

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-201267

(P2007-201267A)

(43) 公開日 **平成19年8月9日(2007.8.9)**

(51) Int. Cl.	F I			テーマコード (参考)
HO 1 L 27/148 (2006.01)	HO 1 L 27/14	B	4M118	
HO 1 L 31/10 (2006.01)	HO 1 L 31/10	A	5FO49	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2006-19363 (P2006-19363)	(71) 出願人	306037311 富士フイルム株式会社 東京都港区西麻布2丁目26番30号
(22) 出願日	平成18年1月27日 (2006.1.27)	(74) 代理人	100105647 弁理士 小栗 昌平
		(74) 代理人	100105474 弁理士 本多 弘徳
		(74) 代理人	100108589 弁理士 市川 利光
		(74) 代理人	100115107 弁理士 高松 猛
		(74) 代理人	100132986 弁理士 矢澤 清純

最終頁に続く

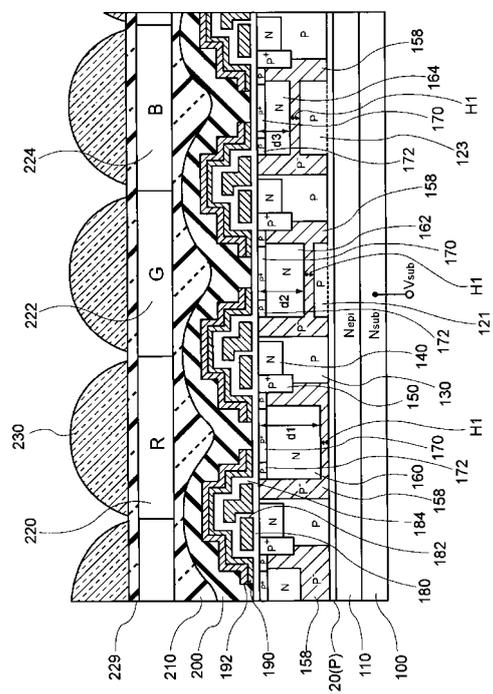
(54) 【発明の名称】 固体撮像素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 カラー対応の縦型オーバーフローライン構造の固体撮像素子において、オーバーフローラインによる蓄積電荷のクリア動作に悪影響を与えることなく、暗電流を効果的に低減し、白傷の発生を抑制する。

【解決手段】 光の波長に応じて、フォトダイオードを構成する第1導電型層 (160, 162, 164) の深さを最適化し、短波長の緑 (G)、青 (B) の各光を受けるフォトダイオードの第1導電型層 (162, 164) を浅く形成し、無駄な部分をなくす。また、併せて、緑 (G)、青 (B) 用のフォトダイオードの直下において追加のオーバーフローバリア層 (121, 123) を形成し、オーバーフローバリアのポテンシャルの高さの差を低減する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 導電型の半導体基板 (1 0 0 , 1 1 0) と、この半導体基板上に設けられた第 2 導電型のオーバーフローバリア層 (1 2 0) と、このオーバーフローバリア層上に設けられた低不純物濃度層 (1 5 8) と、この低不純物濃度層内に設けられた、赤 (R) , 緑 (G) , 青 (B) の各光を光電変換する第 1、第 2 および第 3 のフォトダイオードと、を備える縦型オーバーフロードレイン構造の固体撮像素子であって、

前記赤 (R) , 緑 (G) , 青 (B) の各光を光電変換する第 1、第 2 および第 3 のフォトダイオードの各々は、上層の第 2 導電型層 (1 7 0 , 1 7 2) と、電荷蓄積領域として機能する下層の第 1 導電型層 (1 6 0 , 1 6 2 , 1 6 4) と、により構成され、前記第 1、第 2 および第 3 のフォトダイオードの各々における前記下層の第 1 導電型層 (1 6 0 , 1 6 2 , 1 6 4) の深さを各々 d_1 , d_2 , d_3 とした場合、 $d_1 > d_2 > d_3$ の関係を有し、

前記第 2 および第 3 のフォトダイオードにおける前記下層の第 1 導電型層 (1 6 2 , 1 6 4) の下に、該第 1 導電型層 (1 6 2 , 1 6 4) の深さ (d_2 , d_3) を浅くしたことによるオーバーフローバリアの高さの変動を抑制するための追加のオーバーフローバリア層 (1 2 1 , 1 2 3) が形成されていることを特徴とする固体撮像素子。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の固体撮像素子であって、

前記オーバーフローバリア層の厚みが、前記第 1 導電型層の厚みに対応して設定されていることを特徴とする固体撮像素子。

20

【請求項 3】

請求項 2 記載の固体撮像素子であって、

前記第 1、第 2 および第 3 のフォトダイオードにおける前記下層の第 1 導電型層 (1 6 0 , 1 6 2 , 1 6 4) の直下の前記低濃度層 (1 5 8) の厚みは、いずれも略同一 (H 1) であることを特徴とする固体撮像素子。

【請求項 4】

請求項 1 記載の固体撮像素子であって、

前記第 1 導電型層の厚みに対応して前記オーバーフローバリア層の不純物濃度が設定されていることを特徴とする固体撮像素子。

30

【請求項 5】

赤 (R) , 緑 (G) , 青 (B) の各光を光電変換する第 1、第 2 および第 3 のフォトダイオードを備える縦型オーバーフロードレイン構造の固体撮像素子の製造方法であって、

第 1 導電型の半導体基板 (1 1 0) 内に形成した第 2 導電型のオーバーフローバリア層 (1 2 0) よりも上側の部分に、電荷の転送路となる不純物層 (1 3 0 , 1 4 0) と、フォトダイオードとなる低不純物濃度層 (1 5 8) とを形成し、前記転送路となる不純物層 (1 3 0 , 1 4 0) 上に電荷転送を制御するための転送電極を形成した後に、フォトダイオードを完成させるフォトダイオード形成工程を有し、

前記フォトダイオード形成工程が、前記半導体基板の前記フォトダイオード形成領域 (Z 2) における前記低不純物濃度層 (1 5 8) 内に、前記第 1、第 2 および第 3 のフォトダイオードを構成する第 1 導電型層 (1 6 0 , 1 6 2 , 1 6 4) を形成し、前記第 1 導電型層 (1 6 0 , 1 6 2 , 1 6 4) と P N 接合を形成する上層の第 2 導電型層 (1 7 0 , 1 7 2) を形成する工程を含み、前記第 1、第 2 および第 3 のフォトダイオードの各々における前記第 1 導電型層 (1 6 0 , 1 6 2 , 1 6 4) の深さを各々 d_1 , d_2 , d_3 とした場合、 $d_1 > d_2 > d_3$ の関係を有するようにし、

40

さらに、前記第 1 導電型層の形成後にイオン注入を行い、前記第 2 および第 3 のフォトダイオードを構成する前記第 1 導電型層 (1 6 2 , 1 6 4) の下方に、前記第 1 導電型層 (1 6 2 , 1 6 4) の深さ (d_2 , d_3) を浅くしたことによるオーバーフローバリアの高さの変動を抑制する追加オーバーフローバリア層 (1 2 1 , 1 2 3) を形成することを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

