

(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 1 月 19 日(19.01.2012)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/008209 A1

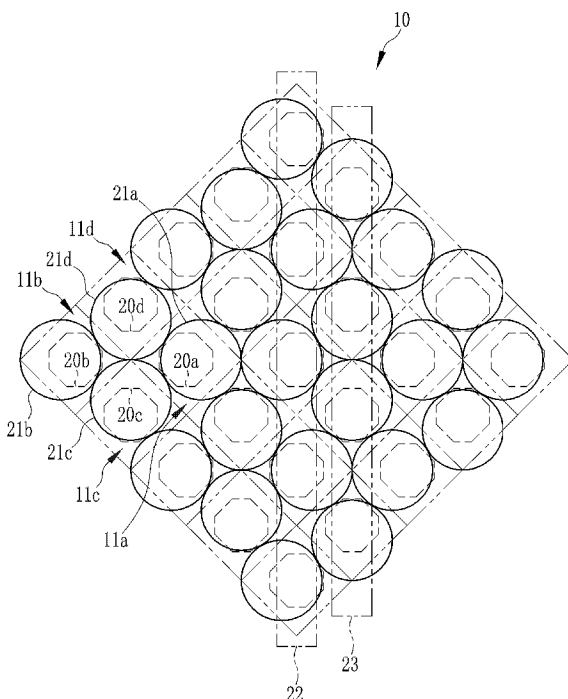
- (51) 国際特許分類:
H01L 27/14 (2006.01) H04N 5/378 (2011.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/060716
- (22) 国際出願日: 2011 年 5 月 10 日(10.05.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-157986 2010 年 7 月 12 日(12.07.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 富士フイルム株式会社 (FUJIFILM Corporation) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布 2 丁目 2 番 3 0 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 沖川 満 (OKIGAWA, Mitsuru) [JP/JP]; 〒3319624 埼玉県さいたま市北区植竹町 1 丁目 3 2 4 番地 富士フイルム株式会社内 Saitama (JP).
- (74) 代理人: 小林 和憲 (KOBAYASHI, Kazunori); 〒1700004 東京都豊島区北大塚 2 丁目 2 5 番 1 号 太陽生命大塚ビル 3 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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).

[続葉有]

(54) Title: SOLID-STATE IMAGE PICKUP DEVICE

(54) 発明の名称: 固体撮像装置

[図2]



(57) Abstract: Provided is a solid-state image pickup device for phase difference auto-focusing (AF), wherein sensitivity of a phase difference detection pixel is improved without increasing cost. A CCD image sensor (10), i.e., a solid-state image pickup device, has four kinds of pixels, i.e., a first pixel (11a) to a fourth pixel (11d), which are arranged in a predetermined pattern. The pixels (11a-11d) have photodiodes (PDs) (20a-20d) and microlenses (21a-21d), respectively. Each of the microlenses (21a-21d) has the optical axis center thereof eccentrically disposed in the predetermined direction with respect to the center of each of the light receiving surface of each of the PDs (20a-20d). The microlenses (21a-21d) have parts thereof entered into adjacent pixels (11a-11d), respectively.

(57) 要約: 位相差 AF 用の固体撮像装置において、コストアップを招くことなく、位相差検出画素の感度を向上させる。固体撮像装置である CCD イメージセンサ 10 は、所定のパターンで配列された第 1 画素 11a ~ 第 4 画素 11d の 4 種類の画素を有している。各画素 11a ~ 11d は、PD 20a ~ 20d と、マイクロレンズ 21a ~ 21d とを有している。各 PD 20a ~ 20d の受光面の中心に対して、その光軸中心を所定の方向に偏心させて各マイクロレンズ 21a ~ 21d を配置する。各マイクロレンズ 21a ~ 21d は、その一部が隣接する各画素 11a ~ 11d に入り込んでいる。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 固体撮像装置

技術分野

[0001] 本発明は、位相差方式のオートフォーカス又は立体視を可能とする固体撮像装置に関する。

背景技術

[0002] フォトダイオード（PD）の受光面に入射する光の角度に選択性を持たせることにより、位相差方式のオートフォーカス（以下、位相差AFと称す）を行えるようにした固体撮像装置が、特許文献1～3などで知られている。

[0003] 特許文献1、2では、PDに向けて光を集光するマイクロレンズの光軸と、PDの表面を覆う遮光膜に形成された開口の中心とを偏心させて形成することにより、PDの受光面に入射する光の角度に選択性を持たせた画素（以下、位相差検出画素と称す）を構成している。しかしながら、このように遮光膜の開口を偏心させて形成する構成では、その偏心の分だけ開口の面積を狭くしなければならないため、マイクロレンズの光軸と遮光膜の開口の中心とを一致させる通常の画素に比べて、感度が低くなってしまう。

[0004] そこで、特許文献3では、2つの画素に跨る瞳形成用マイクロレンズを設けるとともに、この瞳形成用マイクロレンズの下に各画素のそれぞれに対応する2つの瞳分割用マイクロレンズを設け、瞳形成用マイクロレンズによって光束を分離させることにより、各PDに入射する光の角度に選択性を持たせるようにした固体撮像装置を提案している。このように、瞳形成用マイクロレンズによって光束を分離させ、それらの各光束を各瞳分割用マイクロレンズで集光して対応する各画素のPDに入射させると、遮光膜の開口を狭める必要がなく、通常の画素と同じ大きさの開口とすることができるので、従来に比べて位相差検出画素の感度を向上させることができる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開昭59－33409号公報

特許文献2：特開2000－156823号公報

特許文献3：特開2007－158109号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献3の構成では、位相差検出画素の感度の向上を図ることができる反面、瞳孔形成用マイクロレンズを形成する工程が増えるため、また、マイクロレンズの厚さが厚くなり、材料増や加工の難しさを伴うため、固体撮像装置のコストアップを招いてしまう。また、位相差検出画素の構成としては、上記の他に、PDの受光面の中心に対してマイクロレンズの光軸を偏心させる方法が知られているが、この構成では、偏心させる分だけマイクロレンズの径を小さくしなければならず、遮光膜の開口を偏心させる場合と同様に、位相差検出画素の感度の低下を招いてしまう。このため、位相差AF用の固体撮像装置では、コストアップを招くことなく、位相差検出画素の感度を向上させることが望まれている。

[0007] 本発明は、コストアップを招くことなく、位相差検出画素の感度を向上させることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成するために、本発明の固体撮像装置は、隣接して配置された複数の位相差検出画素を有する。前記位相差検出画素は、入射した光を光電変換して得た電荷を蓄積する光電変換部と、前記光電変換部に向けて前記光を集光するマイクロレンズとを備える。マイクロレンズは、その一部が隣接する前記位相差検出画素に入り込むように、前記マイクロレンズの光軸が前記光電変換部の中心に対して偏心している。

[0009] 前記各位相差検出画素は、前記マイクロレンズが所定の方に偏心した第1画素と、前記マイクロレンズが前記第1画素と反対の方に偏心した第2画素と、前記マイクロレンズが前記第1画素の偏心方向と略直交する方向に偏心した第3画素と、前記マイクロレンズが前記第3画素と反対の方に偏

心した第4画素とを有する。

[0010] 前記第1画素と前記第2画素とを所定の方に交互に並べた第1画素列と、前記第3画素と前記第4画素とを前記第1画素列の配列方向と同じ方に交互に並べた第2画素列とを有する。前記各画素列は、各列と略直交する方に交互に並べられている。前記第1画素と前記第2画素の一部に入り込むように、隣接する前記第3画素と前記第4画素の各マイクロレンズが偏心している。同様に、前記第3画素と前記第4画素の一部に入り込むように、隣接する前記第1画素と前記第2画素の各マイクロレンズが偏心して配置されている。

[0011] 前記各位相差検出画素は、水平方向及び垂直方向に並べて配置されるとともに、水平方向に隣接するもの同士が垂直方向に1/2ピッチずれたハニカム配列に並べられている。前記各画素列の前記各画素の配列方向は、前記撮像面の上下方向である。前記第1画素の前記マイクロレンズの偏心方向は、前記撮像面の右方向である。前記第2画素の前記マイクロレンズの偏心方向は、前記撮像面の左方向である。前記第3画素の前記マイクロレンズの偏心方向は、前記撮像面の上方向である。前記第4画素の前記マイクロレンズの偏心方向は、前記撮像面の下方向である。

[0012] 前記各位相差検出画素は、水平方向及び垂直方向に並べて配置された単純正方格子配列に並べられている。前記各画素列の前記各画素の配列方向は、前記撮像面の斜め45度方向である。前記第1画素の前記マイクロレンズの偏心方向は、前記撮像面の右斜め下方向である。前記第2画素の前記マイクロレンズの偏心方向は、前記撮像面の左斜め上方向である。前記第3画素の前記マイクロレンズの偏心方向は、前記撮像面の右斜め上方向である。前記第4画素の前記マイクロレンズの偏心方向は、前記撮像面の左斜め下方向である。

[0013] 前記各位相差検出画素の前記マイクロレンズの偏心量は、前記光電変換部の受光面の中心を中心点とする前記各位相差検出画素の最大円の半径の約 $(4 - \sqrt{10})/3$ 倍である。

- [0014] 前記各第 1 画素列の全てが緑色の前記位相差検出画素となるように、前記各第 1 画素と前記各第 2 画素とに設けられた緑色のカラーフィルタと、前記各第 2 画素列が一行置きに赤色の前記位相差検出画素、青色の前記位相差検出画素となるように、前記第 3 画素と前記第 4 画素とに設けられた赤色のカラーフィルタ及び青色のカラーフィルタとを備えることが望ましい。
- [0015] 前記各画素列の前記各画素の配列方向と略平行な方向に、前記各光電変換部が蓄積した電荷を転送する電荷転送部を設けることが望ましい。
- [0016] 前記各位相差検出画素は、前記マイクロレンズが所定の方向に偏心した第 1 画素と、前記マイクロレンズが前記第 1 画素と反対の方向に偏心した第 2 画素とを有する。前記各マイクロレンズの偏心方向に前記第 1 画素を複数並べた第 1 画素列と、前記偏心方向に前記第 2 画素を複数並べた第 2 画素列とを備える。前記各画素列は、前記偏心方向と略直交する方向に交互に並べられている。前記第 1 画素の一部に入り込むように、隣接する第 1 画素の前記マイクロレンズが偏心して配置されている。同様に、第 2 画素の前記マイクロレンズも偏心している。
- [0017] 前記各画素列と直交する方向に並ぶ 4 つの前記各画素に設けられた緑色のカラーフィルタと、これらと平行に並ぶ 4 つの前記各画素に並べて設けられた 2 つの赤色のカラーフィルタ及び 2 つの青色のカラーフィルタとを備える。前記各カラーフィルタは、これら 8 つを 1 組として前記各画素に配置されている。
- [0018] 前記各位相差検出画素は、前記光電変換部の受光面の中心と前記マイクロレンズの光軸中心とが略一致した第 1 画素と、前記マイクロレンズが所定の方向に偏心した第 2 画素と、前記マイクロレンズが前記第 2 画素と反対の方向に偏心した第 3 画素とを有する。前記第 2 画素及び前記第 3 画素の前記各マイクロレンズの偏心方向に前記第 1 画素を複数並べた第 1 画素列と、前記偏心方向に前記第 2 画素を複数並べた第 2 画素列と、前記偏心方向に前記第 3 画素を複数並べた第 3 画素列とを備える。前記各画素列は、前記偏心方向と略直交する方向に順番に繰り返し並べられている。隣接する 2 個の前記第

2画素間では、他方のマイクロレンズの一部が入り込むように偏心して配置されている。同様に、前記第3画素のマイクロレンズが偏心して配置されている。

[0019] 前記各位相差検出画素は、前記マイクロレンズが所定の方に偏心した第1画素と、前記マイクロレンズが前記第1画素と反対の方に偏心した第2画素とを有する。前記各マイクロレンズの偏心方向に前記第1画素を複数並べた第1画素列と、前記偏心方向に前記第2画素を複数並べた第2画素列とを備える。前記各画素列は、前記偏心方向と略直交する方向に2列周期で並べられている。隣接する2個の前記第1画素間では、他方のマイクロレンズの一部が入り込むように偏心して配置されている。同様に、前記第2画素のマイクロレンズが偏心して配置されている。

[0020] 格子状に配置された 2×2 の4つの前記各画素のうちの斜め2つの前記各画素に設けられた緑色のカラーフィルタと、残り2つの前記各画素に1つずつ設けられた赤色のカラーフィルタ及び青色のカラーフィルタとを備える。前記各カラーフィルタは、これを1組として前記各画素に並べるベイヤ配列に配置されている。

[0021] 前記偏心方向と略直交する方向に隣接する前記各画素に前記各マイクロレンズの一部が入り込むように、前記偏心方向と略直交する方向に長く前記各マイクロレンズが形成されている。

[0022] 前記各位相差検出画素の前記各マイクロレンズの偏心量を δ 、前記各マイクロレンズの偏心方向と平行な方向における前記各位相差検出画素の配列ピッチを D としたとき、 δ が、約 $D/3$ であることが望ましい。

