配置関係を示している。この位置では、4 個の偏光子 1 4 A、1 4 B、1 4 C、1 4 D を透過した光が、それぞれ、光感知セル 1 2 b、1 2 c、1 2 f、1 2 e に入射する。図 3 D における偏光子アレイ 1 4 は、図 2 に示すシフト装置 1 6 の働きにより、図 3 C の位置から 1 画素分だけ移動してきた。

[0055] 偏光子アレイ 1 4 が、図 3 D の位置にある間に、光感知セル 1 2 b、1 2 c、1 2 f、1 2 e では、光電変換により、入射光量に応じた電荷が生成され、蓄積される。所定の電荷蓄積期間が経過したとき、光感知セル 1 2 b、1 2 c、1 2 f、1 2 e の各々で蓄積された電荷が画素信号として読み出される。電荷の読み出しが完了した後、蓄積電荷はリセットされる。

[0056] 次に、図 3 E を参照する。

[0057] 図 3 E は、更に次の位置にある偏光子アレイ 1 4 に含まれる 1 つの単位構造と、光感知セルアレイ 1 2 との配置関係を示している。この位置は、図 3

Aに示す配置と同一であり、図3Aを参照しながら説明した動作が繰り返される。

[0058] このように本実施形態では、偏光子アレイ14が、図3Aの位置から、図3Bの位置、図3Cの位置、および図3Dの位置を経て、図3Eの位置（図3Aの位置）に戻る。この周期的な動作が繰り返されるとき、各光感知セルには、1周期の間において、偏光透過軸が異なる4つの偏光子を透過してきた光が順次入射することになる。画素信号の読み出しが、偏光子アレイ14の2次元的な運動と同期して行われるため、偏光情報を取得することが可能になる。

[0059] なお、図3Aから図3Eに示す偏光子および光感知セルの平面形状は、いずれも円形である。偏光子および光感知セル（受光領域）の平面形状は、円形に限定されない。偏光子および光感知セルの平面形状およびサイズは、偏光子を透過した光が効率よく各光感知セルに入射し、かつ、対応する偏光子を透過していない光が各光感知セルに入射しないように設計される。

[0060] 図4では、光感知セルのサイズが偏光子のサイズよりも小さく記載されている。偏光子アレイ14の位置合わせズレの大きさを考慮して、光感知セルのサイズは、偏光子のサイズよりも小さく設計されることが好ましい。光感知セルの全体が偏光子によって覆われる限り、光感知セルの平面形状は円形である必要はなく、楕円や多角形であっても良い。また、偏光子の平面形状も円形である必要はなく、楕円や多角形であっても良い。たとえば、偏光透過軸の方向が直交する2種類の偏光子を配列する場合は、各偏光子の平面形状は正方形や8角形であってもよい。一般に、偏光透過軸がN個の異なる方向を向くとき、偏光子の平面形状は、中心軸の回りに $(360/N)$ 度の回転で対称な形状を有することが好ましい。

[0061] 光感知セルは、マイクロレンズによって覆われていても良い。光感知セルアレイ14は、裏面照射型のイメージセンサによって実現されていても良い。光感知セルアレイ14が通常表面照射型のイメージセンサによって実現されている場合、図4に示す光感知セルの間には不図示の配線が存在する。

[0062] 次に、図5を参照する。図5に示すように、偏光子の偏光透過軸の方向に応じて各偏光子に符号「A」、「B」、「C」、「D」を割り当てることにする。このような符号を用いると、図6の左に示す偏光子アレイ14は、その右側に示すように簡略的に図示される。

[0063] 以下、図7を参照しながら、偏光子アレイ14の移動パターンを説明する。図3Aから図3Eには、1つの単位構造に含まれる4つの偏光子だけを記載していたが、図7では、1つの偏光子アレイ14に含まれる多数の偏光子を記載している。もちろん、現実の偏光子アレイ14に含まれる偏光子の数は、図示されている偏光子の数よりも遥かに多い。

[0064] 図7の例では、線の太い長方形が、光感知セルアレイ12を示し、破線の長方形が偏光子アレイ14を示している。光感知セルアレイ12に対して、偏光子アレイ14が4つの異なる位置の間を周期的に移動する。個々の光感知セルは、偏光子アレイ14がどの位置にあるときも、偏光子によってカバーされている。

[0065] 図7の例では、偏光子アレイ14のサイズは撮像エリアよりも広く、偏光子アレイ14に含まれる偏光子の個数は光感知セルアレイ12に含まれる光感知セルの個数よりも多い。なお、偏光子アレイ14のサイズは、必ずしも撮像エリアのサイズより大きく設定される必要はない。偏光子アレイ14のサイズが撮像エリアのサイズより等しいか、または小さい場合、偏光子アレイ14によって覆われていない光感知セルが存在することになる。そのような光感知セルからは偏光情報を得ることができない。しかし、被写体の全ての領域から偏光情報を必要としない場合もある。そのような場合は、光感知セルアレイ12の一部の領域を相対的な小さな偏光子アレイ14で覆うようにしてもよい。したがって、偏光子アレイ14のサイズが光感知セルアレイ12のサイズより小さいことも許容され得る。

[0066] 次に、シフト装置16を説明する。

[0067] 偏光子アレイ14を図7に示すように平行移動させるには、シフト装置16は、X軸方向およびY軸方向の2軸に沿って作用点を移動させる構造を備

える必要がある。図8は、このような構造が、光感知セルアレイ12のシリコン基板と一体化された撮像素子10の一例を示している。図8(a)は、その上面図であり、図8(b)は、図8(a)に示す撮像素子10のB-B'線断面図である。

[0068] 図8の撮像素子10は、偏光子アレイ14をY軸方向に押し出す圧電変換素子160a、160cと、偏光子アレイ14をX軸方向に押し出す圧電変換素子160b、160dとを有している。Y軸方向に押し出す一对の圧電変換素子160a、160cにより、Y軸の正方向および負方向のいずれにも1画素単位で偏光子アレイ14を移動させることができる。同様に、偏光子アレイ14をX軸方向に押し出す一对の圧電変換素子160b、160dにより、X軸の正方向および負方向のいずれにも1画素単位で偏光子アレイ14を移動させることができる。圧電変換素子160a、160b、160c、160dは、たとえばチタン酸ジルコン酸鉛（PZT: Piezoelectric Zirconate Titanate）などの圧電体から形成され得る。圧電変換素子160a、160b、160c、160dの各々に印加する電圧を調整することにより、たとえば図7に示すように偏光子アレイ14の位置をXY面内で周期的に変化させることができる。圧電変換素子160a、160b、160c、160dが、全体として、シフト装置16を形成している。

[0069] 次に、図9(a)から図9(d)を参照しながら、この例におけるシフト装置16の動作を説明する。

[0070] 最初に偏光子アレイ14は図9(a)に示す位置にあったとする。このとき、圧電変換素子160a、160dには電圧を印加するが160b、160cに電圧は印加されていない。

[0071] 次に図9(b)のとき、圧電変換素子160a、160bには電圧を印加するが、圧電変換素子160c、160dに電圧は印加されていない。

[0072] 次に図9(c)のとき、圧電変換素子160b、160cには電圧を印加するが、圧電変換素子160a、160dに電圧は印加されていない。

- [0073] 次に図9（d）のとき、圧電変換素子160c、160dには電圧を印加するが、圧電変換素子160a、160bに電圧は印加されていない。
- [0074] 圧電変換素子160a、160b、160c、160dに図10のタイミングチャートのように電圧を印加すると、それぞれ図9（a）→図9（b）→図9（c）→図9（d）の順に示すように偏光子14の位置がX軸及びY軸方向に画素毎に制御することができる。
- [0075] 1画素分の移動を実現するには、使用する圧電体の軸方向サイズおよび印加電圧を調整すればよい。たとえば、1画素のサイズが $25\mu\text{m} \times 25\mu\text{m}$ の場合、X方向およびY方向の画素ピッチは、それぞれ、 $25\mu\text{m}$ および $25\mu\text{m}$ である。この場合において、PZTを用いて1画素分（ $25\mu\text{m}$ ）のシフトを実現するには、PZTの軸方向サイズをたとえば5mm程度に設定すればよい。なお、1画素のサイズが $25\mu\text{m} \times 25\mu\text{m}$ の場合、その中の負音ダイオードのサイズは、たとえば直径 $5\mu\text{m}$ 程度に設定され得る。このとき、対応する偏光子のサイズは、フォトダイオードよりも大きく設定されることが好ましい。なお、偏光子の配列ピッチは、個々の偏光子のサイズによらず、光感知セルアレイにおける画素の配列ピッチに等しく設定される。
- [0076] 図10は、上記の一連の動作を実行するとき、圧電変換素子160aおよび圧電変換素子160bおよび圧電変換素子160cおよび圧電変換素子160dに印加される電圧波形の一例を示すグラフである。図10には、図28を参照しながら説明した、光感知セルアレイ12における全体の電荷蓄積期間も模式的に示されている。圧電変換素子160a～160dによる偏光子アレイ14の2次元的移動は、電荷蓄積期間以外の期間内に行われる。
- [0077] 図10に示すように、最初、圧電変換素子160bおよび圧電変換素子160cに印加される電圧は、いずれも、0Vであるが、圧電変換素子160aおよび圧電変換素子160dに印加される電圧は、いずれも、例えば数百Vである（時刻T0）。1画素だけX軸方向にシフトさせるとき（時刻T1）、圧電変換素子160cおよび圧電変換素子160dに印加される電圧は0Vであり、圧電変換素子160aおよび圧電変換素子160bに高電圧（例

例えば100V)が印加される。その後(時刻T2)、圧電変換素子160aおよび圧電変換素子160dに印加される電圧は0Vであり、圧電変換素子160bおよび圧電変換素子160cにも高電圧(例えば100V)が印加される。次に、圧電変換素子160aおよび圧電変換素子160bに印加される電圧は0Vであり、圧電変換素子160cおよび圧電変換素子160dに印加される電圧が数百Vに変化する(時刻T3)。この後(時刻T4)、圧電変換素子160a、160b、160c、160dに印加される電圧をT0の時と同じレベルに復帰させることにより、1周期後の最初の状態に戻る。

[0078] なお、圧電変換素子は、一般にヒステリシスを有するため、伸びるときに印加した電圧をゼロボルトに戻しても、もとの状態に復帰しない場合がある。したがって、もとの位置に正確に戻すためには、ヒステリシスを考慮して補正された大きさの電圧を付与する必要がある。

[0079] 図11は、シフト装置16と偏光子アレイ14とが一体化された可動偏光子ユニット1000を示す上面図である。

[0080] この可動偏光子ユニット1000は、偏光子アレイ14をX軸方向に移動させるリニアアクチュエータ1004aが設けられたベース1002と、このベース1002をY軸方向に移動させるリニアアクチュエータ1004bが設けられたベース1001とを備えている。リニアアクチュエータ1004aは、スイッチ1005aを介して高電圧源1006aに接続される。一方、リニアアクチュエータ1004bは、スイッチ1005bを介して高電圧源1006bに接続される。スイッチ1005a、1005bの開閉により、リニアアクチュエータ1004a、1004bに印加する電圧を制御し、偏光子アレイ14の位置をXY面内でシフトさせることができる。

[0081] 図12(a)、図12(b)、および図12(c)は、それぞれ、ベース1002、偏光子アレイ14、およびリニアアクチュエータ1004aの上面図である。ベース1002は、凹部1002aおよび開口部1002bを有している。ベース1002は、好適にはシリコン基板を加工することによ

って得られる。凹部1002aは、偏光子アレイ14を收容し、かつ、X方向に移動可能にする形状および大きさを備えている。開口部1002bは、たとえば約25mm×約25mmのサイズを有する。これらを組み合わせることにより、図12(d)に示すX方向移動ステージ1010が得られる。図12(e)は、図12(d)に示すX方向移動ステージ1010のE-E'線断面図である。偏光子アレイ14の個々の偏光子は、たとえばフォトリソグラフィ法またはナノワイヤグリッドを用いて形成することができる。

[0082] 上記のX方向移動ステージ1010を図13に示すベース1001およびリニアアクチュエータ1004aと組み合わせることにより、シフト装置16が実現する。ベース1001は、凹部1001aおよび開口部1001bを有している。この凹部1001aは、X方向移動ステージ1010を收容し、かつ、Y方向に移動可能にする形状および大きさを備えている。ベース1001も、好適にはシリコン基板を加工することによって得られる。ベース1001の開口部1001bおよびベース1002の開口部1002bは、偏光子アレイ14を透過した光を不図示の光感知セルアレイ21に入射させるためのものである。個々の光感知セルに対応する偏光子を透過した光のみを入射させるためには、光感知セルアレイ12と偏光子アレイ14との間隔を1mm以下に設定することが好ましい。

[0083] 図14は、シフト装置16の更に他の構成例を示す上面図である。このシフト装置16が図11に示すシフト装置16と異なる点は、リニアアクチュエータ1004a、1004bの代わりに、楕形MEMS(Micro-Electro-Mechanical-Systems)アクチュエータ4004a、4004bが用いられていることにある。楕形MEMSアクチュエータ4004a、4004bは、一对の対向する楕形電極に電圧を与えることにより、静電力によって偏光子アレイ14を移動させることができる。

[0084] 偏光子アレイを撮像エリアに平行な面内で移動させるための機構は、上述の例に限定されず、画素単位で偏光子アレイを正確に移動させることができれば、他の原理に基づく機構であってもよい。

[0085] 画素のサイズ程度の移動距離を実現するために使用され得るアクチュエータの「位置決め精度」は、その移動距離の5%程度以下にすることができる。このような位置決め精度を考慮して、光感知セルの全体が偏光子にカバーされるように光感知セルのサイズが設定される。

[0086] 偏光子アレイにおける「単位構造」の形状は、正方形に限定されない。また、「単位構造」に含まれる偏光子の個数も、3個または4個に限定されず、2個であってもよいし、5個以上であってもよい。

[0087] <撮像装置>

以下、本実施形態における撮像装置の構成を説明する。

[0088] 図15は、本実施形態における撮像装置の概略構成を示すブロック図である。

[0089] 本実施形態の撮像装置は、撮像部100と、各種信号処理を行う信号処理部200と、撮像によって取得した画像を表示する撮像表示部300と、画像のデータを記録する記録部400と、各部を制御するシステム制御部500とを備える。

[0090] 本実施形態における撮像部100は、偏光子アレイ14およびシフト装置16を有する撮像素子（イメージセンサ）10と、撮像素子10の撮像面上に像を形成するため撮影レンズ20とを有している。本実施形態における撮影レンズ20は、公知の構成を有しており、現実には複数のレンズから構成されたレンズユニットである。撮影レンズ20は、不図示の機構によって駆動され、必要に応じて、光学ズーミング、自動露光（AE: Auto Exposure）、自動焦点（AF: Auto Focus）に必要な動作が実行される。

[0091] 更に、撮像部100は、撮像素子10を駆動する撮像素子駆動部30およびアクチュエータ駆動部40を備えている。撮像素子駆動部30は、たとえばドライバLSIから構成されている。撮像素子駆動部30は、撮像素子10を駆動することにより、撮像素子10からアナログ信号を読み出してデジタル信号に変換する。アクチュエータ駆動部40は、前述のシフト装置16

を駆動することにより、偏光子アレイ 14 の位置を撮像エリアに平行な面内で周期的にシフトさせる。

[0092] 本実施形態における信号処理部 200 は、画像処理部（イメージプロセッサ）220、メモリ 240、インターフェース（I/F）部 260 を備えている。信号処理部 200 は、液晶表示パネルなどの表示部 300、および、メモリカードなどの記録媒体 400 に接続されている。

[0093] 画像処理部 220 は、色調補正、解像度変更、自動露光、自動焦点、データ圧縮などの動作に必要な各種信号処理を行うほか、本発明による偏光情報の取得処理を実行する。画像処理部 220 は、公知のデジタル信号処理プロセッサ（DSP）などハードウェアと、本発明に係る偏光情報処理を含む画像処理を実行するソフトウェアとの組合せによって好適に実現される。メモリ 240 は、DRAM などによって構成される。このメモリ 240 は、撮像部 100 から得られた画像データを記録するとともに、画像処理部 220 によって各種の画像処理を受けた画像データを一時的に記録する。これらの画像データは、アナログ信号に変換された後、表示部 300 によって表示されたり、デジタル信号のままインターフェース部 260 を介して記録媒体 400 に記録される。

[0094] 上記の構成要素は、不図示の中央演算処理ユニット（CPU）およびフラッシュメモリを含むシステム制御部 500 によって制御される。なお、本実施形態の撮像装置は、ビューファインダ、電源（電池）、フラッシュライトなどの公知の構成要素を備え得るが、それらの説明は本発明の理解に特に必要でないため省略する。