50

【請求項 6】

請求項 5 記載の固体撮像素子の製造方法であって、

前記追加オーバーフローバリア層 (1 2 1 , 1 2 3) を、前記第 1、第 2 および第 3 のフォトダイオードにおける前記第 1 導電型層 (1 6 0 , 1 6 2 , 1 6 4) の直下の前記低濃度層 (1 5 8) の厚みを略同一 (H 1) とするように形成することを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

【請求項 7】

赤 (R) , 緑 (G) , 青 (B) の各光を光電変換する第 1、第 2 および第 3 のフォトダイオードを備える縦型オーバーフロードレイン構造の固体撮像素子の製造方法であって、

第 1 導電型の半導体基板 (1 1 0) 内に形成した第 2 導電型のオーバーフローバリア層 (1 2 0) よりも上側の部分に、電荷の転送路となる不純物層 (1 3 0 , 1 4 0) と、フォトダイオードとなる低不純物濃度層 (1 5 8) とを形成し、前記転送路となる不純物層 (1 3 0 , 1 4 0) 上に電荷転送を制御するための転送電極を形成した後に、フォトダイオードを完成させるフォトダイオード形成工程を有し、

前記フォトダイオード形成工程が、前記半導体基板の前記フォトダイオード形成領域 (Z 2) における前記低不純物濃度層 (1 5 8) 内に、前記第 1、第 2 および第 3 のフォトダイオードを構成する第 1 導電型層 (1 6 0 , 1 6 2 , 1 6 4) を略同じ深さで形成し、前記第 1 導電型層 (1 6 0 , 1 6 2 , 1 6 4) と P N 接合を形成する上層の第 2 導電型層 (1 7 0 , 1 7 2) を形成し、

次に、第 2 および第 3 のフォトダイオードを構成する前記第 1 導電型層 (1 6 0 , 1 6 0) に対してカウンター不純物としての第 2 導電型不純物を導入し、これによって第 1 導電型層 (1 6 0 , 1 6 0) の底部の導電型を打ち消し、前記第 1、第 2 および第 3 のフォトダイオードを構成するポテンシャル井戸の領域の深さが相互に異なる第 1 導電型層 (1 6 0 , 1 6 2 , 1 6 4) を形成することを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、固体撮像素子およびその製造方法し、特に、赤 (R) , 緑 (G) , 青 (B) の各光を光電変換するフォトダイオードを具備する、縦型オーバーフロードレイン構造の固体撮像素子およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

C C D を用いた固体撮像素子では、フォトダイオードにより入射光を電荷に変換し、蓄積された電荷を電圧に変換して取り出している。このような固体撮像素子を高感度化するために、フォトダイオードを縦方向に深く形成する技術が種々提案されている (例えば、特許文献 1 参照) 。この特許文献 1 の技術では、赤 (R) , 緑 (G) , 青 (B) の各光を光電変換する各フォトダイオードに対し、電荷蓄積層となる N 型層を深く形成すると共に、その N 型層を多段階に分けて形成して濃度プロファイルの適正化を図っている。

【0003】

また、固体撮像素子による撮像を開始する際には、フォトダイオードの電荷を空にすることが望ましい。このような固体撮像素子の構成として、全画素同時に蓄積電荷を空にすることが可能な縦型オーバーフロードレイン構造が知られている (例えば、特許文献 2 参照) 。この縦型オーバーフロードレイン構造では、半導体基板の深さ方向に N P N 構造が形成されており (これらは、バルク型の縦型トランジスタとしての機能をもつ) 、基板バイアスを変化させることによって、中間の P 型層によって形成されポテンシャルバリア (一般にオーバーフローバリアと呼ばれる) を消滅させると、全画素同時に蓄積電荷をクリアすることが可能である。

【0004】

図 1 2 は、オーバーフロードレイン構造の固体撮像素子における蓄積電荷をクリアするための動作を説明するためのポテンシャル特性を示す図である。

10

20

30

40

50

図中、T1は、オーバーフローバリア(OFB)が形成されている状態のポテンシャル特性を示し、T2は、オーバーフローバリア(OFB)が消失した状態のポテンシャル特性を示す。基板のバイアス電圧を変化させることによって、ポテンシャルカーブがT1からT2に変化し、これによって、蓄積電荷Qが一気にドレインに放出され、全画素の蓄積電荷を同時にクリアすることができる。

【特許文献1】特開2003-86783号公報

【特許文献2】特開2004-228140号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に記載される技術では、R、G、Bの各色用のフォトダイオードの深さを一律に深くし、その上で、電荷蓄積層としてのN型層を複数回のイオン注入で形成して不純物の濃度プロファイルを制御している。しかし、本願発明者の鋭意検討によると、フォトダイオードを一律に深く形成した場合、波長の長い、赤(R)の光を受けるフォトダイオードについては感度が向上するが、波長の短い緑(G)、青(B)の光を受けるフォトダイオードについては、フォトダイオードを深く形成した分の感度向上効果が必ずしも得られず、かえって、暗電流の増加による、いわゆる白傷の増加といった弊害が目立つようになることの知見が得られた。

【0006】

すなわち、赤色(赤外光を含む)に比べて短波長の、緑(G)、青(B)は、深さを深くしたフォトダイオードの(N型層の)最深部には到達しない割合が多く、その最深部の部分は光電変換にあまり寄与しないといえる。一方、フォトダイオードを構成するN型層が深くなった分だけ、その表面積が増大して暗電流が増加し、白傷が増加するという弊害が顕在化する場合がある。

【0007】

本発明はこのような考察に基づいてなされたものであり、その目的は、赤(R)、緑(G)、青(B)の各色の光を受けるフォトダイオードを具備する固体撮像素子において、暗電流を効果的に低減し、白傷の発生を抑制することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明に係る上記目的は、下記構成によって実現される。

(1) 第1導電型の半導体基板(100, 110)と、この半導体基板上に設けられた第2導電型のオーバーフローバリア層(120)と、このオーバーフローバリア層上に設けられた低不純物濃度層(158)と、この低不純物濃度層内に設けられた、赤(R)、緑(G)、青(B)の各光を光電変換する第1、第2および第3のフォトダイオードと、を備える縦型オーバーフロードレイン構造の固体撮像素子であって、前記赤(R)、緑(G)、青(B)の各光を光電変換する第1、第2および第3のフォトダイオードの各々は、上層の第2導電型層(170, 172)と、電荷蓄積領域として機能する下層の第1導電型層(160, 162, 164)と、により構成され、前記第1、第2および第3のフォトダイオードの各々における前記下層の第1導電型層(160, 162, 164)の深さを各々d1, d2, d3とした場合、 $d1 > d2 = d3$ の関係を有し、前記第2および第3のフォトダイオードにおける前記下層の第1導電型層(162, 164)の下に、該第1導電型層(162, 164)の深さ(d2, d3)を浅くしたことによるオーバーフローバリアの高さの変動を抑制するための追加のオーバーフローバリア層(121, 123)が形成されていることを特徴とする固体撮像素子。

【0009】

この固体撮像素子によれば、光電変換の対象となる光の波長に応じて、フォトダイオードを構成する第1導電型層の深さを最適化して、短波長の緑(G)、青(B)の各光を受けるフォトダイオードから無駄な部分を除去し、これによって暗電流を低減し、白傷の発生を抑制することができる。すなわち、長波長の赤(R)の光は、フォトダイオードを構