[0023] 前記マイクロレンズの形状が、半球状、半楕円体状、多面体状、又は多面体の頂点部分及び辺部分を滑らかにした形状のいずれかであることが望ましい。

発明の効果

[0024] 本発明では、マイクロレンズの一部が、隣接する位相差検出画素に入り込むようにしている。こうすれば、光電変換部の受光面の中心とマイクロレン

ズの光軸中心とを一致させて形成する通常の画素の持つマイクロレンズの面積と略同じ面積、あるいはそれ以上で、位相差検出画素のマイクロレンズが形成できるようになるので、位相差検出画素の感度を向上させることができる。そして、瞳形成用マイクロレンズなどを別途設ける必要もないので、コストアップを招くこともない。

図面の簡単な説明

- [0025] [図1] CCDイメージセンサの構成を示す説明図である。
- [図2] 各画素の構成を示す説明図である。
- [図3] 4種類の各画素を抜き出して拡大した説明図である。
- [図4] 各画素にカラーフィルタを設けた例を示す説明図である。
- [図5] 隣接する2つの画素の一方を高感度、他方を低感度とした配列を示す説明図である。
- [図6] 図5に示す各画素にカラーフィルタを設けた例を示す説明図である。
- [図7] 単純正方格子配列に対応させて各画素を配列した例を示す説明図である。
- [図8] ベイヤ配列でカラーフィルタを配置できるように各画素を配列した例を示す説明図である。
- [図9] ベイヤ配列でカラーフィルタを配置した例を示す説明図である。
- [図10] マイクロレンズが各方向に偏心した各画素を2列周期で配列した例を示す説明図である。
- [図11] ベイヤ配列を構成する4つの画素全ての各マイクロレンズが同じ方向に偏心するように各カラーフィルタを配置した例を示す説明図である。
- [図12] 多面体状にマイクロレンズを形成した例を示す説明図である。
- [図13] 多面体の頂点部分及び辺部分を滑らかにした形状にマイクロレンズを形成した例を示す説明図である。

発明を実施するための形態

- [0026] [第1実施形態]

図1に示すように、CCDイメージセンサ10は、複数の画素11と、複

数の垂直転送路（以下VCCDという）12と、水平転送路（以下HCCDという）13と、フローティングディフュージョンアンプ（以下FDAという）14と、素子分離領域15とを備えている。

[0027] 各画素11は、垂直方向及び水平方向に所定のピッチで配列され、入射光に応じた電荷を蓄積する。各VCCD12は、各画素11が蓄積した電荷を垂直方向に転送する電荷転送部を構成する。HCCD13は、各VCCD12の末端が接続され、各VCCD12から転送された電荷を水平方向に転送する。FDA14は、HCCD13によって転送された電荷を電圧信号（撮像信号）に変換して出力する。素子分離領域15は、隣接する画素11間で電荷の移動が起こらないように各画素11を分離させる。

[0028] 各画素11は、正方形を45度回転させた形状に形成されるとともに、水平方向に隣接するもの同士が垂直方向に1/2ピッチずれた、いわゆるハニカム配列に並べられている。CCDイメージセンサ10は、このように複数の各画素11を配列することによって、被写体像を撮像するための矩形状の撮像面18を構成している。

[0029] VCCD12と素子分離領域15とは、各画素11の間に沿うようにジグザグに蛇行して形成されている。VCCD12は、読み出しゲート16を介して画素11と接続されている。画素11に蓄積された電荷は、この読み出しゲート16を介してVCCD12に読み出される。そして、VCCD12は、図示を省略した4相の転送電極により制御され、各画素11から読み出した電荷をHCCD13に向けて垂直方向に転送する。また、VCCD12は、画素11の列に対して2列おきに設けられている。このため、各VCCD12は、左右に設けられた各画素11からの電荷の読み出しに用いられる。

[0030] 図2に示すように、CCDイメージセンサ10は、第1画素11a、第2画素11b、第3画素11c、第4画素11dの4種類の画素11を有している。CCDイメージセンサ10は、これら4種類の各画素11a~11dを所定のパターンで配列することにより、撮像面18を構成している。なお

、図1及び図2では、便宜的に一部のみを図示しているが、実際には、周知のように、多数の各画素11a～11dが設けられている。

[0031] 第1画素11aは、入射した光を電荷に変換して蓄積する光電変換部であるフォトダイオード（以下PDという）20aと、このPD20aに向けて光を集光するマイクロレンズ21aとを有している。また、第2画素11b、第3画素11c、第4画素11dも同様に、それぞれPD20b、20c、20dと、マイクロレンズ21b、21c、21dとを有している。各PD20a～20dは、半導体基板状に略同一の形状、及び構成で形成されている。各マイクロレンズ21a～21dは、それぞれ略同一の大きさの半球状に形成されている。

[0032] 第1画素11aのマイクロレンズ21aは、PD20aの受光面の中心に対し、その光軸中心が右方向に偏心して配置されている。第2画素11bのマイクロレンズ21bは、PD20bの受光面の中心に対し、その光軸中心が左方向に偏心して配置されている。第3画素11cのマイクロレンズ21cは、PD20cの受光面の中心に対し、その光軸中心が上方向に偏心して配置されている。そして、第4画素11dのマイクロレンズ21dは、PD20dの受光面の中心に対し、その光軸中心が下方向に偏心して配置されている。

[0033] ここで、右方向、左方向、上方向、下方向とは、CCDイメージセンサ10の撮像面18を図示のように見た際の方向である。詳しくは、VCCD12の転送方向上流側を上、下流側（HCCD13の側）を下、HCCD13の転送方向上流側を右、下流側（FDA14の側）を左としている。

[0034] このように構成された各画素11a～11dでは、入射する光の角度に選択性を持つようになる。具体的には、マイクロレンズ21aが右方向に偏心した第1画素11aでは、マイクロレンズ21aに対して左方向から進入する光がPD20aに入射しにくくなる。マイクロレンズ21bが左方向に偏心した第2画素11bでは、マイクロレンズ21bに対して右方向から進入する光がPD20bに入射しにくくなる。マイクロレンズ21cが上方向に

偏心した第3画素11cでは、マイクロレンズ21cに対して下方向から進入する光がPD20cに入射しにくくなる。マイクロレンズ21dが下方向に偏心した第4画素11dでは、マイクロレンズ21dに対して上方向から進入する光がPD20dに入射しにくくなる。

[0035] このCCDイメージセンサ10をデジタルカメラなどの撮像装置に用いた場合、撮像面内に設けられた各第1画素11aの撮像信号によって構成される画像と、各第2画素11bの撮像信号によって構成される画像とには、CCDイメージセンサ10に被写体像を結像する撮影レンズの合焦状態に応じて左右方向にずれが生じる。同様に、各第3画素11cの撮像信号によって構成される画像と、各第4画素11dの撮像信号によって構成される画像とには、撮影レンズの合焦状態に応じて上下方向にずれが生じる。

[0036] これにより、各第1画素11aの撮像信号によって構成される画像と、各第2画素11bの撮像信号によって構成される画像とのずれ量及びそのずれの方向を検知する、もしくは、各第3画素11cの撮像信号によって構成される画像と、各第4画素11dの撮像信号によって構成される画像とのずれ量及びそのずれの方向を検知することで、撮影レンズ内のフォーカスレンズの移動方向と移動量とを求めることができる。

[0037] このように、CCDイメージセンサ10では、各第1画素11aからなる画像と各第2画素11bからなる画像、もしくは各第3画素11cからなる画像と各第4画素11dからなる画像とを用いることにより、いわゆる位相差方式のAFを行うことができる。また、このCCDイメージセンサ10では、各第1画素11aと各第2画素11b、もしくは各第3画素11cと各第4画素11dを用いることにより、両眼視差の生じる一対の画像を取得する、いわゆる単眼3D撮影を行うこともできる。

[0038] CCDイメージセンサ10には、第1画素11aと第2画素11bとを上下方向に交互に並べた第1画素列22と、第3画素11cと第4画素11dとを上下方向に交互に並べた第2画素列23とが構成されている。これにより、CCDイメージセンサ10では、第1画素11aと第2画素11bとの

各マイクロレンズ21a、21bの偏心によって空いた領域に、隣接する第3画素11cと第4画素11dとの各マイクロレンズ21c、21dの一部が入り込んでいる。また、第3画素11cと第4画素11dとの各マイクロレンズ21c、21dの偏心によって空いた領域に、隣接する第1画素11aと第2画素11bとの各マイクロレンズ21a、21bの一部が入り込んでいる。

[0039] 上記のように各画素11a～11dを配列した場合には、図2及び図3に示すように、第1画素11aの右端にマイクロレンズ21aが接し、第2画素11bの左端にマイクロレンズ21bが接している。同様に、第3画素11cの上端にマイクロレンズ21cが接し、第4画素11dの下端にマイクロレンズ21dが接している。各マイクロレンズ21a～21dを対応する方向に偏心させることにより、各マイクロレンズ21a～21dの大きさ（直径）を最大にすることができる。

[0040] なお、各マイクロレンズ21a～21dの大きさが最大の状態とは、図2及び図3に示すように、各マイクロレンズ21a～21dが、各画素11a～11dの端部に接するとともに、隣接する各画素11a～11dの各マイクロレンズ21a～21dと接し、それ以上直径を広げることができなくなった状態を指す。

[0041] 各画素11a～11dは、それぞれ略同一の大きさの正形状に形成されており、各PD20a～20dの受光面の中心から上下左右の各方向の端部までの距離は略一定である。そして、各マイクロレンズ21a～21dも、それぞれ略同一の大きさの半球状に形成されているから、上記のように各画素11a～11dの端部に接するように各マイクロレンズ21a～21dを対応する方向に偏心させた場合には、各マイクロレンズ21a～21dの偏心量も略一定となる。

[0042] ここで、図3に示すように、PD20aの受光面の中心を O_1 、PD20bの受光面の中心を O_2 、PD20cの受光面の中心を O_3 、PD20dの受光面の中心を O_4 、マイクロレンズ21aの光軸中心を O_{11} 、マイクロレンズ2

1 b の光軸中心を O_{21} 、マイクロレンズ 2 1 c の光軸中心を O_{31} 、マイクロレンズ 2 1 d の光軸中心を O_{41} とする。また、各マイクロレンズ 2 1 a ~ 2 1 d の偏心率を δ 、各画素 1 1 a ~ 1 1 d の斜め方向の配列ピッチ（正方形状に形成された各画素 1 1 a ~ 1 1 d の一辺の長さと同じ）を D 、各 $PD\ 2\ 0\ a \sim 2\ 0\ d$ の受光面の中心を中心点とする各画素 1 1 a ~ 1 1 d の最大円 C_0 （正方形状に形成された各画素 1 1 a ~ 1 1 d の、受光面の中心を中心点とする最大の内接円）の半径を r_0 とする。マイクロレンズ 2 1 a の光軸中心 O_{11} と、マイクロレンズ 2 1 c の光軸中心 O_{31} との距離 $O_{11}O_{31}$ は、三平方の定理により、下式（１）で表すことができる。また、マイクロレンズ 2 1 c の光軸中心 O_{31} と、マイクロレンズ 2 1 d の光軸中心 O_{41} との距離 $O_{31}O_{41}$ は、下式（２）で表すことができる。

[0043] [数1]

$$\begin{aligned}
 O_{11}O_{31} &= \sqrt{\left(\frac{\delta}{\sqrt{2}} + \frac{\delta}{\sqrt{2}}\right)^2 + D^2} \\
 &= \sqrt{2\delta^2 + D^2} \\
 &= \sqrt{2\delta^2 + 4r_0^2} \quad \dots \text{ (式1)}
 \end{aligned}$$

[0044]

[数2]

$$\begin{aligned}
O_{31}O_{41} &= \sqrt{\left(D - \frac{\delta}{\sqrt{2}} - \frac{\delta}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(D - \frac{\delta}{\sqrt{2}} - \frac{\delta}{\sqrt{2}}\right)^2} \\
&= \sqrt{2(D - 2\delta)^2} \\
&= \sqrt{2(2r_0 - 2\delta)^2} \\
&= 2\sqrt{2}(r_0 - \delta) \quad \dots \quad (\text{式2})
\end{aligned}$$

[0045] 前述のように、各マイクロレンズ21a～21dの大きさが最大である場合、隣接する第1画素11a、第3画素11c、第4画素11dの各マイクロレンズ21a、21c、21dは、それぞれが互いに接した状態になる。このように、3つの円が均等に接している場合、これらの各円の中心点を結ぶ線分は、その中点が各円の接点部分を通過する正三角形になる。従って、各マイクロレンズ21a～21dの大きさが最大である場合の半径を $r_{\max}$ とすると、下式(3)に示すように、距離 $O_{11}O_{31}$ と距離 $O_{31}O_{41}$ とは、それぞれ最大半径 $r_{\max}$ の2倍、すなわち大きさが最大の状態の各マイクロレンズ21a～21dの直径と等しくなる。

[0046] [数3]

$$2r_{\max} = O_{11}O_{31} = O_{11}O_{41} \quad \dots \quad (\text{式3})$$

[0047] 上記の式(3)に式(1)、(2)を代入すると、下式(4)に示す多項式が得られる。そして、この多項式を δ について解くと、下式(5)に示す解が得られる。

[0048]