[0095] 図 16 は、本実施形態における信号処理部 200 の主要な構成要素の一例を示すブロック図である。本実施形態では、被写体から偏光画像情報を取得し、2 種類の偏光画像（偏光度画像 ρ および偏光位相画像 ϕ ）として出力することができる。

[0096] 撮像部 100 から出力された信号は、画像処理部 220 に送られ、画像処理部 220 で処理された後、偏光度画像フレームメモリ 222 および偏光位

相画像フレームメモリ 224 に格納される。偏光度画像フレームメモリ 222 からは偏光度画像 (ρ) のデータが出力され、偏光位相画像フレームメモリ 224 から偏光位相画像 (ϕ) のデータが出力される。

[0097] <偏光情報>

図 17 は、方向が異なる偏光透過軸 ($\Psi_i = 0^\circ$ 、 45° 、 90° 、 135°) を有する 4 種類の偏光子を透過した光の強さ (画素値または輝度) $I_1 \sim I_4$ を示している。ここで、偏光透過軸の回転角 ψ が ψ_i のときに観測される輝度を I_i とする。ただし、「 i 」は、1 以上 N 以下の整数、「 N 」はサンプル数とする。本実施形態では、 $N=4$ であるため、 $i=1, 2, 3, 4$ となる。図 17 には、1 つの画素から得られる 4 個のサンプル (ψ_i 、 I_i) に対応する輝度 $I_1 \sim I_4$ が示されている。偏光透過軸の角度 Ψ_i と輝度 I_i との関係は、周期 $= \pi$ (180°) の正弦関数によって表現される。周期が固定された正弦関数が有する未知数は、振幅、位相、および平均値の 3 種しかなく、異なる角度 Ψ における少なくとも 3 つの輝度 I_i の観測により、1 本の正弦関数カーブが完全に決定される。

[0098] 偏光子単位の偏光主軸の角 ψ に対する観測輝度は、以下の式で表される。

[数1]

$$I(\psi) = A \cdot \sin 2(\psi - B) + C \quad (\text{式 1})$$

ここで図 18 に示すように A 、 B 、 C は未知定数であり、それぞれ、偏光輝度の変動カーブの振幅、位相、平均値を表現している。

[0099] なお、本明細書における「偏光情報」とは、輝度の偏光主軸角度に対する依存性を示す正弦関数カーブにおける振幅変調度 ρ および位相情報 ϕ を意味する。以上の処理により、画素ごとに正弦関数の A 、 B 、 C の 3 パラメータが確定すると、各画素における偏光度 ρ を示す偏光度画像と各画素における偏光位相 ϕ を示す偏光位相画像が求められる。偏光度 ρ は、該当画素の光が偏光している程度を表し、偏光位相 ϕ は、正弦関数の最大値をとる角度位置を表す。なお、偏光主軸の角度は、 0° と 180° (π) は同一である。

[0100] 値 ρ 、 ϕ ($0 \leq \phi \leq \pi$) は、それぞれ、以下の (式 2) および (式 3) に

よって算出される。

[数2]

$$\rho = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}} = \frac{A}{C} \quad (\text{式 2})$$

[数3]

$$\phi = \frac{\pi}{4} + B \quad (\text{式 3})$$

[0101] こうして、本実施形態では、偏光子アレイ 14 を移動させながら読み出される画素値に基づいて、すべての画素から偏光情報を取得することができる。

[0102] (実施形態 2)

次に、本発明による撮像素子の第 2 の実施形態を説明する。

[0103] 本実施形態の撮像素子が実施形態 1 における撮像素子と異なる点は、偏光子アレイにおける偏光子の配列パターンと、偏光子アレイの移動の仕方とにある。以下、この異なる点のみを詳述し、実施形態 1 と共通する構成および動作については説明をここでは繰り返さない。

[0104] 図 19 は、本実施形態における偏光子アレイの構成を示す上面図である。この偏光子アレイでは、偏光透過軸の向きが異なる 4 種類の偏光子が直線状に配列されている。図 20 (a) は、図 19 の偏光子アレイの一部を示す図であり、図 20 (b) は、偏光子の配列パターンの他の例を示す図である。図 20 (a) および図 20 (b) のいずれの配列パターンであってもよいが、ここでは、図 20 (a) の配列パターンを有する場合について、その動作を説明する。

[0105] 本実施形態では、図 21 に示すように、各行に 4 種類の偏光子 14 A、14 B、14 C、14 D が配列された偏光アレイ 14 をシフト装置 16 によって 1 画素単位でシフトすることができる。

[0106] まず、この偏光子アレイ 14 が、図 22 (a) に示す位置にあったとする

。次に、シフト装置 16 により、偏光子アレイを X 軸方向にシフトし、図 22 (b) に示す位置に偏光子アレイ 14 を移動させる。

[0107] 次に、シフト装置 16 により、偏光子アレイ 14 を更に X 軸方向にシフトし、図 23 (a) に示す位置に偏光子アレイ 14 を移動させる。この後、シフト装置 16 により、偏光子アレイ 14 を更に X 軸方向にシフトし、図 23 (b) に示す位置に偏光子アレイ 14 を移動させる。

[0108] 続いて、偏光子アレイ 14 は、逆方向に 3 画素分だけシフトさせられ、再び、図 22 (a) に示す位置に復帰する。このような周期的動作を繰り返すことにより、偏光情報を取得することが可能になる。

[0109] 本実施形態によれば、偏光子アレイ 14 を X Y 面内の一方向のみに移動させればよいから、シフト装置 16 の構成が簡略化される。上記の例では、偏光子アレイ 14 を X 軸方向に移動したが、Y 軸方向に移動してもよい。また、X 軸および Y 軸の両方に対して斜めになる方向に直線的に移動させても、同様の効果を得ることが可能である。

[0110] 図 24 は、上記の一連の動作を実行するとき、アクチュエータに印加される電圧波形の一例を示すグラフである。図 24 に示すように、最初、アクチュエータに印加される電圧は、いずれも、0 V であるが、1 画素だけ X 軸方向にシフトさせるとき（時刻 T1）、アクチュエータに電圧 V1（例えば 100 V）が印加される。初期位置から 2 画素だけ X 軸方向にシフトさせるとき（時刻 T2）、アクチュエータに電圧 V2（例えば 200 V）が印加される。次に、初期位置から 3 画素だけ X 軸方向にシフトさせるとき（時刻 T3）は、アクチュエータに電圧 V3（例えば 300 V）が印加される。その後（時刻 T4）、アクチュエータに印加する電圧を 0 V に戻すことにより、アクチュエータを初期状態に復帰することができる。

[0111] 上記の各実施形態では、1 つの偏光子アレイ 14 に偏光透過軸が異なる 4 方向を向くように 4 種類の偏光子 14A、14B、14C、14D を配列しているが、本発明は、このような例に限定されない。図 17 を参照して説明したように、偏光情報を規定する正弦波を得るためには、偏光透過軸を少な

くとも3つの異なる角度に設定すればよい。図25は、偏光透過軸方向が 60° ずつ異なる3種類の偏光子14A、14B、14Cが配列された偏光子アレイ14上の移動を示している。この偏光子アレイには、偏光子が設けられていない領域が存在するが、移動のパターンは、図7に示される移動のパターンと同様である。その結果、各画素には、偏光子が設けられていない領域を透過する光も入射する。偏光子が設けられていない領域を透過する光が入射するとき、その画素からは偏光の無い光に関する輝度信号が得られる。

[0112] 図26(a)から図26(c)は、3種類の偏光子14A、14B、14Cが配列された偏光子アレイ14を用いて、X軸方向のみに沿ったシフトを行う例を示している。この場合に使用する偏光子アレイ14には、偏光子が設けられていない画素領域は存在しない。このため、各画素には、偏光子を透過する光が入射することになる。このような偏光アレイを用いる場合、画素シフトの1周期のストロークを短くすることができるため、アクチュエータを小型しやすい利点がある。

[0113] 図26(a)から図26(c)に示す動作を実行するとき、アクチュエータに印加させる電圧の波形例は図27に示すとおりである。

[0114] 上記の各実施形態では、各画素から偏光情報を得るため、偏光透過軸が3つまたは4つの異なる方向を向いた偏光子を各光感知セル上に順次配置し、画素信号（サンプル値）を読み出しているが、本発明は、このような例に限定されない。本発明の効果は、たとえば、偏光透過軸が2つの異なる方向を有する2種類の偏光子を透過した光を各光感知セルに入射する構成を採用しても得ることが可能である。この場合、図18に示すような輝度の変動カーブを決定する3つのパラメータを特定することはできない。しかし、たとえば、直交する偏光成分を検出することが可能であり、これも内視鏡などの技術分野で有益である。

産業上の利用可能性

[0115] 本発明の撮像素子、撮像装置は、偏光イメージング技術の種々の分野に応用され得る。たとえば、本発明の撮像素子および撮像装置は、セキュリティ

、医療、通信、分析のためのキーデバイスとして有用である。

符号の説明

[0116]	1 0	撮像素子（イメージセンサ）
	1 2	光感知セルアレイ
	1 2 a ~ 1 2 i	光感知セル
	1 4	偏光子アレイ（偏光モザイクアレイ板）
	1 4 A ~ 1 4 D	偏光子
	1 6	シフト装置
	2 0	撮影レンズ
	3 0	撮像素子駆動部
	4 0	駆動回路
	1 0 0	撮像部
	1 2 0	垂直走査回路
	1 3 0	水平走査回路
	1 6 0 a ~ 1 6 0 d	圧電変換素子
	2 0 0	信号処理部
	2 2 0	画像処理部（イメージプロセッサ）
	2 2 2	偏光度画像フレームメモリ
	2 2 4	偏光位相画像フレームメモリ
	2 2 6	輝度画像フレームメモリ
	2 4 0	メモリ
	2 6 0	インターフェース（I F）部
	3 0 0	撮像表示部
	4 0 0	記録部
	5 0 0	システム制御部
	1 0 0 0	可動偏光子ユニット
	1 0 0 0 a	制御信号（リセット信号）
	1 0 0 0 b	制御信号（電荷読み出し信号）

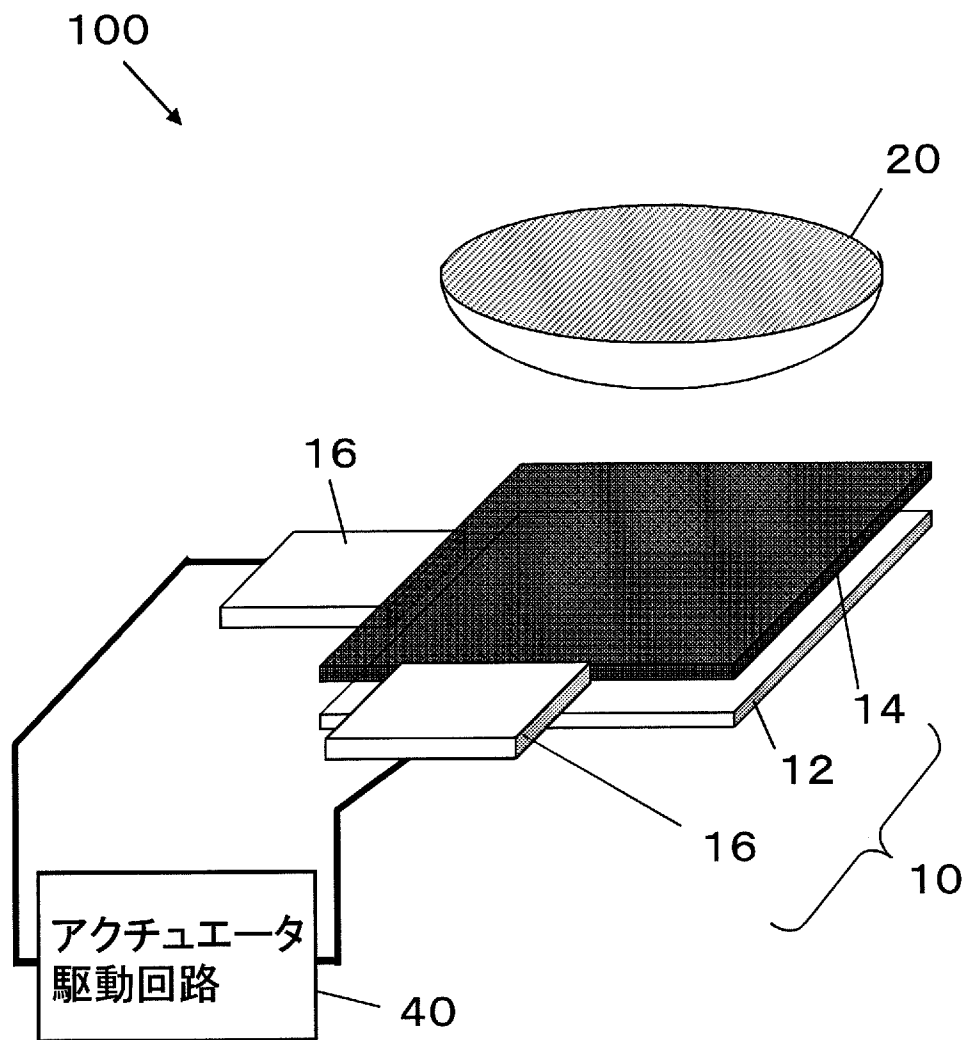
1 0 0 1	ベース
1 0 0 1 a	凹部
1 0 0 1 b	開口部
1 0 0 2	ベース
1 0 0 2 a	凹部
1 0 0 2 b	開口部
1 0 0 4 a	リニアアクチュエータ
1 0 0 4 b	リニアアクチュエータ
1 0 0 5 a	スイッチ
1 0 0 5 b	スイッチ
1 0 0 6 a	高電圧源
1 0 0 6 b	高電圧源
1 0 1 0	ベース
4 0 0 4 a	楕形MEMSリニアアクチュエータ
4 0 0 4 b	楕形MEMSリニアアクチュエータ