10

20

30

40

50

成する第1導電型層（以下の説明では、N型とする）の深部まで到達するため、その深部で生成される電荷を有効化するためには、フォトダイオードは十分深く形成するのが望ましいが、短波長の緑（G）、青（B）は、赤（R）ほどには深くまで到達しないため、その到達位置に合わせて、フォトダイオードを構成するN型層の深さを浅くする。つまり、赤（R）、緑（G）、青（B）の各光を光電変換する第1、第2および第3のフォトダイオードのN型層の深さを d_1 、 d_2 、 d_3 としたときに、 $d_1 > d_2 > d_3$ 、あるいは、 $d_1 > d_2 = d_3$ の関係が成立するように、各N型層の深さを調整する。

また、固体撮像素子は、受光する光の波長に応じて、各フォトダイオードを構成するN型層の深さを変化させると、フォトダイオード毎に、N型層の底部とP型のオーバーフローバリア層との間の距離が異なり、フォトダイオード毎に、蓄積電荷を完全にクリアするために必要な基板電位（以下、オーバーフロー電位という）にばらつきが生じる場合がある。つまり、フォトダイオードを構成するN型層の底部とP型のオーバーフローバリア層の間には、不純物濃度が低い低濃度層（原則的にはP型が望ましいが、これに限定されるものではなく、N型でもよく、あるいはノンドープであってもよい）が介在するが、この低濃度層は、フォトダイオードのバイアスに応じて空乏層を伸長させ、オーバーフロートレイン構造のポテンシャルカーブを滑らかに上昇させる（変化させる）働きをもつため、その低濃度層の厚みが厚いほど、オーバーフローバリア（OFB）のポテンシャルがより低くなる。したがって、N型層の深さを浅くした緑（G）、青（B）用のフォトダイオードでは、オーバーフロートレイン電位をより高くしないと、蓄積電荷を完全にクリアできなくなる場合があり、そのことが駆動電圧の上昇や、リセット電圧のバラツキ等を発生させる要因になり得る。そこで、緑（G）、青（B）用のフォトダイオードの直下において追加のオーバーフローバリア層を形成し、これによって、各フォトダイオードを構成するN型層の底部とP型のオーバーフローバリア層（追加のオーバーフローバリア層を含む）との間の距離のばらつきを抑制することができる。したがって、各色用のフォトダイオードの、オーバーフローバリアのポテンシャルの高さの差が低減され、オーバーフロートレイン電位のばらつきを抑制することが可能となる。

【0010】

(2) (1)記載の固体撮像素子であって、前記オーバーフローバリア層の厚みが、前記第1導電型層の厚みに対応して設定されていることを特徴とする固体撮像素子。

【0011】

この固体撮像素子によれば、第1導電型層の厚みに対応してオーバーフローバリア層の厚みが設定されることで、オーバーフローバリアのポテンシャル高さの差が低減される。

【0012】

(3) (2)記載の固体撮像素子であって、前記第1、第2および第3のフォトダイオードにおける前記下層の第1導電型層（160、162、164）の直下の前記低濃度層（158）の厚みは、いずれも略同一（H1）であることを特徴とする固体撮像素子。

【0013】

この固体撮像素子によれば、各フォトダイオードを構成するN型層の底部とP型のオーバーフローバリア層（追加のオーバーフローバリア層を含む）との間に介在する低濃度層の厚みを略同一とすることによって、オーバーフロートレイン電位のばらつきを十分に抑制することができる。

【0014】

(4) (1)記載の固体撮像素子であって、前記第1導電型層の厚みに対応して前記オーバーフローバリア層の不純物濃度が設定されていることを特徴とする固体撮像素子。

【0015】

この固体撮像素子によれば、第1導電型層の厚みに対応してオーバーフローバリア層の不純物濃度が設定されることで、オーバーフローバリアのポテンシャル高さの差が低減される。

【0016】

(5) 赤（R）、緑（G）、青（B）の各光を光電変換する第1、第2および第3の

フォトダイオードを備える縦型オーバーフロードレイン構造の固体撮像素子の製造方法であって、第1導電型の半導体基板(110)内に形成した第2導電型のオーバーフローバリア層(120)よりも上側の部分に、電荷の転送路となる不純物層(130, 140)と、フォトダイオードとなる低不純物濃度層(158)とを形成し、前記転送路となる不純物層(130, 140)上に電荷転送を制御するための転送電極を形成した後に、フォトダイオードを完成させるフォトダイオード形成工程を有し、前記フォトダイオード形成工程が、前記半導体基板の前記フォトダイオード形成領域(Z2)における前記低不純物濃度層(158)内に、前記第1、第2および第3のフォトダイオードを構成する第1導電型層(160, 162, 164)を形成し、前記第1導電型層(160, 162, 164)とPN接合を形成する上層の第2導電型層(170, 172)を形成する工程を含み、前記第1、第2および第3のフォトダイオードの各々における前記第1導電型層(160, 162, 164)の深さを各々d1, d2, d3とした場合、 $d1 > d2 > d3$ の関係性を有するようにし、さらに、前記第1導電型層の形成後にイオン注入を行い、前記第2および第3のフォトダイオードを構成する前記第1導電型層(162, 164)の下方に、前記第1導電型層(162, 164)の深さ(d2, d3)を浅くしたことによるオーバーフローバリアの高さの変動を抑制する追加オーバーフローバリア層(121, 123)を形成することを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

10

【0017】

この固体撮像素子の製造方法によれば、オーバーフローバリア層を形成し、電荷転送路を構成する不純物層と、フォトダイオードが後に形成される低濃度層とを形成し、転送電極を形成した後、フォトダイオード形成工程において、フォトダイオードを構成する第1導電型層の深さを、光の波長に応じて最適化しつつ形成する。深さが異なるN型層は、例えば、イオン注入の際の加速エネルギーを適宜、制御することによっても形成することができる。また、カウンターイオンをN型層の深部に注入することによっても、深さの制御を行える。これによって、短波長の緑(G)、青(B)の各光を受けるフォトダイオードから無駄な部分を除去し、暗電流を低減し、白傷の発生を抑制する。そして、第5の工程にて、遮光膜、平坦化層を形成し、さらにカラーフィルタ層ならびにオンチップレンズを形成して、カラー画像対応の固体撮像素子を無理なく形成することができる。

20

そして、このフォトダイオード形成工程においては、イオン注入によって、追加のオーバーフローバリア層を無理なく形成することができ、第1導電型層の深さの違いによるオーバーフローバリアの高さの変動を抑制することができる。

30

【0018】

(6) (5)記載の固体撮像素子の製造方法であって、前記追加オーバーフローバリア層(121, 123)を、前記第1、第2および第3のフォトダイオードにおける前記第1導電型層(160, 162, 164)の直下の前記低濃度層(158)の厚みを略同一(H1)とするように形成することを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

【0019】

この固体撮像素子の製造方法によれば、各フォトダイオードを構成するN型層の底部とP型のオーバーフローバリア層(追加のオーバーフローバリア層を含む)との間に介在する低濃度層の厚みを略同一とすることによって、オーバーフロードレイン電位のばらつきを十分に抑制することができる。