[数4]

$$\begin{aligned}
 2\sqrt{2} (r_0 - \delta) &= \sqrt{2\delta^2 + 4r_0^2} \\
 8(r_0 - \delta)^2 &= 2\delta^2 + 4r_0^2 \\
 4(r_0^2 - 2\delta r_0 + \delta^2) &= \delta^2 + 2r_0^2 \\
 3\delta^2 - 8\delta r_0 + 2r_0^2 &= 0 \quad \dots \text{(式4)}
 \end{aligned}$$

[0049] [数5]

$$\begin{aligned}
 \delta &= \frac{8r_0 \pm \sqrt{64r_0^2 - 4 \cdot 3 \cdot 2r_0^2}}{6} \\
 &= \frac{4 \pm \sqrt{10}}{3} r_0 \quad \dots \text{(式5)}
 \end{aligned}$$

[0050] ここで、 δ の値が r_0 の値を超えてしまうと、各マイクロレンズ21a～21dが隣接する画素11に重なってしまうことになる。従って、 δ の範囲は、 $\delta < r_0$ でなければならない。この条件を式(5)に適用すると、下式(6)に示すように、 δ の最大値 $\delta_{\max}$ は、 r_0 の約0.279倍であることが分る。

[0051]

[数6]

$$\begin{aligned}
 \delta_{\max} &= \frac{4 \pm \sqrt{10}}{3} r_0 \\
 &= \frac{4 - \sqrt{10}}{3} r_0 \\
 &\doteq 0.279 r_0 \quad \dots \quad (\text{式6})
 \end{aligned}$$

[0052] この最大値 $\delta_{\max}$ を式 (1) の δ に代入すると、下式 (7) に示すように、距離 $O_{11}O_{31}$ は、最大円 C_0 の直径の約 1.0193 倍、言い換えると、最大半径 $r_{\max}$ は、最大円 C_0 の半径 r_0 の約 1.0193 倍であることが分る。

[0053]

[数7]

$$\begin{aligned}
O_{11}O_{31}\big|_{\delta_{\max}} &= \sqrt{2\left(\frac{4-\sqrt{10}}{3}\right)^2 r_0^2 + 4r_0^2} \\
&= \sqrt{2\frac{16-8\sqrt{10}+10}{9} + 4} \cdot r_0 \\
&= \sqrt{2\frac{26-8\sqrt{10}}{9} + 4} \cdot r_0 \\
&= 2\sqrt{2\frac{11-2\sqrt{10}}{9}} \cdot r_0 \\
&= \frac{2}{3}\sqrt{2}\sqrt{(\sqrt{10}-1)^2} \cdot r_0 \\
&= \frac{\sqrt{2}}{3}(\sqrt{10}-1) \cdot r_0 \\
&\doteq 1.0193 \cdot (2r_0) \quad \dots \quad (\text{式7})
\end{aligned}$$

[0054] このように、本実施形態によれば、位相差検出画素である各画素11a～11dの各マイクロレンズ21a～21dの大きさを、最大円C₀に比べて半径で約1.0193倍、面積比では約1.0398倍とすることができるので、受光面の中心とマイクロレンズ中途を通る光に対して、各画素11a～11dの感度を向上させることができる。また、各画素11a～11dを位相差検出画素とするにあたり、各マイクロレンズ21a～21dを形成するだけでよく、特許文献3のように瞳形成用マイクロレンズなどを別途設ける必要もないので、CCDイメージセンサ10のコストアップを招くこともな

い。

[0055] 図4に示すように、上記構成のCCDイメージセンサ10に、赤色の光を透過させる赤色カラーフィルタ25R、緑色の光を透過させる緑色カラーフィルタ25G、青色の光を透過させる青色カラーフィルタ25Bの各色のカラーフィルタ25R、25G、25Bを設けてもよい。各カラーフィルタ25R、25G、25Bは、各画素11a～11dの直上に正形状に形成されている。なお、図4では、各PD20a～20dの図示を便宜的に省略している。また、本明細書の図面では、垂直方向のハッチングで赤色、斜め45度方向のハッチングで緑色、水平方向のハッチングで青色をそれぞれ示している。

[0056] 各カラーフィルタ25R、25G、25Bは、周知のように、各画素11a～11dの各PD20a～20dと各マイクロレンズ21a～21dとの間に設けられる。そして、各カラーフィルタ25R、25G、25Bは、各画素11a～11dの外形形状と略同一の正形状の薄膜に形成され、各画素11a～11dの直上に配置されている。これにより、各カラーフィルタ25R、25G、25Bは、各マイクロレンズ21a～21dが集光させた各色の光のうち、それぞれ赤色、緑色、青色の成分のみを透過させて、各PD20a～20dに入射させる。

[0057] 緑色カラーフィルタ25Gは、第1画素11aと第2画素11bとに設けられ、各第1画素列22の全てが緑色の画素11となるように配列されている。一方、赤色カラーフィルタ25Rと青色カラーフィルタ25Bとは、第3画素11cと第4画素11dとに設けられ、各第2画素列23が一行置きに赤色の画素11、青色の画素11となるように配列されている。

[0058] すなわち、各カラーフィルタ25R、25G、25Bは、緑色の画素11からなる第1画素列22、赤色の画素11からなる第2画素列23、緑色の画素11からなる第1画素列22、青色の画素11からなる第2画素列23の順に左右方向に並び、この並びが順次繰り返されるように各画素11a～11dに配列されている。

[0059] このように、各カラーフィルタ 25 R、25 G、25 Bを配列すれば、人間の眼の分光感度のピークに近い緑色の画素 11 を赤色の画素 11 及び青色の画素 11 の2倍にして見かけ上の解像度の向上を図ることができるとともに、左右方向のずれ量を検知する第1画素 11 aと第2画素 11 bとを同じ緑色の画素 11 にして位相差 AFの精度の向上を図ることができる。

[0060] また、各画素列 22、23 毎に色を設定して各色の並びと VCCD 12 の転送方向とを平行にし、同じ色の信号電荷のみを VCCD 12 が転送するようにしたので、混色の発生を抑えることもできる。さらには、隣接する第1画素 11 aと第2画素 11 b、及び隣接する第3画素 11 cと第4画素 11 dとを、それぞれ画素混合することで、高感度化を図ることもできる。このように画素混合を行った場合には、混合後の各画素の重心位置が一般的なベイア配列となるため、ベイア配列の信号処理で画像形成を行うことができる。なお、画素混合を行わない場合には、三色縦ストライプフィルタ処理で画像形成を行えばよい。

[0061] [第2実施形態]

次に、本発明の第2の実施形態について説明する。なお、上記第1の実施形態と機能・構成上同一のものについては、同符号を付し、詳細な説明を省略する。図5に示すように、本実施形態のCCDイメージセンサ30は、第1画素 31 aと、第2画素 31 bとの2種類の画素を有している。各画素 31 a、31 bは、上記第1の実施形態と同様に、正方形を45度回転させた形状に形成され、ハニカム配列で並べられている。

[0062] 各画素 31 a、31 bには、上記各実施形態と同様に、それぞれPD 32 a、32 bと、マイクロレンズ 33 a、33 bとが設けられている。第1画素 31 aのマイクロレンズ 33 aは、PD 32 aの受光面の中心に対し、その光軸中心が略45度の角度で右斜め上方向に偏心して配置されている。第2画素 31 bのマイクロレンズ 33 bは、PD 32 bの受光面の中心に対し、その光軸中心が略45度の角度で左斜め下方向に偏心して配置されている。各マイクロレンズ 33 a、33 bの各方向への偏心量は、略同一であり、

偏心量を δ 、各マイクロレンズ33a、33bの偏心方向と平行な各画素31a、31bの斜め方向の配列ピッチをDとしたとき、 δ は、約 $D/3$ である。

[0063] CCDイメージセンサ30は、各マイクロレンズ33a、33bの偏心方向に第1画素31aを複数並べた第1画素列34と、前記偏心方向に第2画素31bを複数並べた第2画素列35とを構成している。マイクロレンズ33aの偏心によって空いた領域に、隣接する第1画素31aのマイクロレンズ33aの一部が入り込んでいる。マイクロレンズ33bの偏心によって空いた領域に、隣接する第2画素31bのマイクロレンズ33bの一部が入り込んでいる。前記偏心方向と略直交する方向に各画素列34、35が交互に並べられている。

[0064] また、各マイクロレンズ33a、33bは、偏心方向と略直交する方向に空く平面領域を埋めるため、それぞれ偏心方向と略直交する方向が長軸となった半楕円体状（楕円の回転体を半分に切断した形状）に形成されている。各マイクロレンズ33a、33bの短軸は、Dと略同一に形成されている。そして、各マイクロレンズ33a、33bの長軸は、Dの約 $2/\sqrt{3}$ 倍となるように形成されている。従って、マイクロレンズ33aは、短軸側の一部が隣接する第1画素31aに入り込むとともに、長軸側の両端の一部が偏心方向と略直交する方向に隣接する各第2画素31bに入り込む。マイクロレンズ33bは、短軸側の一部が隣接する第2画素31bに入り込むとともに、長軸側の両端の一部が偏心方向と略直交する方向に隣接する各第1画素31aに入り込む。

[0065] このように構成されたCCDイメージセンサ30では、Dを直径とする最大円 C_0 に比べて、各マイクロレンズ33a、33bの大きさを楕円化した長軸の分、すなわち約 $2/\sqrt{3}$ 倍（ ≈ 1.154 倍）とすることができる。これは、上記第1の実施形態と同様に、コストアップを招くことなく各画素31a、31bの感度の向上を達成する。

[0066] 図6は、「スーパーCCDハニカムEXR」（出願人の商品名）の画素列

を示すものである。CCDイメージセンサ30には、各画素列34、35と直交する方向に並ぶ4つの画素に緑色カラーフィルタ36Gが設けられている。これらと平行に並ぶ4つの画素に2つの赤色カラーフィルタ36Rと2つの青色カラーフィルタ36Bとが並べて設けられている。CCDイメージセンサ30の各画素31a、31bの配列は、このように各カラーフィルタ36R、36G、36Bを配置する場合に適している。

[0067] また、CCDイメージセンサ30では、各画素列34、35の配列方向と直交する方向に、赤色カラーフィルタ36Rと青色カラーフィルタ36Bとが2つずつ交互に並ぶとともに、各画素列34、35の配列方向と平行な方向に、赤色カラーフィルタ36Rと青色カラーフィルタ36Bとが緑色カラーフィルタ36Gを挟んで交互に並んでいる。

[0068] 各カラーフィルタ36R、36G、36Bは、各画素31a、31bの外形状と略同一の正形状の薄膜に形成され、各画素31a、31bの直上に配置されている。なお、図6では、各PD32a、32bの図示を便宜的に省略している。

[0069] 隣接する各画素31a、31bの一方を高感度の画素、他方を低感度の画素とし、これらの各画素31a、31bの出力値を利用することによって、ダイナミックレンジの広い画像を取得することができる。従って、CCDイメージセンサ30では、各画素31a、31bの感度の向上を図り、かつ高感度の画素と低感度の画素とを構成する各画素31a、31bの各マイクロレンズ33a、33bをそれぞれ逆向きの偏心とすることができる。この高感度と低感度とは、電氣的に露出時間を制御することで得られた見かけ上の感度である。また、ダイナミックレンジを広げるために、レンズの面積を縮小した低感度用の画素を別途設ける必要もない。

[0070] 本実施形態では、各マイクロレンズ33a、33bの偏心方向と略直交する方向を長軸として半楕円体状の各マイクロレンズ33a、33bを形成しているが、各マイクロレンズ33a、33bは、偏心方向と略直交する方向に隣接する各画素31a、31bに一部が入り込み、偏心によって空いた平

面領域を埋めるものであればよい。すなわち、各マイクロレンズ 33 a、33 b は、少なくとも偏心方向と略直交する方向に長く形成されていればよく、各マイクロレンズ 33 a、33 b の長軸は、前記偏心方向と略直交する方向に対して所定の角度傾いていてもよい。また、各マイクロレンズ 33 a、33 b の形状は、半楕円体状に限ることなく、偏心方向と略直交する方向に長い任意の形状でよい。

[0071] [第 3 実施形態]

次に、本発明の第 3 の実施形態について説明する。図 7 に示すように、本実施形態の CCD イメージセンサ 40 は、第 1 画素 41 a と、第 2 画素 41 b と、第 3 画素 41 c と、第 4 画素 41 d との 4 種類の画素を有している。各画素 41 a ~ 41 d は、正形状に形成され、これを水平方向及び垂直方向に並べて配置した単純正方格子配列に並べられている。なお、単純正方格子配列における VCCD 12 や HCCD 13 などの構成は、周知の構成を用いればよい。

[0072] 各画素 41 a ~ 41 d には、上記各実施形態と同様に、それぞれ PD 42 a、42 b、42 c、42 d と、マイクロレンズ 43 a、43 b、43 c、43 d とが設けられている。第 1 画素 41 a のマイクロレンズ 43 a は、PD 42 a の受光面の中心に対し、その光軸中心が略 45 度の角度で右斜め下方向に偏心して配置されている。第 2 画素 41 b のマイクロレンズ 43 b は、PD 42 b の受光面の中心に対し、その光軸中心が略 45 度の角度で左斜め上方向に偏心して配置されている。第 3 画素 41 c のマイクロレンズ 43 c は、PD 42 c の受光面の中心に対し、その光軸中心が略 45 度の角度で右斜め上方向に偏心して配置されている。第 4 画素 41 d のマイクロレンズ 43 d は、PD 42 d の受光面の中心に対し、その光軸中心が略 45 度の角度で左斜め下方向に偏心して配置されている。