請求の範囲

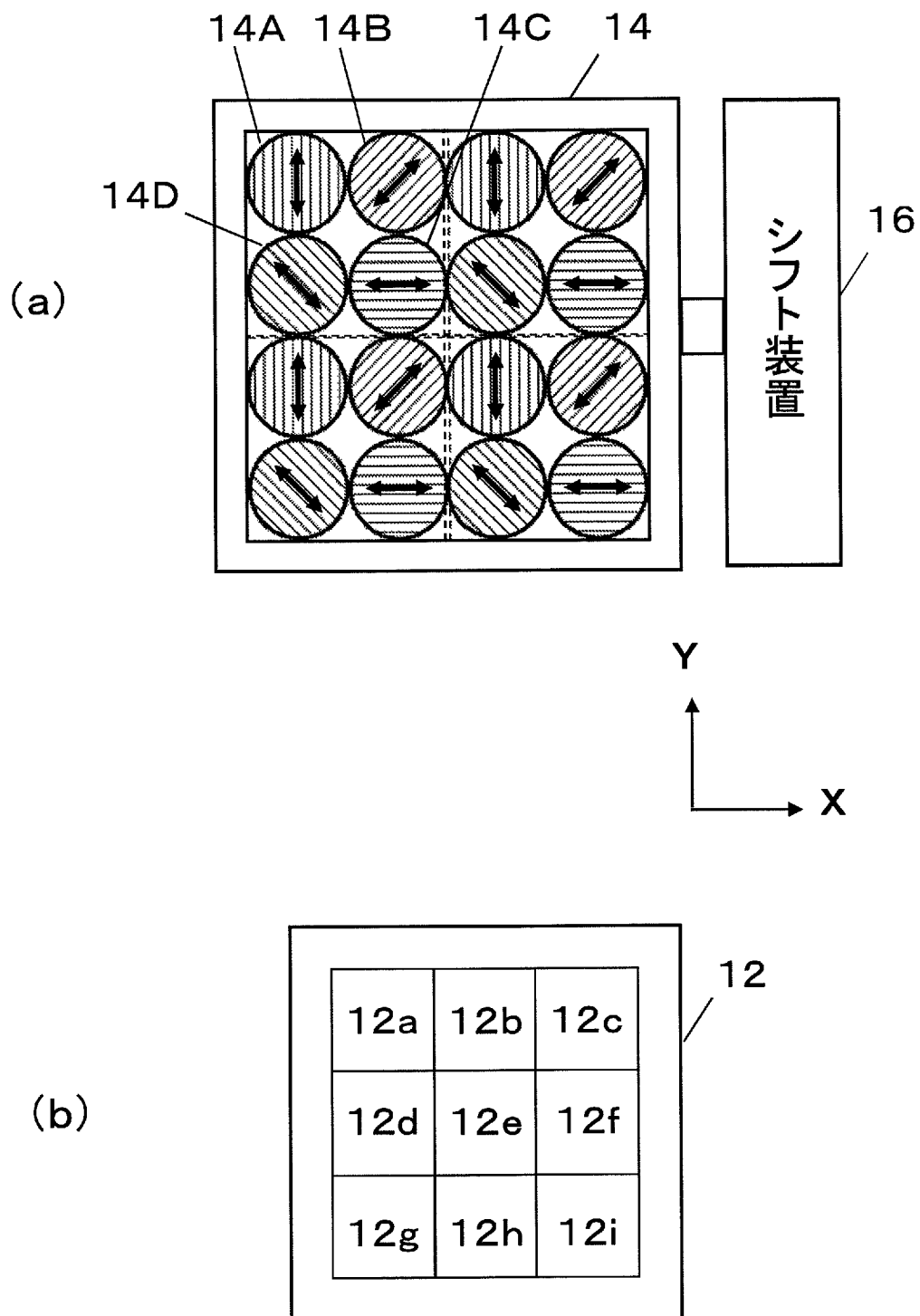
- [請求項1] 複数の光感知セルが撮像面に沿って配列された光感知セルアレイと、
、
各々が偏光透過軸方向の異なるN個（Nは2以上の整数）の偏光子を含む複数の単位構造が2次元的に配列され、各光感知セルに1つの偏光子を透過した光が入射するように構成された偏光子アレイと、
前記光感知セルアレイから画素信号を読み出す回路と、
前記光感知セルアレイに対する前記偏光子アレイの位置を前記撮像面に平行な方向にシフトさせるシフト装置と、
を備える撮像素子。
- [請求項2] 撮像を行うとき、前記シフト装置は、前記単位構造のサイズを超えない距離だけ前記偏光子アレイをシフトさせる請求項1に記載の撮像素子。
- [請求項3] 前記シフト装置は、前記光感知セルアレイの全体から蓄積電荷信号が読み出されるタイミングと同期して、前記偏光子アレイを画素単位でシフトさせ、各光感知セルに入射する光の偏光方向を変化させる、請求項1または2に記載の撮像素子。
- [請求項4] 前記複数の光感知セルの各々に対して、
前記N個の偏光子の1つを透過する光を入射させるステップと、
前記偏光子アレイを画素単位でシフトさせた後、前記N個の偏光子の他の1つを透過する光を入射させるステップと、
を実行する、請求項1から3のいずれかに記載の撮像素子。
- [請求項5] 前記アクチュエータは、第1の方向に前記偏光子アレイを画素単位でシフトさせる第1アクチュエータ部分と、前記第1の方向に垂直な第2方向に前記偏光子アレイを画素単位でシフトさせる第2アクチュエータ部分とを含んでおり、
前記撮像面に沿って前記偏光子アレイを周期的および2次元的に移動させる、請求項1から4のいずれかに記載の撮像素子。

- [請求項6] Nは3以上である、請求項1から5のいずれかに記載の撮像素子。
- [請求項7] 前記シフト装置は、前記撮像面に沿って前記偏光子アレイを周期的および直線的に移動させる、請求項1から4のいずれかに記載の撮像素子。
- [請求項8] 前記偏光子アレイにおける偏光子の配列ピッチは、前記光感知セルアレイにおける光感知セルの配列ピッチに一致している、請求項1から7のいずれかに記載の撮像素子。
- [請求項9] 前記偏光子アレイにおける前記複数の単位構造の各々は、前記偏光透過軸方向が 45° ずつ異なる4つの偏光子を含んでいる、請求項1から8のいずれかに記載の撮像素子。
- [請求項10] 前記偏光子アレイにおける前記複数の単位構造の各々は、前記偏光透過軸方向が 60° ずつ異なる3つの偏光子を含んでいる、請求項1から8のいずれかに記載の撮像素子。
- [請求項11] 複数の光感知セルが撮像面に沿って配列された光感知セルアレイと、各々が偏光透過軸方向の異なるN個（Nは2以上の整数）の偏光子を含む複数の単位構造が2次元的に配列され、各光感知セルに1つの偏光子を透過した光が入射するように構成された偏光子アレイと、前記光感知セルアレイに対する前記偏光子アレイの位置を前記撮像面に平行な方向にシフトさせるシフト装置とを備える撮像素子と、
前記シフト装置を駆動する駆動回路と、
前記撮像素子上に像を形成するための撮影レンズと、
を備える撮像装置。
- [請求項12] 前記シフト装置は、前記光感知セルアレイの全体から蓄積電荷信号が読み出されるタイミングと同期して、前記偏光子アレイを画素単位でシフトさせ、各光感知セルに入射する光の偏光方向を変化させ、個々の光感知セルに入射した偏光方向が異なる光の輝度値を得る、請求項11に記載の撮像装置。

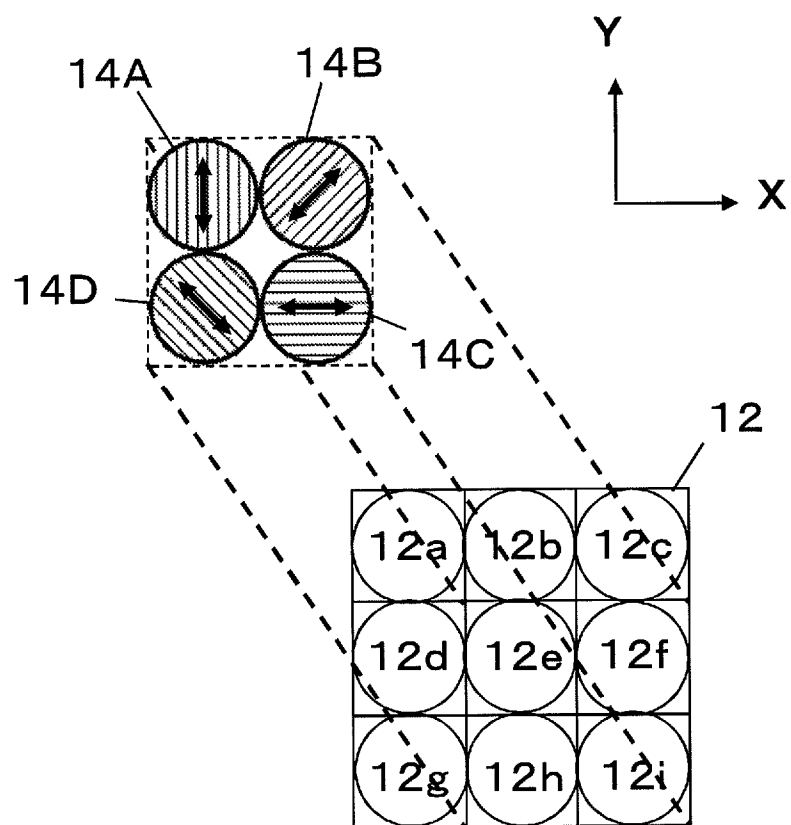
[図1]



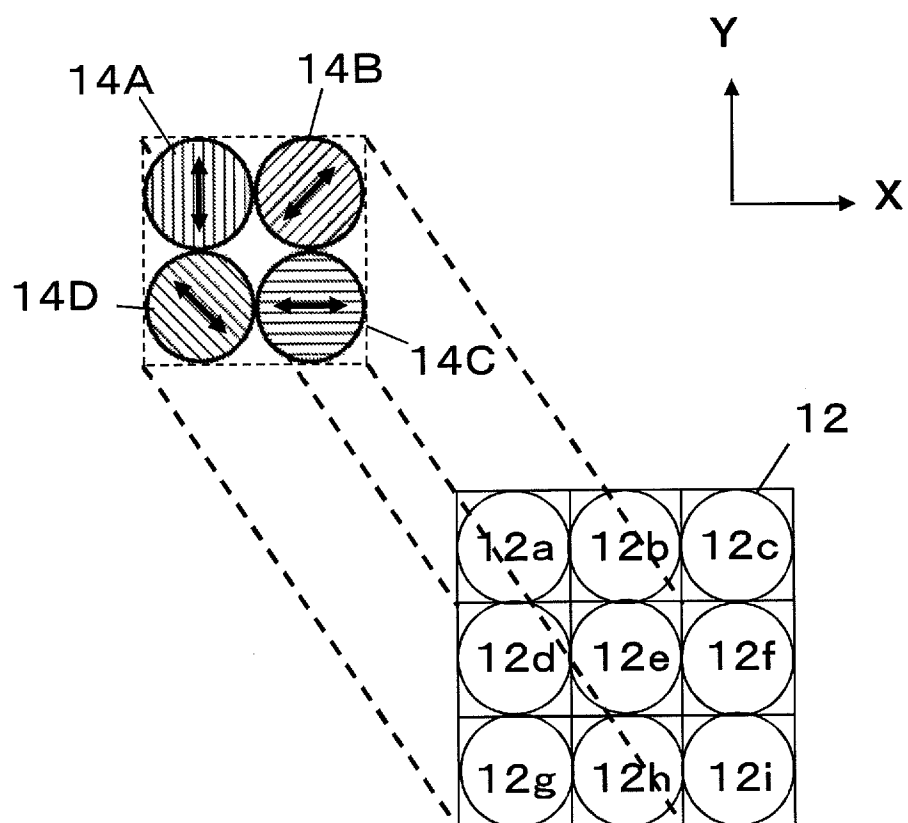
[図2]



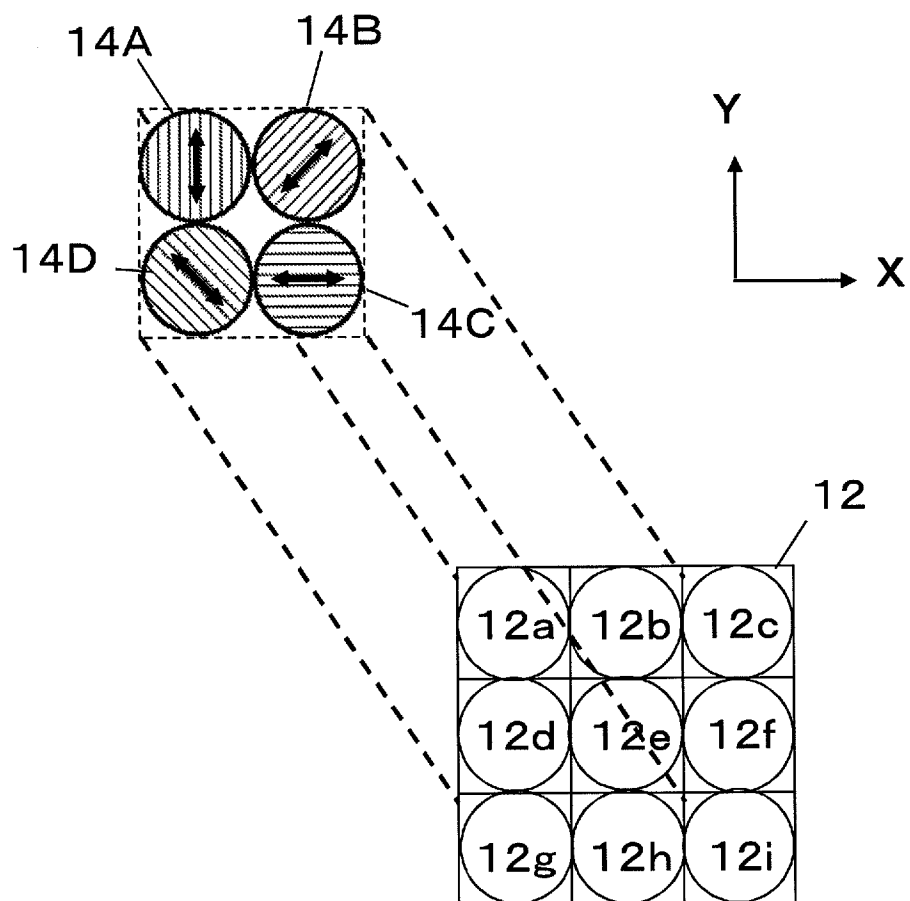
[図3A]



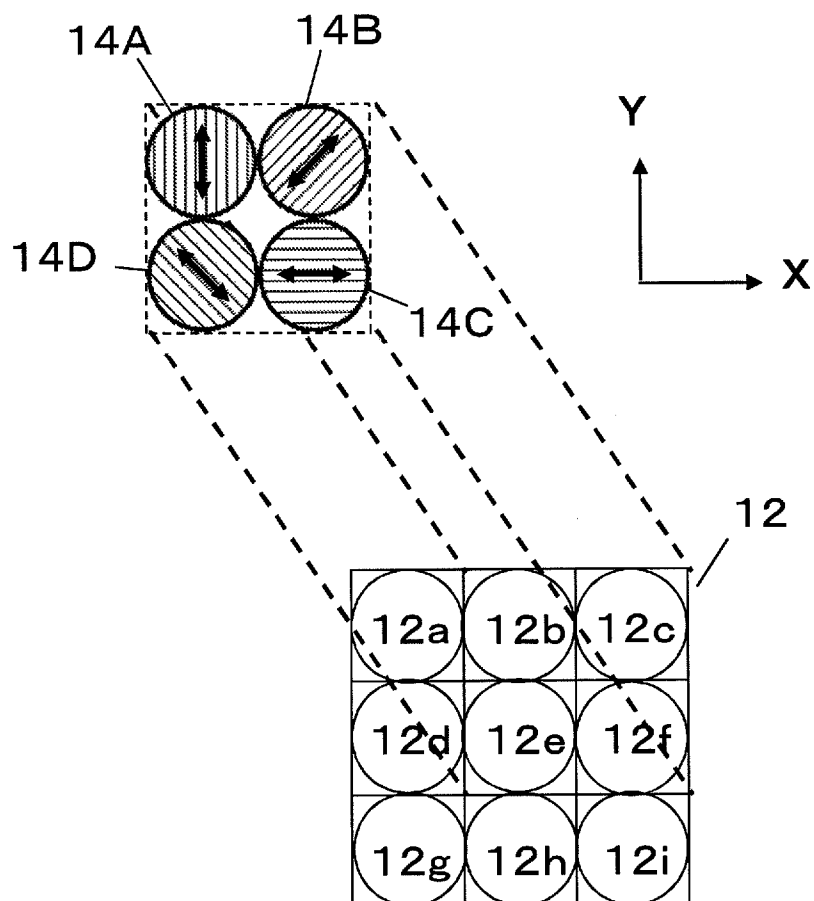
[図3B]



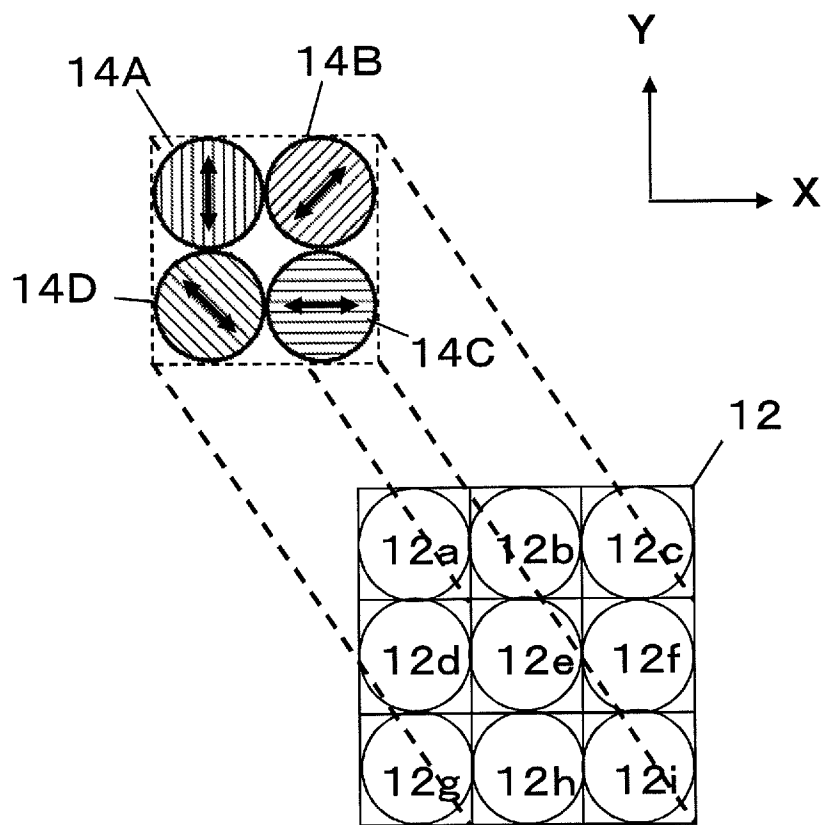
[図3C]



