

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5676462号  
(P5676462)

(45) 発行日 平成27年2月25日(2015.2.25)

(24) 登録日 平成27年1月9日(2015.1.9)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 27/14 (2006.01)

H O 1 L 27/14 D

H O 1 L 27/146 (2006.01)

H O 1 L 27/14 A

H O 4 N 5/374 (2011.01)

H O 4 N 5/335 7 4 O

H O 4 N 5/369 (2011.01)

H O 4 N 5/335 6 9 O

G O 2 B 5/20 (2006.01)

G O 2 B 5/20 1 0 1

請求項の数 9 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2011-536307 (P2011-536307)  
 (86) (22) 出願日 平成21年10月30日(2009.10.30)  
 (65) 公表番号 特表2012-508977 (P2012-508977A)  
 (43) 公表日 平成24年4月12日(2012.4.12)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2009/005915  
 (87) 国際公開番号 W02010/056285  
 (87) 国際公開日 平成22年5月20日(2010.5.20)  
 審査請求日 平成24年6月18日(2012.6.18)  
 (31) 優先権主張番号 12/269,907  
 (32) 優先日 平成20年11月13日(2008.11.13)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 510215606  
 オムニヴィジョン テクノロジーズ イン  
 コーポレイテッド  
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95  
 054 サンタ クララ パートン ドラ  
 イヴ 4275  
 (74) 代理人 100070150  
 弁理士 伊東 忠彦  
 (74) 代理人 100091214  
 弁理士 大貫 進介  
 (74) 代理人 100107766  
 弁理士 伊東 忠重

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 色分解用の格子を有するイメージセンサ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

(a) 周期的に繰り返された複数のカーネルを有する画素のアレイであり、各カーネルは、光に応答して電荷を収集する n 個の電荷収集領域を含み、n は 2 以上である、画素のアレイ；及び

(b) 各カーネルに対して n 個の光学経路を有する、前記 n 個の電荷収集領域に跨る連続した透明層であり、前記 n 個の光学経路のうちの少なくとも 2 つは相異なり、各光学経路は異なる波長の光を所定の隣接する電荷収集領域に導き、光学経路の相違が、カーネル内の電荷収集領域の各々に色分解を提供する、透明層；

を有するイメージセンサ。

【請求項 2】

前記光学経路の相違は、前記透明層の透明材料の異なる厚さによって生成されている、請求項 1 に記載のイメージセンサ。

【請求項 3】

前記光学経路の相違は、前記透明層の透明材料の異なる屈折率によって生成されている、請求項 1 に記載のイメージセンサ。

【請求項 4】

前記 n 個の光学経路は互いに異なる、請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載のイメージセンサ。

【請求項 5】

前記電荷収集領域は活性層内に配置され、前記透明層は前記活性層の頂部の直に上にある、請求項 1 乃至 4 の何れか一項に記載のイメージセンサ。

【請求項 6】

前記透明層にわたって配置された第 2 の層を更に有し、前記第 2 の層は、前記透明層に接触する当該第 2 の層の表面とは反対側の表面において、平坦あるいは実質的に平坦な表面を有する、請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載のイメージセンサ。

【請求項 7】

前記第 2 の層にわたって配置された複数のマイクロレンズを更に有する請求項 6 に記載のイメージセンサ。

【請求項 8】

当該イメージセンサは撮像装置内に含まれている、請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載のイメージセンサ。

【請求項 9】

イメージセンサにおいて色分解を提供する方法であって：

(a) 周期的に繰り返された複数のカーネルを含む画素のアレイを設けるステップであり、各カーネルは、光に応答して電荷を収集する  $n$  個の電荷収集領域を含み、 $n$  は 2 以上である、ステップ；及び

(b) 各カーネルに対して  $n$  個の光学経路を有する、前記  $n$  個の電荷収集領域に跨る連続した透明層を設けるステップであり、前記  $n$  個の光学経路のうちの少なくとも 2 つは相異なり、各光学経路は異なる波長の光を所定の隣接する電荷収集領域に導き、光学経路差が、カーネル内の電荷収集領域の各々に色分解を提供する、ステップ；

を有する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して、画素群の粒（カーネル）に細分化された画素アレイを有するイメージセンサに関し、より具体的には、色分解を改善し且つ量子効率を向上させるようにカーネル内の画素群に対して複数の異なる光学経路を有する上述のようなイメージセンサに関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、CMOS プロセスを用いて製造されるイメージセンサの画素が一層小さい寸法へとスケールされるに連れて、3つの画素を用いる撮像装置（イメージャ）の幾つかの性能特性が低下してきている。特に量子効率（QE）である 1つの性能特性は急速に低下する。この性能損失は、画素アレイの頂部のカラーフィルタアレイ（CFA）の付加に伴って悪化する。CFAの目的は、入射光の色分解を可能にして、カラー画像を再構成する能力を提供することである。しかしながら、所与の波長で、フィルタの大部分は吸収性である。故に、如何なる所与の波長も実効的に、画素アレイ上に一連の微小な開口（アパーチャ）を見ることになる。画素ピッチが縮小するに連れ、CFAパターン内のこの実効的な開口のサイズは可視光の波長と同等になる。光の回折は、光を隣接画素へと発散させ、標的とするカラー画素の実効的なQEを低下させる。例として、図1aを考察する。入射赤色光に対し、青色画素103及び緑色画素101、104の青及び緑のCFAは実効的に遮断的である。ベイヤー（Bayer）パターン105に関し、図1bは、これが赤色光用の赤色画素102上に微小な開口112を作り出すことを示している。CFAは、光子が電荷キャリアに変換されるイメージセンサの活性層上で有限な距離だけ離間されて位置付けられるため、特に2  $\mu$ m未満の画素ピッチでは、回折により、入射赤色光は隣接する青色及び緑色の画素内に広げられてしまう。回折は、色を分解するCFAの有効性を損ね、色のクロストーク（カラークロストーク）を増大させる。回折はまた、赤色画素のQEを実効的に低下させる。

【0003】

図 2 は、従来技術を、裏面照射型イメージセンサの赤及び緑の C F A を通る 4 p m o s 画素の断面図で示している。これはまた、発明の詳細な説明において本発明を説明するための基準点としても使用される。

#### 【 0 0 0 4 】

なおも図 2 を参照するに、光生成電荷キャリアが収集される箇所となるフォトダイオード 2 0 0 が示されている。読み出しのとき、電荷キャリアは、転送ゲート 2 0 1 の電圧を調整することによって浮遊拡散層（フローティングディフュージョン）2 0 5 に電氣的に転送される。浮遊拡散層信号はソースフォロアトランジスタ 2 0 3 の入力に与えられる。ソースフォロア 2 0 3 の低インピーダンス出力が、出力ライン 2 0 4 を駆動する。読み出し後、浮遊拡散層 2 0 5 内の信号は、リセットゲート 2 0 2 の電圧を制御することによって、リセットドレイン 2 1 3 内に注ぎ込まれて空（エンプティ）にされる。光生成電荷キャリアは、フォトダイオード同士の間、側壁アイソレーション 2 1 0 によって、最も近いフォトダイオード 2 0 0 内に導かれ、デバイス層内でのカラークロストークが抑制される。暗電流を抑制するため、シリコンとフォトダイオード 2 0 0 近傍の誘電体との間の表面に、薄いピン止め（ピニング）層 2 1 2 が存在している。やはり暗電流を抑制するため、側壁アイソレーション 2 1 0 に沿って、薄い n ドーピング層 2 1 1 が存在している。入射光 2 5 0 は、先ずカラーフィルタアレイ層 2 3 0 を通過し、その後、反射防止コーティング層 2 2 2、典型的に二酸化シリコンであるスペーサ層 2 2 1 を通過してから、アクティブな活性デバイス層 2 2 0 に到達する。しかしながら、光学スタック 2 2 1、2 2 2 及び 2 3 0 は、用途に応じて、より多くの層又はより少ない層で構成されることも可能であり、しばしば、頂部層にマイクロレンズアレイを含む。図 3 は、図 2 の非共有ピン止めフォトダイオード構造の単一の画素を模式的に示している。

