

(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 10 月 4 日(04.10.2012)



(10) 国際公開番号

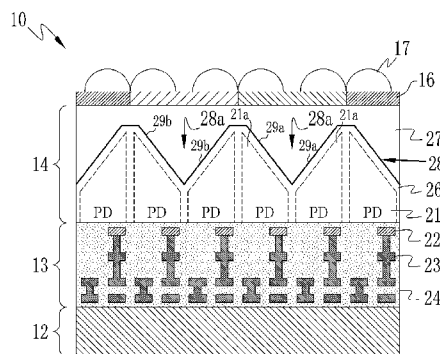
WO 2012/132760 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 27/14 (2006.01) H04N 5/369 (2011.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/055349
- (22) 国際出願日: 2012 年 3 月 2 日(02.03.2012)
- (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 2011-079263 2011 年 3 月 31 日(31.03.2011) 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 6 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): 西牧 真木
夫(NISHIMAKI, Makio) [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
ィルム株式会社内 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,
QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, 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: SOLID-STATE IMAGING DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING SOLID-STATE IMAGING DEVICE

(54) 発明の名称: 固体撮像装置及び固体撮像装置の製造方法

[図1]



(57) Abstract: Provided is a back-surface illuminated imaging device provided with phase difference pixels. Photodiodes (PD (21)) that accumulate signal charges, which are photoelectric conversions of incident light, are formed in a plurality of arrays on a light receiving layer (14), and a wiring layer (13) provided with electrodes (22) and wirings (23) that control the PDs (21) is formed to the rear of the light receiving layer (14) in the direction the incident light progresses. Inclined surfaces (29a, 29b) in which the directions of inclination form a symmetrical pair are provided, and a textured structure (28) in which these inclined surfaces (29a, 29b) are made to correspond to the PDs (21) is formed in the light receiving layer (14). The inclined surfaces (29a, 29b) make incident light having intensity corresponding to the angle of incidence incident to the PDs (21).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/132760 A1



位相差画素を備えた裏面照射型撮像装置を提供する。受光層（１４）には、入射光を光電変換した信号電荷を蓄積するフォトダイオード（ＰＤ（２１））が複数配列して形成され、ＰＤ（２１）を制御する電極（２２）及び配線（２３）が設けられた配線層（１３）は入射光の進行方向で受光層１４内の後方に形成されている。傾斜方向が対称な対をなす斜面（２９ａ，２９ｂ）を有し、これらの斜面（２９ａ，２９ｂ）が各ＰＤ（２１）に対応付けされた凹凸構造（２８）が受光層（１４）内に形成されている。各斜面（２９ａ，２９ｂ）は、入射角度に応じた光量を有する入射光を各ＰＤ（２１）に入射させる。

明 細 書

発明の名称： 固体撮像装置及び固体撮像装置の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、固体撮像装置及びその製造方法に関するものであり、さらに詳しくは、電極や配線が形成された面と反対側の裏面側から光を入射させる、いわゆる裏面照射型の固体撮像装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、デジタルカメラ等に搭載する撮像装置として、CMOS型撮像装置が広く知られている。従来のCMOS型固体撮像装置（以下、単に撮像装置という）は、表面にフォトダイオード（以下、PDという）を形成したシリコン基板上に、フォトダイオードを走査するための電極や配線等が設けられている。さらに、電極や配線等からなる層の上に、カラーフィルタやマイクロレンズ等が形成され、被写体からの光は、マイクロレンズやカラーフィルタを通過した後、電極や配線等の間を通過してPDに入射する。

[0003] このような、いわゆる表面入射型の撮像装置では、電極や配線等によって開口率が制限されてしまうことが知られている。特に、高画素化により、個々の画素が小さくなると、電極や配線等の層を深くせざるを得ず、より開口率が低下してしまうことが知られている。

[0004] こうしたことから、高画素化しても開口率が低下しない構造の撮像装置として、裏面照射型の撮像装置が知られている（特許文献1）。裏面照射型の撮像装置は、光の入射方向から見てPDの背面側に電極や配線等を設けた撮像装置であり、入射光は、マイクロレンズやカラーフィルタを通過した後、電極や配線等によって妨げられることなくPDに到達する。このため、裏面照射型の撮像装置は、表面入射型の撮像装置と比較して開口率を向上させやすい。

[0005] また、近年のデジタルカメラ等は合焦検出機能を有し、自動的に焦点調節を可能とするものが普及している。合焦検出の方式としては、左右（または

上下) に位相差のある 2 種類の像を取得し、これらの像の間隔に基づいて合焦位置を算出する、いわゆる位相差 A F 方式が知られている。例えば、位相差 A F が可能なデジタルカメラ等では、位相差 A F 用の画素（以下、位相差画素という）として、光軸に対して左方向からの光を受光しやすい非対称構造を有する第 1 の画素と、右方向からの光を受光しやすい非対称構造を有する第 2 の画素のペアを撮像装置に設け、これらの画素の画素値に基づいて合焦位置を算出する。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開 2 0 0 5 - 1 5 0 4 6 3 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 近年、自動焦点調節は、デジタルカメラ等の標準的な機能となっているため、裏面照射型の撮像装置も位相差 A F を行い得るように、位相差画素を設けることが望まれる。しかし、例えば、位相差画素は P D の前面に遮光膜を設けることにより左右に非対称な構造が形成されるが、このように遮光膜によって位相差画素の非対称構造を形成すると、開口率を向上させるという裏面照射型撮像装置に本来期待される性能が損なわれてしまうという問題がある。

[0008] 本発明は、開口率の低下を防ぎつつ、位相差画素を有する裏面照射型撮像装置及びその製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の固体撮像装置は、入射光を光電変換して信号を蓄積する受光部が複数配列して形成され、受光部を制御する電極及び配線が設けられた配線層よりも前記入射光の入射側に形成される受光層内を有する。この受光層内に、傾斜方向が対称な 2 種類の斜面が交互に形成され、各斜面が各受光部に対応するように受光層内に設けられた凹凸構造を有する。各斜面は、入射光の

入射角度に応じた光量の入射光を受光部に入射させる。

[0010] 受光層は、受光部が形成される第1層と、凹凸構造を平坦化する第2層とを有し、斜面は、前記第1層をエッチングすることにより形成された面であることが好ましい。

[0011] 第1層は、単結晶シリコン層であることが好ましい。

[0012] エッチングは、結晶異方性エッチングであり、斜面は、単結晶シリコン層の結晶面であることが好ましい。

[0013] 第1層は、(100)面を固体撮像装置の表面に向けるように形成されるとともに、斜面は(111)面で形成されることが好ましい。

[0014] 凹凸構造は、凹部または凸部が複数配列して形成されていることが好ましい。

[0015] 斜面は、正四角錐状の凹部または凸部の斜面であることが好ましい。

[0016] 斜面は、三角柱状の凹部または凸部の斜面であることが好ましい。

[0017] 本発明の固体撮像装置の製造方法は、シリコン層形成工程、受光層形成工程、支持基板貼合工程、熱酸化膜パターニング工程、エッチング工程、平坦化層形成工程を備える。シリコン層形成工程は、シリコン基板上に熱酸化膜を形成する熱酸化膜形成工程と、熱酸化膜上にシリコン層を形成する。受光層形成工程は、シリコン層の露呈された表面に、入射光を光電変換することにより入射光量に応じた信号電荷を発生する受光部を形成する。支持基板貼合工程は、シリコン層上に、受光部を制御する電極及び配線を有する配線層を形成する配線層形成工程と、配線層上に支持基板を貼り合わせる。熱酸化膜パターニング工程は、シリコン基板を除去し、熱酸化膜を露呈させるとともに、酸化膜を所定のパターンにパターニングする。エッチング工程は、パターニングされた熱酸化膜をマスクとして、シリコン層をエッチングすることにより、傾斜方向が対称な対をなす斜面を有し、斜面が受光部に各々対応付けられ、入射光の入射角度に応じた光量の入射光を受光部に入射させる凹凸構造をシリコン層に形成する。平坦化層形成工程は、凹凸構造上に、凹凸構造を平坦化する平坦化層を形成する。

[0018] 本発明の固体撮像装置の製造方法は、熱酸化膜形成工程、熱酸化膜研削工程、シリコン層形成工程、受光層形成工程、エッチング工程、平坦化層形成工程を備える。熱酸化膜形成工程は、シリコン基板上に所定パターンの溝を形成する溝形成工程と、溝が形成された面に熱酸化膜を形成する。熱酸化膜研削工程は、熱酸化膜を研削し、溝に対応する部分に熱酸化膜が埋め込まれ、かつ、シリコン基板の表面を露呈させる。シリコン層形成工程は、溝が形成された表面上に、シリコン層を形成する。受光層形成工程は、シリコン層の露呈された表面に、受光層を形成する。この受光層には、入射光を光電変換することにより入射光量に応じた信号電荷を発生する受光部が複数配列されている。エッチング工程は、配線層上に支持基板を貼り合わせる支持基板貼合工程と、シリコン基板とともにシリコン層を、溝に対応する部分に形成された熱酸化膜のパターンをマスクとしてエッチングすることにより、傾斜方向が対称な2種類の斜面が交互に配列され、斜面が各受光部に対応するように受光層に設けられ、入射角度に応じた光量の入射光を受光部に入射させる凹凸構造をシリコン層に形成する。平坦化層形成工程は、凹凸構造上に、凹凸構造を平坦化する平坦化層を形成する。

[0019] シリコン層は、シリコンをエピタキシャル成長させることによって形成される単結晶シリコン層であるとともに、エッチング工程で行うエッチングは、結晶異方性エッチングであることが好ましい。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、開口率（感度）を低下させずに、位相差情報を取得するための非対称的な構造を有する位相差画素を備えた裏面照射型撮像装置及びその製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]撮像装置の構成を示す断面図である。