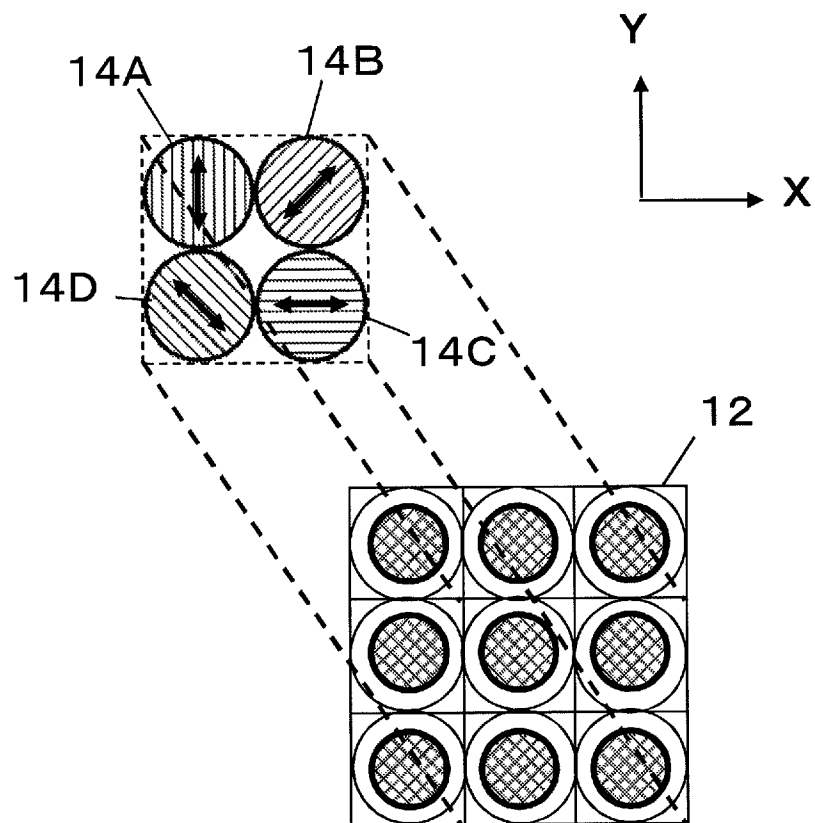
[図3D]



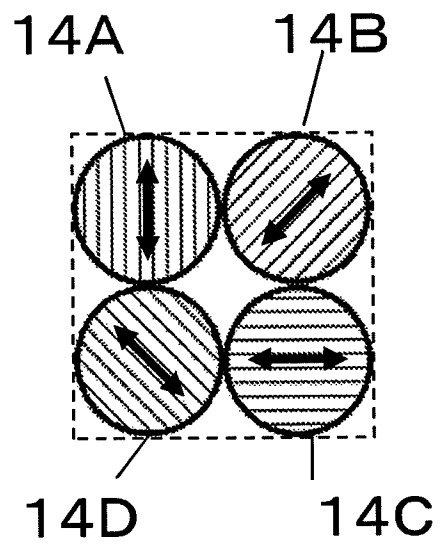
[図3E]



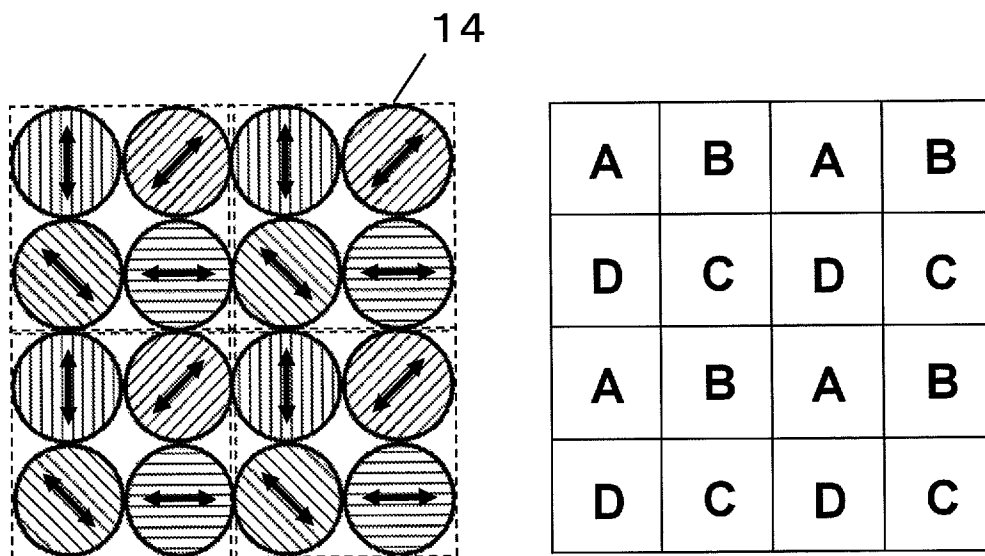
[図4]



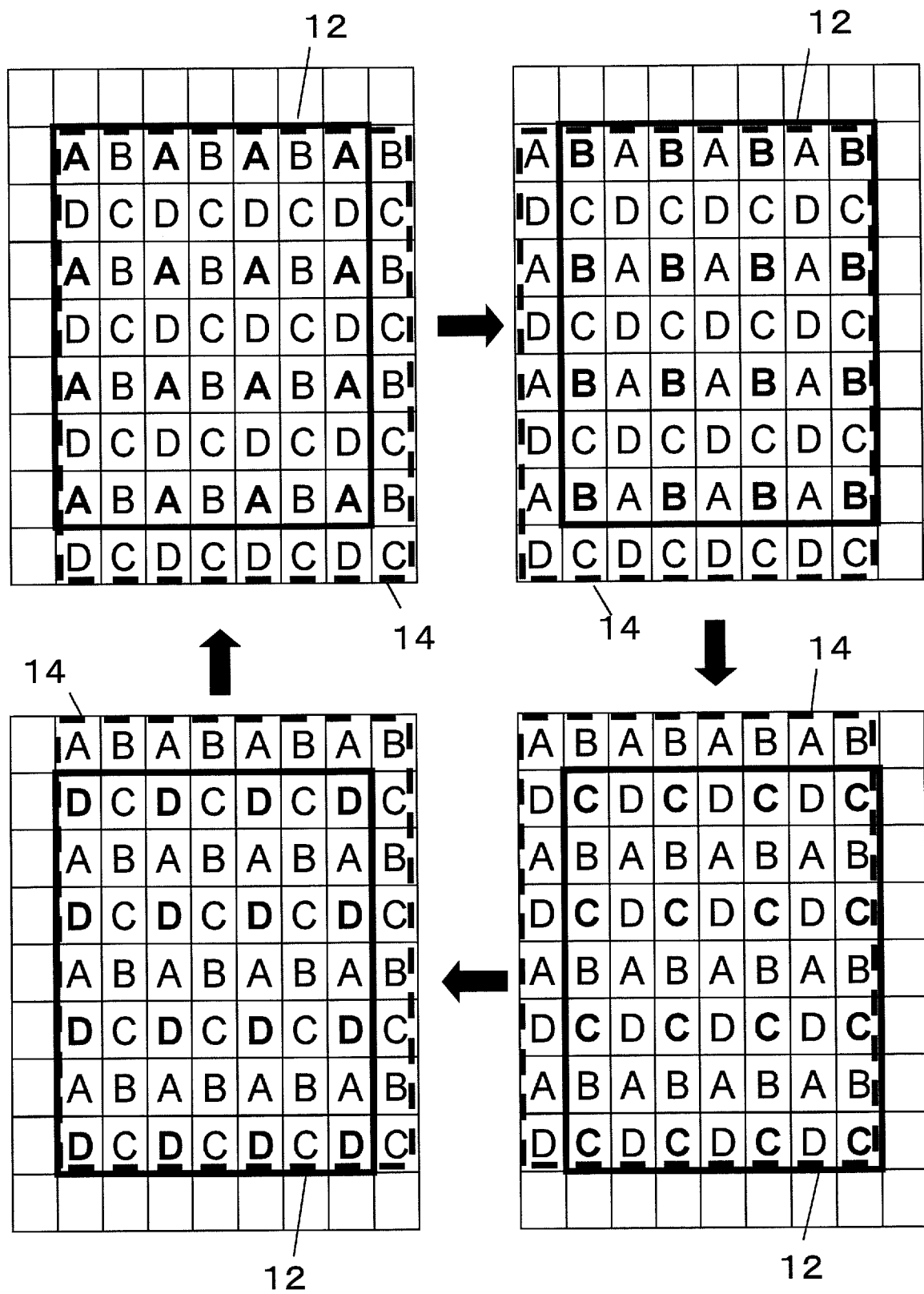
[図5]



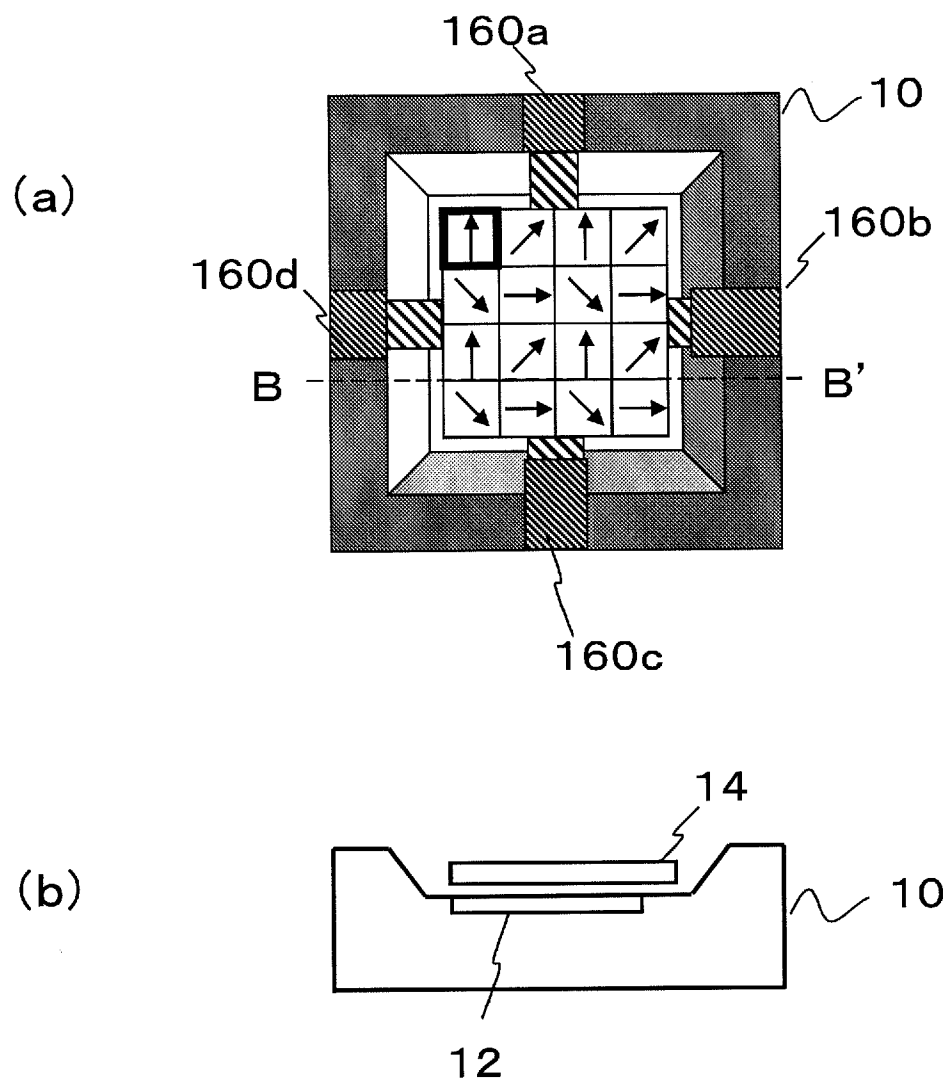
[図6]



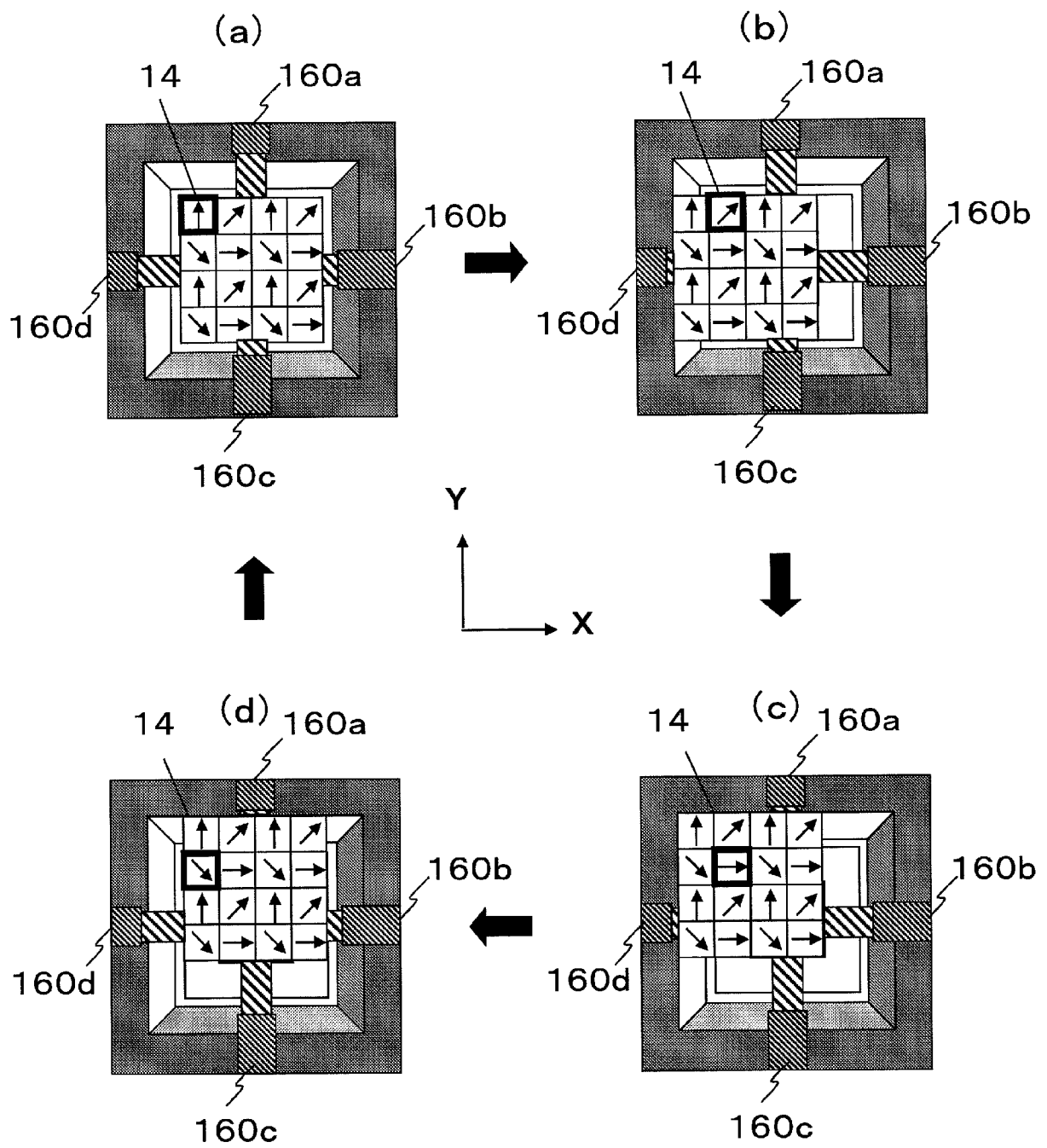
[図7]