40

【0020】

(7) 赤(R)、緑(G)、青(B)の各光を光電変換する第1、第2および第3のフォトダイオードを備える縦型オーバーフロードレイン構造の固体撮像素子の製造方法であって、第1導電型の半導体基板(110)内に形成した第2導電型のオーバーフローバリア層(120)よりも上側の部分に、電荷の転送路となる不純物層(130, 140)と、フォトダイオードとなる低不純物濃度層(158)とを形成し、前記転送路となる不純物層(130, 140)上に電荷転送を制御するための転送電極を形成した後に、フォトダイオードを完成させるフォトダイオード形成工程を有し、前記フォトダイオード形成工程が、前記半導体基板の前記フォトダイオード形成領域(Z2)における前記低不純物

50

濃度層（158）内に、前記第1、第2および第3のフォトダイオードを構成する第1導電型層（160，162，164）を略同じ深さで形成し、前記第1導電型層（160，162，164）とPN接合を形成する上層の第2導電型層（170，172）を形成し、次に、第2および第3のフォトダイオードを構成する前記第1導電型層（160，160）に対してカウンター不純物としての第2導電型不純物を導入し、これによって第1導電型層（160，160）の底部の導電型を打ち消し、前記第1、第2および第3のフォトダイオードを構成するポテンシャル井戸の領域の深さが相互に異なる第1導電型層（160，162，164）を形成することを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

【0021】

この固体撮像素子の製造方法によれば、一律の深さにN型層を形成した後、緑（G）、青（B）用のフォトダイオードに関して、反対導電型（つまり第2導電型）のカウンター不純物（ボロン）を深部に導入して電荷を中和し、その部分のN型層を消滅させ、結果的にN型層を浅くするものである。最初のN型層の形成については、フォトダイオード毎に注入エネルギーを変える必要がなく、その後、カウンター不純物の導入工程を追加するだけでよいため（つまり、マスク変更で対応できるため）、製造時の負担を少なくすることができる。

10

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、光電変換の対象となる光の波長に応じて、フォトダイオードを構成する第1導電型層の深さを最適化して、短波長の緑（G）、青（B）の各光を受けるフォトダイオードから無駄な部分を除去し、これによって暗電流を低減し、白傷の発生を抑制することができる。

20

また、各フォトダイオードを構成する第1導電型層の深さを最適化する際、併せて、緑（G）、青（B）用のフォトダイオードの直下において追加のオーバーフローバリア層を形成することによって、各フォトダイオードを構成するN型層の底部とP型のオーバーフローバリア層（追加のオーバーフローバリア層を含む）との間の距離のばらつきを抑制することができる。したがって、各色用のフォトダイオードの、オーバーフローバリアのポテンシャルの高さの差が抑制され、オーバーフロードレイン電位のばらつきを抑制することが可能となる。

【0023】

さらに、各フォトダイオードを構成する第1導電型層の深さの制御や追加のオーバーフローバリア層の形成は、イオン注入の加速エネルギーの調整や、イオン注入の際の若干の工程の追加により、無理なく実現することが可能である。

30

【0024】

本発明によって、赤（R）、緑（G）、青（B）の各色の光を受けるフォトダイオードを具備する固体撮像素子において、オーバーフロードレインによる蓄積電荷のクリア動作に悪影響を与えることなく、暗電流を効果的に低減し、白傷の発生を抑制することが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

次に、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。

図1は、本発明の固体撮像素子の一例（カラー対応で、縦型オーバーフロードレイン構造をもち、各フォトダイオードの深さが最適化され、かつ、追加のオーバーフローバリア層が形成されている例）の構成を示すデバイスの断面図である。

40

【0026】

図示されるように、この固体撮像素子は、N型半導体基板（N S u b）100と、N型エピタキシャル層110と、P型のオーバーフローバリア層120と、P-型の低濃度層158と、を有する。この低濃度層158は、フォトダイオードのバイアスに応じて空乏層を伸長させ、縦型オーバーフロードレイン構造のポテンシャルカーブを滑らかに変化させる働きをする。なお、低濃度層158の導電型は、場合によってはN型でもよく、ある

50

いは、ノンドープの層とすることもできる。

【0027】

また、赤（R）の光を光電変換するフォトダイオードは、低濃度層158内に形成された、下層のN型層160（深さd1）ならびに上層のP+型層170により構成される。

【0028】

なお、P型層172は反転防止のための拡散層である。また、P+型層150は素子分離用の拡散層である。また、N型の拡散層140ならびにP型の拡散層130は、転送路を構成する拡散層である。同様に、緑（G）の光を光電変換するフォトダイオードは、低濃度層158内に形成された、下層のN型層162（深さd2）ならびに上層のP+型層170により構成される。同様に、青（B）の光を光電変換するフォトダイオードは、低濃度層158内に形成された、下層のN型層164（深さd3）ならびに上層のP+型層170により構成される。

10

【0029】

また、半導体基板の表面には、ゲート絶縁膜（例えばONO膜）180が形成されている。

PY1, PY2は各々、1層目ならびに2層目のポリシリコンで形成される転送電極である。また、参照符号182は転送電極間絶縁膜であり、参照符号184はオーバーコート絶縁膜である。また、転送電極PY1, PY2は、バリアメタルとしての窒化チタン（TiN）層190と、タングステン（W）からなる遮光膜192により覆われている。

【0030】

半導体基板上には、BPSG膜200が形成され、その上には、平坦化層としての窒化シリコン（SiN）膜210が形成されている。この平坦化層210の上には、色付の透明レジストからなる、赤（R）, 緑（G）, 青（B）の各色のカラーフィルタ層220, 222, 224が形成されている。

20

【0031】

そのカラーフィルタ層220, 222, 224の上に、有機膜からなる平坦化層229を介して、オンチップレンズ230が形成されている。

【0032】

図1の固体撮像素子の特徴は、光の波長に応じて、フォトダイオードを構成するN型層（160, 162, 164）の深さ（d1, d2, d3）を最適化し、短波長の緑（G）, 青（B）の各光を受けるフォトダイオードから無駄な部分を除去し、これによって暗電流を低減し、白傷の発生を抑制する点である。

30

【0033】

すなわち、長波長の赤（R）の光は、フォトダイオードを構成するN型層160の深部まで到達するため、その深部で生成される電荷を有効化するためには、そのN型層160を十分深く形成するのが望ましい。

【0034】

これに対し、短波長の緑（G）, 青（B）の光は、赤（R）の光ほどには深くまで到達しないため（あるいは、到達する割合が少ないため）、赤（R）の光を受光するフォトダイオードと同様にN型層を深くしても、感度向上には直結せず、かえって、無駄に表面積が増えて暗電流の増大を招くことになる。

40

【0035】

そこで、短波長の緑（G）, 青（B）の光を受けるフォトダイオードに関しては、各光の到達位置に合わせて、フォトダイオードを構成するN型層162, 164の深さを浅くする。つまり、赤（R）, 緑（G）, 青（B）の各光を光電変換する第1、第2および第3のフォトダイオードのN型層の深さをd1, d2, d3としたときに、 $d1 > d2 > d3$ 、あるいは、 $d1 > d2 = d3$ の関係が成立するように、各N型層（160, 162, 164）の深さを調整する。