[図2]撮像装置の構成を示す説明図である。

[図3]比較例の撮像装置の構造を示す断面図である。

[図4A]シリコン基板上に熱酸化膜を形成する工程を示す説明図である。

[図4B]単結晶シリコン等を設ける工程を示す説明図である。

[図4C]配線層を設ける工程を示す説明図である。

[図5A]支持基板を設ける工程を示す説明図である。

[図5B]シリコン基板を除去する工程を示す説明図である。

[図6A]露呈された熱酸化膜をパターニングする工程を示す説明図である。

[図6B]凹凸構造を形成する工程を示す説明図である。

[図7A]平坦化層等を形成する工程を示す説明図である。

[図7B]マイクロレンズを形成する工程を示す説明図である。

[図8A]シリコン基板の表面に溝を設ける工程を示す説明図である。

[図8B]熱酸化膜を形成する工程を示す説明図である。

[図8C]熱酸化膜をパターニングする工程を示す説明図である。

[図9A]単結晶シリコン等を形成する工程を示す説明図である。

[図9B]配線層等を形成する工程を示す説明図である。

[図10A]表裏を反転させた状態を示す説明図である。

[図10B]凹凸構造を形成する工程を示す説明図である。

[図11]凹凸構造の具体的態様を示す説明図である。

[図12]凹凸構造を裏面（光の入射方向）側から見た説明図である。

[図13]凹凸構造の他の態様を示す説明図である。

[図14]他の態様の凹凸構造を裏面側から見た説明図である。

[図15A]凸部を有する凹凸構造の構成を示す説明図である。

[図15B]他の態様の凸部を有する凹凸構造の構成を示す説明図である。

[図16]凸部を有する凹凸構造とカラーフィルタとの対応関係を示す断面図である。

[図17]反射防止膜を設ける例を示す断面図である。

[図18]他の態様のマイクロレンズを形成した例を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0022] 図1及び図2に示すように、撮像装置10は、裏面照射型の撮像装置であり、例えばシリコンからなる支持基板12上に、配線層13、受光層14、

カラーフィルタ 16、マイクロレンズ 17 が順に積層された層構造を有する。

[0023] 配線層 13 は、PD 21 からの信号の読み出し等を制御する電極 22 や、PD 21 から取得される信号を増幅する増幅回路等を含む配線 23 が、層間絶縁膜 24 を介して積層された層である。従来の表面入射型撮像装置にならって、PD 21 に対して配線層 13 が設けられた側を撮像装置 10 の表（オモテ）面とすると、支持基板 12 が撮像装置 10 の最表面にあり、配線層 13 は、その下層に設けられる。また、撮像装置 10 の最裏面にはマイクロレンズ 17 が設けられる。被写体からの入射光は、裏面側から撮像装置 10 に入射される。

[0024] 受光層 14 は、PD 21 が形成される層であり、単結晶シリコン層 26 と平坦化層 27 とからなる。単結晶シリコン層 26 及び平坦化層 27 は、配線層 13 が設けられた撮像装置 10 の表面側から、単結晶シリコン層 26、平坦化層 27 の順に設けられる。入射光の入射側を正面とすると、受光層 14 は、配線層 13 の正面側に、配線層 13 は受光層 14 の背面側に形成される。

[0025] PD 21 は、配線層 13 と平坦に接合される単結晶シリコン層 26 に形成される。PD 21 には、撮像装置 10 の裏面から、マイクロレンズ 17、カラーフィルタ 16、平坦化層 27 を通過して被写体からの光が入射され、光電変換により入射した光の光量に応じた量の信号電荷を発生し、この信号電荷を蓄積する。

[0026] 単結晶シリコン層 26 の裏面、すなわち単結晶シリコン層 26 と平坦化層 27 の界面は、平面ではなく、PD 21 の配列に合わせて凹凸構造 28 が設けられている。平坦化層 27 は、単結晶シリコン層 26 の裏面にカラーフィルタ 16 を形成するために、凹凸構造 28 を平坦化する層であり、例えば透明樹脂材から形成される。

[0027] 凹凸構造 28 は、単結晶シリコン層 26 の裏面に、撮像装置 10 の表面に向けて複数の凹部 28a が配列された構造であり、個々の凹部 28a は正四

角錐状に形成されている。例えば、斜面 29 a、斜面 29 b は、傾斜方向が対称であり、交互に形成されている。隣り合う一对の斜面が 1 つの凹部 28 a を形成する。また、凹部 28 a は、凹部 28 a を形成する各斜面が各々 1 個の PD 21 に対応するように形成されている。

[0028] カラーフィルタ 16 は、例えば BGR 3 色の色セグメントを有する原色のカラーフィルタであり、マイクロレンズ 17 から入射し、PD 21 に到達する光を、BGR の何れかの色を選択的に透過する。カラーフィルタ 16 は、平坦化層 27 の裏面に設けられ、凹凸構造 28 の各凹部 28 a に対して各々 1 色に対応するように設けられる。例えば、斜面 29 a で形成される凹部 28 a には緑色のカラーフィルタに対応するように設けられ、斜面 29 b で形成される隣接した凹部 28 a には赤色のカラーフィルタに対応するように設けられる。このため、同一の凹部 28 a の各斜面に対応する PD 21 は、同じ色のカラーフィルタ 16 が対応して設けられており、カラーフィルタ 16 の 1 個の色セグメントには、4 個の PD 21 が含まれる（図 2 参照）。なお、図 2 における I-I 線の断面が図 1 である。

[0029] マイクロレンズ 17 は、光の入射面である撮像装置 10 の最裏面に設けられ、入射光をそれぞれ対応する位置に設けられた PD 21 に集光させる。具体的には、マイクロレンズ 17 は、カラーフィルタ 16 の裏面側に形成されるとともに、各々の PD 21 の真裏に PD 21 と同数設けられる。したがって、カラーフィルタ 16 の 1 個の色セグメント内に 4 個のマイクロレンズ 17 が設けられている。

[0030] 上述のように構成される撮像装置 10 は、位相差 AF のために、左右（上下）に位相差のある像を取得することが可能である。これは、単結晶シリコン層 26 と平坦化層 27 の界面が凹凸構造 28 となっていることによる。凹凸構造 28 を形成する各凹部 28 a の斜面にそれぞれ対応する 4 個の PD 21 は、凹部 28 a の斜面の傾斜方向が各々異なるので、各斜面の傾斜方向に応じて左右（または上下）方向に非対称な構造となっている。これにより、撮像装置 10 への入射光は入射角度に応じた光量で各々の PD 21 に入射す

るので、相対するPD21のペアが位相差画素として機能する。

[0031] 例えば、図1においては、斜面29aを有する凹部28aの2つのPD21aは、左右方向に位相差のある像を取得する位相差画素として機能する。同様に、斜面29aを有する凹部28aの斜面のうち、図1の紙面に垂直な方向にある残りの2つの斜面に対応して設けられたPD21は、上下方向に位相差のある像を取得する位相差画素として機能する。したがって、撮像装置10は、左右方向と上下方向の2方向について位相差情報を取得可能である。

[0032] また、撮像装置10は、上下左右の位相差情報を得るために、凹凸構造28を形成するが、配線層13や、カラーフィルタ16、マイクロレンズ17等、受光層14以外の構造は、従来の裏面照射型撮像装置と全く同じ形状や大きさのものをを用いることができる。

[0033] 図3に示すように、比較例の撮像装置41は、裏面照射型であるが、単結晶シリコン層26と平坦化層27の界面が平面で形成される。また、撮像装置41は、位相差画素としてペアになる2つのPD21への光路に左右（上下）の非対称性を形成するために、平坦化層27内に遮光膜42を設けている。遮光膜42は、位相差画素として機能するPD21に入射する光の一部を遮ることによって、各PD21への入射光に位相差を生じさせる。このため、撮像装置41は裏面照射型であるにも関わらず、遮光膜42によって入射光を遮る分、開口率が低下する。裏面照射型の撮像装置構造は、配線層13による遮光をなくし、開口率を向上させるための構造であるにもかかわらず、位相差AFのために遮光膜42を設けると、開口率の低下により感度が低下してしまう。

[0034] この遮光膜42によって位相差を生じさせる撮像装置41と比較して、撮像装置10は、凹凸構造28によって入射光に位相差を生じさせるので、裏面照射型であることに利点を損なわず、開口率をほぼ100%に維持することができるとともに、位相差AF用に位相差のある像を取得可能である。

[0035] 次に、撮像装置10の製造について説明する。まず、図4Aに示すように

、シリコン基板 5 1 を用意し、少なくとも一方の表面に熱酸化膜 5 2 を形成する。次に、図 4 B に示すように、熱酸化膜 5 2 上にシリコンをエピタキシャル成長させることにより、単結晶シリコン層 2 6 を形成する。このとき、単結晶シリコン層 2 6 は、(100) 面が表面に露呈されるように結晶成長される。そして、単結晶シリコン層 2 6 が所定厚に形成されると、イオン注入等によって、単結晶シリコン層 2 6 に所定配列で P D 2 1 を形成する。

[0036] その後、図 4 C に示すように、単結晶シリコン層 2 6 の上に、P D 2 1 の配列に合わせて、電極 2 2 や配線 2 3 を設けることにより、配線層 1 3 を形成する。電極 2 2 や配線 2 3 の間は層間絶縁膜 2 4 で絶縁され、電極 2 2 や配線 2 3 は立体的に積層して設けられる。

[0037] こうして単結晶シリコン層 2 6 上に配線層 1 3 が形成されると、図 5 A に示すように、配線層 1 3 の表面には支持基板 1 2 が貼り合わせられる。また、このとき貼り合わせられた支持基板 1 2 は、所定厚まで機械的に研削される。こうして所定厚の支持基板 1 2 を設けると、単結晶シリコン層 2 6 と配線層 1 3 は、シリコン基板 5 1 と支持基板 1 2 に挟まれており、外部には露呈されていない状態となる。

[0038] その後、図 5 B に示すように、支持基板 1 2 が下側に、シリコン基板 5 1 が上側に向くように、表裏を反転させる。そして、露呈されたシリコン基板 5 1 は、機械的研削（またはウェットエッチング等）により、熱酸化膜 5 2 を残して除去される。

[0039] 露呈された熱酸化膜 5 2 は、図 6 A に示すように、P D 2 1 及び形成する凹凸構造 2 8 の形状及び大きさに合わせてパターニングされる。具体的には、熱酸化膜 5 2 は、概ね凹部 2 8 a の底辺の周囲に対応する位置に # 状に残され（図 1 1 も参照）、凹部 2 8 a の各斜面に対応する部分等のその他の部分は除去される。これにより、単結晶シリコン層 2 6 が一部露呈される。

[0040] その後、図 6 B に示すように、パターニングされた熱酸化膜 5 2 をマスクとして、単結晶シリコン層 2 6 をウェットエッチングされる。ここで行われる単結晶シリコン層 2 6 のエッチングは、いわゆる結晶異方性エッチングで

あり、例えば、KOH（水酸化カリウム）やTMAH（Tetra Methyl Ammonium Hydroxide：水酸化テトラメチルアンモニウム）、EDP（エチレンジアミンピロカテコール）、 $N_2H_4 \cdot H_2O$ （水和ヒドラジン）等、アルカリ性のエッチャントが用いられる。したがって、単結晶シリコン層26のエッチングは、結晶異方性に応じて進行し、露呈されている（100）面よりもエッチングされにくい（111）面が斜面として現れる。これにより、単結晶シリコン層26の裏面には、熱酸化膜52を底辺部分とする正四角錐状の凹部28aが複数正確に形成され、凹凸構造28となる。