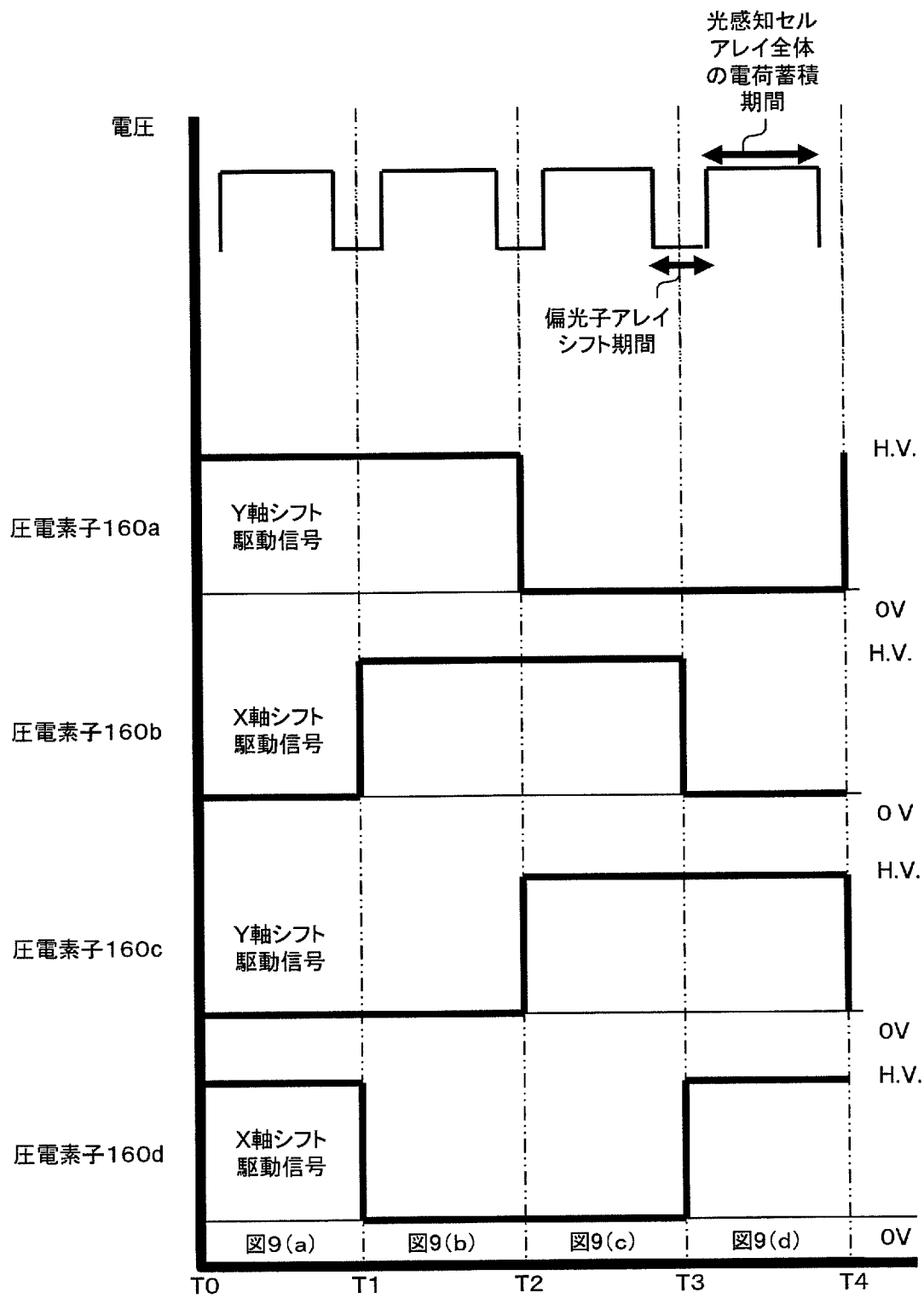
[図8]



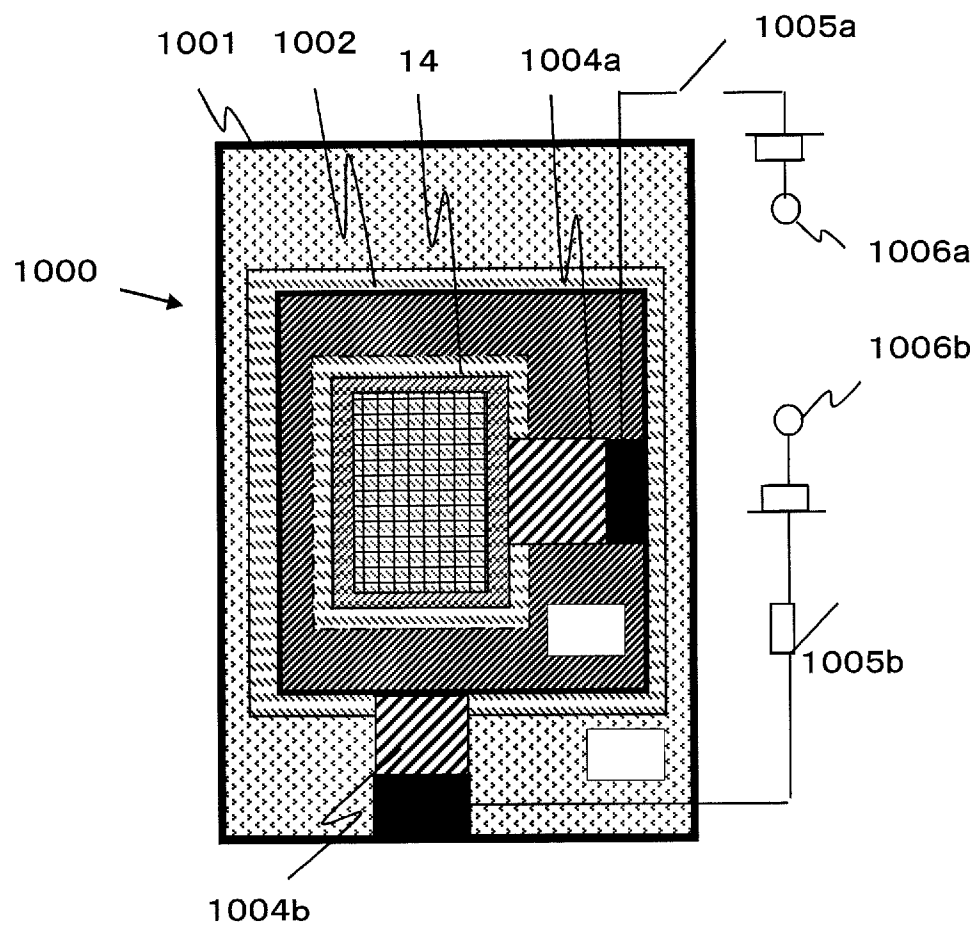
[図9]



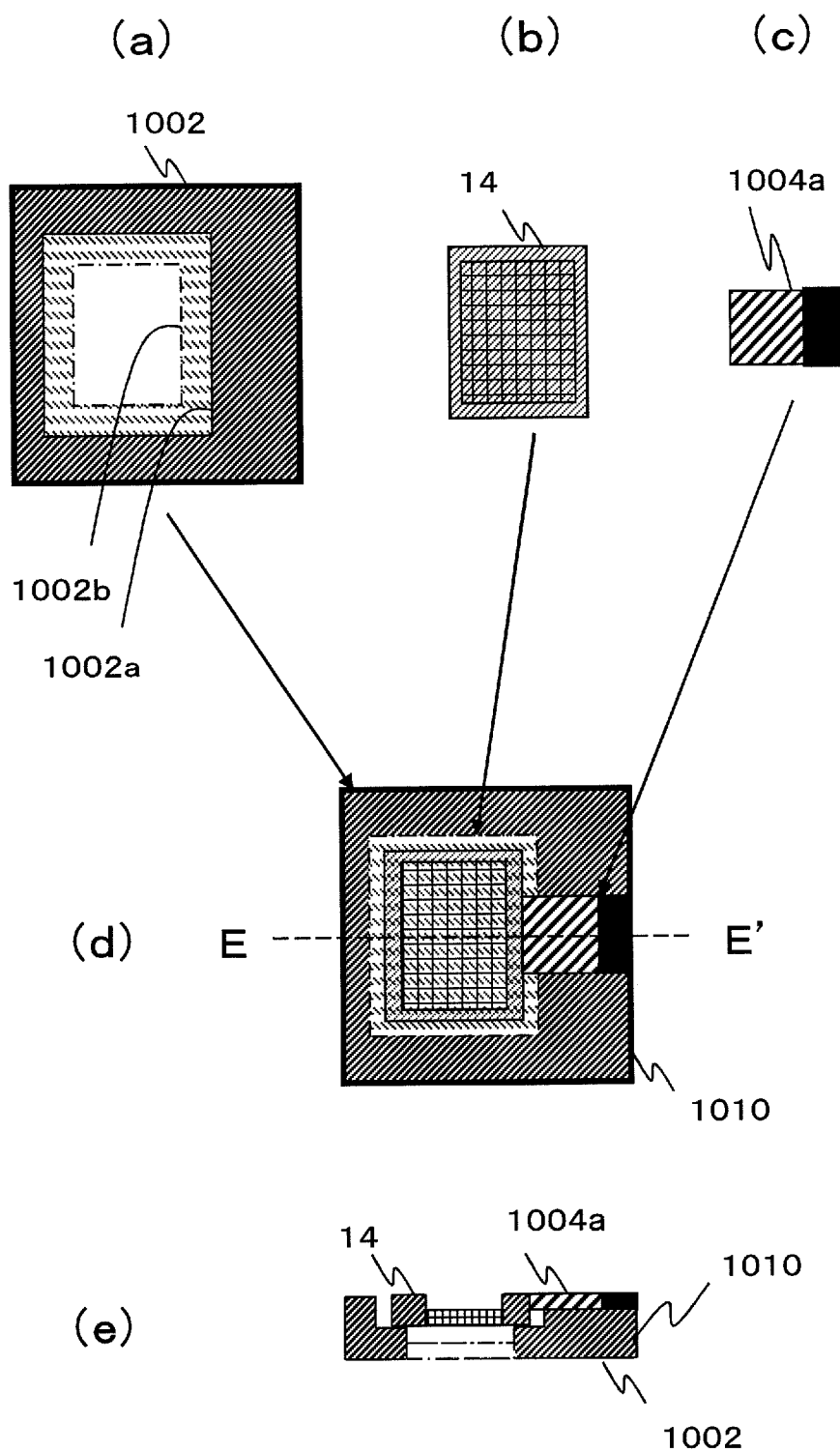
[図10]



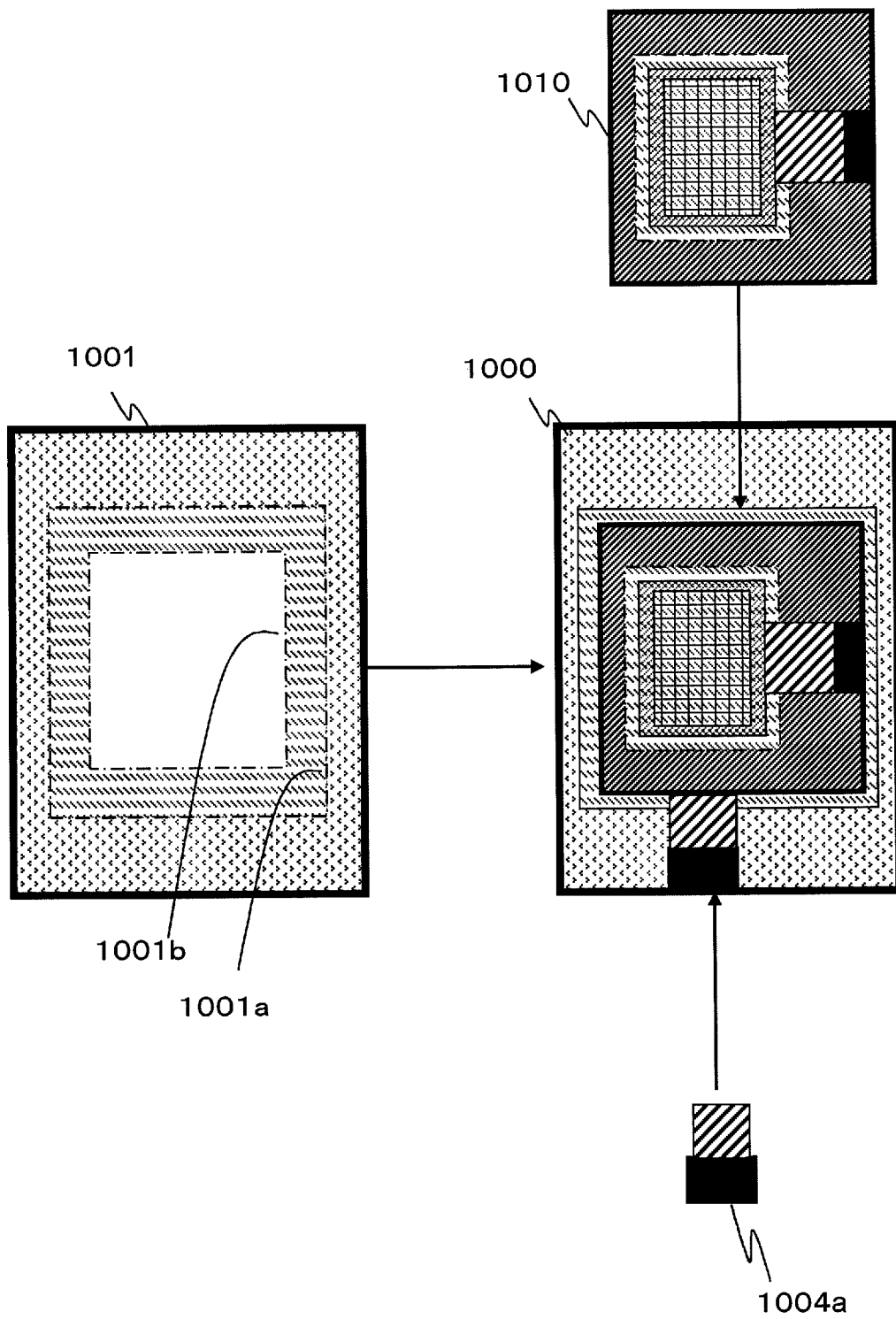
[図11]



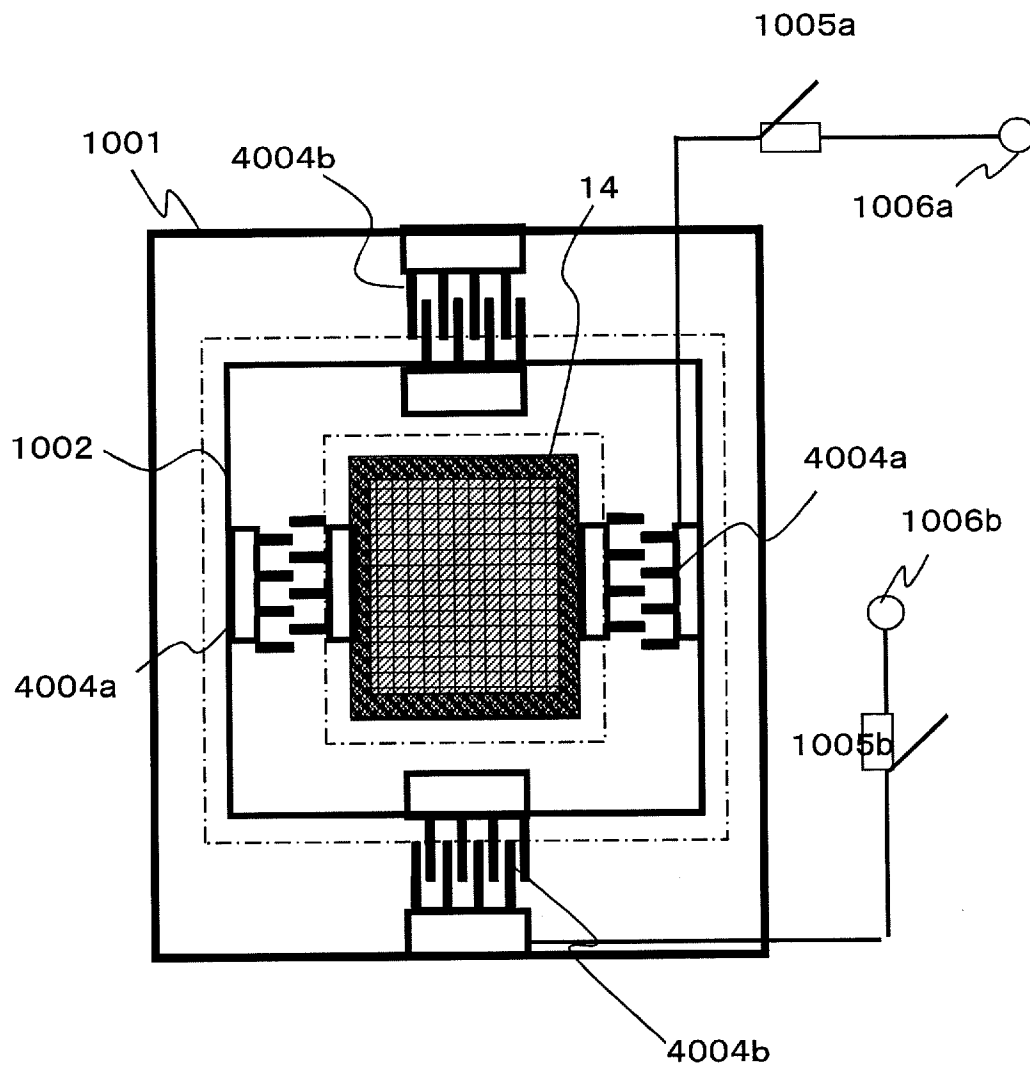
[図12]