#### 【 0 0 0 5 】

図 4 は、ベイヤーパターンを有する従来技術に係る 1 . 1  $\mu$  m 画素アレイの Q E についてのシミュレーション結果を示している。青色画素 1 0 3 に関する青色応答曲線 5 0 3 のピーク Q E は 4 0 % である。緑色画素 1 0 1、1 0 4 に関する緑色応答曲線 5 0 1、5 0 4 のピーク Q E は 3 5 % である。赤色画素 1 0 2 に関する赤色応答曲線 5 0 2 のピーク Q E は 2 3 % である。これらのシミュレーションにおいて、誘電体スペーサ層 2 2 1 の厚さは 0 . 5  $\mu$  m である。誘電体スペーサ 2 2 1 の厚さを増大させることは、より低いピーク Q E と増大されたカラークロストークとをもたらし、性能を低下させる。

#### 【 0 0 0 6 】

現在既知の利用されているイメージセンサは満足できるものではあるが、上述の欠点を解決することが望まれる。

#### 【 発明の概要 】

#### 【 発明が解決しようとする課題 】

#### 【 0 0 0 7 】

本発明は、C F A をバイナリー光学経路格子（グレーティング）で置換することによって、隣接画素間でのカラークロストークを改善するとともに Q E を高めることを目的とする。実効的な Q E は 1 0 0 % より高くなり得る。

#### 【 課題を解決するための手段 】

#### 【 0 0 0 8 】

この目的は、或る特定の波長に関し、イメージセンサ上に当たる光強度が、カラーカーネル内の 1 つの画素の表面近傍で建設的に干渉し、且つ該カラーカーネル内のその他の画素で相殺的に干渉するように、カラーカーネル内の各画素の光学経路差を調整することによって達成される。別の特定の波長においては、光は、カラーカーネル内の第 2 の画素の表面近傍で建設的に干渉し、且つ該カラーカーネル内のその他の画素で相殺的に干渉する。

#### 【 0 0 0 9 】

本発明の上述及びその他の目的、特徴及び利点が、本発明の例示的な実施形態を図示して説明する図面と関連付けて以下の詳細な説明を読んだ当業者に明らかになるであろう。

## 【発明の効果】

## 【0010】

本発明は、隣接画素間でのカラークロストークを改善するとともにQEを高めるという利点を有する。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0011】

本明細書は、本発明の主題を具体的に指摘し且つはっきりと主張する請求項で締めくくものであるが、本発明は、以下の図を含む添付の図面に関連付けて以下の説明を読むことにより、一層十分に理解されるであろう。

【図1a】従来技術に係るベイヤーカラーフィルタアレイパターンを示す図である。

10

【図1b】従来技術に係るベイヤーカラーフィルタアレイパターンを示す図である。

【図2】ベイヤーCFAパターンの赤色及び緑色の部分を通るように切断された、従来技術に係る、裏面照射型イメージセンサの4つの画素の断面を示す図である。

【図3】従来技術に係るpmos非共有画素を模式的に示す図である。

【図4】ベイヤーカラーフィルタアレイのQEを波長に対してプロットした図である。

【図5】本発明の第1実施形態を示す図であり、この平面図は、光学経路グレーティングを備えた画素アレイを示している。W、X、Y及びZは、カラーカーネル内の各画素上の透明層の相異なる厚さを表す。

【図6】光学経路グレーティング(W、X、Y及びZ)を備えたカラーカーネルの平面図と画素デバイス構造との異なる細部を示す図である。

20

【図7】光学経路グレーティングのカラーカーネルの赤色及び緑色の部分(Y及びZ)を通るように切断された、裏面照射型イメージセンサの4つの画素の断面を示す図である。

【図8】1.1 $\mu$ m画素に関して図5のカラーカーネル内の各画素のQEを波長に対してシミュレーションしてプロットした図である。

【図9a】カラークロストークを改善し且つ所与の波長で100%以上の所与の画素のQE値をもたらすために、どのように建設的干渉及び相殺的干渉が使用されるかを例示する図である。図5のカラーカーネルに関して、4つの異なる波長での、シリコン表面のすぐ上での光の強度プロットが示されている。このプロットは平面図であり、光は法線入射である。このプロットでの波長は420nmである。

【図9b】図9aと同様の図であり、このプロットでの波長は470nmである。

30

【図9c】図9aと同様の図であり、このプロットでの波長は590nmである。

【図9d】図9aと同様の図であり、このプロットでの波長は650nmである。

【図10】光学経路グレーティングを製造する一手法の開始時を示す図である。各々が4つの画素を含む2つの断面が示されている。一方の断面は、図5の画素303及び304を通るように切断されたものであり、他方の断面は、図5の画素301及び303を通るように切断されたものである。

【図11】マイクロレンズを備えた光学経路グレーティングを示す3D図である。

【図12a】透明層の上にマイクロレンズを配置する手法を例示する図である。

【図12b】透明層の上にマイクロレンズを配置する手法を例示する図である。

【図13a】透明層にマイクロレンズパターンを転写する手法を例示する図である。

40

【図13b】透明層にマイクロレンズパターンを転写する手法を例示する図である。

【図14a】第1のエッチングを実行する手法を例示する図である。

【図14b】第1のエッチングを実行する手法を例示する図である。

【図15a】第2のレジストがパターニングされた後に光学経路グレーティングを製造する手法を例示する図である。

【図15b】第2のレジストがパターニングされた後に光学経路グレーティングを製造する手法を例示する図である。

【図16a】第2のエッチング工程後の最終的な光学経路グレーティングを例示する図である。

【図16b】第2のエッチング工程後の最終的な光学経路グレーティングを例示する図で

50

ある。

【図 17】異なる屈折率を有する 2 つの材料とマイクロレンズアレイとを用いた光学経路グレーティングを示す 3D 図である。

【図 18】異なる屈折率を有する 2 つの材料と、4 つの画素を覆うように単一のマイクロレンズが配置されるマイクロレンズアレイとを用いた光学経路グレーティングを示す 3D 図である。

【図 19】図 7 のイメージセンサアレイを有する撮像装置を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

ここで定義される光学経路は：

$$\text{光学経路} = n \times d \quad (1)$$

である。ただし、 $n$  は屈折率であり、 $d$  は光が通過する材料の厚さである。

【0013】

次いで、図 7 を参照するに、本発明の第 1 実施形態に係るイメージセンサのイメージセンサアレイ 401 の一部が示されている。なお、この断面図は、単純にするため、4 つの画素のみを示しているが、イメージセンサアレイ 401 は典型的に何千又は何百万もの画素を含んでいる。また、イメージセンサアレイ 401 は典型的に、図 19 にて議論するように、アクティブピクセルセンサの一部である。再び図 7 を参照するに、イメージセンサアレイ 401 は、活性層 420 に配置された複数の画素 301 及び 302 を含んでいる。画素 301 及び 302 は好ましくは、詳細に後述するように、アレイ全体にわたって繰り返される  $2 \times 2$  のアレイに共にグループ化される。この  $2 \times 2$  アレイのことを以下ではカラーカーネルと呼ぶ。 $2 \times 2$  アレイが好ましいが、その他のカラーカーネルサイズも使用され得る。各画素 301 及び 302 は、入射光 250 を受け取る活性層の表面から僅かに離隔して配置された、好ましくはピン止め (pinned) フォトダイオード 400 である電荷収集領域を含んでいる。活性層 420 の照射側とは反対側にポリシリコンゲート 401、402、403 及び金属配線 404 を含む構成は、裏面照射型と呼ばれている。ピン止めフォトダイオード 400 は入射光に応答して電荷を収集する。ピン止めフォトダイオード 400 はピン止め (ピニング) 層 412 を含み、ピニング層 412 は、その上に配置された反対導電型のドープト領域の下にある。この好適実施形態ではピン止めフォトダイオード 400 及び裏面照射型が用いられているが、フォトダイオードが電荷収集領域として用いられてもよく、表面照射型が電荷収集領域として用いられてもよい。これらは何れも周知であるので、ここでは説明しないこととする。