[0041] 図7Aに示すように、凹凸構造28が形成されると、エッチングのマスクとして使用した熱酸化膜52を除去した後に、単結晶シリコン層26の裏面に平坦化層27が設けられ、受光層14が形成される。そして、平坦化層27上には、PD21及び凹凸構造28の配列に応じて、カラーフィルタ16が形成される。さらに、図7Bに示すように、カラーフィルタ16上には、PD21に対してそれぞれ1個ずつマイクロレンズ17が形成され、撮像装置10となる。

[0042] なお、上述の実施形態では、単結晶シリコン層26と平坦化層27の界面に凹凸構造28を形成した撮像装置10の製造方法の一例を説明したが、以下に説明する態様によっても撮像装置10を製造することができる。

[0043] まず、図8Aに示すように、シリコン基板51の表面に、溝54をパターニングする。溝54は、前述の実施形態でパターニングされた熱酸化膜52（図6A参照）に対応するものであり、後に設けられるPD21及び凹凸構造28の配列や形状、大きさ等に合わせて形成される。具体的には、溝54は、#状に設けられる（図11も参照）。なお、ここで形成する溝54は、レジストやフォトリソマスクを用いて形成される。

[0044] 図8Bに示すように、シリコン基板51の表面に溝54がパターニングされると、溝54が形成されたシリコン基板51の表面に熱酸化膜55を形成する。熱酸化膜55は、シリコン基板51の表面だけでなく、溝54の内側にも一様に形成される。なお、熱酸化膜55は、溝54に形成される熱酸化

膜 5 5 で所定厚以上の厚さになるように形成される。

[0045] そして、図 8 C に示すように、CMP (Chemical Mechanical Polishing : 化学機械研磨) によって、シリコン基板 5 1 の表面が露呈するように熱酸化膜 5 5 を除去する。このとき、溝 5 4 の部分には熱酸化膜 5 5 が残る。このため、シリコン基板 5 1 の表面には、溝 5 4 に対応する部分に熱酸化膜 5 5 が埋め込まれた構造が形成される。

[0046] こうして、溝 5 4 に対応する部分に熱酸化膜 5 5 が埋め込まれるように残された表面構造が形成されると、図 9 A に示すように、熱酸化膜 5 5 のパターンが形成された表面に、シリコンをエピタキシャル成長させることにより、単結晶シリコン層 2 6 が形成される。また、単結晶シリコン層 2 6 には、イオン注入等により、PD 2 1 が形成される。このとき PD 2 1 は、熱酸化膜 5 5 のパターンに対して、所定の位置に形成されるように位置合わせして設けられる。

[0047] その後、図 9 B に示すように、PD 2 1 が形成された単結晶シリコン層 2 6 上には、配線層 1 3 及び支持基板 1 2 が設けられる。配線層 1 3 は、電極 2 2 や配線 2 3 が層間絶縁膜 2 4 を介して積層して形成される。また、支持基板 1 2 は、配線層 1 3 の表面に貼り合わせられた後、所定厚まで機械的に研削される。

[0048] 図 10 A に示すように、支持基板 1 2 が設けられると、シリコン基板 5 1 が上面に、支持基板 1 2 が下面になるように、表裏を反転される。そして、図 10 B に示すように、シリコン基板 5 1 を残したまま、結晶異方性エッチングをすることにより、シリコン基板 5 1 を除去しつつ、溝 5 4 に埋め込まれていた熱酸化膜 5 5 のパターンをマスクとして、単結晶シリコン層 2 6 をエッチングする。これにより、単結晶シリコン層 2 6 には、凹凸構造 2 8 が形成される。

[0049] 単結晶シリコン層 2 6 に凹凸構造 2 8 を形成した後は、凹凸構造 2 8 の頂部 (図 11、符号 5 6 a、5 6 b 参照) に残された熱酸化膜 5 5 のパターンは除去される。そして、平坦化層 2 7、カラーフィルタ 1 6、マイクロレン

ズ 17 を形成することにより、撮像装置 10 となる。

[0050] このように、シリコン基板 51 の表面に溝 54 及び熱酸化膜 55 によって、後に単結晶シリコン層 26 を結晶異方性エッチングするときにマスクとして使用する構造をつくり込んでおくことで、凹凸構造 28 を形成する結晶異方性エッチングによって、同時にシリコン基板 51 を除去することができる。これにより、シリコン基板 51 を除去する製造工程を削減し、撮像装置 10 をより容易に製造することができる。

[0051] なお、図 11 に示すように、撮像装置 10 の凹凸構造 28 は、縦横に同一形状の凹部 28a が配列された態様となっている。したがって、単結晶シリコン層 26 をエッチングし、凹凸構造 28 を形成する際のマスクとなる熱酸化膜 52, 55 は、各凹部 28a の部分に対応して正方形に除去され、各凹部 28a 間にある平行線状の頂部 56a 及びこれに垂直な平行線状の頂部 56b に残されるように、# 状に形成される。

[0052] 図 12 に示すように、凹凸構造 28 は、単結晶シリコン層 26 を結晶異方性エッチングすることにより形成するので、各凹部 28a の谷線部 57 は、全ての凹部 28a について所定の方角を向く。このため、全ての凹部 28a は一様に正四角錐状となる。

[0053] また、凹部 28a の各斜面にはそれぞれ 1 個の PD 21 が対応するように設けられているが、破線で囲んで示す 1 個の凹部 28a に対応する 4 個の PD 21 は、上下左右の位相差を取得する 1 組の位相差画素 58 となる。具体的には、斜面 A1 と斜面 A3 は、いずれも所定の角度で傾斜する単結晶シリコンの (111) 面であり、かつ、凹部 28a の頂点を境に各々反対の向きに対称に傾斜し、入射光の光路に左右の非対称性をつくりだす。このため、位相差画素 58 の 4 個の PD 21 のうち、斜面 A1 と斜面 A3 に対応する 2 個の PD 21 は、撮像装置 10 に対して左右の位相差情報を取得する位相差画素のペアとなる。同様に、斜面 A2 と斜面 A4 に各々対応する 2 個の PD 21 は、撮像装置 10 に対して上下の位相差情報を取得する位相差画素のペアとなる。したがって、撮像装置 10 では、個々の凹部 28a が正四角錐

状であることによって、斜面 A 1 ～ A 4 にそれぞれ対応する 4 個の P D 2 1 が 1 組の位相差画素 5 8 となり、撮像装置 1 0 の上下左右の位相差情報を取得することができる。

[0054] なお、位相差 A F のための非対称な光路形状として、撮像装置 1 0 に正四角錐状の凹部 2 8 a を有する凹凸構造 2 8 を形成する例を説明したが、これに限らない。前述のように、凹部 2 8 a が正四角錐状であることによって、撮像装置 1 0 は上下左右の位相差情報を取得することができるが、左右（あるいは上下）の位相差情報だけを用いても位相差 A F を行うことは可能である。このため、左右または上下の一方の組の位相差情報を得るように凹凸構造 2 8 を形成しても良い。

[0055] こうして左右（上下）にだけ位相差情報を得られればよいときには、図 1 3 に示すように、単結晶シリコン層 2 6 に三角柱状の凹部 6 1 a を複数配列した凹凸構造 6 1 を設ければ良い。凹凸構造 6 1 は、各凹部 6 1 a の間にある平行線状の頂部 6 2 に、ストライプ状に熱酸化膜 5 2, 5 5 が残るようにパターンニングし、このストライプ状の熱酸化膜 5 2, 5 5 をマスクとして結晶異方性エッチングすることによって形成することができる。

[0056] 図 1 4 に示すように、凹凸構造 6 1 は、結晶異方性エッチングで形成されることによって、全ての凹部 6 1 a の谷線部 6 3 は平行であり、一様な三角柱状に形成される。また、凹凸構造 6 1 の場合、破線で囲んで示す凹部 6 1 a の一部分に位置し、斜面 B 1 と斜面 B 2 に各々対応する 2 個の P D 2 1 が、左右（または上下）方向の位相差情報を取得する 1 組の位相差画素 6 4 となる。斜面 B 1 と斜面 B 2 は、それぞれ正四角錐状の凹部 2 8 a の斜面 A 1 と斜面 A 3 にそれぞれ対応する傾斜を有する。

[0057] なお、上述の実施形態では、単結晶シリコン層 2 6 を結晶異方性エッチングすることによって、正四角錐状の凹部 2 8 a を有する凹凸構造 2 8 を形成する例を説明したが、これに限らない。例えば、図 1 5 A に示すように、単結晶シリコン層 2 6 を結晶異方性エッチングすることによって、正四角錐状の凸部 8 1 a が配列された凹凸構造 8 1 を設けても良い。前述の実施形態で

は凹部 28 a を形成するために熱酸化膜 5 2 を # 状にパターニングしたが、上述のように正四角錐状の凸部 8 1 a を形成する場合には、凸部 8 1 a の頂部 8 2 の位置に、正形状のパターンが配列されるように、熱酸化膜 5 2 をパターニングすれば良い。

[0058] また、図 1 5 B に示すように、左右（上下）方向にだけ位相差情報を取得する場合にも同様に、三角柱状の凸部 8 6 a を有する凹凸構造 8 6 を形成しても良い。この場合、凸部 8 6 a の頂部 8 7 に対応する位置に熱酸化膜 5 2 , 5 5 が残るように、熱酸化膜 5 2 をパターニングして、単結晶シリコン層 2 6 を結晶異方性エッチングすれば良い。

[0059] なお、上述のように、正四角錐状の凸部 8 1 a を有する凹凸構造 8 1 を形成する場合には、図 1 6 に示す撮像装置 8 8 のように、1 個の色セグメントの中央に凸部 8 1 a の頂部 8 2 が対応するように、カラーフィルタ 1 6 を設ける必要がある。一方、三角柱状の凸部 8 6 a を有する凹凸構造 8 6 を形成する場合には、図 1 と同様に各凸部 6 9 a 間の谷部分が 1 個の色セグメントの中央に対応するようにしても良く、図 1 6 と同様に各凸部 6 9 a の頂部 8 7 が 1 個の色セグメントの中央に対応するように設けても良い。

[0060] なお、上述の実施形態では、単結晶シリコン層 2 6 と平坦化層 2 7 とが接触する例を説明したが、単結晶シリコン層 2 6 と平坦化層 2 7 の界面を凹凸構造 2 8 にすることによって、界面が平坦な場合よりも、反射光が多く発生してしまうことがある。このため、図 1 7 に示す撮像装置 9 1 のように、単結晶シリコン層 2 6 と平坦化層 2 7 の界面には、反射防止膜 9 2 を設けることが好ましい。反射防止膜 9 2 は、例えば、シリコンの酸化膜や窒化膜が適切である。また、反射防止膜 9 2 は、単結晶シリコン層 2 6 に凹凸構造 2 8 を形成した後、平坦化層 2 7 を形成する前に、蒸着等によって形成することができる。