[0073] CCD イメージセンサ 40 は、第 1 画素 41 a と第 2 画素 41 b とを斜め 45 度方向に交互に並べた第 1 画素列 44 と、第 3 画素 41 c と第 4 画素 41 d とを斜め 45 度方向に交互に並べた第 2 画素列 45 とで構成されている。

。これらの各画素列 4 4、4 5 が、各列と直交する方向に交互に並べられることにより、第 1 画素 4 1 a と第 2 画素 4 1 b との各マイクロレンズ 4 3 a、4 3 b の偏心によって空いた領域が形成される。

[0074] この空いた領域内に、隣接する第 3 画素 4 1 c と第 4 画素 4 1 d との各マイクロレンズ 4 3 c、4 3 d の一部が入り込む。そして、第 3 画素 4 1 c と第 4 画素 4 1 d との各マイクロレンズ 4 3 c、4 3 d の偏心によって空いた領域に、隣接する第 1 画素 4 1 a と第 2 画素 4 1 b との各マイクロレンズ 4 3 a、4 3 b の一部が入り込んでいる。

[0075] CCD イメージセンサ 4 0 は、上記第 1 の実施形態の CCD イメージセンサ 1 0 の各画素 1 1 a ~ 1 1 d の配列を 4 5 度回転させることで単純正方格子配列に対応させている。このように、単純正方格子配列の CCD イメージセンサ 4 0 に対しても、上記第 1 の実施形態と同様に各画素 4 1 a ~ 4 1 d を配列することができ、これによって、本実施形態の CCD イメージセンサ 4 0 でも、上記第 1 の実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0076] [第 4 実施形態]

次に、本発明の第 4 の実施形態について説明する。図 8 に示すように、本実施形態の CCD イメージセンサ 5 0 は、第 1 画素 5 1 a と、第 2 画素 5 1 b と、第 3 画素 5 1 c との 3 種類の画素を有している。各画素 5 1 a ~ 5 1 c は、上記第 3 の実施形態と同様に、正形状に形成され、単純正方格子配列に並べられている。

[0077] 各画素 5 1 a ~ 5 1 c には、上記各実施形態と同様に、それぞれ PD 5 2 a、5 2 b、5 2 c と、マイクロレンズ 5 3 a、5 3 b、5 3 c とが設けられている。第 1 画素 5 1 a のマイクロレンズ 5 3 a は、PD 5 2 a の受光面の中心と、その光軸中心とが略一致するように配置されている。第 2 画素 5 1 b のマイクロレンズ 5 3 b は、PD 5 2 b の受光面の中心に対し、その光軸中心が右方向に偏心して配置されている。第 3 画素 5 1 c のマイクロレンズ 5 3 c は、PD 5 2 c の受光面の中心に対し、その光軸中心が左方向に偏心して配置されている。各マイクロレンズ 5 3 b、5 3 c の各方向への偏心

量は、略同一であり、偏心量を δ 、各マイクロレンズ53b、53cの偏心方向と平行な方向の各画素51a～51cの配列ピッチをDとしたとき、 δ は、約 $D/3$ である。

[0078] CCDイメージセンサ50は、各マイクロレンズ53b、53cの偏心方向に第1画素51aを複数並べた第1画素列54と、前記偏心方向に第2画素51bを複数並べた第2画素列55と、前記偏心方向に第3画素51cを複数並べた第3画素列56とを有する。マイクロレンズ53bの偏心によって空いた領域に、隣接する第2画素51bのマイクロレンズ53bの一部が入り込んでいる。マイクロレンズ53cの偏心によって空いた領域に、隣接する第3画素51cのマイクロレンズ53cの一部が入り込んでいる。前記偏心方向と略直交する方向に各画素列54～56が順番に繰り返し並べられている。

[0079] また、各マイクロレンズ53a～53cは、上記のようにマイクロレンズ53b、53cを偏心させることによって偏心方向と略直交する方向に空く平面領域を埋めるため、それぞれ偏心方向と略直交する方向が長軸となった半楕円体状に形成されている。各マイクロレンズ53a～53cの短軸は、Dと略同一に形成されている。一方、各マイクロレンズ53a～53cの長軸は、偏心によって空いた平面領域の面積に応じてDよりも僅かに大きく形成されている。従って、各マイクロレンズ53a～53cは、長軸側の両端の一部が偏心方向と略直交する方向に隣接する各画素51a～51cに入り込む。

[0080] このように構成されたCCDイメージセンサ50では、Dを直径とする最大円 C_0 に比べて、各マイクロレンズ53a～53cの大きさを楕円化した長軸の分だけ大きくなる。従って、上記各実施形態と同様に、コストアップを招くことなく各画素51a～51cの感度の向上を図ることができる。また、マイクロレンズ53aが偏心していない第1画素51aからなる第1画素列54を3列周期で持たせているので、多視点化を行うことができる。

[0081] また、図9に示すように、CCDイメージセンサ50には、格子状に配置

された 2×2 の4つの画素のうちの斜め2つの画素に緑色カラーフィルタ57Gが設けられている。そして、残り2つの画素に赤色カラーフィルタ57Rと青色カラーフィルタ57Bとが1つずつ設けられている。CCDイメージセンサ50は、これら2つの緑色カラーフィルタ57Gと、1つの赤色カラーフィルタ57R及び青色カラーフィルタ57Bとを1組として各画素51a～51cに並べている。

[0082] CCDイメージセンサ50の各画素51a～51cの配列は、いわゆるベイア配列に各カラーフィルタ57R、57G、57Bを配置する場合に適している。なお、各カラーフィルタ57R、57G、57Bの形成方法は、上記各実施形態と同様でよい。

[0083] カラーフィルタをベイア配列で配置する場合には、図10に示すCCDイメージセンサ60のように構成してもよい。CCDイメージセンサ60は、第1画素61aと、第2画素61bとの2種類の画素を有している。各画素61a、61bは、上記実施形態と同様に、正形状に形成され、単純正方形格子配列に並べられている。

[0084] 各画素61a、61bには、上記各実施形態と同様に、それぞれPD62a、62bと、マイクロレンズ63a、63bとが設けられている。第1画素61aのマイクロレンズ63aは、PD62aの受光面の中心に対し、その光軸中心が右方向に偏心して配置されている。第2画素61bのマイクロレンズ63bは、PD62bの受光面の中心に対し、その光軸中心が左方向に偏心して配置されている。各マイクロレンズ63a、63bの各方向への偏心量は、略同一であり、偏心量を δ 、各マイクロレンズ63a、63bの偏心方向と平行な方向の各画素61a、61bの配列ピッチをDとしたとき、 δ は、約 $D/3$ である。

[0085] CCDイメージセンサ60は、各マイクロレンズ63a、63bの偏心方向に第1画素61aを複数並べた第1画素列64と、前記偏心方向に第2画素61bを複数並べた第2画素列65とを有している。マイクロレンズ63aの偏心によって空いた領域に、隣接する第1画素61aのマイクロレンズ

63aの一部が入り込んでいる。マイクロレンズ63bの偏心によって空いた領域に、隣接する第2画素61bのマイクロレンズ63bの一部が入り込んでいる。そして、前記偏心方向と略直交する方向に各画素列64、65を2列周期で並べている。

[0086] 各マイクロレンズ63a、63bは、Dを直径とする略半球状に形成されている。従って、CCDイメージセンサ60では、各PD62a、62bの受光面の中心と光軸とを一致させて形成する通常の画素と同じ大きさで、位相差検出画素である各画素61a、61bの各マイクロレンズ63a、63bを形成することができる。また、瞳形成用マイクロレンズなどを設ける必要もないので、コストアップを招くことなく各画素61a、61bの感度を向上させることができる。

[0087] 上記CCDイメージセンサ50の構成では、ベイヤ配列を構成する4つの画素が上下の2列で視差を持ってしまうため、この視差が分光特性に悪影響を与えてしまうことが懸念される。これに対し、図11に示すように、CCDイメージセンサ60にベイヤ配列で各色のカラーフィルタ66R、66G、66Bを配置した場合には、ベイヤ配列を構成する4つの画素全てを同じ方向に揃えることができるので、視差による分光特性の劣化を防ぐことができる。

[0088] 上記各実施形態では、光学中心付近の画素構成について代表し記述したが、光学中心から離れたていくに従い、主光線の入射角度が垂直方向から傾いてくる。したがって、それに伴い、マイクロレンズとPDとの位置関係を補正する手段、いわゆるスケーリング手法が用いられる。本発明は、光学中心以外の画素構成については、詳細には記述していないが、スケーリングの方向と大きさにより、これまで述べてきたマイクロレンズの偏心量、方向に影響を与えることは自明であり、また、スケーリングの方向と大きさにより、マイクロレンズの偏心量、および方向を補正できることもまた、自明である。

[0089] 上記各実施形態では、半球状、又は半楕円体状のマイクロレンズが用いら

れているが、図 1 2 に示すマイクロレンズ 7 0 のように、多面体状としてもよいし、図 1 3 に示すマイクロレンズ 7 2 のように、多面体の頂点部分及び辺部分を面取りして滑らかにした形状としてもよい。さらには、非球面レンズ状の形状としてもよい。

[0090] 本発明は、CCD イメージセンサの他に、CMOS イメージセンサなどの他のタイプの固体撮像装置に適用することができる。

符号の説明

[0091] 1 0 CCD イメージセンサ
1 1 画素
1 1 a 第 1 画素
1 1 b 第 2 画素
1 1 c 第 3 画素
1 1 d 第 4 画素
1 2 VCCD
1 8 撮像面
2 0 a ~ 2 0 d PD
2 1 a ~ 2 1 d マイクロレンズ
2 2 第 1 画素列
2 3 第 2 画素列
2 5 R 赤色カラーフィルタ
2 5 G 緑色カラーフィルタ
2 5 B 青色カラーフィルタ

請求の範囲

- [請求項1] 隣接して配置された複数の位相差検出画素を有する固体撮像装置であり、前記位相差検出画素は、
- 入射した光を光電変換して得た電荷を蓄積する光電変換部と、
- 前記光電変換部に向けて前記光を集光するマイクロレンズであり、このマイクロレンズは、その一部が隣接する前記位相差検出画素に入り込むように、前記マイクロレンズの光軸が前記光電変換部の中心に対して偏心しているマイクロレンズと、
- を備える固体撮像装置。
- [請求項2] 前記各位相差検出画素は、前記マイクロレンズが所定の方に偏心した第1画素と、前記マイクロレンズが前記第1画素と反対の方に偏心した第2画素と、前記マイクロレンズが前記第1画素の偏心方向と略直交する方に偏心した第3画素と、前記マイクロレンズが前記第3画素と反対の方に偏心した第4画素とを有する請求の範囲第1項記載の固体撮像装置。
- [請求項3] 前記第1画素と前記第2画素とを所定の方に交互に並べた第1画素列と、
- 前記第3画素と前記第4画素とを前記第1画素列の配列方向と同じ方に交互に並べた第2画素列とを有し、
- 前記各画素列は、各列と略直交する方に交互に並べられており、
- 前記第3画素と前記第4画素の各マイクロレンズは、隣接する前記第1画素と前記第2画素の一部に入り込むように偏心して配置されており、
- 前記第1画素と前記第2画素の各マイクロレンズは、隣接する前記第3画素と前記第4画素の一部に入り込むように偏心して配置されている請求の範囲第2項記載の固体撮像装置。
- [請求項4] 前記各位相差検出画素は、水平方向及び垂直方向に並べて配置されるとともに、水平方向に隣接するもの同士が垂直方向に1／2ピッチ

ずれたハニカム配列に並べられており、

前記各画素列の前記各画素の配列方向は、前記撮像面の上下方向であり、

前記第 1 画素の前記マイクロレンズの偏心方向は、前記撮像面の右方向であり、

前記第 2 画素の前記マイクロレンズの偏心方向は、前記撮像面の左方向であり、

前記第 3 画素の前記マイクロレンズの偏心方向は、前記撮像面の上方であり、

前記第 4 画素の前記マイクロレンズの偏心方向は、前記撮像面の下方である請求の範囲第 3 項記載の固体撮像装置。

[請求項5]

前記各位相差検出画素は、水平方向及び垂直方向に並べて配置された単純正方格子配列に並べられており、

前記各画素列の前記各画素の配列方向は、前記撮像面の斜め 45 度方向であり、

前記第 1 画素の前記マイクロレンズの偏心方向は、前記撮像面の右斜め下方向であり、

前記第 2 画素の前記マイクロレンズの偏心方向は、前記撮像面の左斜め上方向であり、

前記第 3 画素の前記マイクロレンズの偏心方向は、前記撮像面の右斜め上方向であり、

前記第 4 画素の前記マイクロレンズの偏心方向は、前記撮像面の左斜め下方向である請求の範囲第 3 項記載の固体撮像装置。

[請求項6]

前記各位相差検出画素の前記マイクロレンズの偏心量は、前記光電変換部の受光面の中心を中心点とする前記位相差検出画素の最大円の半径の約 $(4 - \sqrt{10}) / 3$ 倍である請求の範囲第 3 項記載の固体撮像装置。

[請求項7]