【0014】

駆動されるとき、転送ゲート 401 は、ピン止めフォトダイオード 400 から電荷 - 電圧変換領域 405 へと電荷を通す。電荷 - 電圧変換領域 405 は、好ましくは浮遊拡散層 (フローティングディフュージョン) であり、電荷を電圧信号に変換する。好ましくはソースフォロア増幅器である増幅器又はバッファ 403 が上記電圧を、更なる処理のために出力ライン上に通す。リセットゲート 402 は、浮遊拡散層 405 を所定の信号レベルにリセットするために駆動される。

【0015】

詳細に後述するように、変化する厚さを有する透明な格子 (グレーティング) 層 300 が、入射光 250 を活性層 420 内に導くように、画素 301 及び 302 (並びに、この図に示していない画素群) に跨って配置されている。この透明層は、二酸化シリコン、窒化シリコン又は透明有機材料の何れかで製造され得る。

【0016】

図 5 のイメージセンサアレイ 401 (一般に、画素アレイとも称される) の平面図を参照するに、上に透明層を重ねられた  $2 \times 2$  のカラーカーネル 310 が示されている。透明層 300 (図 7 参照) の厚さは、カラーカーネル 310 内の各画素 301、302、303 及び 304 (4 つ全ての画素については図 5 及び 6 を参照) の上で異なっている (Y、Z、W 及び X)。これは 4 つの光学経路を作り出す。本発明はその好適実施形態において

10

20

30

40

50

は厚さを用いて異なる光学経路を作り出しているが、異なる屈折率を有する複数の材料が、異なる光学経路を作り出すために用いられてもよい。例において、Y、Z、W及びXについて二酸化シリコンの透明層300の厚さは、それぞれ、 $2.5\mu\text{m}$ 、 $3.0\mu\text{m}$ 、 $1.5\mu\text{m}$ 及び $2.0\mu\text{m}$ である。従って、4つの光学経路が作り出される。青色光は、画素303の上だけで建設的に干渉し、この画素内に効率的に導かれる。同様に、緑青色光は画素301内に導かれ、緑赤色光は画素304内に導かれ、赤色光は画素302内に導かれる。なお、透明層300の繰り返しパターンは、画素のカーネルごとに繰り返される。

#### 【0017】

図6は、カラーカーネル310内の4つの画素301、302、303及び304と、イメージャ表面の下に埋め込まれたデバイス要素との、より詳細な平面図を示している。これらの要素は、フォトダイオード400と、転送ゲート401と、リセットゲート402と、ソースフォロア403と、ソースフォロア出力404と、浮遊拡散層405と、側壁アイソレーション410と、リセットドレイン413と、金属配線群(図示せず)からゲート401、402、403及びソース/ドレイン注入領域405、413、404へのコンタクト群350とを含んでいる。これらのデバイス要素は、図7の断面図にも示されている。光学スタックは単純に透明層300である。図7の断面図中には、2つの高さY及びZのみが存在している。

#### 【0018】

図8は、図5-7により説明した本発明の第1実施形態を用いた $1.1\mu\text{m}$ 画素アレイについて、QEのシミュレーション結果を示している。青色画素303に関する青色応答曲線603のピークQEは120%である。緑/青色画素301に関する緑/青色応答曲線601のピークQEは116%である。緑/赤色画素304に関する緑/赤色応答曲線604のピークQEは105%である。赤色画素302に関する赤色応答曲線602のピークQEは86%である。建設的干渉及び相殺的干渉を利用するように光学経路が調整されているので、所与の波長に対するQEは、所与の画素に対して100%より大きくなり得る。

#### 【0019】

図9a-9dは、建設的干渉及び相殺的干渉がどのようにして100%より大きいピークを有するQEカーブを生じさせるかを示している。照射側のシリコン活性層420のすぐ上での光強度の4つの平面プロットが、相異なる波長に関して示されている。青色光( $420\text{nm}$ )では、大部分の光強度703が画素303上にある。同様に、緑/青色光( $470\text{nm}$ )では、大部分の光強度701が画素301上にある。やはり同様に、緑/赤色光( $590\text{nm}$ )では、大部分の光強度704が画素304上にある。最後に、赤色光( $650\text{nm}$ )では、大部分の光強度702が画素302上にある。

#### 【0020】

光学経路グレーティングを視覚化する助けとなるよう、図10は、図5-7の $4\times 4$ 画素の切断図を示している。活性層420の頂部上の光学スタック300を明瞭に視認することができる。単一のカラーカーネル内の4つの画素(301、302、303及び304)は、4つの透明な柱部分(ピラー)間の高低差1050によって識別される。

#### 【0021】

図8に示すように、青、緑/青、緑/赤、及び赤の応答曲線(603、601、604及び602)のピークQEは、それぞれ、 $440\text{nm}$ 、 $485\text{nm}$ 、 $585\text{nm}$ 及び $645\text{nm}$ の波長の位置にある。これは法線(垂直)入射の場合である。残念ながら、入射光の角度を法線入射から離れるように傾けることは、異なる画素の光学経路の差を増大させる。これは、建設的干渉及び相殺的干渉の細部を変化させ、異なる応答曲線でQEがピークとなる波長に僅かな差異を生じさせる。ピーク位置の差異は、傾斜角の増大に伴って更に増大する。このイメージャがカメラシステム内に配置されるとき、画素アレイの中心にある主光線は法線入射であるが、アレイのエッジ近傍では主光線の角度が $30^\circ$ を超え得る。応答曲線は傾斜角に依存するので、これは、常に補正することが容易であるわけではな

10

20

30

40

50

い画像を横切っての色ズレ（色相シフト）をもたらす。

【 0 0 2 2 】

入射光の傾斜角の変化に伴う色相シフトを最小化するための手法が幾つか存在する。1つの手法は、より多くの高低差を用いてバイナリー光学経路グレーティングを精緻化し、この精緻化されたシステムを最適化するものである。これは、透明層内により多くの取り得る高さを設けるために、より多くのエッチングを必要とする。この精緻化はまた、画素を複数のサブピクセル領域に分割することを伴う。例えば、8つの取り得る高さが存在し、且つ各画素が16個の正方形の小領域に分割される場合を検討する。これは、4画素では、512の自由度を光学スタックに与える。数値シミュレーションを用いて、或る範囲の波長に対して全てのケースをモデル化し、4画素の良好な色分解が得られ且つ色相シフトが最小化されるようにシステムを最適化することができる。しかしながら、色相シフトを最小化することをシステムに強いることは、各画素上の光学経路を同一にすることを強いることと同じである。この問題に対する解決策は、シリコン表面のすぐ上に焦点を有するマイクロレンズのように見えるものである。バイナリー光学技術を用いてマイクロレンズのような構造を作り出す代わりに、単純に一連の連続したマイクロレンズを作り出すことは一層容易である。

10

【 0 0 2 3 】

図11は、図10の光学経路グレーティングと同様の光学経路グレーティングを示しており、画素間の光学経路差は1250であり、各画素上にマイクロレンズ1210が存在している。この新たな構造は、傾斜角の変化に伴う色相変化に関して、より良好な性能を有する。