[0061] なお、上述の実施形態では、PD 2 1 の各々に対応するようにマイクロレンズ 1 7 が設けられている。この代わりに例えば、図 1 8 に示す撮像装置 9 6 のように、1 組の位相差画素（1 個の凹部 2 8 a）に対して、1 個のマイ

クロレンズ 17 を設けるようにしても良い。

[0062] なお、上述の実施形態では、撮像装置 10 の製造工程で、シリコン基板 51 上に単結晶シリコン層 26 をエピタキシャル成長させているが、別工程で製造した単結晶シリコン基板をシリコン基板 51 上に貼り合わせることで、単結晶シリコン層 26 を形成しても良い。

[0063] なお、上述の実施形態では、単結晶シリコン層 26 と平坦化層 27 の界面の全体に凹凸構造 28 が設けられているが、位相差 AF だけを目的とする場合には、位相差画素についてだけ、単結晶シリコン層 26 と平坦化層 27 の界面に凹凸構造 28 を設ければ良い。一方、立体視用に左右に視差のある画像（いわゆる 3D 画像）を取得する立体視カメラに用いる撮像装置の場合には、全画素について撮像装置 10 と同様の凹凸構造 28 を設けることにより、開口率がほぼ 100% の裏面照射型の撮像装置でありながら、3D 画像を容易に取得することができる。また、画素（PD 21）やカラーフィルタ 16 の具体的な配列態様は、任意である。

[0064] なお、上述の実施形態では、凹部 28a が複数配列された凹凸構造 28 を例に説明したが、凹部 28a は 1 個でも良い。また、凹部 61a、凸部 81a、86a についても同様である。

[0065] なお、上述の実施形態では、撮像装置として、裏面照射型の CMOS を例に説明したが、CCD 等、他の裏面照射型撮像装置にも本発明は好適である。

符号の説明

- [0066] 10, 41, 88, 91, 96 撮像装置
12 支持基板
13 配線層
14 受光層
16 カラーフィルタ
17 マイクロレンズ
21 フォトダイオード（PD）

- 2 2 電極
- 2 3 配線
- 2 4 層間絶縁膜
- 2 6 単結晶シリコン層
- 2 7 平坦化層
- 2 8, 6 1, 8 1, 8 6 凹凸構造
- 2 8 a, 6 1 a 凹部
- 2 9 a, 2 9 b 斜面
- 4 2 遮光膜
- 5 1 シリコン基板
- 5 2, 5 5 熱酸化膜
- 5 3 支持基板
- 5 4 溝
- 5 6 a, 5 6 b, 6 2, 8 2, 8 7 頂部
- 5 7, 6 3 谷線部
- 5 8, 6 4 位相差画素
- 8 1 a, 8 6 a 凸部
- 9 2 反射防止膜

請求の範囲

- [請求項1] 入射光を光電変換した信号電荷を蓄積するための受光部が複数配列された受光層と、前記入射光の進行方向で前記受光層の後方に形成され、前記受光部を制御するための電極及び配線が形成された配線層とを有する固体撮像装置において、
- 傾斜方向が対称な2種類の斜面が交互に配置され、各斜面が前記各受光部に対応するように前記受光層内に設けられ、入射角度に応じた光量を有する前記入射光を前記受光部に入射させるための凹凸構造を備えることを特徴とする固体撮像装置。
- [請求項2] 前記受光層は、前記受光部が形成される第1層と、前記凹凸構造を平坦化する第2層とを有し、
- 前記斜面は、前記第1層をエッチングすることにより形成された面であることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の固体撮像装置。
- [請求項3] 前記第1層は、単結晶シリコン層であることを特徴とする請求の範囲第2項に記載の固体撮像装置。
- [請求項4] 前記エッチングは、結晶異方性エッチングであり、
- 前記斜面は、前記単結晶シリコン層の結晶面であることを特徴とする請求の範囲第3項に記載の固体撮像装置。
- [請求項5] 前記第1層は、(100)面を当該固体撮像装置の表面に向けるように形成されるとともに、前記斜面は(111)面で形成されることを特徴とする請求の範囲第4項に記載の固体撮像装置。
- [請求項6] 前記凹凸構造は、凹部または凸部が複数配列して形成されていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の固体撮像装置。
- [請求項7] 前記斜面は、正四角錐状の凹部または凸部の斜面であることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の固体撮像装置。
- [請求項8] 前記斜面は、三角柱状の凹部または凸部の斜面であることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の固体撮像装置。
- [請求項9] シリコン基板上に熱酸化膜を形成する熱酸化膜形成工程と、

前記熱酸化膜上にシリコン層を形成するシリコン層形成工程と、

前記シリコン層の露呈された表面に、入射光を光電変換した信号電荷を蓄積するための受光部を複数配列した受光層を形成する受光層形成工程と、

前記シリコン層上に、前記受光部を制御する電極及び配線を有する配線層を形成する配線層形成工程と、

前記配線層上に支持基板を貼り合わせる支持基板貼合工程と、

前記シリコン基板を除去し、前記熱酸化膜を露呈させるとともに、前記酸化膜を所定のパターンにパターニングする熱酸化膜パターニング工程と、

パターニングされた前記熱酸化膜をマスクとして、前記シリコン層をエッチングすることにより、傾斜方向が対称な2種類の斜面が交互に配置され、前記斜面が前記各受光部に対応するように前記受光層内に設けられ、入射角度に応じた光量を有する前記入射光を前記受光部に入射させるための凹凸構造を前記シリコン層に形成するエッチング工程と、

前記凹凸構造上に、前記凹凸構造を平坦化する平坦化層を形成する平坦化層形成工程と、

を備えることを特徴とする固体撮像装置の製造方法。

[請求項10]

シリコン基板上に所定パターンの溝を形成する溝形成工程と、

前記溝が形成された面に熱酸化膜を形成する熱酸化膜形成工程と、

前記熱酸化膜を研削し、前記溝に対応する部分に前記熱酸化膜が埋め込まれ、かつ、前記シリコン基板の表面を露呈させる熱酸化膜研削工程と、

前記溝が形成された表面上に、シリコン層を形成するシリコン層形成工程と、

前記シリコン層の露呈された表面に、入射光を光電変換した信号電荷を蓄積するための受光部を複数配列した受光層を形成する受光層形

成工程と、

前記配線層上に支持基板を貼り合わせる支持基板貼合工程と、

前記シリコン基板とともに前記シリコン層を、前記溝に対応する部分に形成された前記熱酸化膜のパターンをマスクとしてエッチングすることにより、傾斜方向が対称な２種類の斜面が交互に配列され、前記斜面が前記各受光部に対応するように前記受光層内に設けられ、入射角度に応じた光量を有する前記入射光を前記受光部に入射させるための凹凸構造を前記シリコン層に形成するエッチング工程と、

前記凹凸構造上に、前記凹凸構造を平坦化する平坦化層を形成する平坦化層形成工程と、

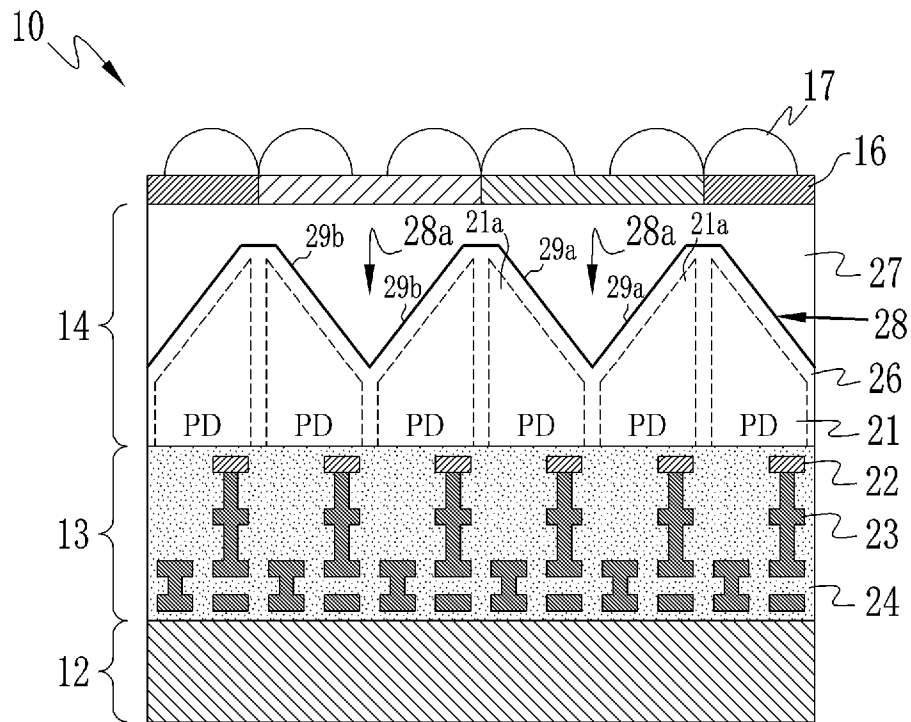
を備えることを特徴とする固体撮像装置の製造方法。

[請求項11]

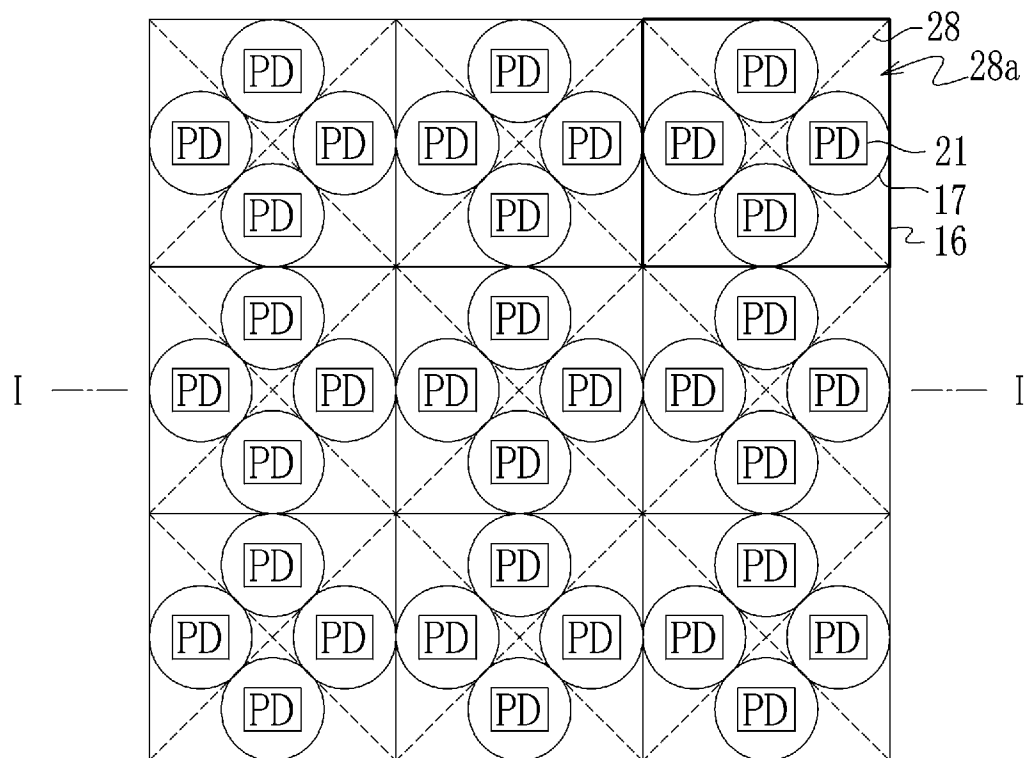
前記シリコン層は、シリコンをエピタキシャル成長させることによって形成される単結晶シリコン層であるとともに、