【0036】

深さが異なるN型層（160, 162, 164）は、例えば、イオン注入の際の加速エネ

50

ルギーを適宜、制御することによって形成することができる。また、カウンタートイオンをN型層の深部に注入することによっても、拡散層の深さの制御を行うことができる。

【0037】

また、図1に示す固体撮像素子の構造においては、緑(G)、青(B)用のフォトダイオードを構成するN型層(162, 164)の直下において、追加のオーバーフローバリア層(121, 123)を形成し、これによって、各フォトダイオードを構成するN型層(160, 162, 164)の底部とP型のオーバーフローバリア層120ならびに追加のオーバーフローバリア層(121, 123)との間の距離のばらつきを抑制し、オーバーフロードレインの電圧のばらつきを抑制している。

【0038】

追加のオーバーフローバリア層121, 123は、オーバーフローバリア層120と同様にP型層であり、緑(G)、青(B)用のフォトダイオードを構成するN型層(162, 164)の直下にのみ選択的に形成される。追加のオーバーフローバリア層121, 123は、イオン注入の加速エネルギーを調整することによって形成することができる。

【0039】

そして、この追加のオーバーフローバリア層121, 123は、下地のオーバーフローバリア層120と一体化される。追加のオーバーフローバリア層121, 123を設ける理由は、以下のとおりである。

【0040】

すなわち、受光する光の波長に応じて、各フォトダイオードを構成するN型層(160, 162, 164)の深さを変化させると、フォトダイオード毎に、N型層の底部とP型のオーバーフローバリア層との間の距離が異なり、フォトダイオード毎に、蓄積電荷を完全にクリアするために必要な基板電位(以下、オーバーフロー電位という)にばらつきが生じる場合がある。つまり、フォトダイオードを構成するN型層(160, 162, 164)の底部とP型のオーバーフローバリア層120の間には、不純物濃度が低い低濃度層158が介在するが、この低濃度層158は、フォトダイオードのバイアスに応じて空乏層を伸長させ、オーバーフロードレイン構造のポテンシャルカーブを滑らかに上昇させる(変化させる)働きをもつ。そのため、低濃度層の厚みが厚いほど、オーバーフローバリア(OFB)のポテンシャルがより低くなる。したがって、N型層(162, 164)の深さを浅くした緑(G)、青(B)用のフォトダイオードでは、オーバーフロードレイン電位をより高くしないと、蓄積電荷を完全にクリアできなくなる場合があり、そのことが駆動電圧の上昇や、リセット電圧のバラツキ等の問題となることが生じ得る。

【0041】

そこで、緑(G)、青(B)用のフォトダイオードの直下において追加のオーバーフローバリア層(121, 123)を形成する。これによって、各フォトダイオードを構成するN型層(160, 162, 164)の底部とP型のオーバーフローバリア層120(ならびに追加のオーバーフローバリア層121, 123)との間の距離を略同一(図中では、距離H1)に揃えることができる。したがって、各色用のフォトダイオードの、オーバーフローバリアのポテンシャルの高さの差が低減され、オーバーフロードレイン電位のばらつきを抑制することが可能となる。

【0042】

図2は、図1の固体撮像素子によって、各フォトダイオードにおけるオーバーフローバリアのポテンシャルの高さが略均一に制御される様子を説明するための特性図である。

【0043】

図2は、半導体基板の深さ方向のポテンシャルの変化を示しており、図中、PD領域(B)と記載されている範囲は、青(B)用のフォトダイオードを構成するN型層162が存在する範囲を示しており、同じく、PD領域(R)と記載されている範囲は、赤(R)用のフォトダイオードを構成するN型層160が存在する範囲を示している。

【0044】

また、R(S)は、赤用のフォトダイオードにおける縦方向のポテンシャルカーブを示

10

20

30

40

50

す。

【0045】

また、B (S 1) は、図 1 の固体撮像素子のように、フォトダイオードを構成する N 型層 (1 6 0 , 1 6 2) の深さを最適化し、かつ、追加のオーバーフローバリア層 1 2 1 を形成した場合における、青用のフォトダイオードにおける縦方向のポテンシャルカーブを示している。

【0046】

また、B (S 2) は、フォトダイオードを構成する N 型層 (1 6 0 , 1 6 2) の深さは最適化するが、追加のオーバーフローバリア層 1 2 1 は形成しない場合の、青用のフォトダイオードにおける縦方向のポテンシャルカーブを示している。

10

【0047】

ポテンシャルカーブ R (S) と B (S 1) とを比較すると、オーバーフローバリアのポテンシャルの高さはほぼ同じであり、同じ電位で蓄積電荷をクリアできる。これに対し、ポテンシャルカーブ B (S 2) では、オーバーフローバリアのポテンシャルの高い領域が広くなり、したがって、蓄積電荷をクリアするためには、より大きなオーバーフロードレイン電圧を印加する必要があることがわかる。

【0048】

このように、図 1 の固体撮像素子のように、各フォトダイオードを構成する N 型層 (1 6 0 , 1 6 2 , 1 6 4) の深さを最適化する際、併せて、緑 (G) , 青 (B) 用のフォトダイオードの直下において追加のオーバーフローバリア層 (1 2 1 , 1 2 3) を形成することによって、各フォトダイオードを構成する N 型層 (1 6 0 , 1 6 2 , 1 6 4) の底部と P 型のオーバーフローバリア層 1 2 0 (ならびに追加のオーバーフローバリア層 1 2 1 , 1 2 3) との間の距離が略同一 (H 1) となり、各色用のフォトダイオードの、オーバーフローバリアのポテンシャルの高さの差が抑制され、オーバーフロードレイン電位のばらつきを抑制することが可能となる。

20

【0049】

つまり、図 1 の固体撮像素子では、赤 (R) , 緑 (G) , 青 (B) の各色の光を受けるフォトダイオードを具備する固体撮像素子において、オーバーフロードレインによる蓄積電荷のクリア動作に悪影響を与えることなく、暗電流を効果的に低減し、白傷の発生を抑制するという効果が得られる。

30

【0050】

ここで、図 3 ~ 図 1 1 を参照して、図 1 の固体撮像素子の製造方法について以下に説明する。図 3 ~ 図 1 1 は各々、図 1 の固体撮像素子の主要な製造工程毎の断面図である。

【0051】

まず、図 3 のように、N 型の半導体基板 (N s u b) 1 0 0 上に N 型のエピタキシャル層 (N e p i) 1 1 0 を形成し、その N 型のエピタキシャル層 (N e p i) 1 1 0 内にイオン注入を行い、P 型のオーバーフローバリア層 1 2 0 を形成する。

【0052】

次に、図 4 に示すように、N 型のエピタキシャル層 (N e p i) 1 1 0 の、オーバーフローバリア層 1 2 0 よりも上側の部分における転送路形成領域 (Z 1) において、転送路となる拡散層 (1 3 0 , 1 4 0) を形成し、続いて、素子分離用拡散層 1 5 0 を形成し、さらに、フォトダイオード形成領域 (Z 2) において、低不純物濃度層 (P - 層) 1 5 8 を形成する。

40

【0053】

次に、図 5 に示すように、半導体基板の表面にゲート絶縁膜 1 8 0 を形成し、続いて、転送路形成領域 (Z 1) における、転送路となる拡散層 (1 3 0 , 1 4 0) 上に電荷転送を制御するための、第 1 層目 / 第 2 層目のポリシリコンからなる転送電極 (P Y 1 , P Y 2) を形成する。参照符号 1 8 2 は、転送電極間絶縁膜であり、1 8 4 はオーバーコート絶縁膜である。