前記各第 1 画素列の全てが緑色の前記位相差検出画素となるように

、前記各第 1 画素と前記各第 2 画素とに設けられた緑色のカラーフィルタと、

前記各第 2 画素列が一行置きに赤色の前記位相差検出画素、青色の前記位相差検出画素となるように、前記第 3 画素と前記第 4 画素とに設けられた赤色のカラーフィルタ及び青色のカラーフィルタとを備える請求の範囲第 3 項記載の固体撮像装置。

[請求項 8] 前記各画素列の前記各画素の配列方向と略平行な方向に、前記各光電変換部が蓄積した電荷を転送する電荷転送部を設けた請求の範囲第 3 項記載の固体撮像装置。

[請求項 9] 前記各位相差検出画素は、前記マイクロレンズが所定の方に偏心した第 1 画素と、前記マイクロレンズが前記第 1 画素と反対の方に偏心した第 2 画素とを有し、

前記各マイクロレンズの偏心方向に前記第 1 画素を複数並べた第 1 画素列と、

前記偏心方向に前記第 2 画素を複数並べた第 2 画素列とを備え、

前記各画素列は、前記偏心方向と略直交する方向に交互に並べられており、

前記第 1 画素の前記マイクロレンズの一部が、隣接する前記第 1 画素の一部に入り込み、

前記第 2 画素の前記マイクロレンズの一部が、隣接する前記第 2 画素の一部に入り込んでいる請求の範囲第 1 項記載の固体撮像装置。

[請求項 10] 前記各画素列と直交する方向に並ぶ 4 つの前記各画素に設けられた緑色のカラーフィルタと、

これらと平行に並ぶ 4 つの前記各画素に並べて設けられた 2 つの赤色のカラーフィルタ及び 2 つの青色のカラーフィルタとを備え、

前記各カラーフィルタは、これら 8 つを 1 組として前記各画素に配置されている請求の範囲第 9 項記載の固体撮像装置。

[請求項 11] 前記各位相差検出画素は、前記光電変換部の受光面の中心と前記マ

イクロレンズの光軸中心とが略一致した第1画素と、前記マイクロレンズが所定の方向に偏心した第2画素と、前記マイクロレンズが前記第2画素と反対の方向に偏心した第3画素とを有し、

前記第2画素及び前記第3画素の前記各マイクロレンズの偏心方向に前記第1画素を複数並べた第1画素列と、

前記偏心方向に前記第2画素を複数並べた第2画素列と、

前記偏心方向に前記第3画素を複数並べた第3画素列とを備え、

前記各画素列は、前記偏心方向と略直交する方向に順番に繰り返し並べられており、

前記第2画素の前記マイクロレンズの一部が、隣接する前記第2画素の一部に入り込み、

前記第3画素の前記マイクロレンズの一部が、隣接する前記第2画素の一部に入り込んでいる請求の範囲第1項記載の固体撮像装置。

[請求項12]

前記各位相差検出画素は、前記マイクロレンズが所定の方向に偏心した第1画素と、前記マイクロレンズが前記第1画素と反対の方向に偏心した第2画素とを有し、

前記各マイクロレンズの偏心方向に前記第1画素を複数並べた第1画素列と、

前記偏心方向に前記第2画素を複数並べた第2画素列とを備え、

前記各画素列は、前記偏心方向と略直交する方向に2列周期で並べられており、

前記第1画素の前記マイクロレンズの一部が、隣接する前記第1画素の一部に入り込み、

前記第2画素の前記マイクロレンズの一部が、隣接する前記第2画素の一部に入り込んでいる請求の範囲第1項記載の固体撮像装置。

[請求項13]

格子状に配置された 2×2 の4つの前記各画素のうちの斜め2つの前記各画素に設けられた緑色のカラーフィルタと、

残り2つの前記各画素に1つずつ設けられた赤色のカラーフィルタ

及び青色のカラーフィルタとを備え、

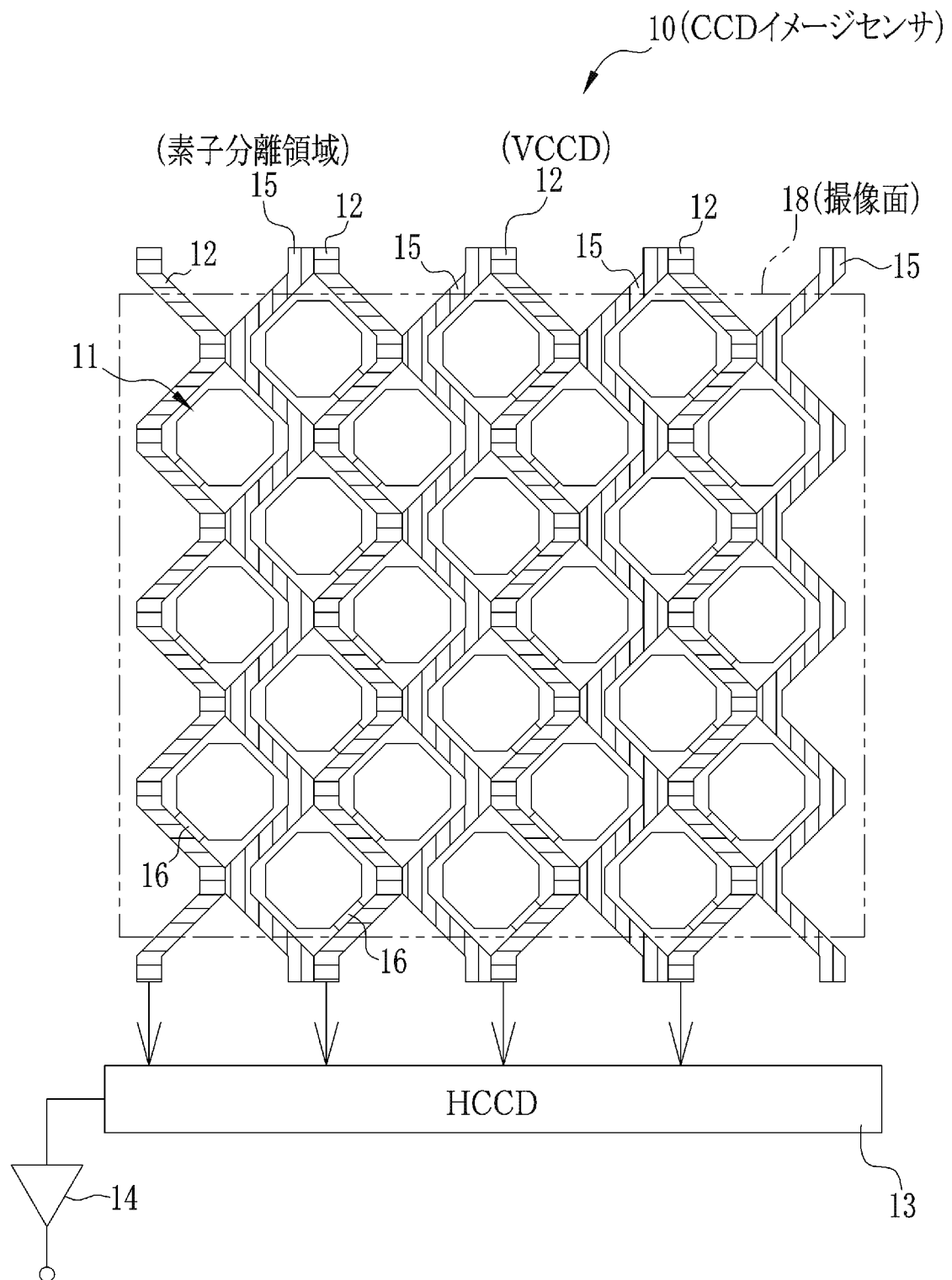
前記各カラーフィルタは、これを 1 組として前記各画素に並べるベイヤ配列に配置されている請求の範囲第 11 項又は第 12 項記載の固体撮像装置。

[請求項14] 前記偏心方向と略直交する方向に隣接する前記各画素に前記各マイクロレンズの一部が入り込むように、前記偏心方向と略直交する方向に長く前記各マイクロレンズを形成した請求の範囲第 9 項から第 13 項いずれか記載の固体撮像装置。

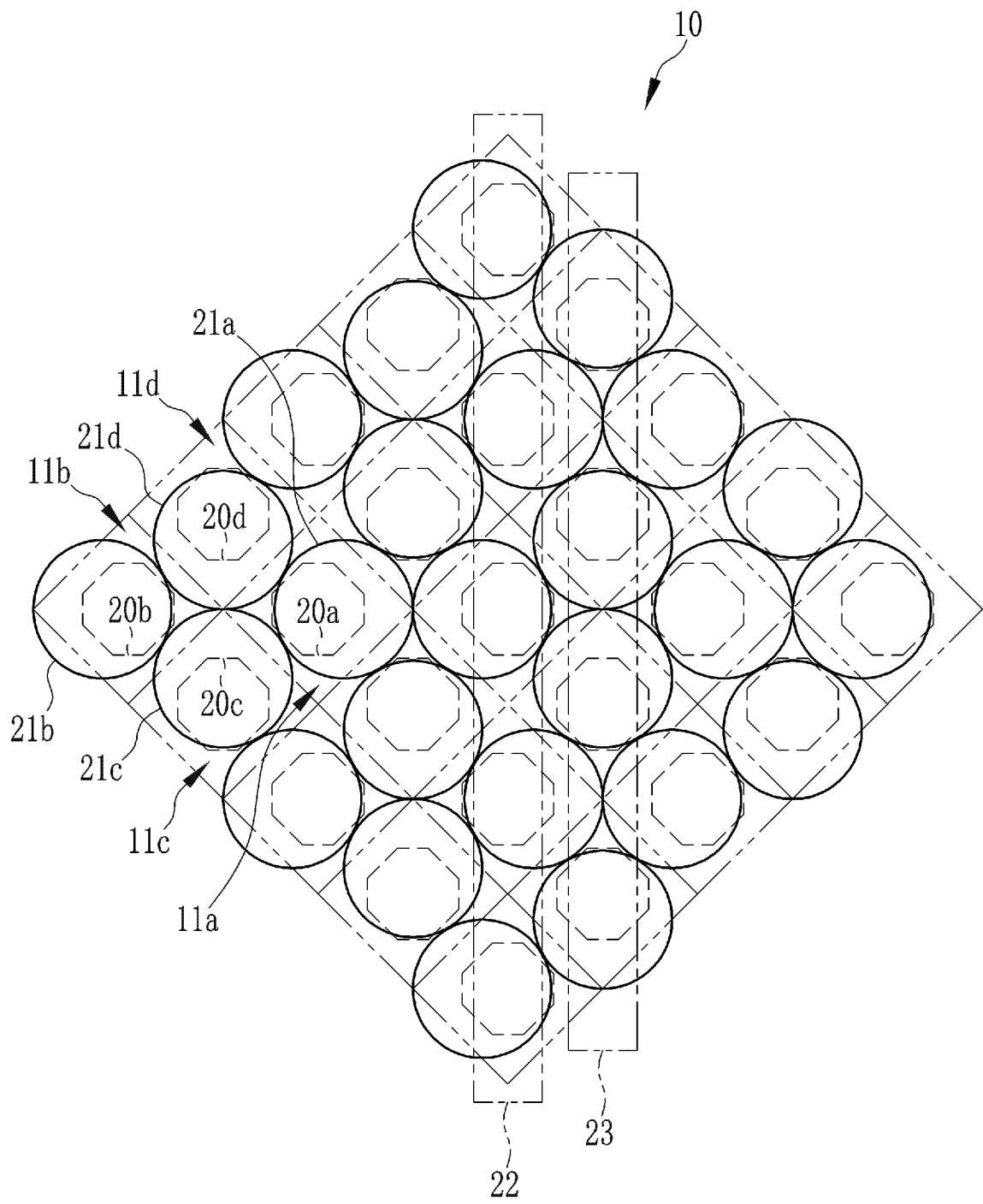
[請求項15] 前記各位相差検出画素の前記各マイクロレンズの偏心量を δ 、前記各マイクロレンズの偏心方向と平行な方向における前記各位相差検出画素の配列ピッチを D としたとき、 δ が、約 $D/3$ である請求の範囲第 9 項から第 14 項いずれか記載の固体撮像装置。

[請求項16] 前記マイクロレンズの形状が、半球状、半楕円体状、多面体状、又は多面体の頂点部分及び辺部分を滑らかにした形状のいずれかである請求の範囲第 1 項記載の固体撮像装置。