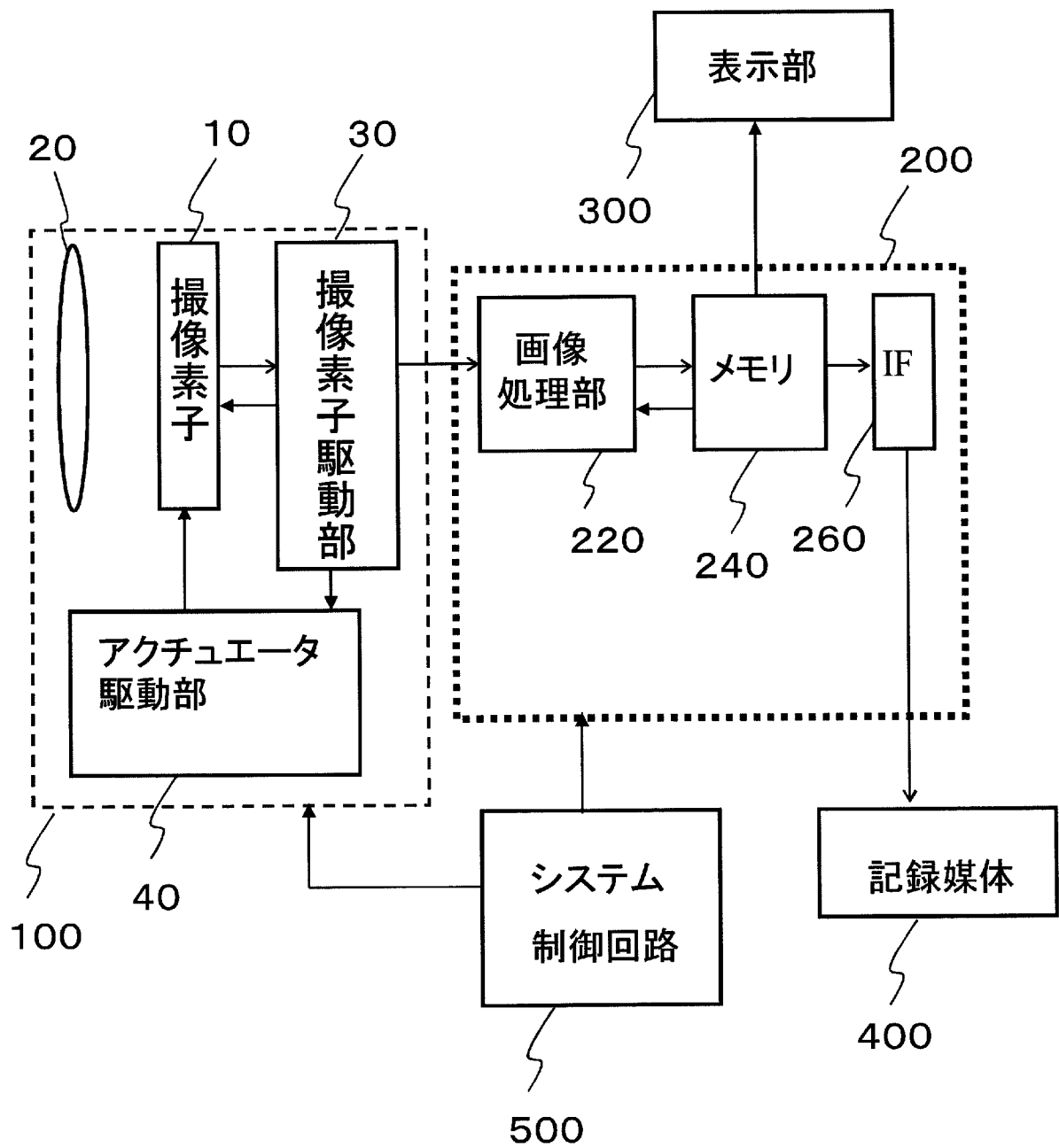
[図13]



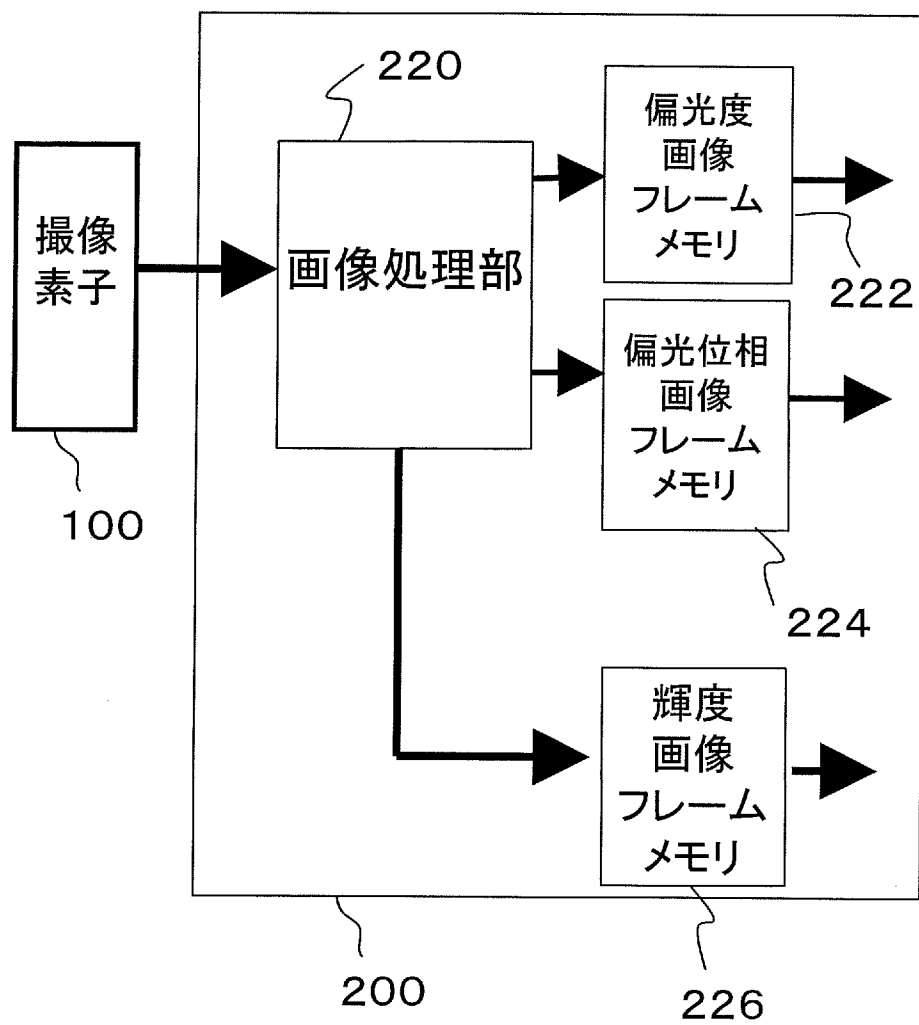
[図14]



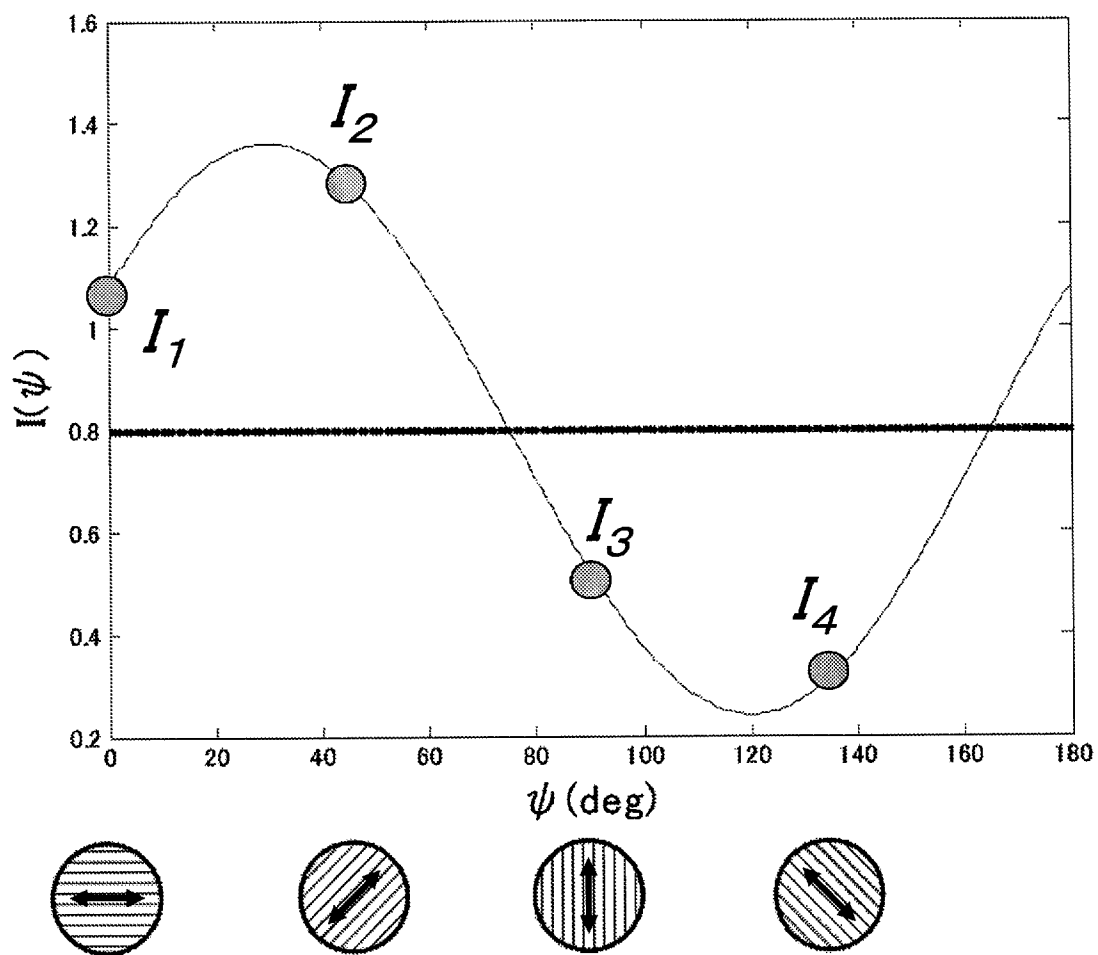
[図15]



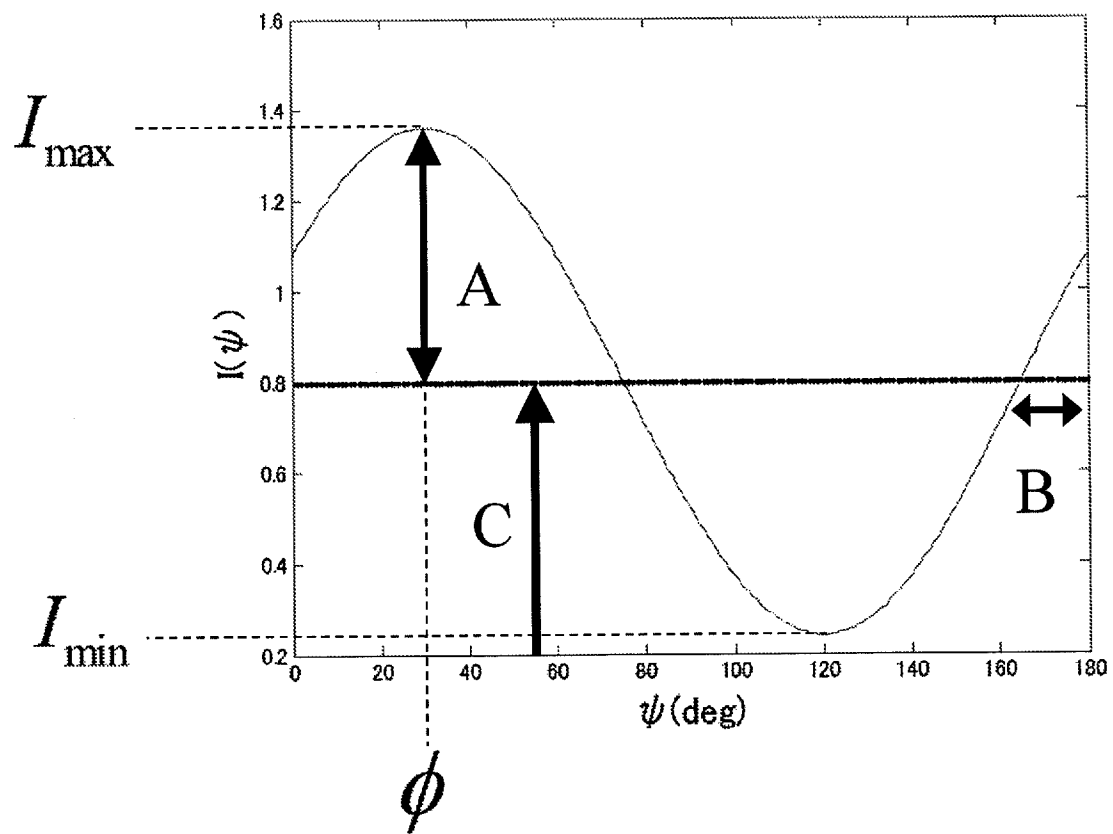
[図16]



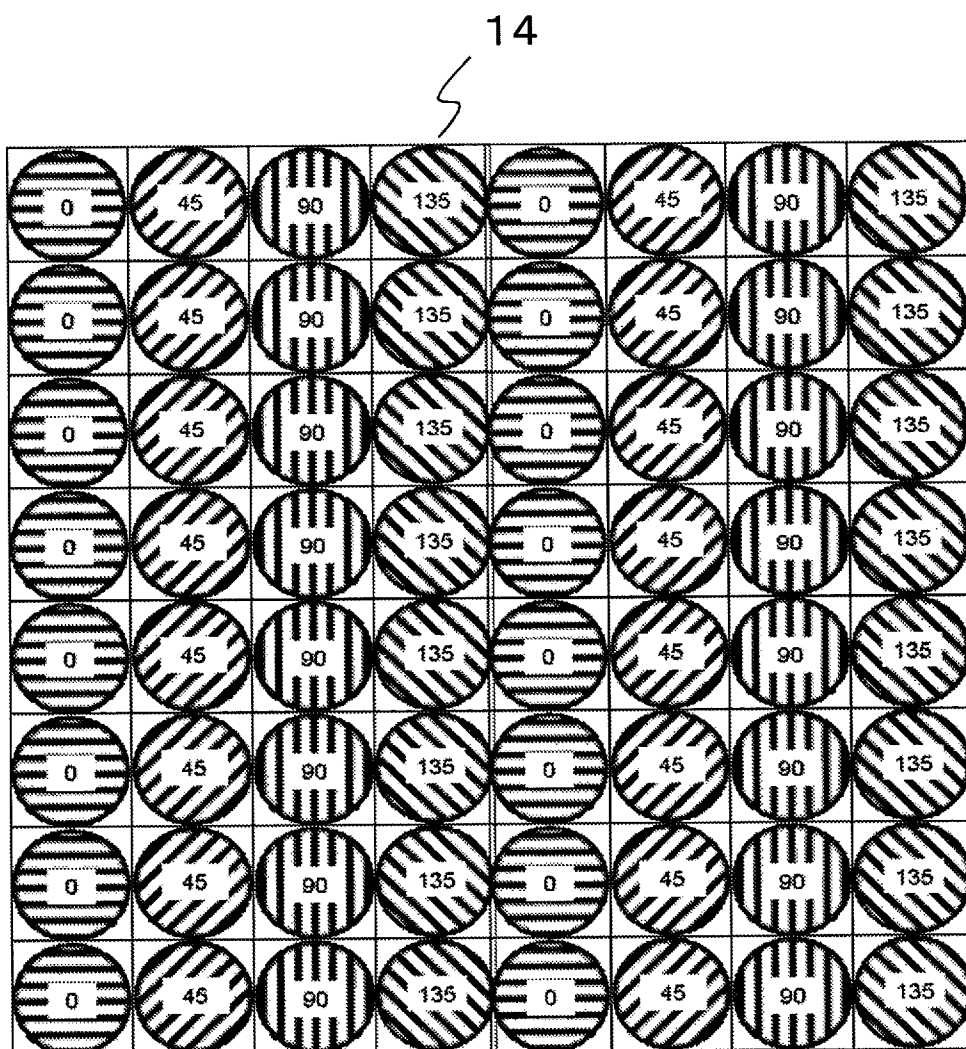
[図17]