【0054】

50

次に、図 6 に示すように、フォトダイオード形成工程を実施する。即ち、まずフォトダイオード形成領域 (Z 2) における、低不純物濃度層 ((P - 層) 1 5 8 内に、第 1、第 2 および第 3 のフォトダイオード (各々、赤、緑、青用のフォトダイオードである) を構成する下層の同じ深さの N 型層 (1 6 0 , 1 6 0 , 1 6 0) を、イオン注入によって形成する。

【 0 0 5 5 】

そして、さらに、その N 型層 (1 6 0 , 1 6 0 , 1 6 0) と P N 接合を形成する、上層の第 2 導電型層 (1 7 0 , 1 7 2) を形成する。

【 0 0 5 6 】

次に、図 7 に示すように、第 2 および第 3 のフォトダイオードを構成する N 型層 (1 6 0 , 1 6 0) に対してカウンター不純物としてのボロン (B) を導入し、これによって N 型層 (1 6 0 , 1 6 0) の底部の導電型を打ち消し、結果的に、第 1、第 2 および第 3 のフォトダイオードを構成する、深さが異なる N 型層 (1 6 0 , 1 6 2 , 1 6 4) を形成する。即ち、これにより、第 1、第 2 および第 3 のフォトダイオードを構成するポテンシャル井戸の領域の深さが相互に異なる第 1 導電型層 (1 6 0 , 1 6 2 , 1 6 4) が形成される。なお、図 7 中、X 1 , X 2 は、カウンターイオンが注入される領域を示している。これによって、第 1、第 2 および第 3 のフォトダイオードの各々における N 型層 (1 6 0 , 1 6 2 , 1 6 4) の各々の深さ d 1 , d 2 , d 3 に関し、 $d 1 > d 2 > d 3$ の関係が成立する。

【 0 0 5 7 】

次に、図 8 に示すように、ボロン (B) のイオン注入を行って、第 2 および第 3 のフォトダイオードを構成する N 型層 (1 6 2 , 1 6 4) の下方に、その N 型層 (1 6 2 , 1 6 4) の深さ (d 2 , d 3) を浅くしたことによるオーバーフローバリアの高さの変動を抑制するための、追加のオーバーフローバリア層 (1 2 1 , 1 2 3) 形成する。これによって、第 1、第 2 および第 3 のフォトダイオードにおける N 型層 (1 6 0 , 1 6 2 , 1 6 4) の直下の低濃度層 1 5 8 の厚みが略同一 (H 1) となる。上記の工程でフォトダイオードが完成する。換言すると、第 1 導電型層 (1 6 2 , 1 6 4) の厚みに対応してオーバーフローバリア層 (1 2 1 , 1 2 3) の厚みが設定されることで、オーバーフローバリアのポテンシャル高さの差が低減される。なお、オーバーフローバリアのポテンシャル高さの差を低減するために、第 1 導電型層 (1 6 2 , 1 6 4) の厚みに対応してオーバーフローバリア層 (1 2 1 , 1 2 3) の不純物濃度を設定することであってもよい。

【 0 0 5 8 】

次に、図 9 に示すように、転送電極 (P Y 1 , P Y 2) 上にバリアメタルとしての窒化チタン (T i N) 膜 1 9 0 を形成し、続いて、遮光膜としてのタングステン (W) 膜 1 9 2 を形成する。

【 0 0 5 9 】

次に、図 1 0 に示すように、遮光膜 1 9 2 を覆うように B P S G 膜 2 0 0 及び窒化シリコン (S i N) 膜 2 1 0 を形成した後、C M P またはエッチバックにより、その窒化シリコン膜 2 1 0 を平坦化する。

【 0 0 6 0 】

次に、図 1 1 に示すように、平坦化された窒化シリコン膜 2 1 0 上の、第 1、第 2 および第 3 のフォトダイオードが形成されている領域の各々に対応した位置に、色材を含むレジストを順次塗布して、赤 (R) , 緑 (G) , 青 (B) のカラーフィルタ層 (2 2 0 , 2 2 2 , 2 2 4) を形成する。

【 0 0 6 1 】

続いて、平坦化層 2 2 9 を形成し、各カラーフィルタ層 (2 2 0 , 2 2 2 , 2 2 4) 上に透明レジストを塗布し、リフロー処理によって表面を球状に加工してオンチップレンズ 2 3 0 を形成する。

【 0 0 6 2 】

以上説明したように、本発明によれば、光電変換の対象となる光の波長に応じて、フォ

10

20

30

40

50

トダイオードを構成する第1導電型層の深さを最適化して、短波長の緑(G)、青(B)の各光を受けるフォトダイオードから無駄な部分を除去し、これによって暗電流を低減し、白傷の発生を抑制することができる。

【0063】

また、各フォトダイオードを構成する第1導電型層の深さを最適化する際、併せて、緑(G)、青(B)用のフォトダイオードの直下において追加のオーバーフローバリア層を形成することによって、各フォトダイオードを構成するN型層の底部とP型のオーバーフローバリア層(追加のオーバーフローバリア層を含む)との間の距離のばらつきを抑制することができる。したがって、各色用のフォトダイオードの、オーバーフローバリアのポテンシャルの高さの差が低減され、オーバーフロードレイン電位のばらつきを抑制することが可能となる。

10

【0064】

また、各フォトダイオードを構成する第1導電型層の深さの制御や追加のオーバーフローバリア層の形成は、イオン注入の加速エネルギーの調整や、イオン注入の際の若干の工程の追加により、無理なく実現することが可能である。

【0065】

なお、上記の実施形態においては、赤(R)、緑(G)、青(B)の三色の色検出の構成で説明しているが、三色に限らず、二色や四色以上の場合であっても本発明を適用することができる。

【産業上の利用可能性】

20

【0066】

本発明は、赤(R)、緑(G)、青(B)の各色の光を受けるフォトダイオードを具備する固体撮像素子において、オーバーフロードレインによる蓄積電荷のクリア動作に悪影響を与えることなく、暗電流を効果的に低減し、白傷の発生を抑制するという効果を奏し、したがって、カラー対応の縦型オーバーフロードレイン構造の固体撮像素子およびその製造方法として有用である。

【図面の簡単な説明】

【0067】

【図1】本発明の固体撮像素子の他の例(カラー対応で、縦型オーバーフロードレイン構造をもち、各フォトダイオードの深さが最適化され、かつ、追加のオーバーフローバリア層が形成されている例)の構成を示すデバイスの断面図である。

30

【図2】図1の固体撮像素子によって、各フォトダイオードにおけるオーバーフローバリアのポテンシャルの高さが略均一に制御される様子を説明するための特性図である。

【図3】図1の固体撮像素子の製造方法を説明するための、第1の製造工程におけるデバイスの断面図である。

【図4】図1の固体撮像素子の製造方法を説明するための、第2の製造工程におけるデバイスの断面図である。

【図5】図1の固体撮像素子の製造方法を説明するための、第3の製造工程におけるデバイスの断面図である。

【図6】図1の固体撮像素子の製造方法を説明するための、第4の製造工程におけるデバイスの断面図である。

40

【図7】図1の固体撮像素子の製造方法を説明するための、第5の製造工程におけるデバイスの断面図である。

【図8】図1の固体撮像素子の製造方法を説明するための、第6の製造工程におけるデバイスの断面図である。

【図9】図1の固体撮像素子の製造方法を説明するための、第7の製造工程におけるデバイスの断面図である。

【図10】図1の固体撮像素子の製造方法を説明するための、第8の製造工程におけるデバイスの断面図である。

【図11】図1の固体撮像素子の製造方法を説明するための、第9の製造工程におけるデ

50

バイスの断面図である。

【図12】オーバーフローレイン構造の固体撮像素子における蓄積電荷をクリアするための動作を説明するためのポテンシャル特性を示す図である。

【符号の説明】

【0068】

110 N型エピタキシャル層

120 オーバーフローバリア層

121, 123 追加のオーバーフローバリア層

130, 140 電荷転送路を構成する拡散層(不純物層)