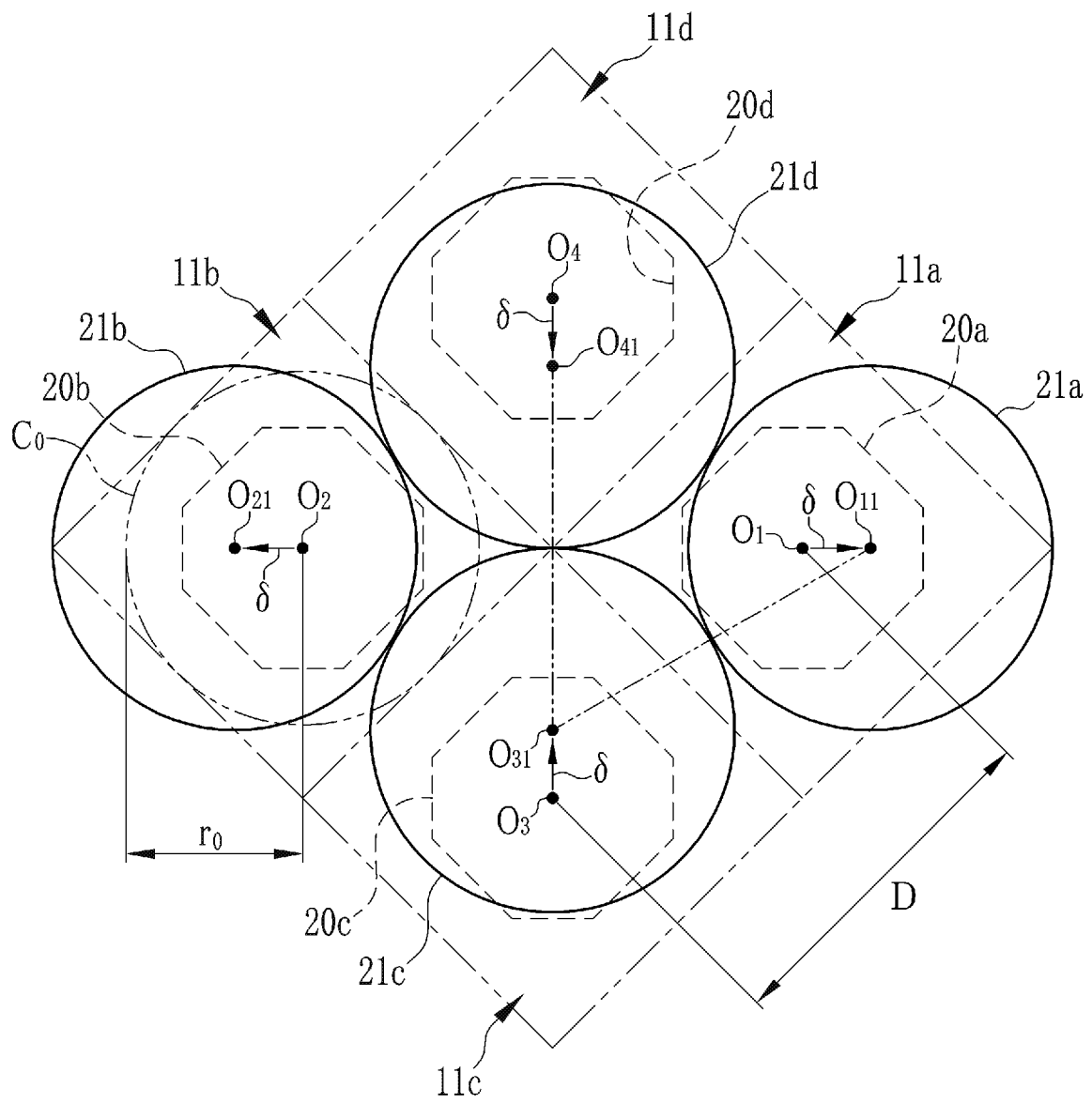
[図1]



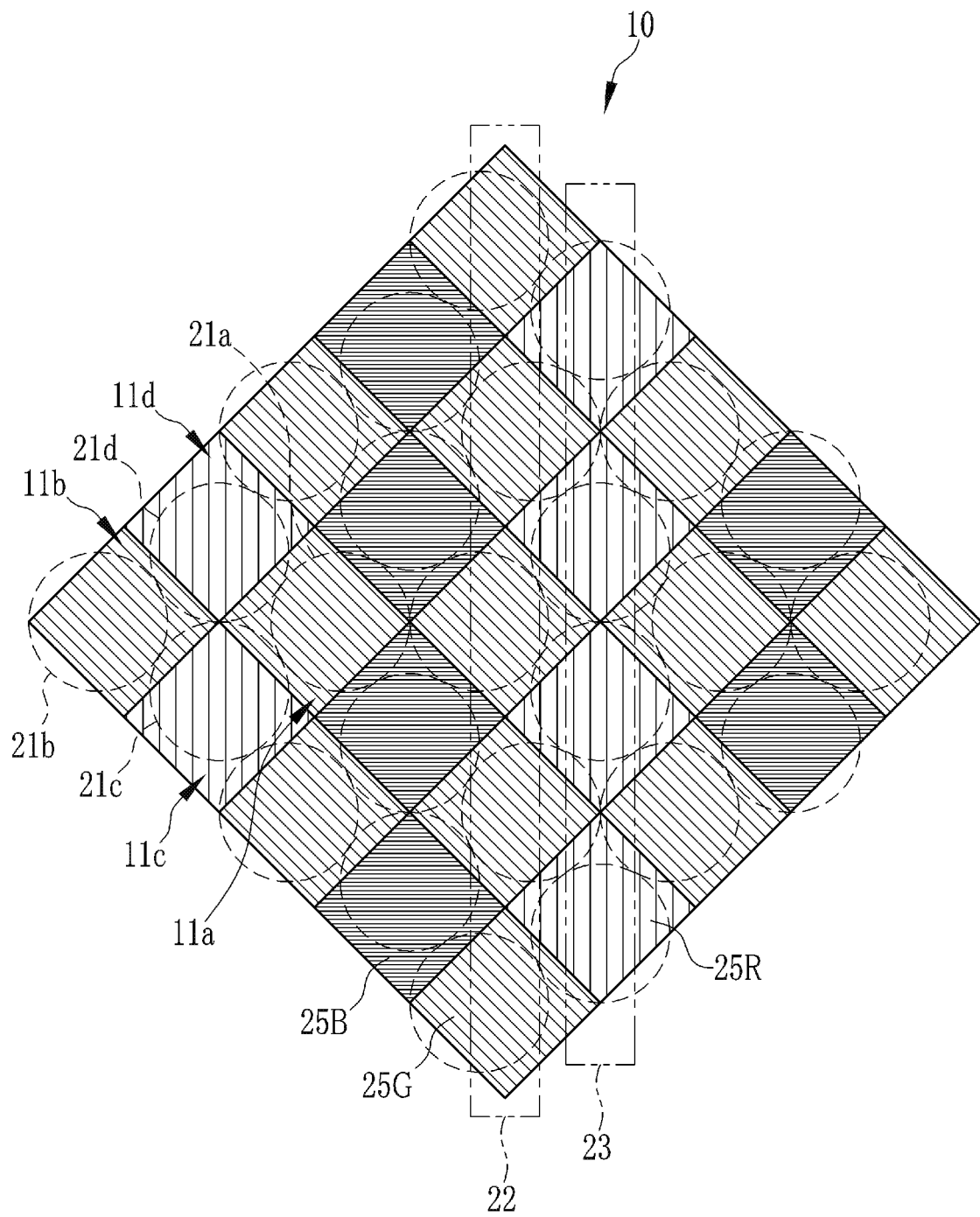
[図2]



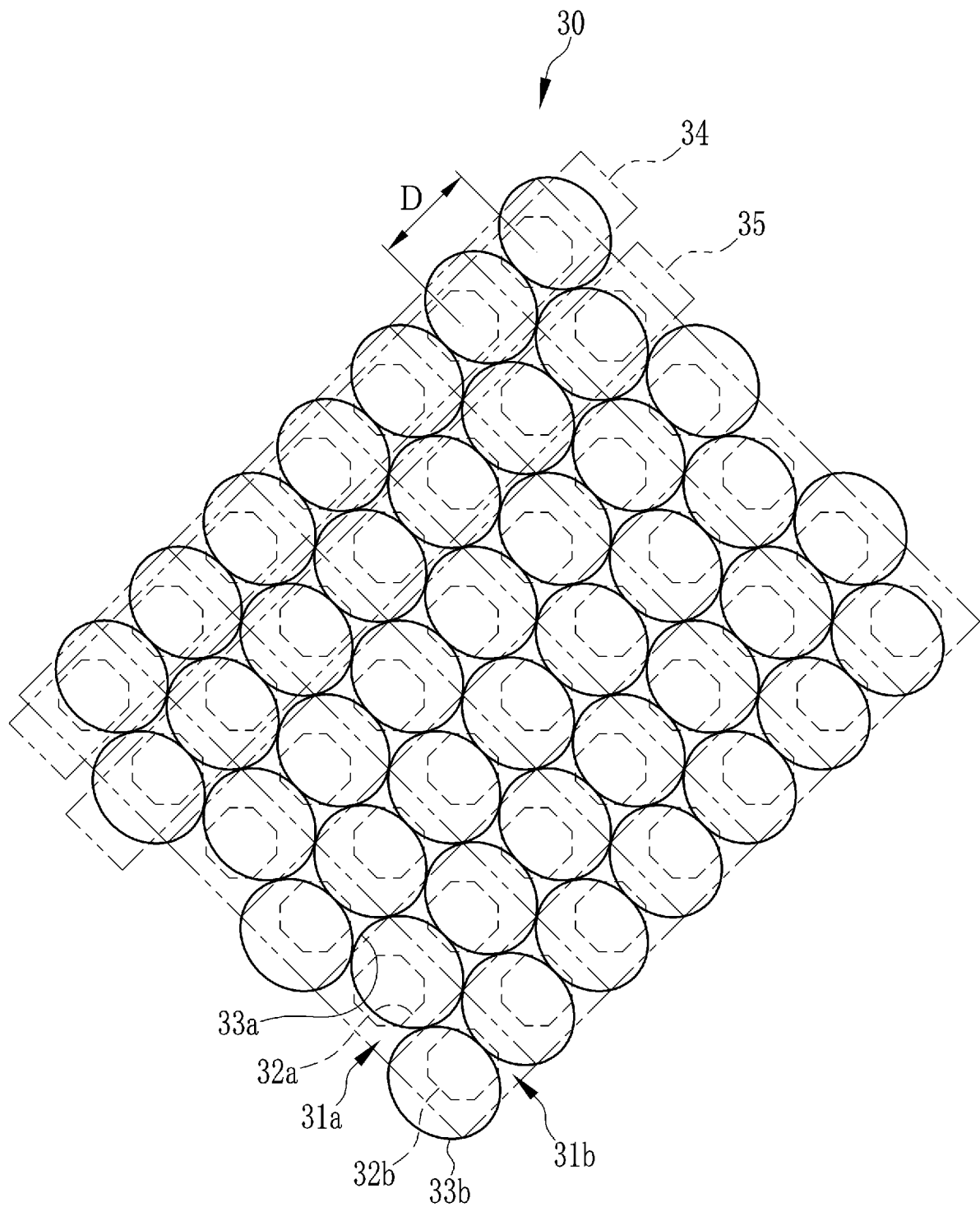
[図3]



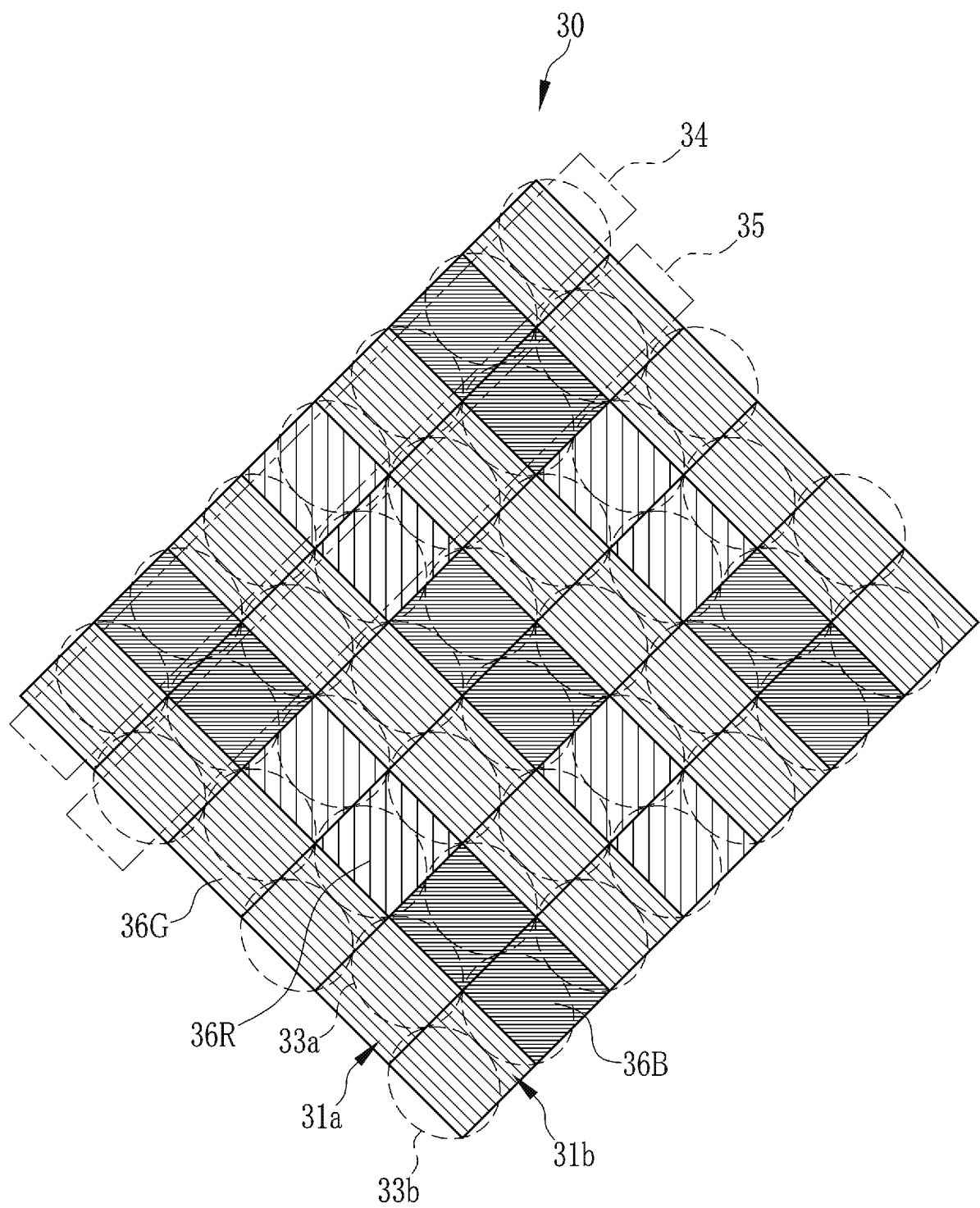
[図4]