20

【 0 0 2 4 】

図12 - 16は、図11に示したようなマイクロレンズの形状をした湾曲表面を有する光学経路グレーティングを製造する一手法を示している。なお、図12 - 16は、これらの図では直接的に示さないが図10、11、17及び/又は18で示した符号によって参照して、変化を記述する。以下にて説明する手順は、ベイヤークファのリソグラフィ工程より少ない数のリソグラフィ工程のみを必要とする。図12aは、カラーカーネルの画素303及び304を通る断面の4つの画素を示し、図12bは、カラーカーネルの画素301及び302を通る断面の4つの画素を示している。活性層420内のデバイスの製造は完了しており、裏面照射型イメージャは薄化されている。活性層420の照射側に、Dより大きい厚さの二酸化シリコン又はその他の透明層300が成長あるいは堆積されている。層300の頂部は、パターンニングされたマイクロレンズアレイ1025である。このマイクロレンズアレイを製造する方法は、マイクロギャップパターンニング、リフロー及びグレイスケールフォトリソグラフィを含め、多数存在する。

30

【 0 0 2 5 】

図13a - 13bは、マイクロレンズ表面を透明層材料に転写する1:1の指向性のエッチング後の二酸化シリコン層300を示している。マイクロレンズのエッジにおける層300の厚さはDである。レジスト層1020が、イメージアレイの一部に塗布され、画素301及び302がレジスト1020で覆われるようにパターンニングされる。このパターンは、画素303及び304内の透明層300を露出させる。露出された透明層300は21030の厚さエッチングされる。

40

【 0 0 2 6 】

図14a - 14bは共に、透明層の21030の厚さが、前段落にて説明したようにエッチング除去された後の断面図を示している。

【 0 0 2 7 】

図15a - 15bは、パターンニングされたレジスト1020が、前段落で説明したように第1のエッチングで除去された後の、当該プロセスにおける次工程を示している。第2のレジスト層1040がイメージアレイに塗布され、パターンニングされる。このパターンは、画素301、303内の透明層300を露出させ、画素302及び304内の透明層300を覆う。露出された透明層はエッチング除去される。

50

## 【 0 0 2 8 】

図 1 6 a - 1 6 b は共に、透明層の 1 0 5 0 の厚さが、前段落にて説明したようにエッチング除去された後の断面図を示している。レジスト 1 0 4 0 ( 図 1 5 ) は除去されている。透明層の最終的な厚さは、画素 3 0 2、3 0 1、3 0 4 及び 3 0 3 に関して、それぞれ、D、D - 、D - 2 、及び D - 3 である。

## 【 0 0 2 9 】

図 1 1 の光学経路グレーティングは、図 1 0 の光学経路グレーティングより優れた色相シフト性能を有するが、透明材料は 1 0 0 % 透明であるわけではないので、角度が急になると、透明材料の最も高いピラー ( 画素 3 0 2 ) が、より短いピラー群 ( 画素 3 0 1、3 0 4 及び 3 0 3 ) の上に影を落とすことになる。このシャドーイングは、光学経路長の変化を根本的要因とする色相シフトに代えて、短めの画素上の光強度の低下を根本的要因とする色相シフトを生じさせる。

10

## 【 0 0 3 0 】

図 1 7 は、シャドーイング及び光学経路長の差異に起因する色相シフトを最小化する一手法を示している。元の光学経路グレーティング 3 0 0 とマイクロレンズ 1 4 3 0 との間に、第 2 の透明材料 1 3 2 0 が挿入されている。カラーカーネル内の異なる画素間の光学経路差を維持するため、2 つの材料 ( 3 0 0 及び 1 3 2 0 ) の屈折率は異ならなければならない。マイクロレンズアレイ 1 4 3 0 は、層 1 3 2 0 の平坦な表面の頂部に配置されている。平面的なマイクロレンズアレイにより、シャドーイングに起因する問題が排除される。

20

## 【 0 0 3 1 】

最後に、図 1 8 は、マイクロレンズ 1 5 3 0 のサイズが、個々の画素 ( 3 0 1、3 0 2、3 0 3 及び 3 0 4 ) ではなく、カラーカーネルのサイズに等しいことを除いて、図 1 7 と同様の構造を示している。これは、各マイクロレンズ 1 5 3 0 からの光束を各光学グレーティングブロック ( 3 0 1、3 0 2、3 0 3 及び 3 0 4 ) を通るように合焦することで、色相シフトが更に低減されるという利点を有する。

## 【 0 0 3 2 】

図 1 9 は、本発明に係るイメージセンサアレイ 4 0 1 とともに使用され得る撮像システムのブロック図である。撮像システム 1 2 0 0 は、デジタルカメラ付き電話 1 2 0 2 及び計算装置 1 2 0 4 を含んでいる。デジタルカメラ付き電話 1 2 0 2 は、本発明を組み入れたイメージセンサを使用することができる画像捕捉装置の一例である。例えばデジタルスチルカメラ及びデジタルビデオカメラなどの他の種類の画像捕捉装置も、本発明とともに使用され得る。

30

## 【 0 0 3 3 】

デジタルカメラ付き電話 1 2 0 2 は、本発明に従った一実施形態において、可搬式、手持ち式、電池駆動の装置である。デジタルカメラ付き電話 1 2 0 2 は、メモリ 1 2 0 6 に格納されるデジタル画像を作り出す。メモリ 1 2 0 6 は、例えば、内蔵フラッシュ E P R O M メモリ、又は取り外し可能なメモリカードとし得る。代替的に、メモリ 1 2 0 6 を実装するために、例えば磁気ハードドライブ、磁気テープ又は光ディスクなど、他の種類のデジタル画像記憶媒体も使用され得る。

40

## 【 0 0 3 4 】

デジタルカメラ付き電話 1 2 0 2 はレンズ 1 2 0 8 を用いて、シーン ( 図示せず ) からの光の焦点を、アクティブピクセルセンサ 1 2 1 2 のイメージセンサアレイ 4 0 1 上に合わせる。イメージセンサアレイ 4 0 1 は、本発明に従った一実施形態において、ペイヤーカラーフィルタパターンを用いてカラー画像情報を提供する。イメージセンサアレイ 4 0 1 は、タイミング発生器 1 2 1 4 によって制御される。タイミング発生器 1 2 1 4 はまた、周囲照明が暗いとき、シーンを照明するためにフラッシュ 1 2 1 6 を制御する。

## 【 0 0 3 5 】

イメージセンサアレイ 4 0 1 から出力されるアナログ出力信号は、増幅され、且つアナログ - デジタル ( A / D ) 変換回路 1 2 1 8 によってデジタルデータに変換される。デジ

50



タルデータは、バッファメモリ 1 2 2 0 に格納された後、デジタルプロセッサ 1 2 2 2 によって処理される。デジタルプロセッサ 1 2 2 2 は、フラッシュ E P R O M メモリとし得るファームウェアメモリ 1 2 2 4 に格納されたファームウェアによって制御される。デジタルプロセッサ 1 2 2 2 は実時間クロック 1 2 2 6 を含んでおり、該クロックは、デジタルカメラ付き電話 1 2 0 2 及びデジタルプロセッサ 1 2 2 2 が低電力状態にあるときであっても日付及び時間を保持する。処理されたデジタル画像ファイルはメモリ 1 2 0 6 に格納される。メモリ 1 2 0 6 はまた、例えば、音楽ファイル（例えば、M P 3 ファイル）、呼び出し音、電話番号、カレンダー、及びやることリストなど、他の種類のデータを格納してもよい。

【 0 0 3 6 】

10

本発明に従った一実施形態において、デジタルカメラ付き電話 1 2 0 2 は静止画を捕捉する。デジタルプロセッサ 1 2 2 2 は、カラー補間とそれに続く色・階調補正とを実行して、レンダリングされる s R G B 画像データを作り出す。レンダリングされる s R G B 画像データは、画像ファイルとして圧縮されてメモリ 1 2 0 6 に格納される。単なる例として、画像データは、既知の“ E x i f ”画像フォーマットを使用する J P E G フォーマットに準拠して圧縮され得る。このフォーマットは、特定の画像メタデータを様々な T I F F タグを用いて記憶する E x i f アプリケーションセグメントを含んでいる。例えば、写真が撮影された日付及び時間、レンズの f 値、並びにその他のカメラ設定を記憶するために、また、画像の見出しを記憶するために、別々の T I F F タグが用いられ得る。