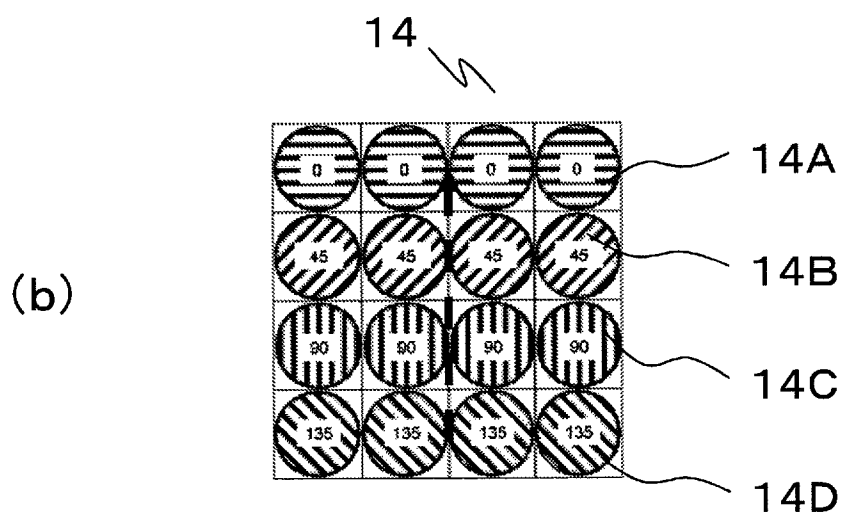
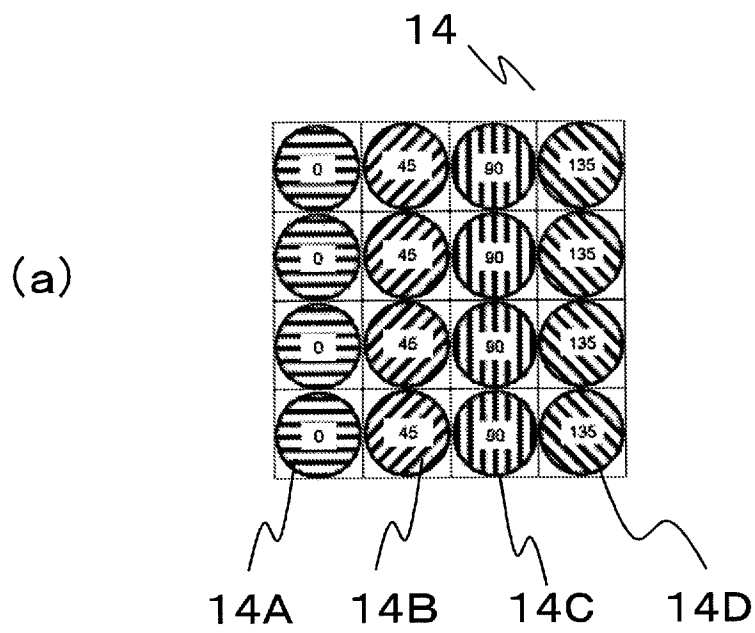
[図18]



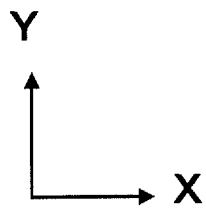
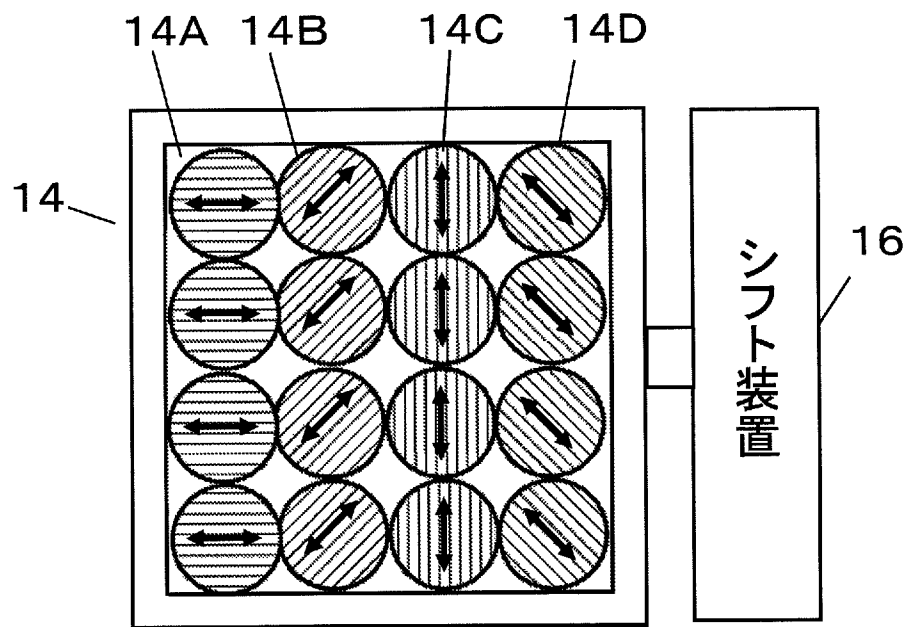
[図19]



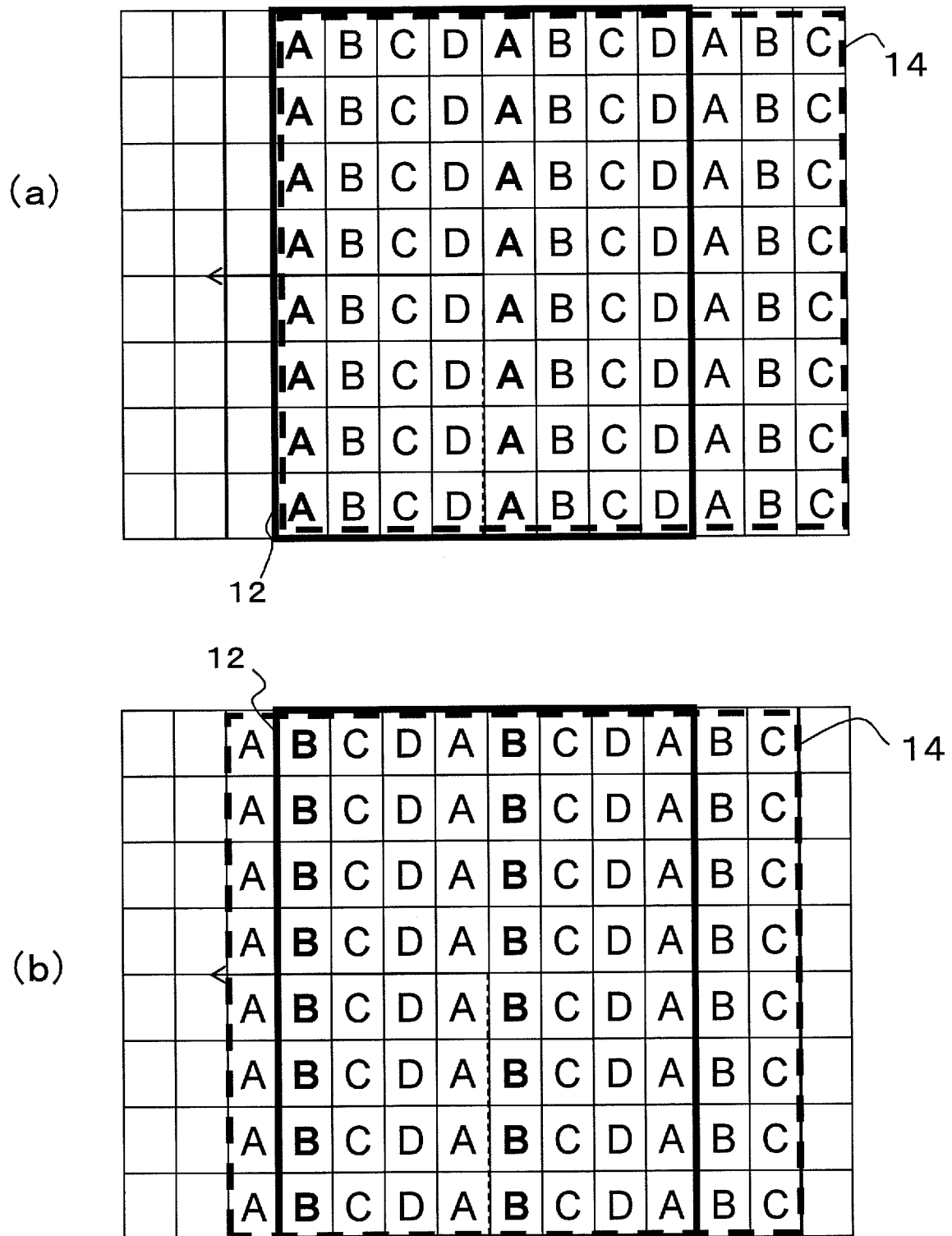
[図20]



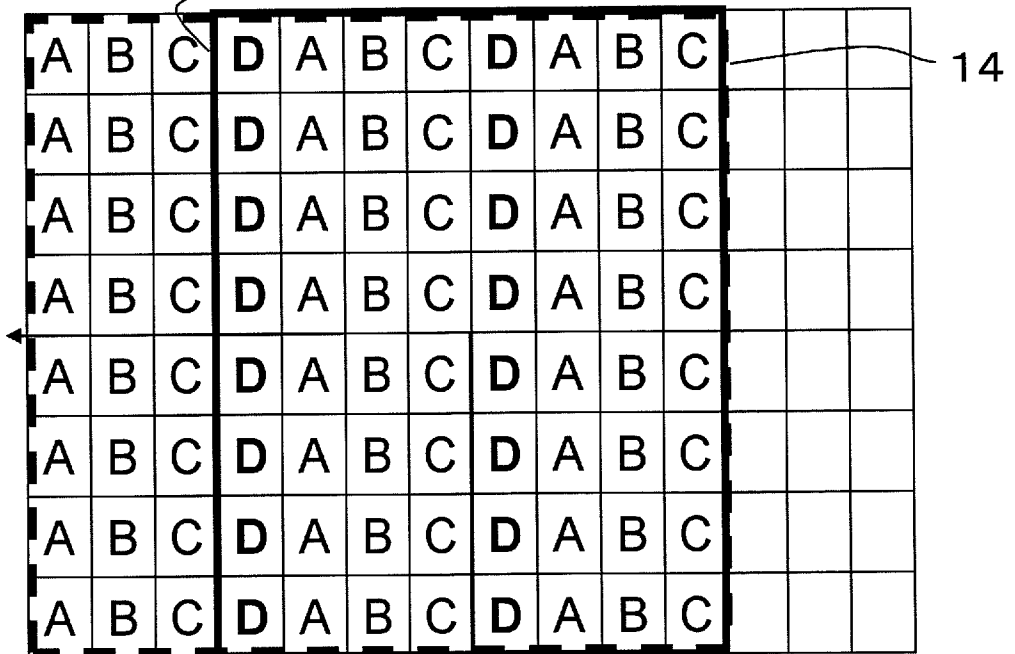
[図21]



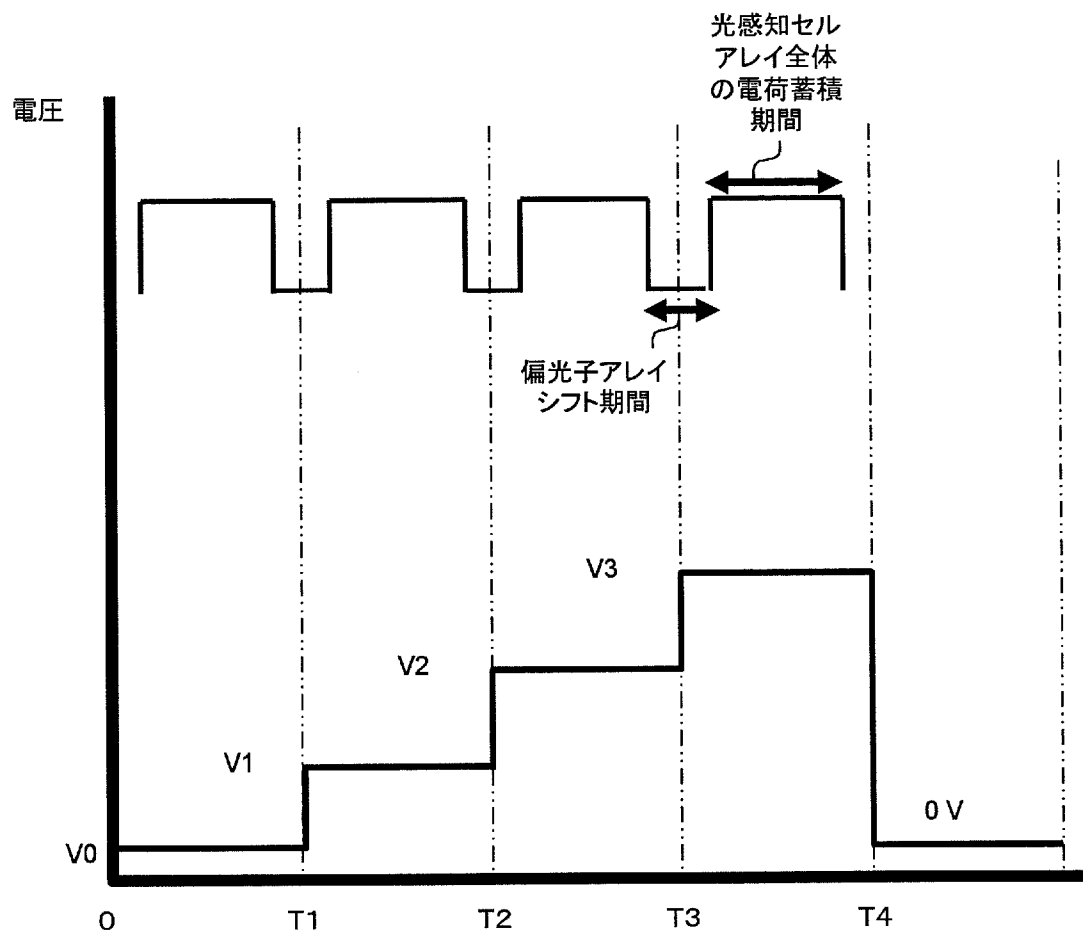
[図22]



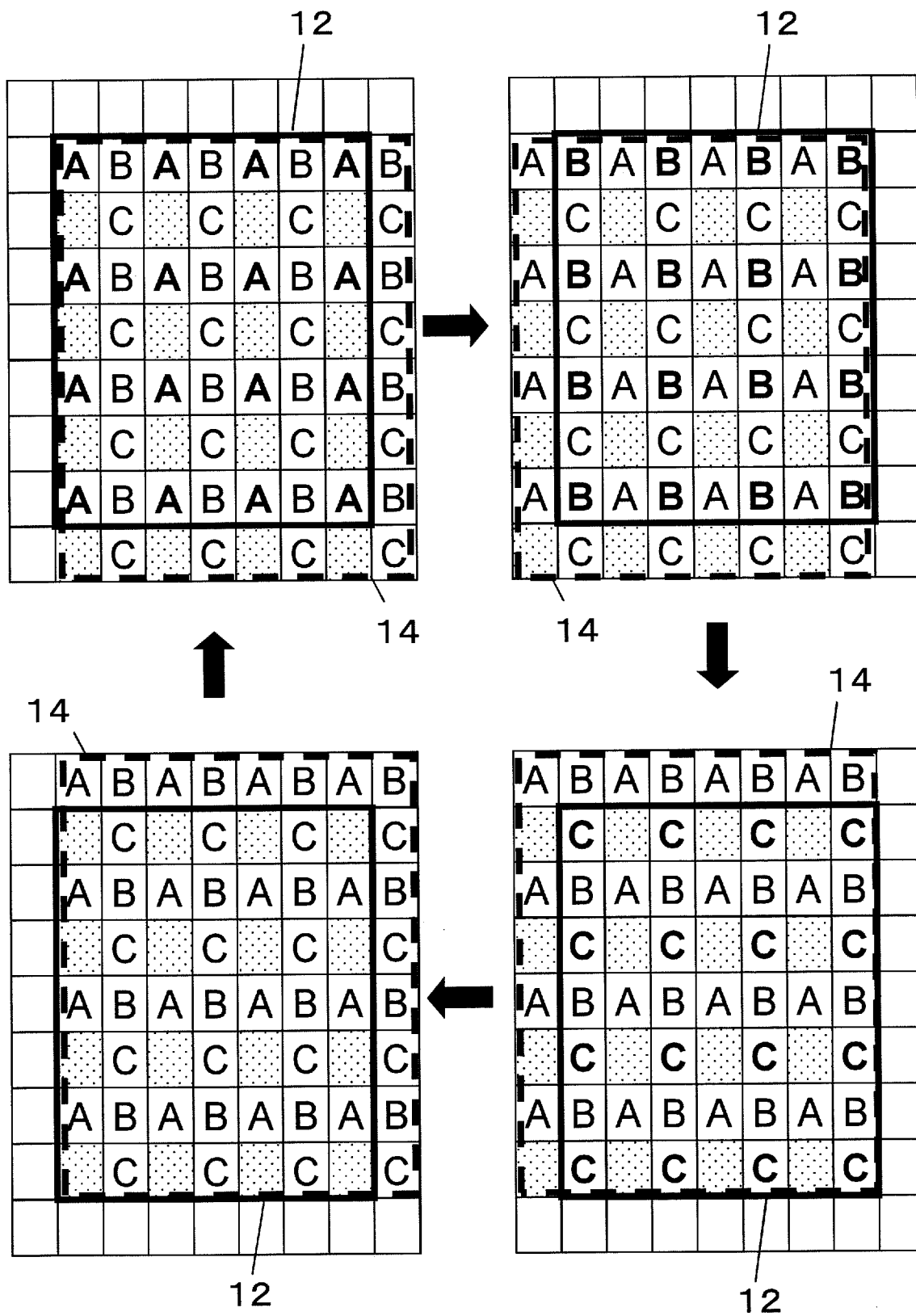
(a)