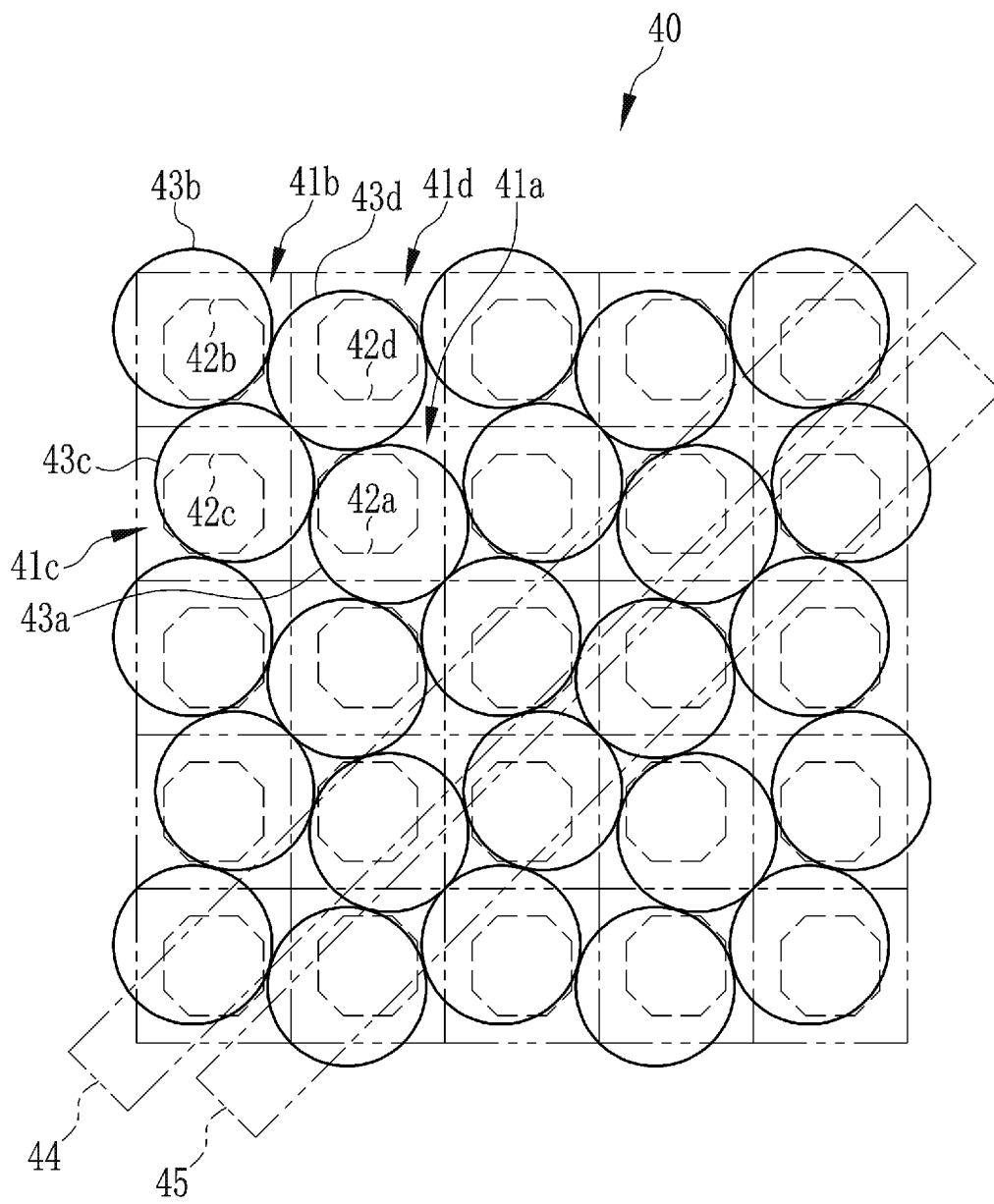
[図5]



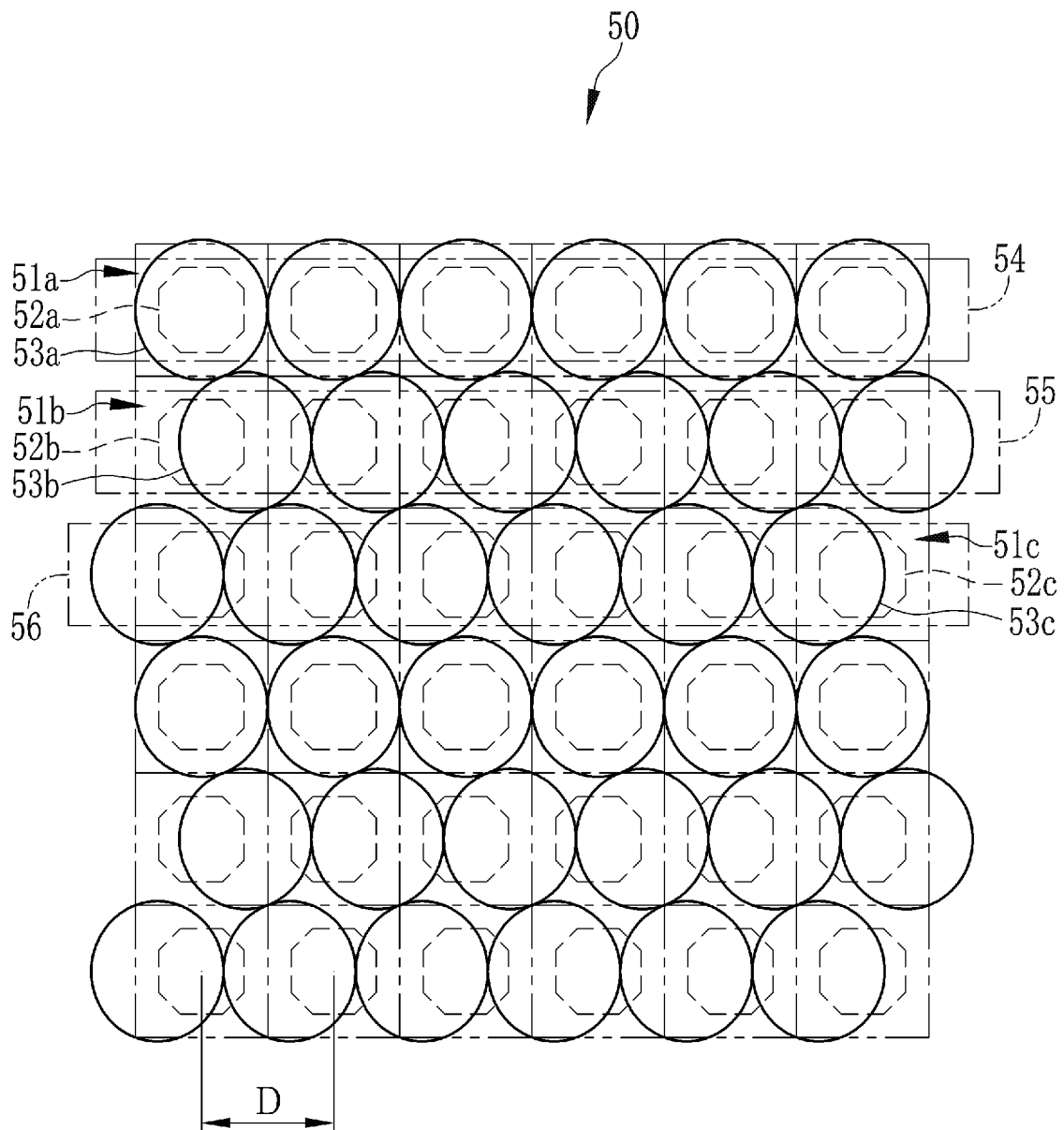
[図6]



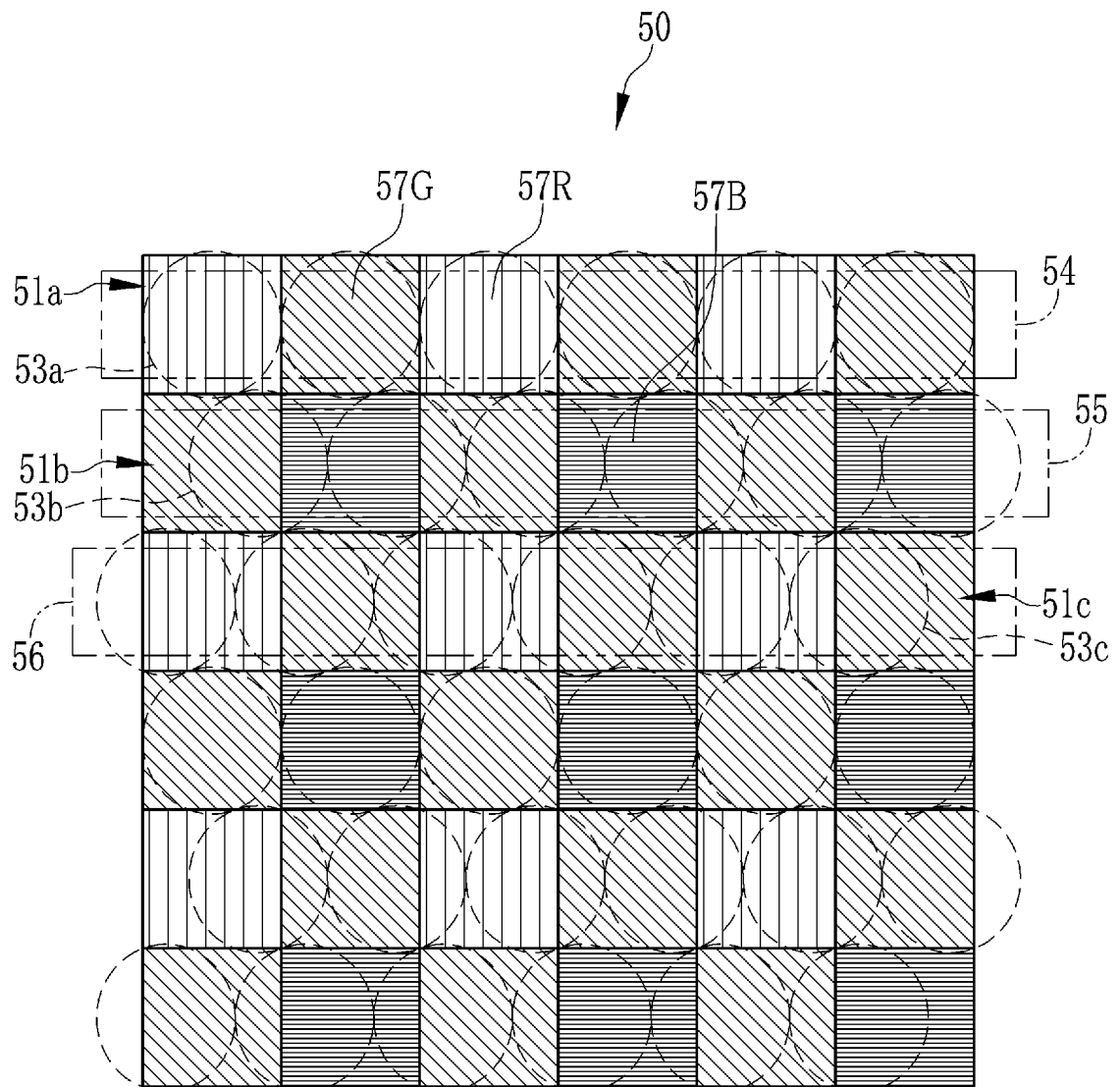
[図7]