前記エッチング工程で行うエッチングは、結晶異方性エッチングであることを特徴とする請求の範囲第9項または第10項に記載の固体撮像装置の製造方法。

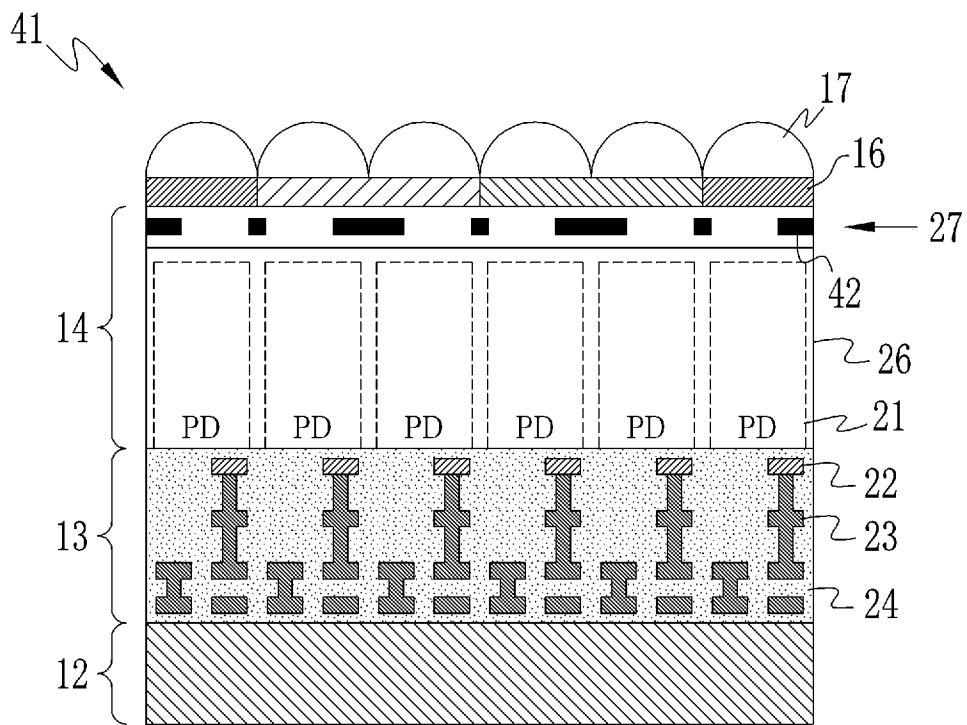
[図1]



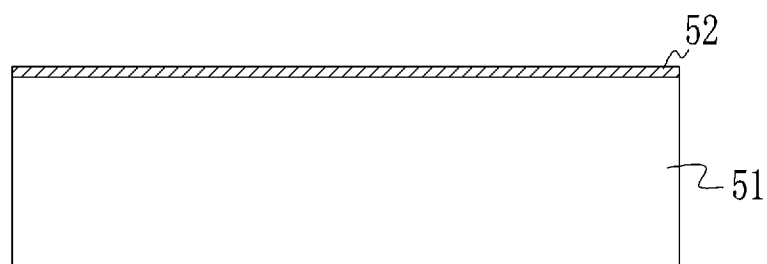
[図2]



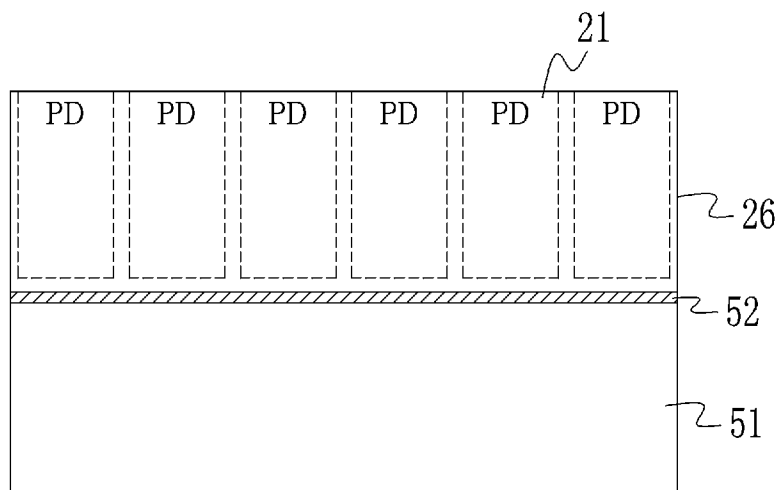
[図3]



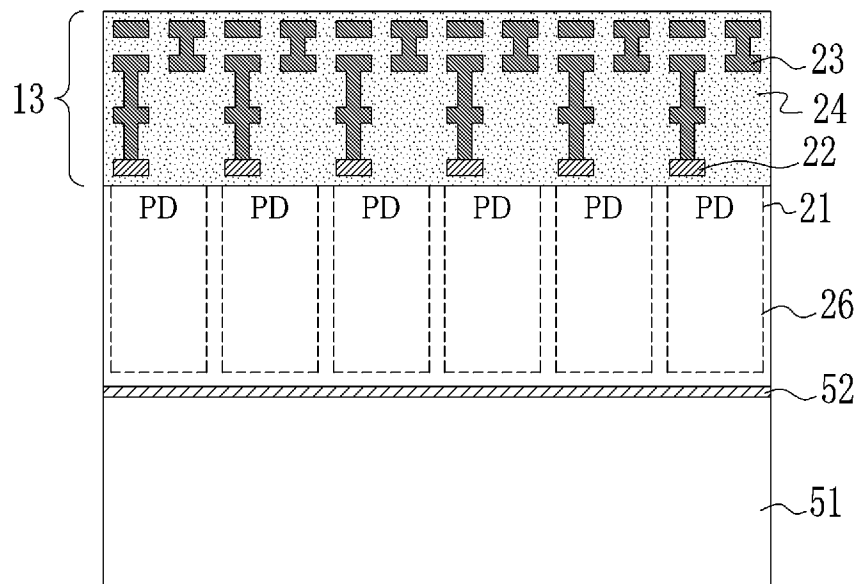
[図4A]



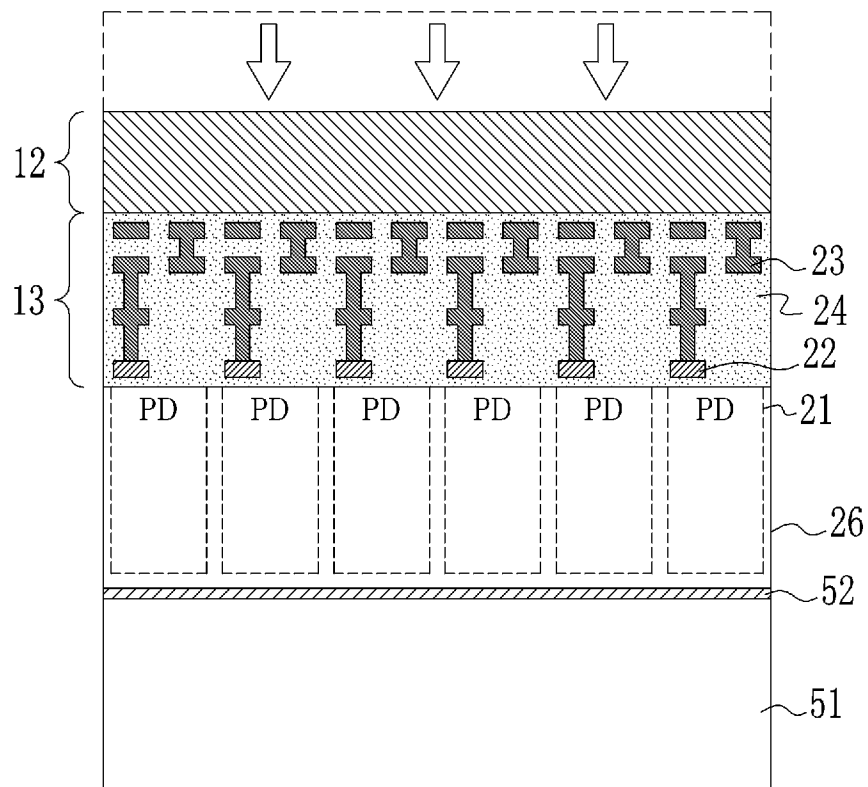
[図4B]



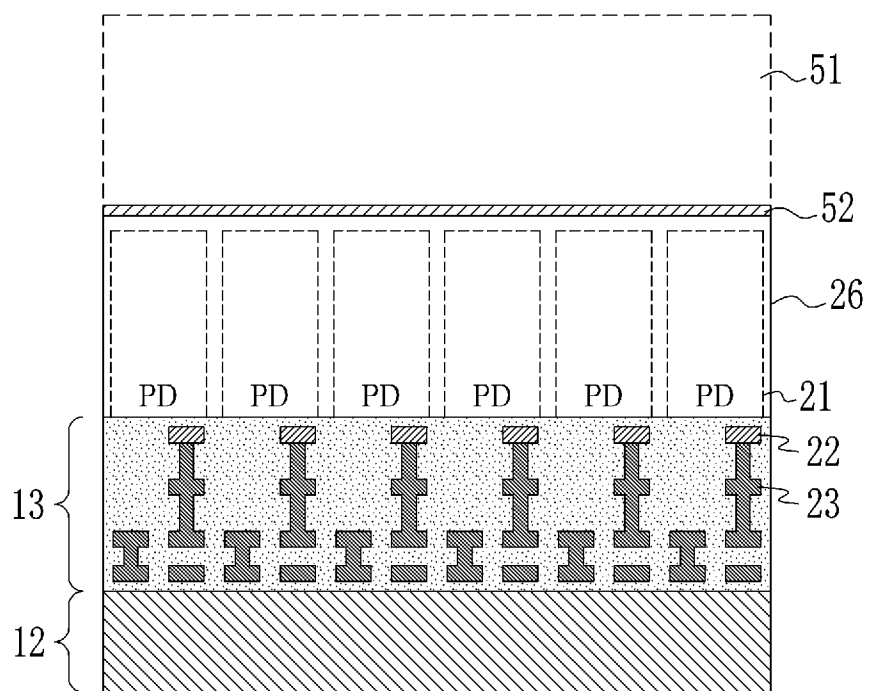
[図4C]