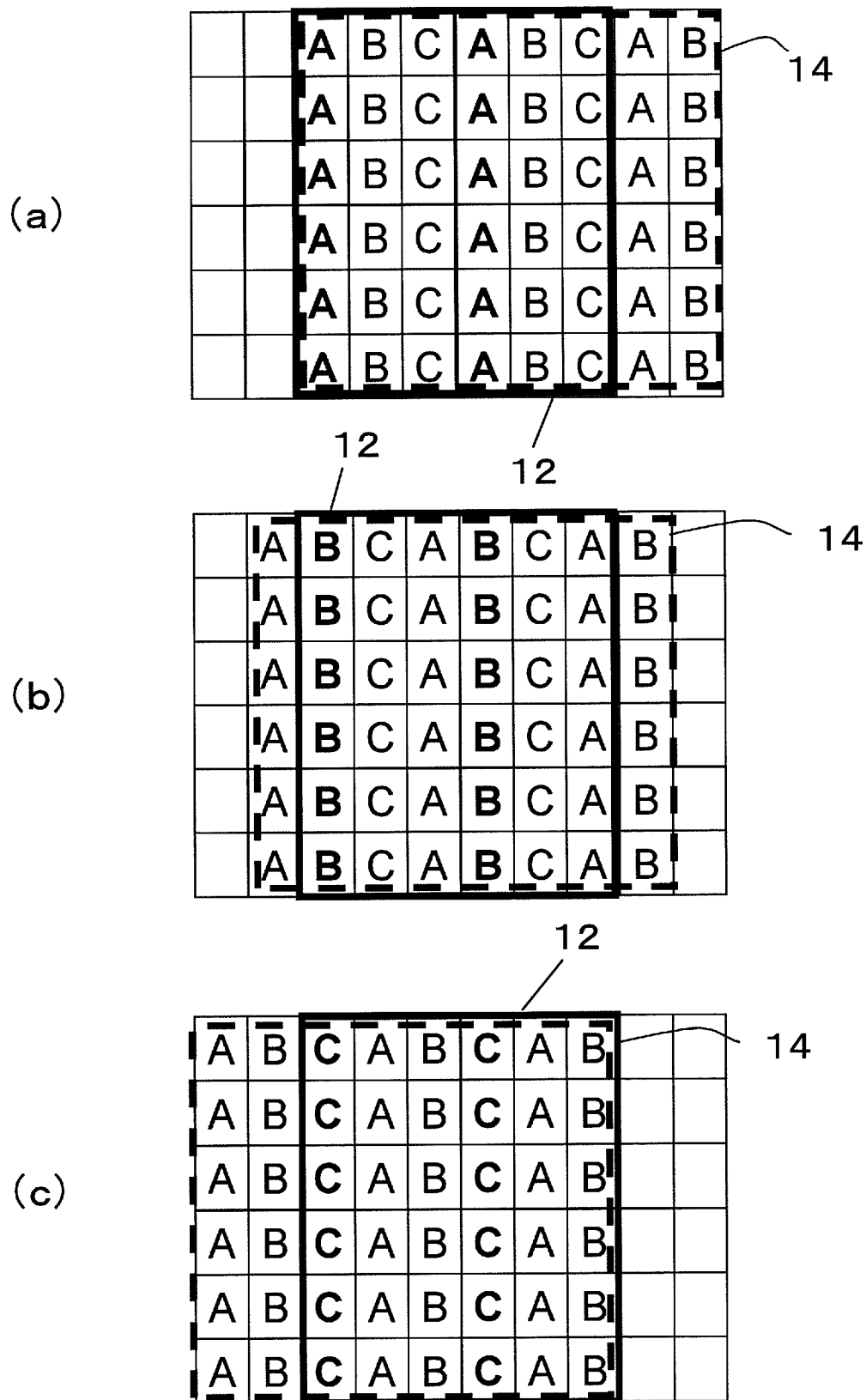
[図24]



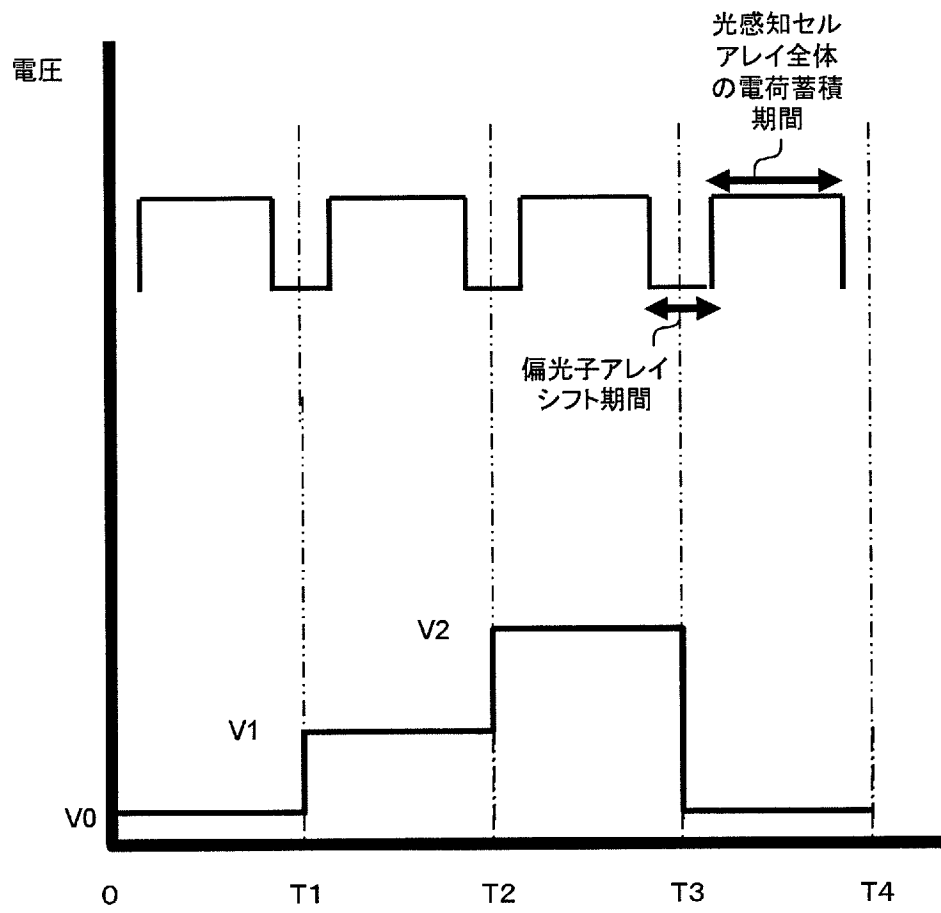
[図25]



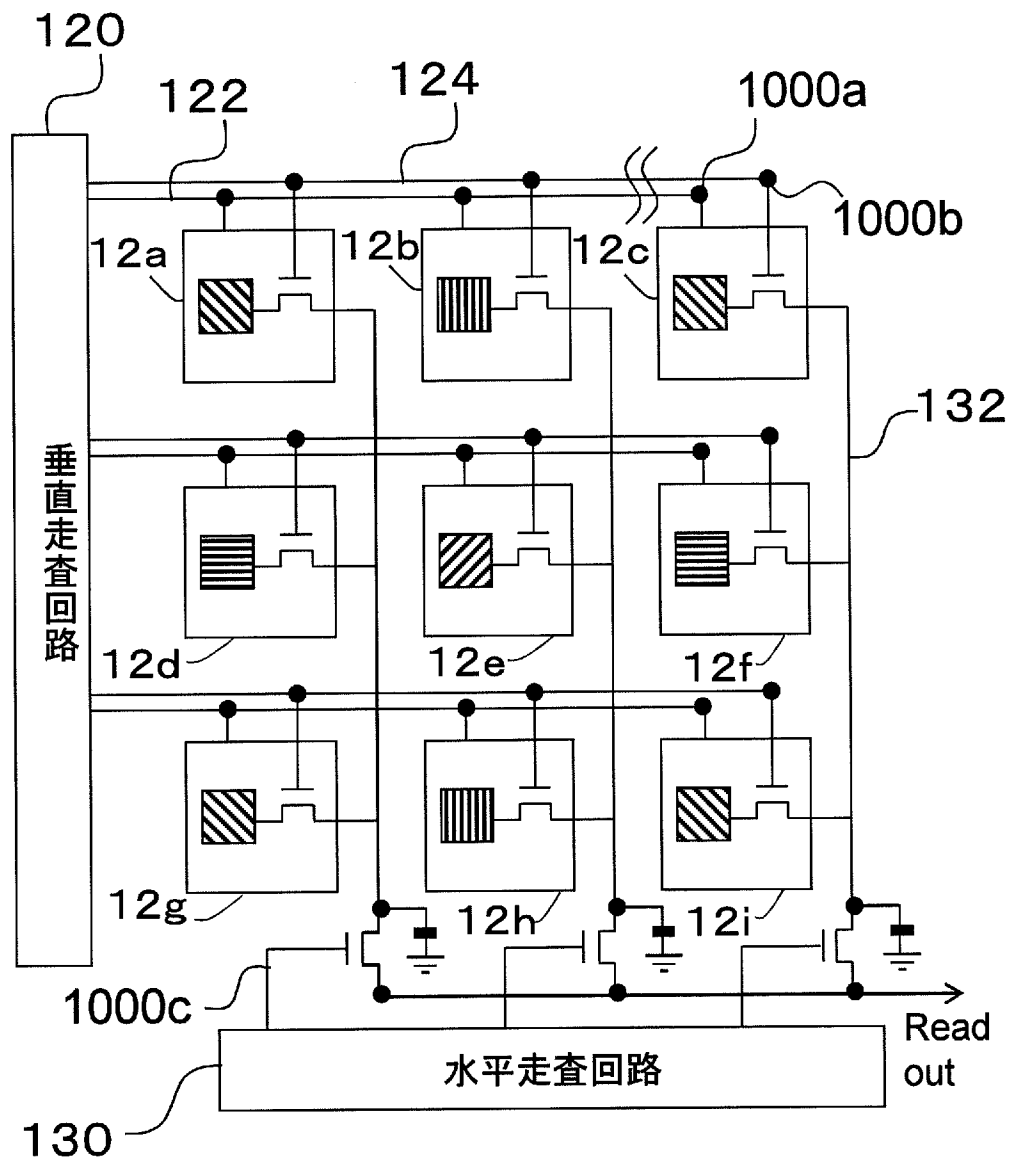
[図26]



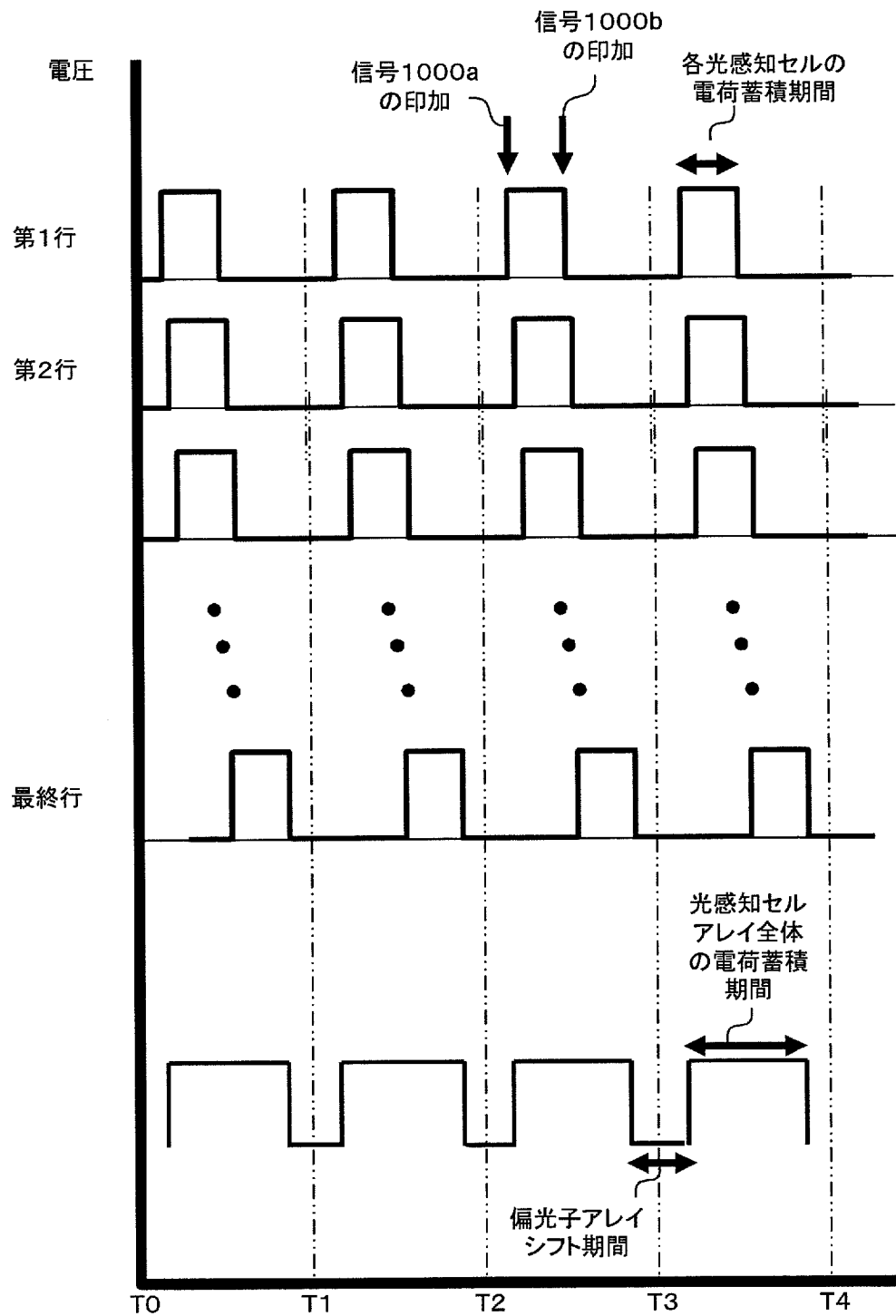
[図27]



[図28]



[図29]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/003933

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04N5/369(2011.01) i, G02B5/30(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, G02B5/30

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 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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 2008/099589 A1 (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 21 August 2008 (21.08.2008), paragraphs [0153] to [0154], [0157] to [0158], [0160] to [0162]; fig. 27, 28 to 29 & US 2009/0279807 A1	1-12
A	JP 2008-209162 A (Matsushita Electric Works, Ltd.), 11 September 2008 (11.09.2008), paragraphs [0082] to [0083] (Family: none)	1-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 July, 2011 (22.07.11)

Date of mailing of the international search report

02 August, 2011 (02.08.11)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H04N5/369(2011.01)i, G02B5/30(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H04N5/369, 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 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 1 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 1 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 1 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 2008/099589 A1（松下電器産業株式会社）2008.08.21, 段落 1 5 3 - 1 5 4, 1 5 7 - 1 5 8, 1 6 0 - 1 6 2、図 2 7, 2 8 - 2 9 & US 2009/0279807 A1		1-12
A	JP 2008-209162 A（松下電工株式会社）2008.09.11, 段落 8 2 - 8 3（ファミリーなし）		1-12
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願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 2 2 . 0 7 . 2 0 1 1		国際調査報告の発送日 0 2 . 0 8 . 2 0 1 1	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 若林 治男 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 8 1	