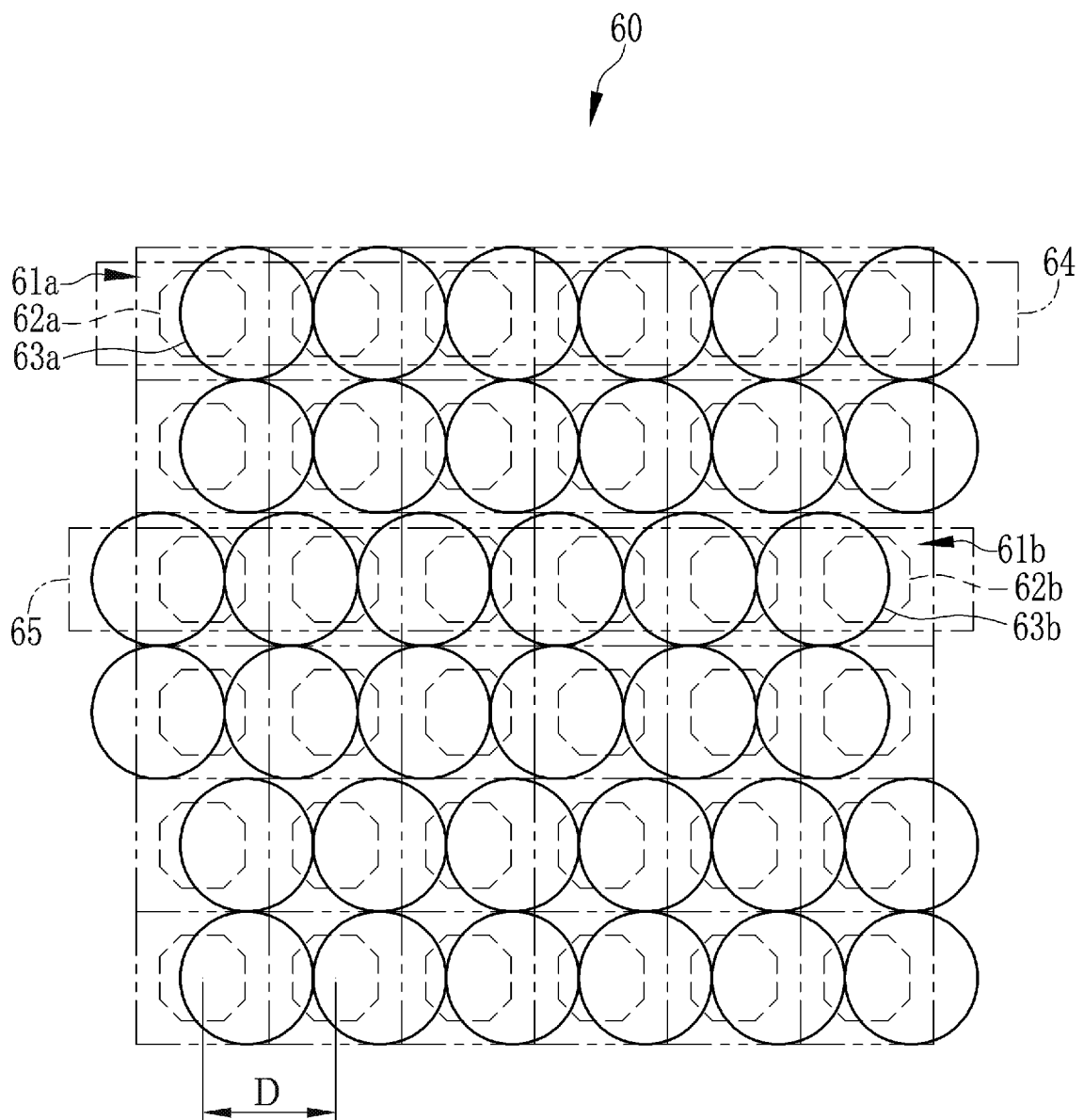
[図8]



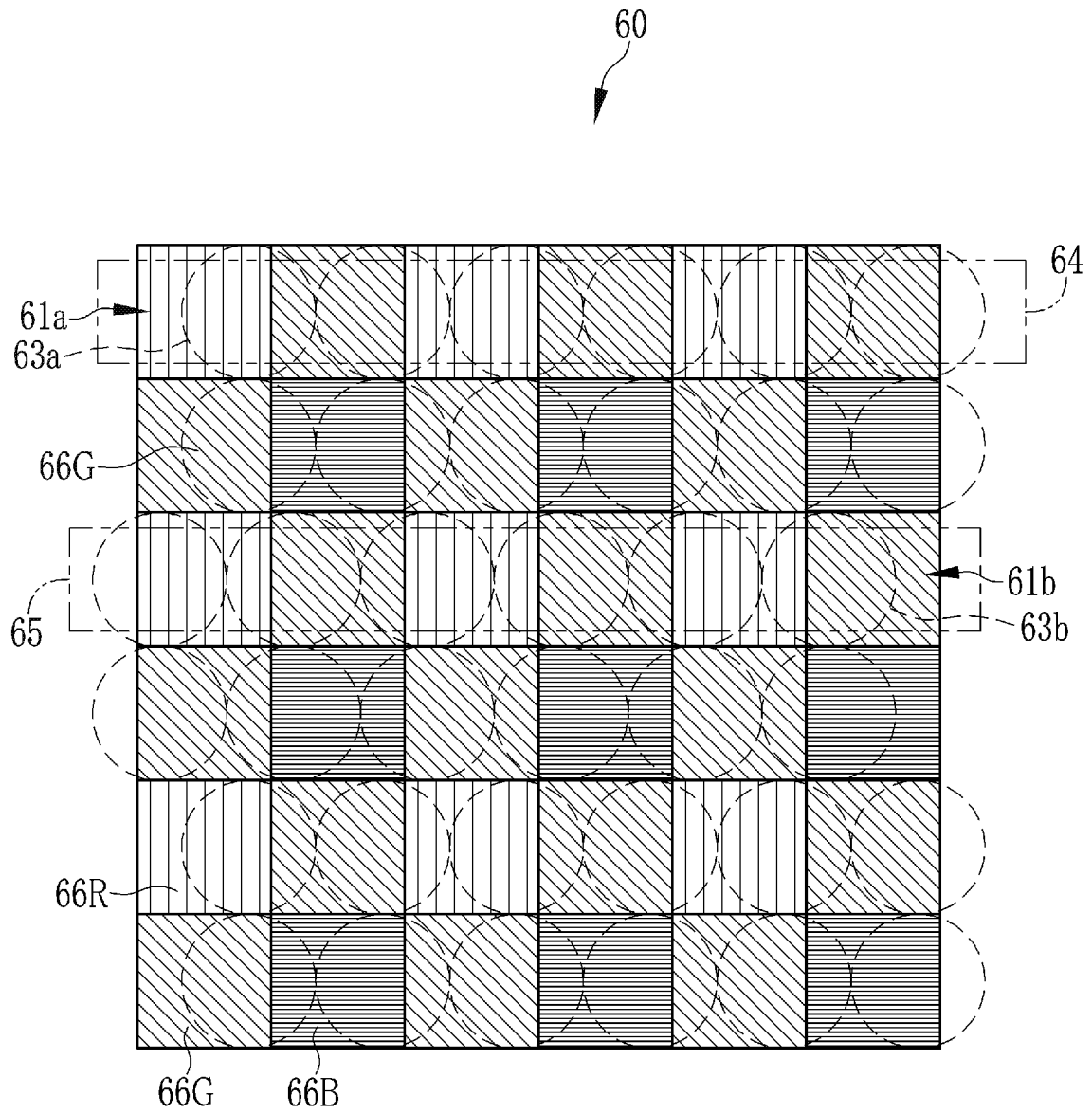
[図9]



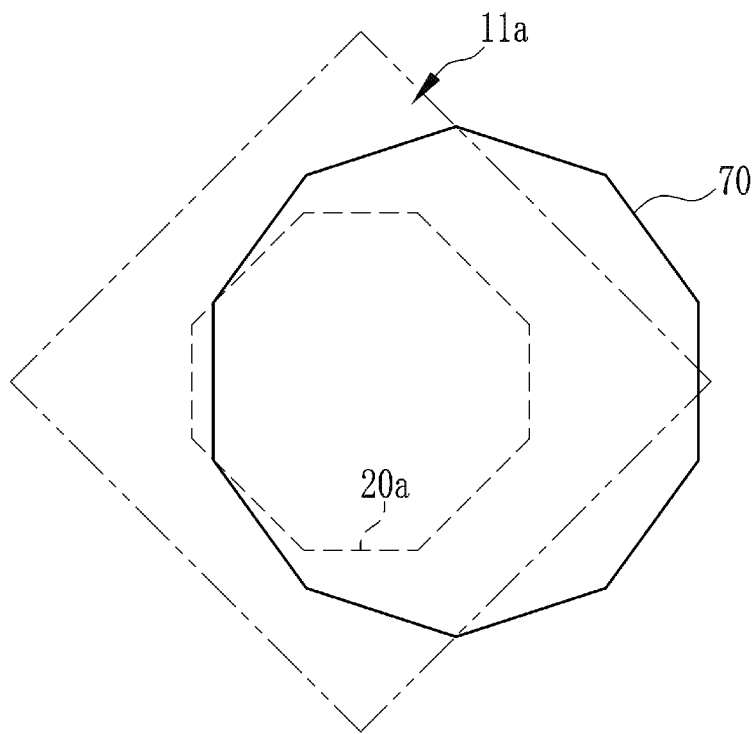
[図10]



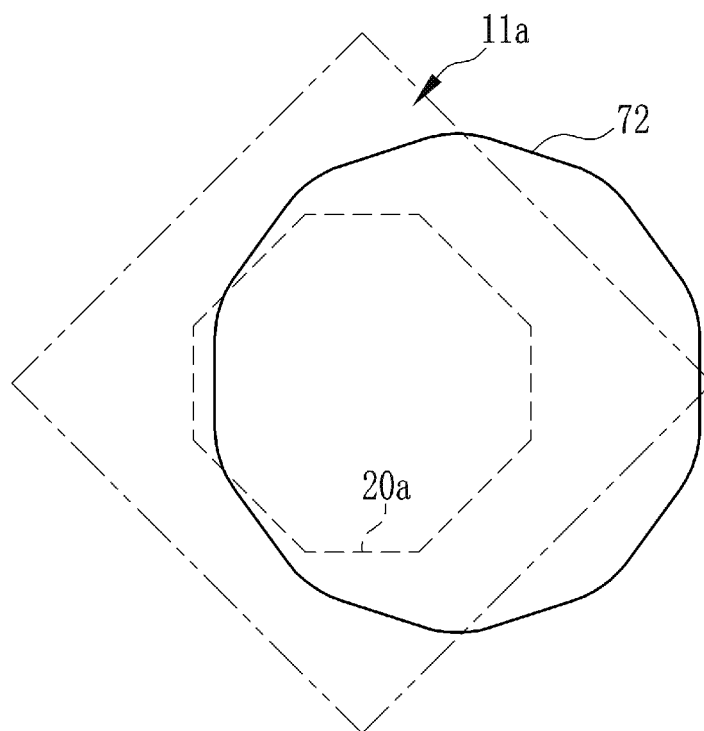
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/060716

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L27/14 (2006.01) i, H04N5/378 (2011.01) 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)

H01L27/14, H04N5/378

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	JP 2008-71920 A (Sony Corp.), 27 March 2008 (27.03.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1, 16
A	JP 4-267211 A (Sony Corp.), 22 September 1992 (22.09.1992), entire text; all drawings (Family: none)	1-16
A	JP 2007-158109 A (Nikon Corp.), 21 June 2007 (21.06.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-16



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

12 July, 2011 (12.07.11)

Date of mailing of the international search report

26 July, 2011 (26.07.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/060716

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-176857 A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 06 August 2009 (06.08.2009), fig. 3, 4 (Family: none)	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/060716

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The invention in claim 1 is described in JP 2008-71920 A (document 1). The invention in claim 1 cannot be considered to be novel in the light of the document 1, and does not have a special technical feature. As a result of judging special technical features with respect to claims dependent on claim 1, it is considered that the following four inventions are involved. Meanwhile, the invention in claim 1 having no special technical feature is classified into invention 1.

(continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/060716

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

Invention 1: the inventions in claims 1-8, 16 (claim 16 relating to a well-known art is classified into invention 1.)

Invention 2: the inventions in claims 9, 10, 14 and 15

Invention 3: the inventions in claims 11 and 13

Invention 4: the invention in claim 12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））
Int.Cl. H01L27/14(2006.01)i, H04N5/378(2011.01)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. H01L27/14, H04N5/378

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	JP 2008-71920 A（ソニー株式会社） 2008.03.27, 全文、全図（ファミリーなし）	1, 16
A	JP 4-267211 A（ソニー株式会社） 1992.09.22, 全文、全図（ファミリーなし）	1-16
A	JP 2007-158109 A（株式会社ニコン） 2007.06.21, 全文、全図（ファミリーなし）	1-16

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 2 . 0 7 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 6 . 0 7 . 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）

杵 哲次

4 M

3 9 5 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 6 2

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-176857 A (大日本印刷株式会社) 2009.08.06, 図 3, 4 (ファミリーなし)	1-16

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

JP 2008-71920 A（文献1）には、請求項1に係る発明が記載されており、請求項1に係る発明は、文献1に対して新規性が認められず、特別な技術的特徴を有しない。そこで、請求項1の従属請求項について特別な技術的特徴を判断すると、以下に示す4の発明が含まれるものと認められる。なお、特別な技術的特徴を有しない請求項1に係る発明は、発明1に区分する。

発明1：請求項1～8，16に係る発明(周知技術の請求項16は発明1に区分した。)

発明2：請求項9，10，14，15に係る発明

発明3：請求項11，13に係る発明

発明4：請求項12に係る発明

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。