【 0 0 3 7 】

20

デジタルプロセッサ 1 2 2 2 は、本発明に従った一実施形態において、ユーザによって選択される異なる画像サイズを作り出す。1つのそのようなサイズは、低解像度の“サムネイル”サイズ画像である。サムネイルサイズ画像を生成することは、Kuchta等への“ E l e c t r o n i c S t i l l C a m e r a P r o v i d i n g M u l t i - F o r m a t S t o r a g e O f F u l l A n d R e d u c e d R e s o l u t i o n I m a g e s ”なるタイトルの米国特許第 5 1 6 4 8 3 1 号に記載されている。サムネイル画像は、R A M メモリ 1 2 2 8 に格納され、例えばアクティブマトリクス型 L C D 又は有機発光ダイオード（O L E D ）とし得るディスプレイ 1 2 3 0 に供給される。サムネイルサイズ画像を生成することは、撮影した画像をカラーディスプレイ 1 2 3 0 上で素早く閲覧することを可能にする。

【 0 0 3 8 】

30

本発明に従った他の一実施形態において、デジタルカメラ付き電話 1 2 0 2 はまた、ビデオクリップを作り出して格納する。ビデオクリップは、イメージセンサアレイ 4 0 1 の複数の画素を共に足し合わせて（例えば、イメージセンサアレイ 4 0 1 の各 4 カラム × 4 行の領域内の同一色の画素を足し合わせる）、より低解像度のビデオ画像フレームを作成することによって生成される。ビデオ画像フレームは、例えば毎秒 1 5 フレームの読み出し速度を用いて、規則的な間隔でイメージセンサアレイ 4 0 1 から読み取られる。

【 0 0 3 9 】

音声コーデック 1 2 3 2 が、デジタルプロセッサ 1 2 2 2 に接続され、マイク（M i c ） 1 2 3 4 から音声信号を受信する。音声コーデック 1 2 3 2 はまた、音声信号をスピーカ 1 2 3 6 に提供する。これらの構成要素は、電話での会話と、ビデオシーケンス又は静止画とともに音声トラックの記録及び再生を行うこととの双方に使用される。

【 0 0 4 0 】

40

スピーカ 1 2 3 6 は、本発明に従った一実施形態において、電話の着信をユーザに知らせるためにも使用される。これは、ファームウェアメモリ 1 2 2 4 に格納された標準呼び出し音を用いて、あるいは携帯電話ネットワーク 1 2 3 8 からダウンロードされてメモリ 1 2 0 6 に格納されたカスタム呼び出し音を用いて行われ得る。さらに、電話の着信の無音（例えば、聞き取れない）通知を提供するために、パイプレーション装置（図示せず）が用いられてもよい。

【 0 0 4 1 】

デジタルプロセッサ 1 2 2 2 は無線モデム 1 2 4 0 に接続されている。無線モデム 1 2

50

40は、デジタルカメラ付き電話1202が無線周波数(RF)チャネル1242を介して情報の送信及び受信を行うことを可能にする。無線モデム1240は、例えば3GSMネットワークなどの別のRFリンク(図示せず)を用いて、携帯電話ネットワーク1238と通信する。携帯電話ネットワーク1238は、デジタルカメラ付き電話1202からアップロードされたデジタル画像を格納する写真サービスプロバイダ1244と通信する。これらの画像は、インターネット1246を介して、計算装置1204を含むその他の装置によってアクセスされる。携帯電話ネットワーク1238はまた、本発明に従った一実施形態において、通常の電話サービスを提供するために、標準電話ネットワーク(図示せず)に接続される。グラフィカルユーザインタフェース(図示せず)がディスプレイ1230上に表示され、ユーザ制御1248によって制御される。ユーザ制御部1248は、本発明に従った実施形態において、電話番号をダイヤルするための専用プッシュボタン(例えば、電話キーパッド)、モード(例えば、“電話”モード、“カレンダー”モード、“カメラ”モード)を設定するための制御具、4方向制御(上、下、左、右)と中央のプッシュボタン“OK”若しくは“選択”スイッチとを含むジョイスティックコントローラを含む。

10

#### 【0042】

ドック1251は、デジタルカメラ付き電話1202内の電池(図示せず)を再充電する。ドック1251は、ドックインタフェース1252を介してデジタルカメラ付き電話1202を計算装置1204に接続する。ドックインタフェース1252は、本発明に従った一実施形態において、例えばUSBインタフェースなどの有線インタフェースとして実装される。代替的に、本発明に従った他の実施形態において、ドックインタフェース1252は、例えばBluetooth又はIEEE802.11b無線インタフェースなどの無線インタフェースとして実装される。ドックインタフェース1252は、メモリ1206から計算装置1204に画像をダウンロードするために使用される。ドックインタフェース1252はまた、計算装置1204からデジタルカメラ付き電話1202内のメモリ1206にカレンダー情報を転送するために使用される。

20

#### 【符号の説明】

#### 【0043】

- 100      ベイヤーCFAパターン
- 101      緑色フィルタ
- 102      赤色フィルタ
- 103      青色フィルタ
- 104      緑色フィルタ
- 105      ベイヤーカラーカーネル
- 112      赤色光の実効的な開口(アパーチャ)
- 200      フォトダイオード注入
- 201      転送ゲート
- 202      リセットゲート
- 203      ソースフォロアトランジスタ
- 204      出力
- 205      浮遊拡散層
- 210      側壁アイソレーション
- 211      Nドーピング層
- 212      ピニング注入
- 213      リセットドレイン
- 220      活性層
- 221      誘電体層
- 222      反射防止層
- 230      CFA層
- 250      法線入射光

30

40

50

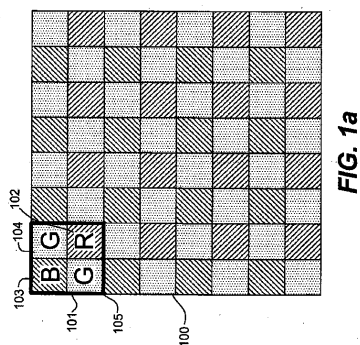
3 0 0	透明層	
3 0 1	緑 / 青色画素	
3 0 2	赤色画素	
3 0 3	青色画素	
3 0 4	緑 / 赤色画素	
3 1 0	カラーカーネル	
3 5 0	コンタクト	
4 0 0	ピン止めフォトダイオード	
4 0 1	イメージセンサレイ	
4 0 1	転送ゲート	10
4 0 2	リセットゲート	
4 0 3	バッファ	
4 0 4	ソースフォロア出力	
4 0 4	金属配線	
4 0 4	注入領域	
4 0 5	注入領域	
4 0 5	変換領域	
4 0 5	浮遊拡散層	
4 1 0	側壁アイソレーション	
4 1 2	ピニング層	20
4 1 3	リセットドレイン	
4 2 0	活性層	
5 0 1	緑色応答曲線	
5 0 2	赤色応答曲線	
5 0 3	青色応答曲線	
5 0 4	緑色応答曲線	
6 0 1	緑 / 青色応答曲線	
6 0 2	赤色応答曲線	
6 0 3	青色応答曲線	
6 0 4	緑 / 赤色応答曲線	30
7 0 1	4 7 0 n m 光の強度ピーク領域	
7 0 2	6 5 0 n m 光の強度ピーク領域	
7 0 3	4 2 0 n m 光の強度ピーク領域	
7 0 4	5 9 0 n m 光の強度ピーク領域	
1 0 1 0	画素 3 0 3 及び 3 0 4 を通る断面	
1 0 1 1	画素 3 0 1 及び 3 0 2 を通る断面	
1 0 2 0	パターニングされたレジスト層	
1 0 2 5	パターニングされたマイクロレンズアレイ	
1 0 3 0	透明層のエッチング量	
1 0 4 0	第 2 のパターニングされたレジスト層	40
1 0 5 0	透明層のエッチング量	
1 2 0 0	撮像システム	
1 2 0 2	撮像装置	
1 2 0 4	計算装置	
1 2 0 6	メモリ	
1 2 0 8	レンズ	
1 2 1 0	マイクロレンズ	
1 2 1 2	アクティブピクセルセンサ	
1 2 1 4	タイミング発生器	
1 2 1 6	フラッシュ	50