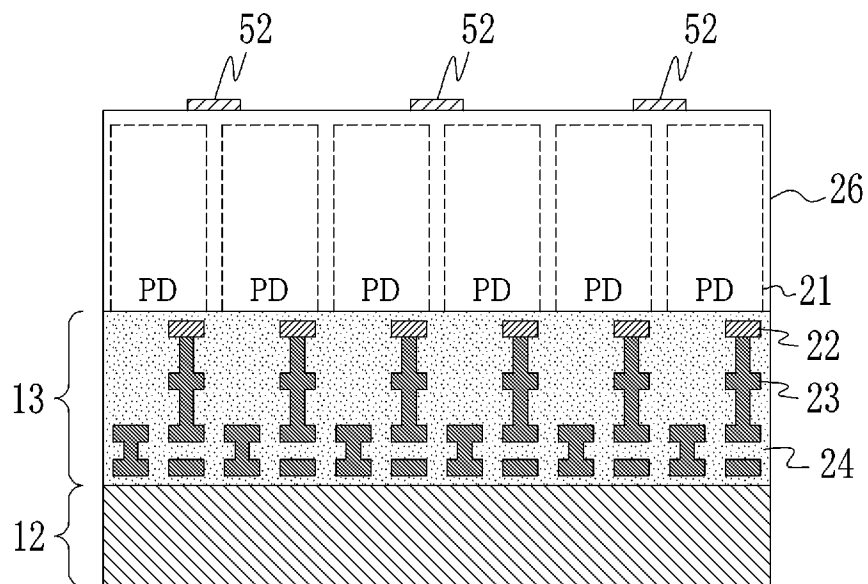
[図5A]



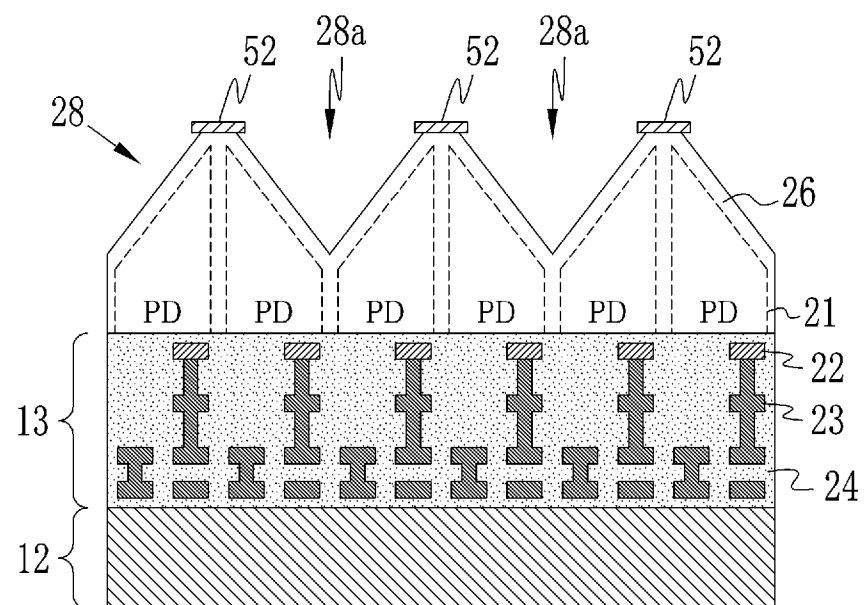
[図5B]



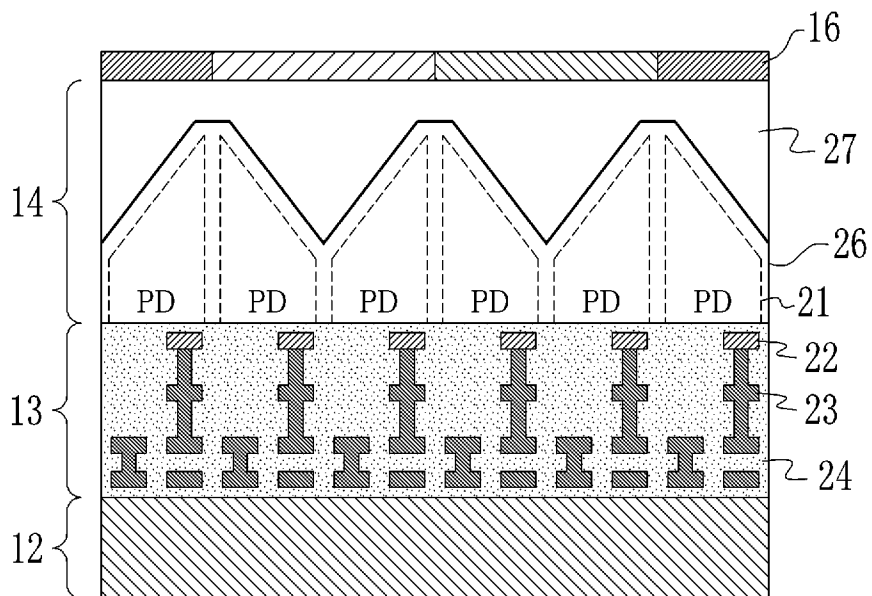
[図6A]



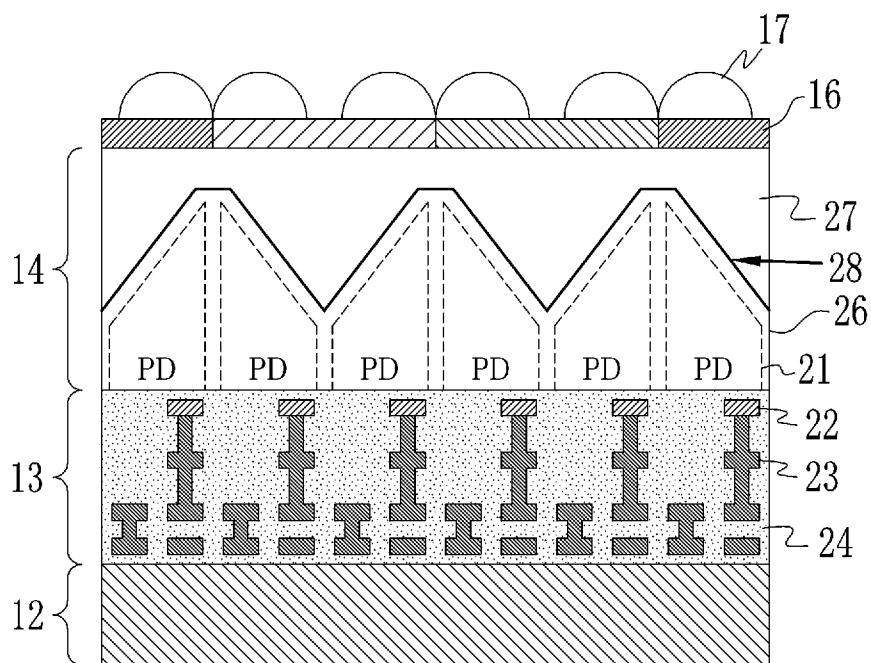
[図6B]



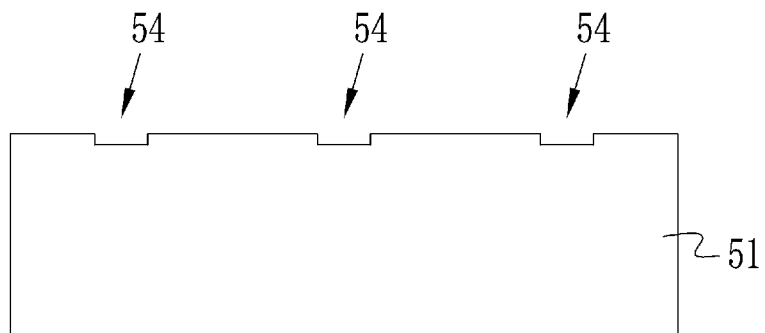
[図7A]



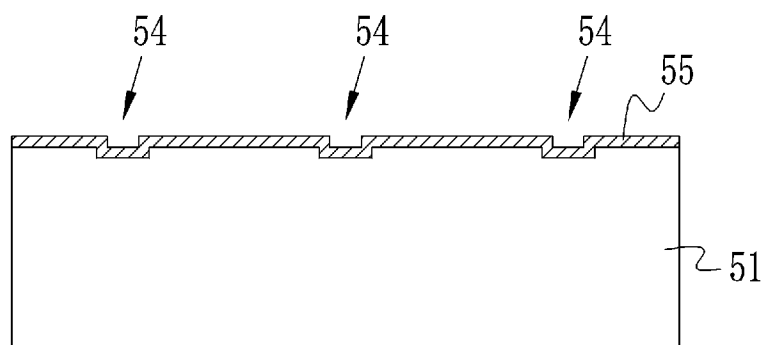
[図7B]



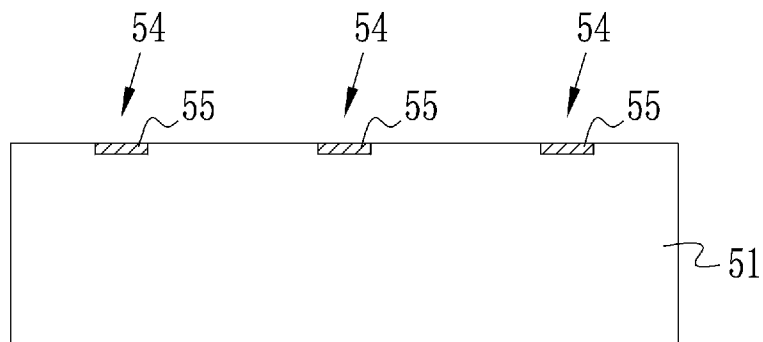
[図8A]