150 素子分離用拡散層

10

158 低濃度層(P-層)

160, 162, 164 フォトダイオードを構成する下層のN型層(各々の厚みd1, d2, d3)

170 フォトダイオードを構成する上層のP型拡散層

172 反転防止用P型拡散層

180 ゲート絶縁膜

182 転送電極間絶縁膜

184 オーバークート絶縁膜

190 バリアメタルとしての窒化チタン(TiN)層

192 遮光膜としてのタングステン(W)層

20

200 BPSG膜

210 平坦化層としての窒化シリコン(SiN)膜

220, 222, 224 カラーフィルタ層

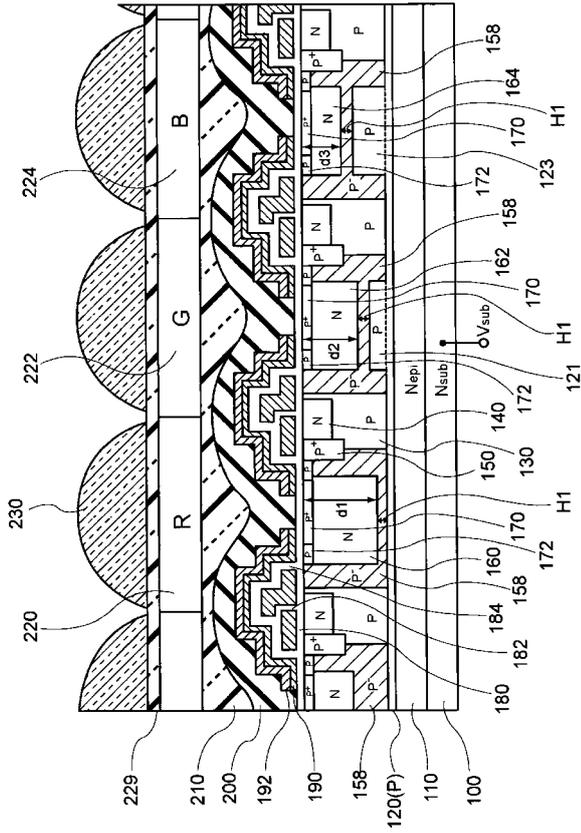
229 有機膜からなる平坦化層

230 オンチップレンズ

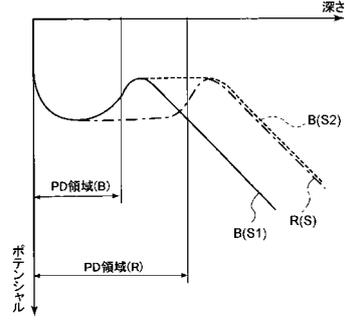
PY1 1層目ポリシリコンからなる転送電極

PY2 2層目ポリシリコンからなる転送電極

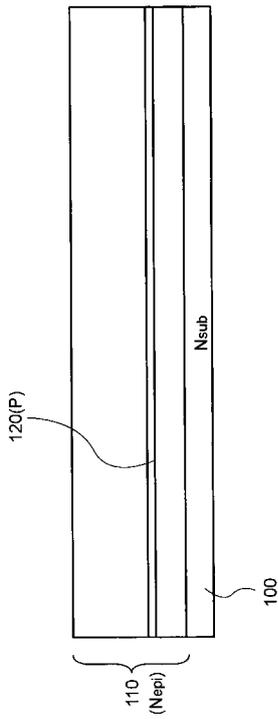
【図1】



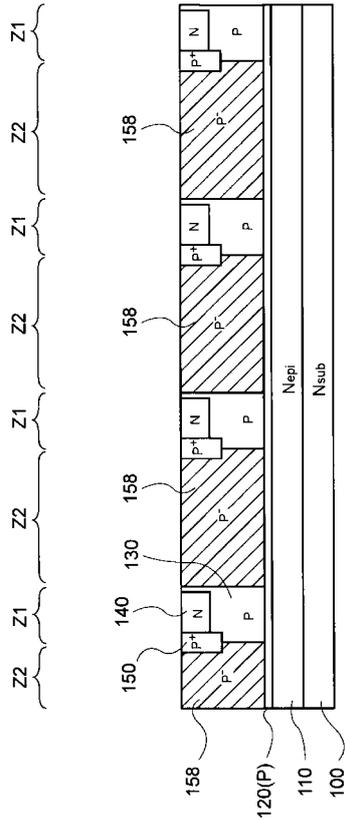
【図2】



【図3】

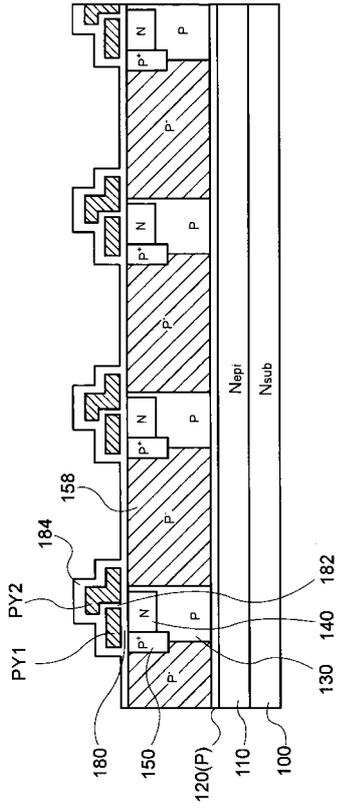


【図4】