- |         |                 |
|---------|-----------------|
| 1 2 1 8 | アナログ / デジタル 変換器 |
| 1 2 2 0 | バッファメモリ         |
| 1 2 2 2 | プロセッサ           |
| 1 2 2 4 | ファームウェア         |
| 1 2 2 6 | クロック            |
| 1 2 2 8 | R A M           |
| 1 2 3 0 | ディスプレイ          |
| 1 2 3 2 | 音声コーデック         |
| 1 2 3 4 | マイク             |
| 1 2 3 6 | スピーカ            |
| 1 2 3 8 | ネットワーク          |
| 1 2 4 0 | 無線モデム           |
| 1 2 4 2 | 接続              |
| 1 2 4 4 | サービスプロバイダ       |
| 1 2 4 6 | インターネット         |
| 1 2 4 8 | ユーザ制御           |
| 1 2 5 0 | 画素間での透明層厚さの差    |
| 1 2 5 1 | ドック             |
| 1 2 5 2 | インタフェース         |
| 1 3 2 0 | 第 2 の透明材料層      |
| 1 4 3 0 | マイクロレンズ         |
| 1 5 3 0 | マイクロレンズ         |

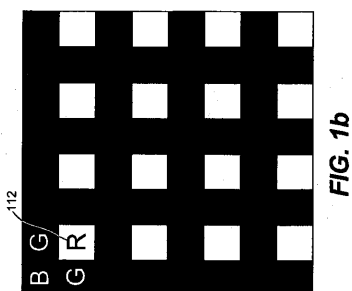
10

20

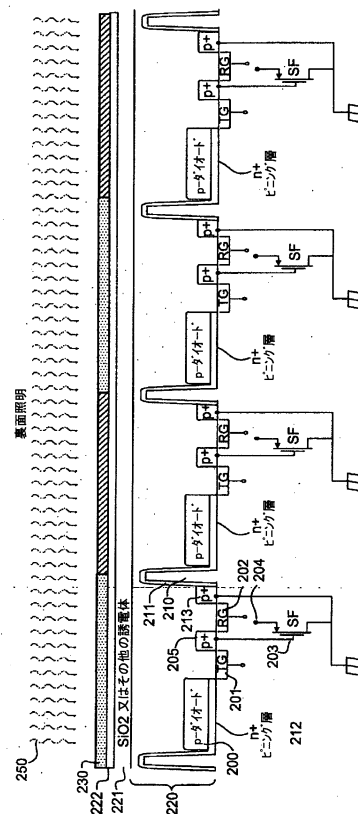
【 図 1 a 】



【 図 1 b 】

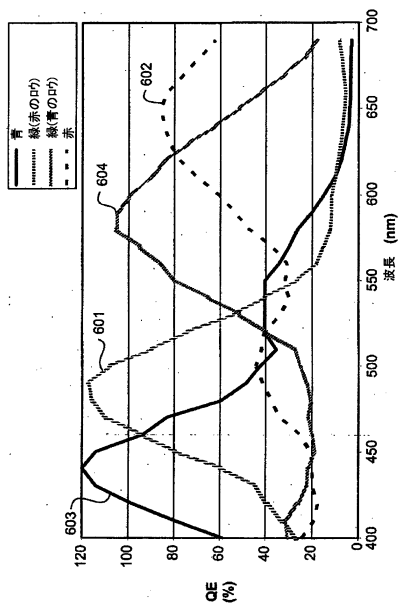


【圖 2】





【図 8】



【図 9 a】

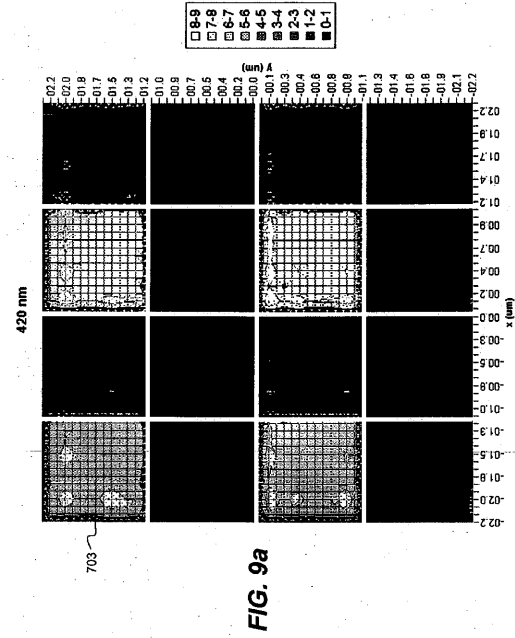


FIG. 9a

【図 9 b】

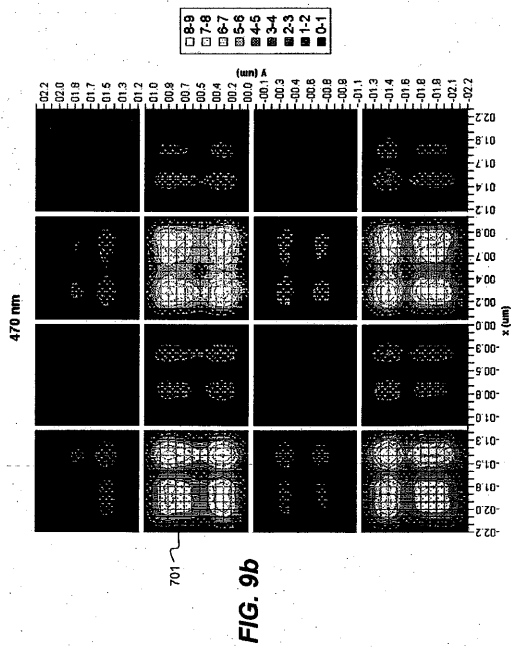


FIG. 9b

【図 9 c】

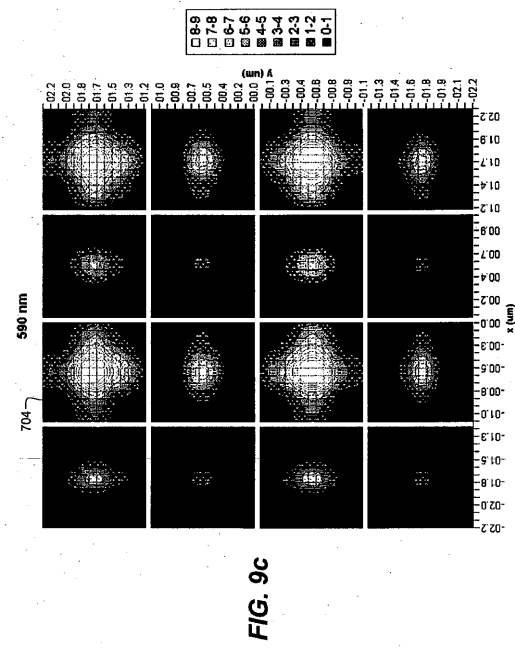
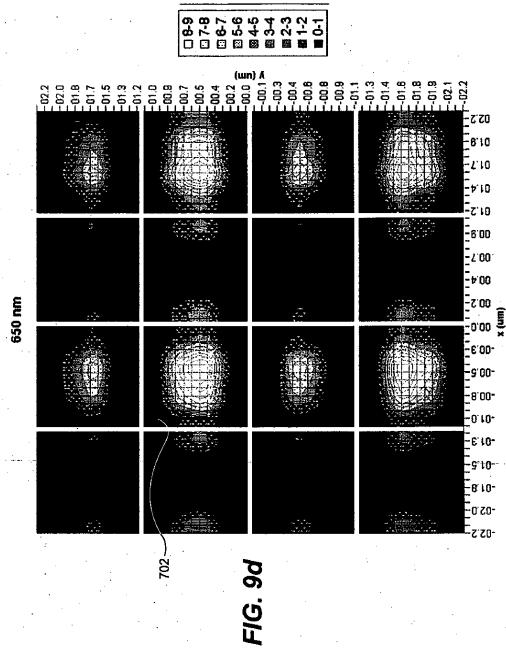
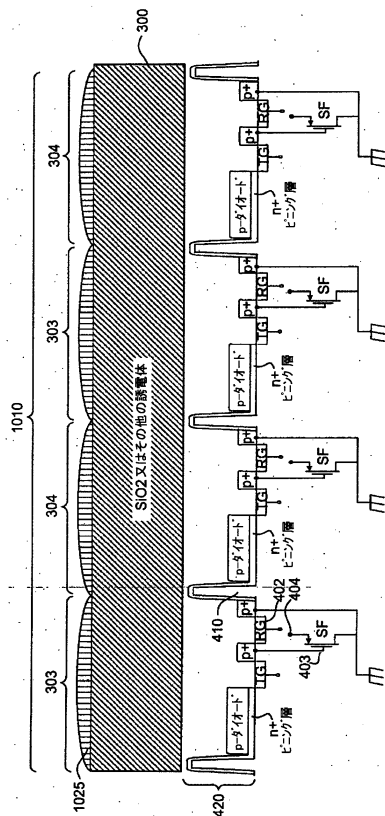