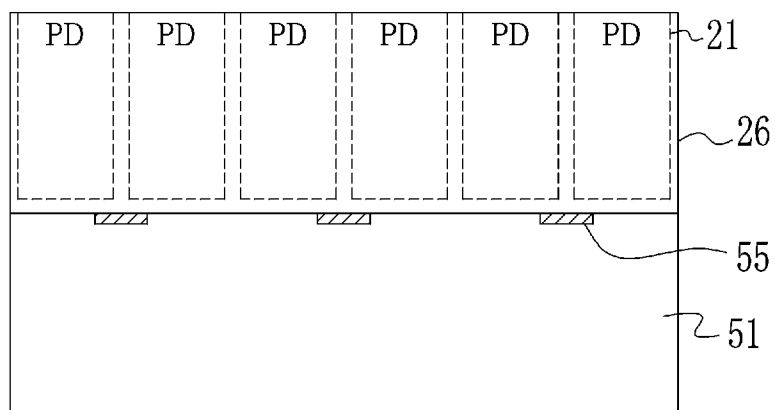
[図8B]



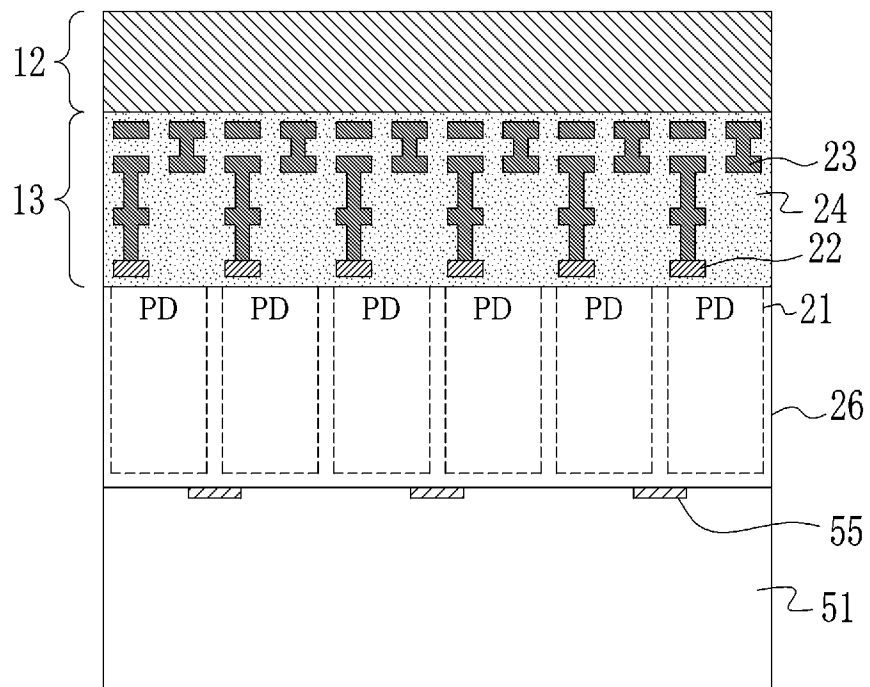
[図8C]



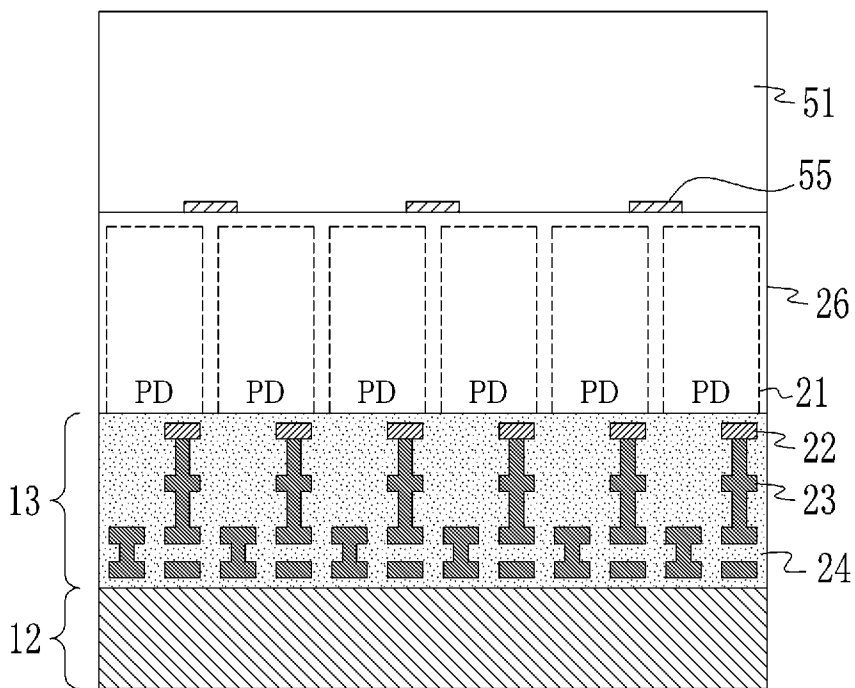
[図9A]



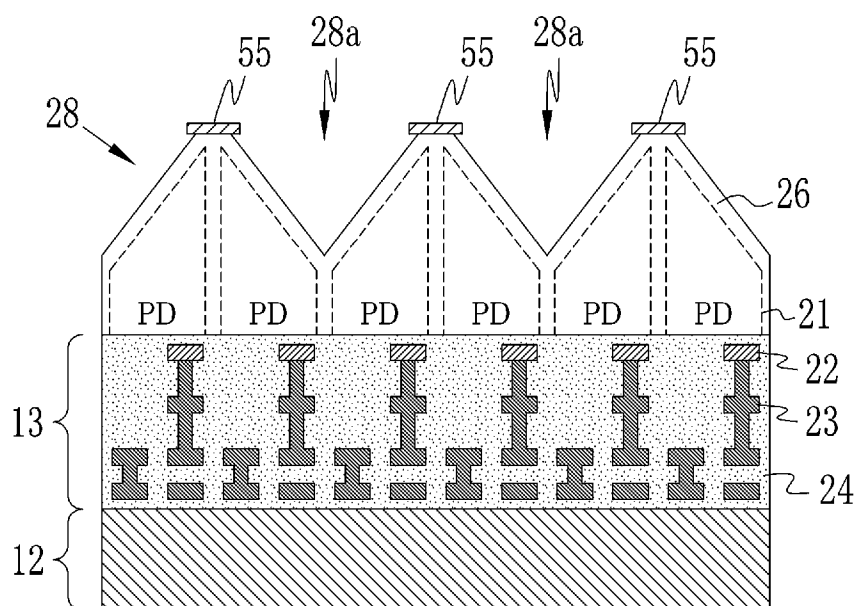
[図9B]



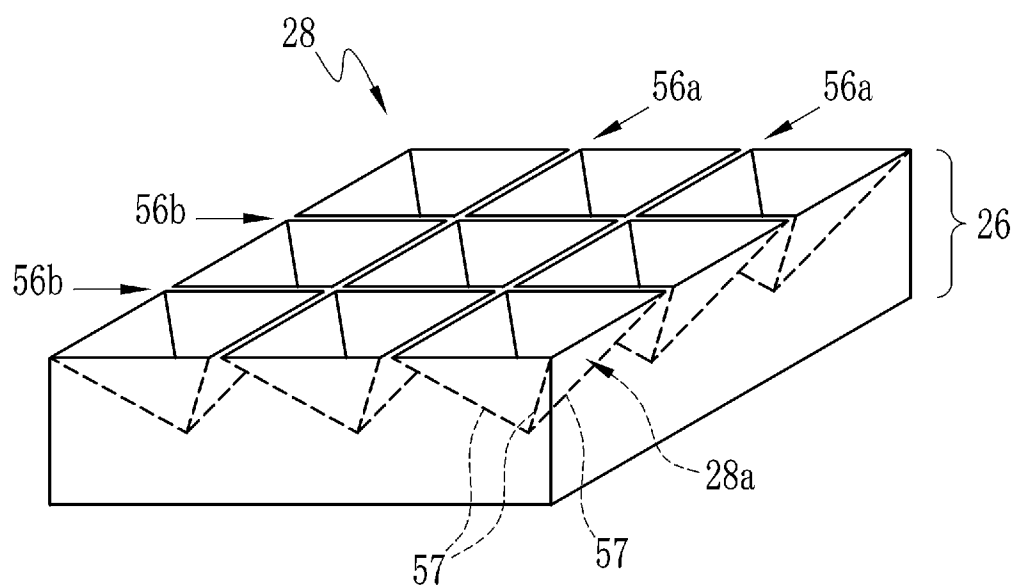
[図10A]



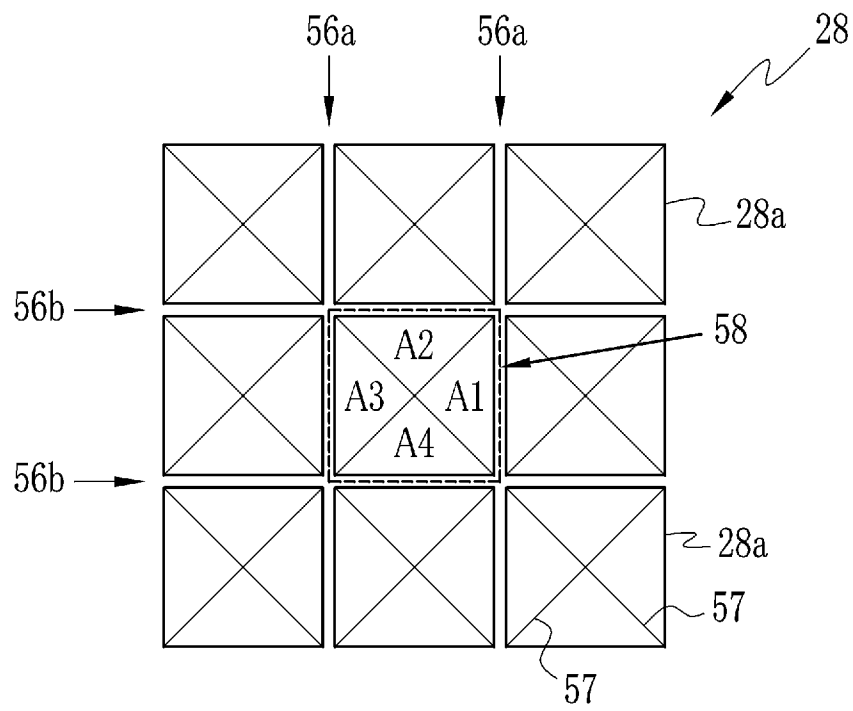
[図10B]