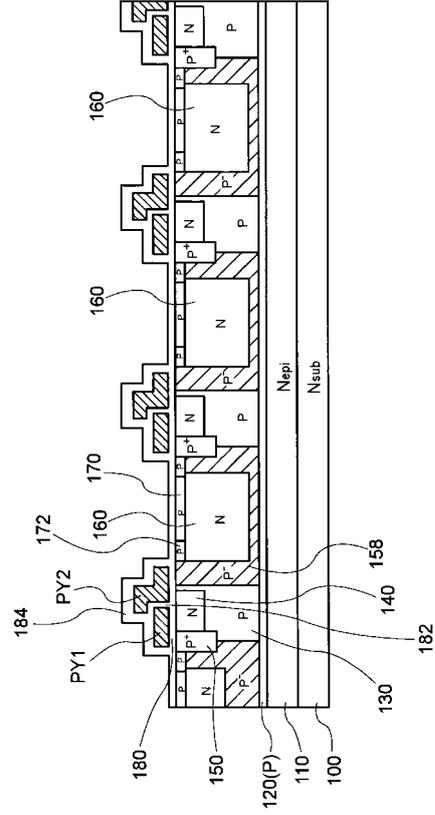


Z1:電荷転送路形成領域
 Z2:フォトダイオード形成領域

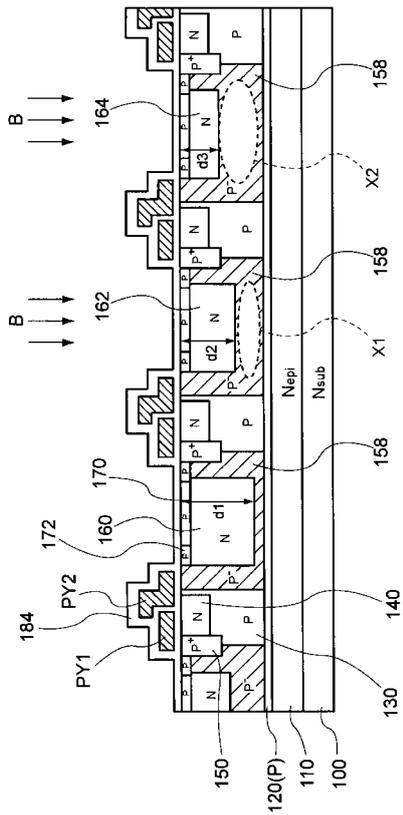
【 図 5 】



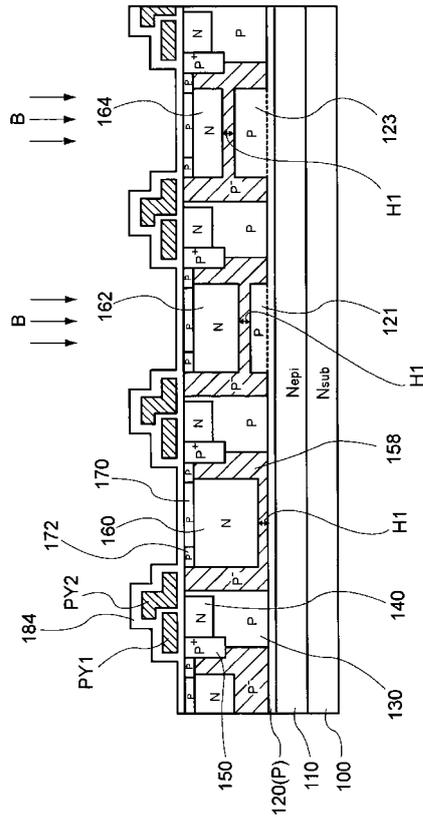
【 図 6 】



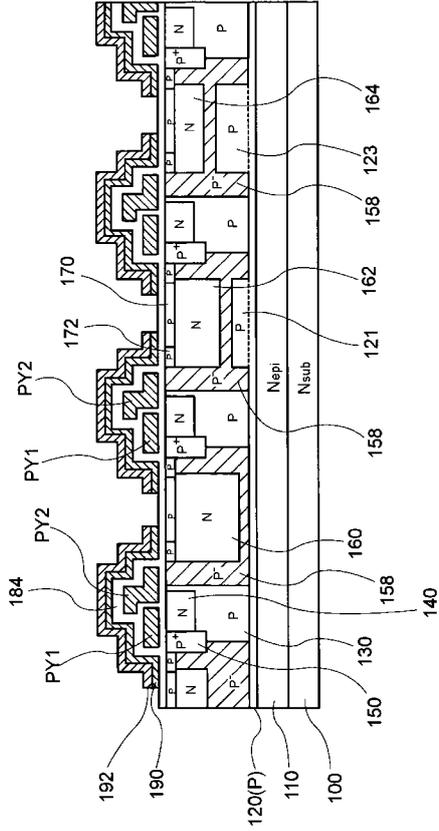
【 図 7 】



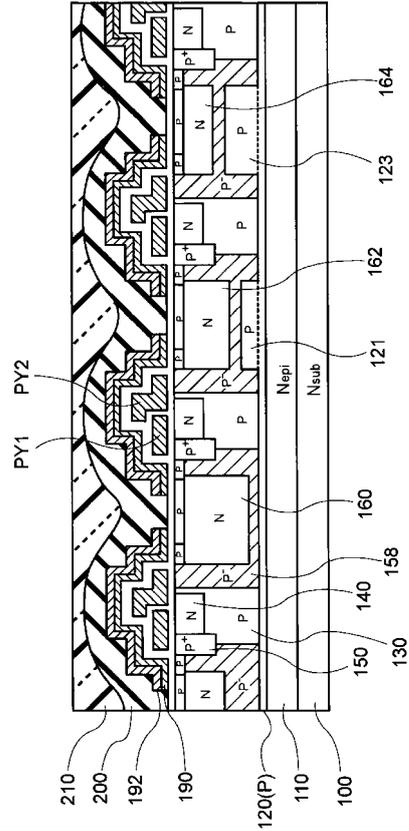
【 図 8 】



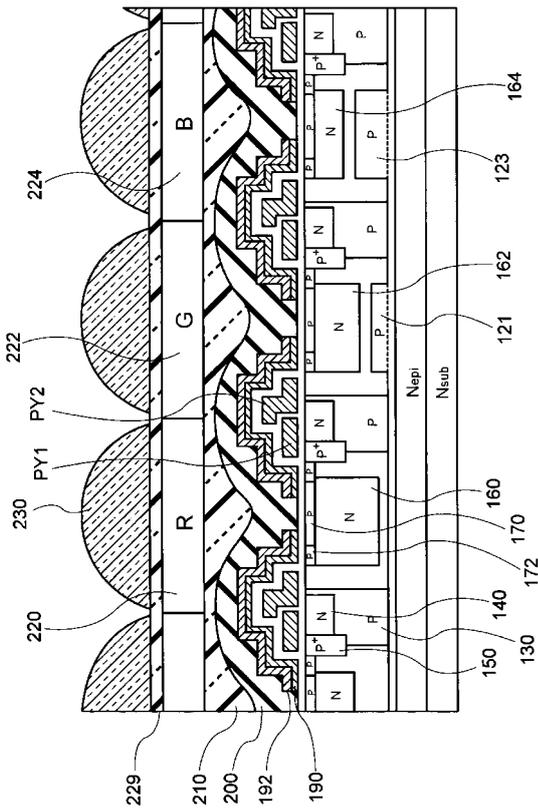
【 図 9 】



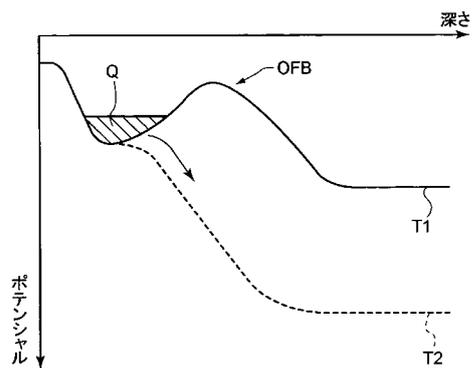
【 図 10 】



【 図 11 】



【 図 12 】



フロントページの続き

(72)発明者 大川 晴

宮城県黒川郡大和町松坂平1丁目6番地 富士フイルムマイクロデバイス株式会社内

Fターム(参考) 4M118 AA05 AB01 BA13 CA04 CA27 EA20 FA06 FA13 FA26 FA33

GB04 GB08 GB11 GC08 GC14 GD04

5F049 MA02 NA05 NB05 QA03 SS02 SZ06 SZ10 TA12 WA03