FIG. 9c

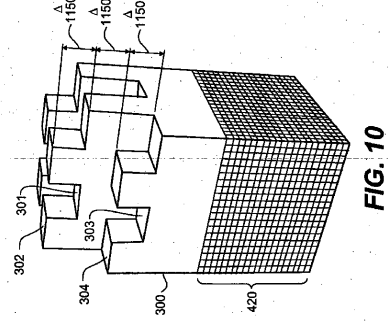
【図 9 d】



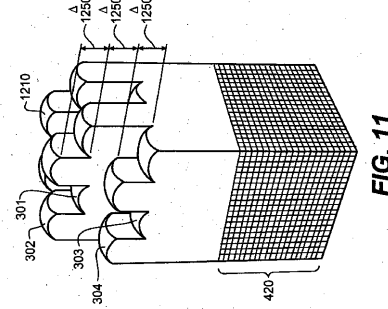
【図 12 a】



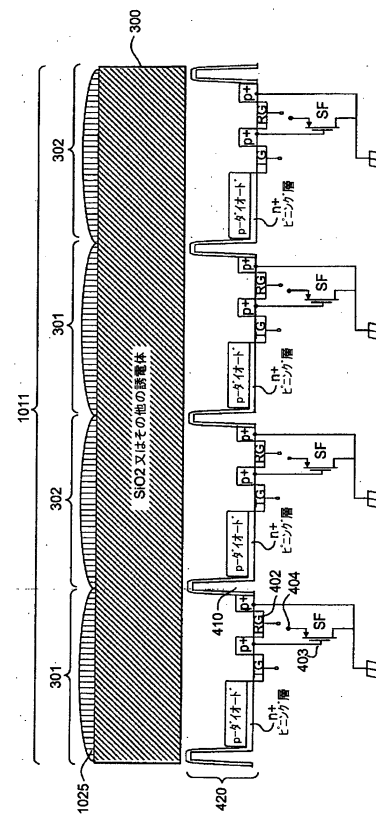
【図 10】



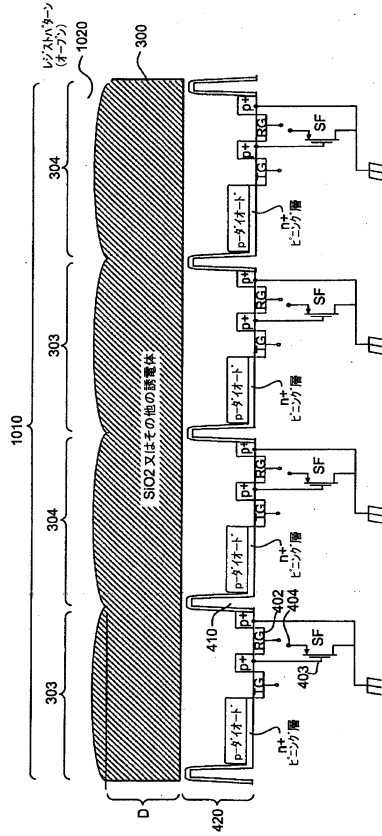
【図 11】



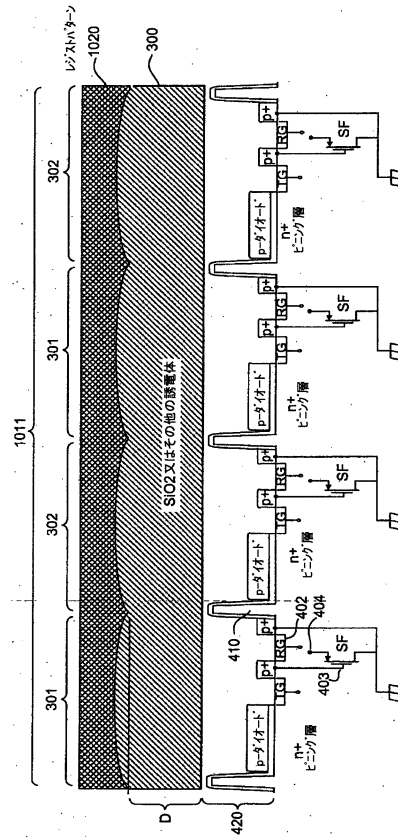
【図 12 b】



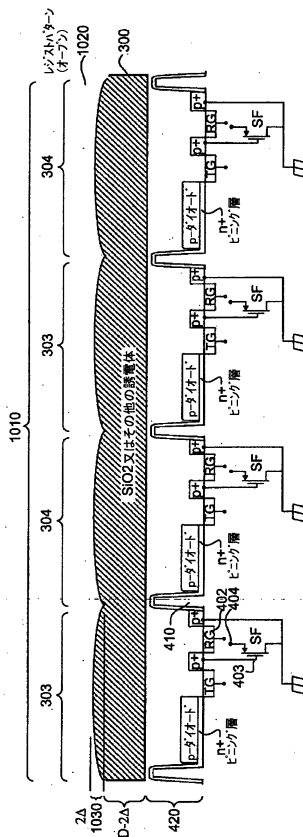
【 図 1 3 a 】



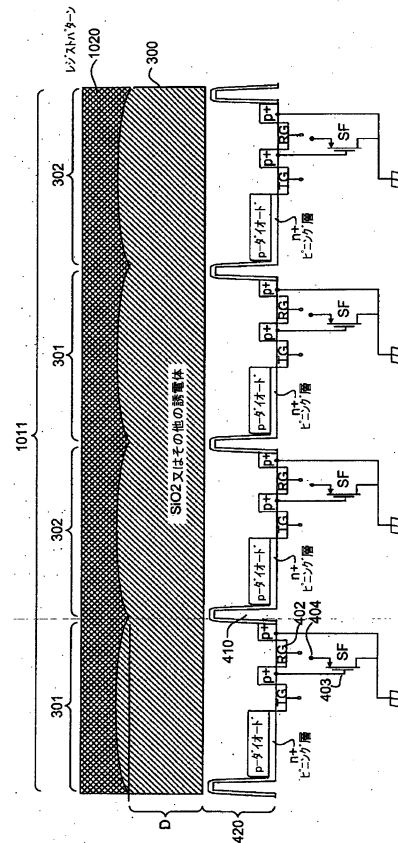
【 図 1 3 b 】



【 図 1 4 a 】

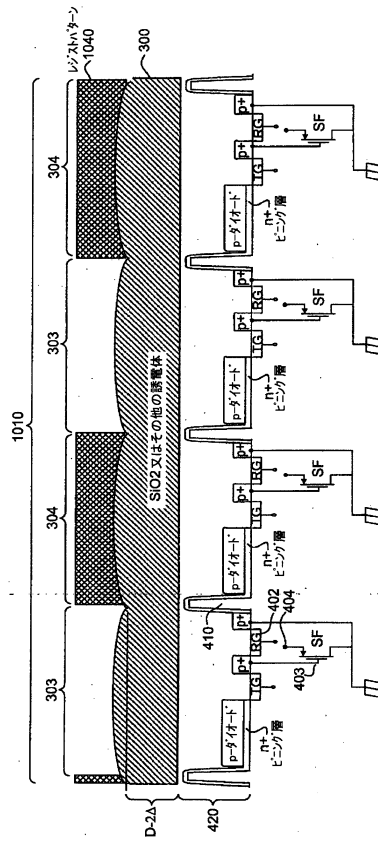


【 図 1 4 b 】

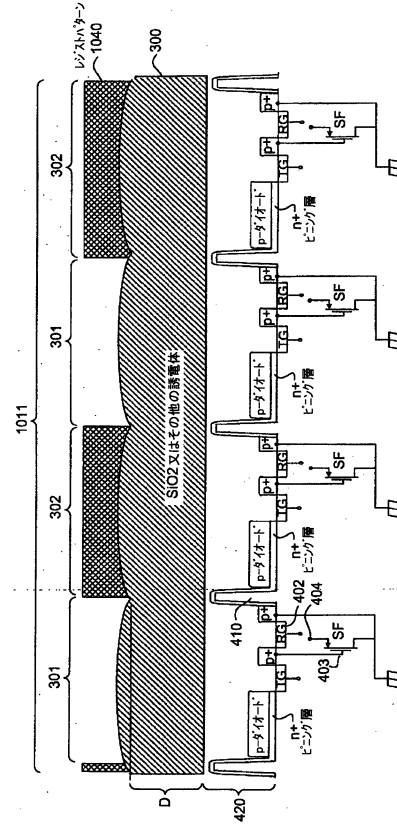




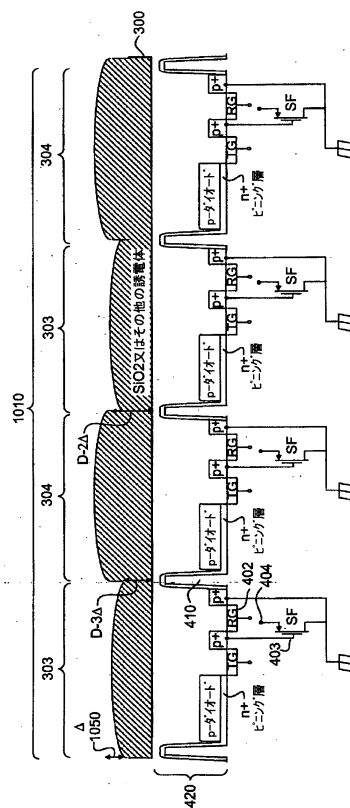
【 図 1 5 a 】



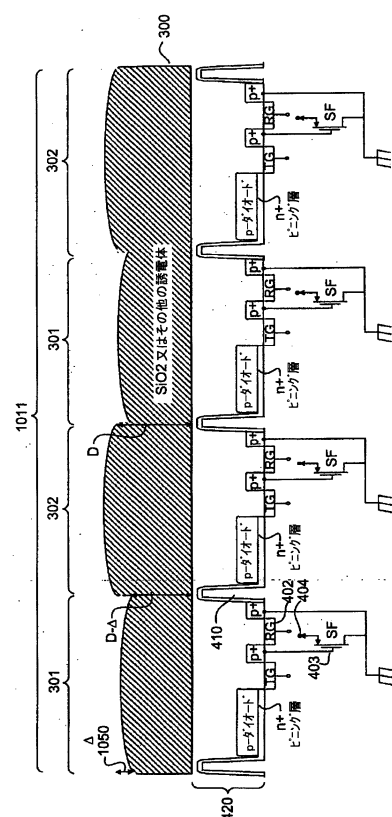