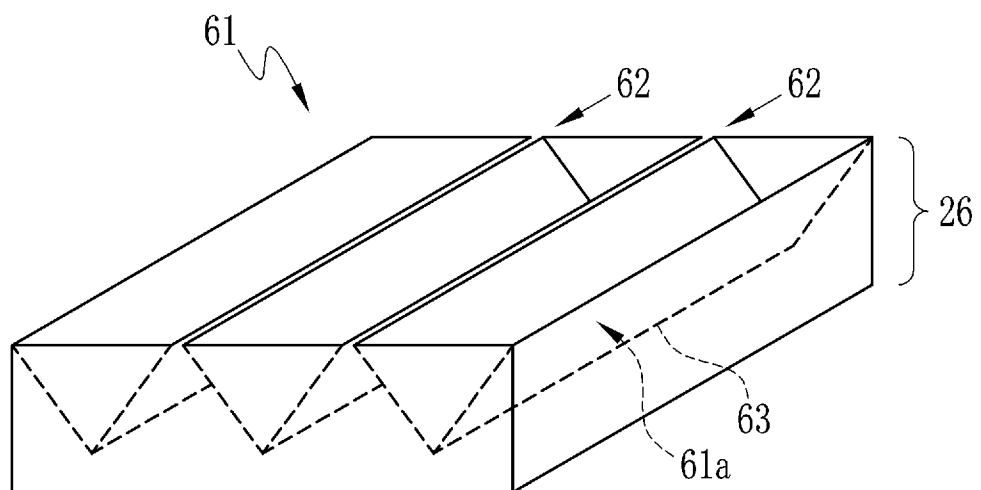
[図11]



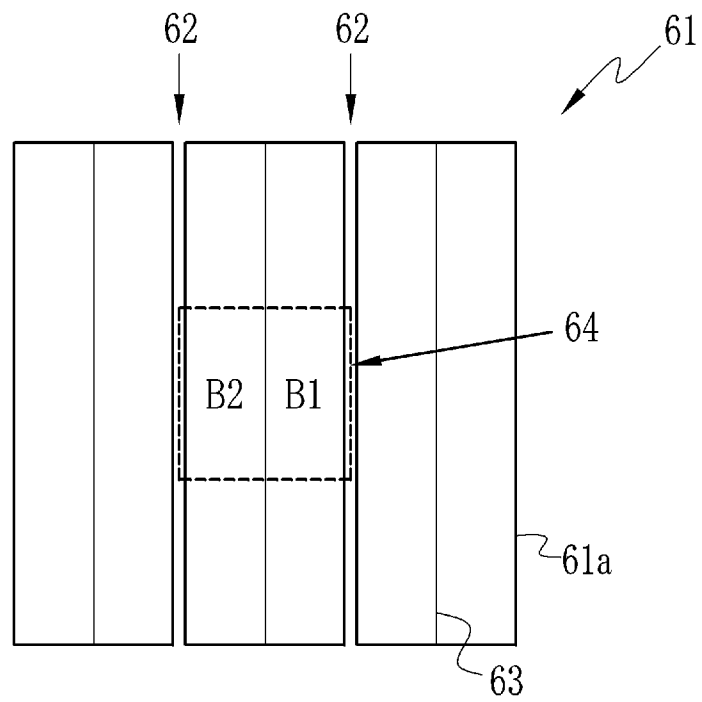
[図12]



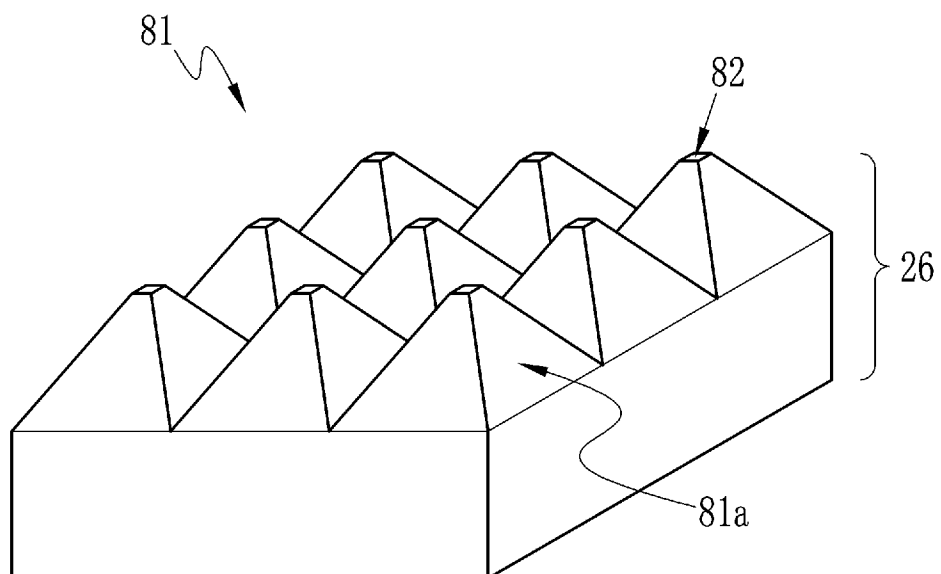
[図13]



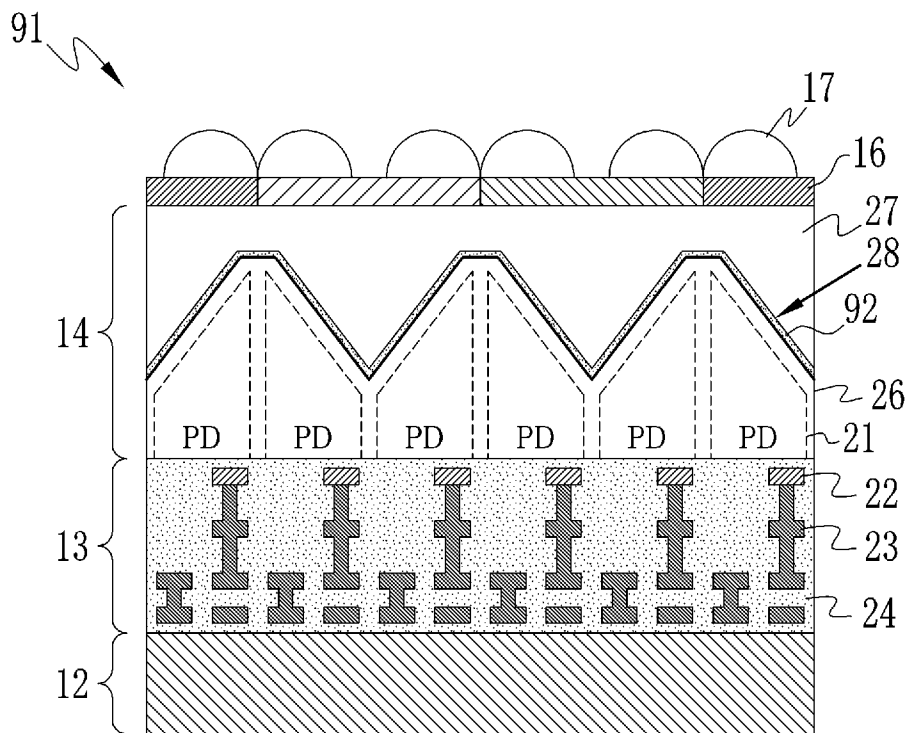
[図14]



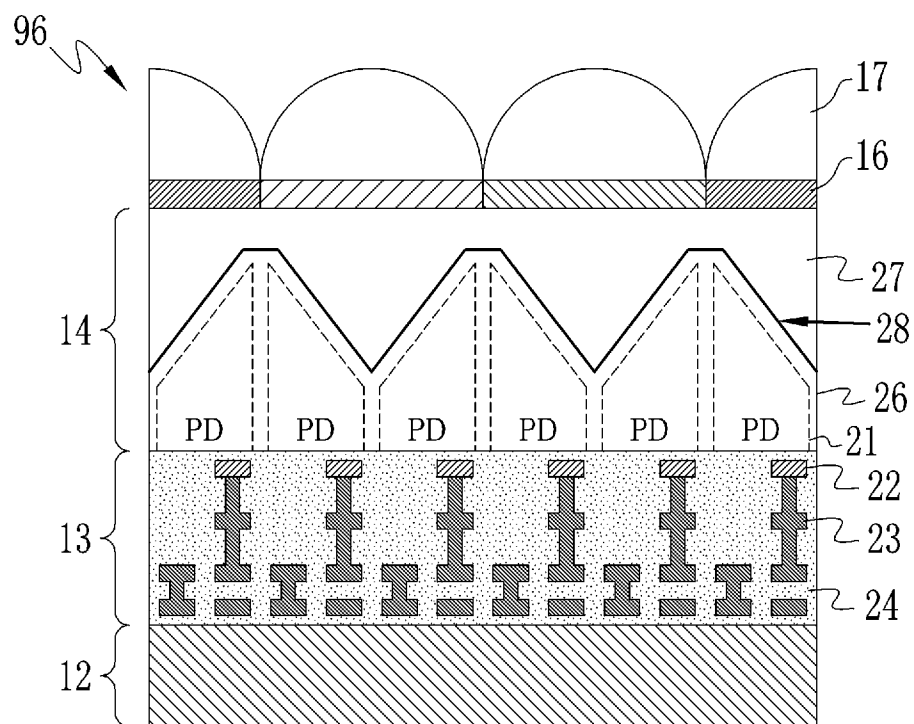
[図15A]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/055349

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L27/14 (2006.01) i, H04N5/369 (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)

H01L27/14-27/148

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
A	JP 2009-232392 A (Toshiba Corp.), 08 October 2009 (08.10.2009), fig. 1 to 4; paragraphs [0013] to [0026] & US 2009/0242951 A1 & CN 101546779 A	1-11
A	JP 2011-14773 A (Panasonic Corp.), 20 January 2011 (20.01.2011), fig. 1; paragraphs [0037] to [0054] & US 2011/0001207 A1	1-11
A	JP 2007-318002 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 06 December 2007 (06.12.2007), fig. 1; paragraphs [0018] to [0030] & US 2007/0272829 A1	1-11



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
19 March, 2012 (19.03.12)

Date of mailing of the international search report
03 April, 2012 (03.04.12)

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. H01L27/14(2006.01)i, H04N5/369(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. H01L27/14-27/148

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 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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
A	JP 2009-232392 A（株式会社東芝）2009.10.08, 【図1】－【図4】、【0013】－【0026】 & US 2009/0242951 A1 & CN 101546779 A	1-11
A	JP 2011-14773 A（パナソニック株式会社）2011.01.20, 【図1】、【0037】－【0054】 & US 2011/0001207 A1	1-11

☒ 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 9 . 0 3 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 4 . 2 0 1 2

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100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

行武 哲太郎

4 M

4 4 4 7

電話番号 03-3581-1101 内線 3462

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 2007-318002 A (松下電器産業株式会社) 2007. 12. 06, 【図 1】、【0 0 1 8】－【0 0 3 0】 & US 2007/0272829 A1	1-11