【 図 1 5 b 】



【 図 1 6 a 】



【 ☒ 1 6 b 】



【図 17】

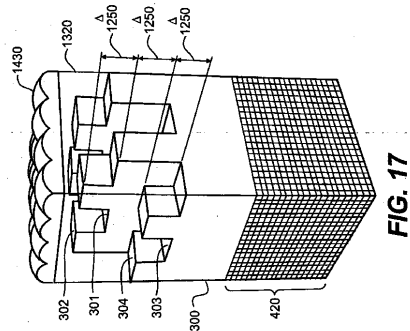


FIG. 17

【図 18】

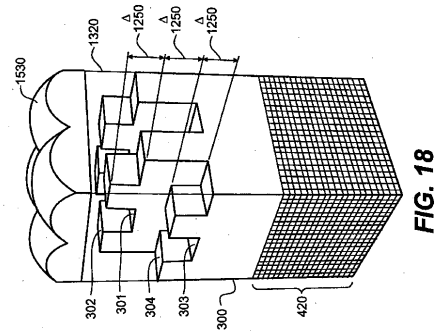
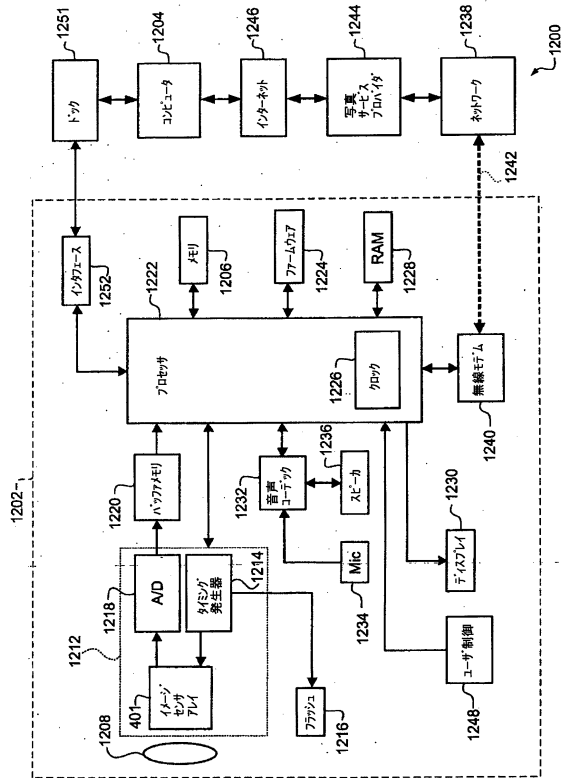


FIG. 18

【図 19】



---

フロントページの続き

(72)発明者 マッカーテン, ジョン, ピー  
アメリカ合衆国 1 4 6 5 0 - 2 2 0 1 ニューヨーク州, ロチェスター, ステイト・ストリート  
3 4 3

(72)発明者 スマ, ジョーゼフ  
アメリカ合衆国 1 4 6 5 0 - 2 2 0 1 ニューヨーク州, ロチェスター, ステイト・ストリート  
3 4 3

審査官 山口 大志

(56)参考文献 特開2006-191047(JP, A)  
国際公開第2005/069376(WO, A1)  
特開2008-041779(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L 27/14  
G02B 5/20  
H01L 27/146  
H04N 5/369  
H04N 5/374