

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902065016A1

Publication Date

20140102

Applicant

STMICROELECTRONICS S.R.L.

Title

RIVELATORE OPTOELETTRONICO AD ALTA FREQUENZA

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"RIVELATORE OPTOELETTRONICO AD ALTA FREQUENZA"

di STMICROELECTRONICS S.R.L.

di nazionalità italiana

con sede: VIA C. OLIVETTI, 2

AGRATE BRIANZA (MB)

Inventore: PAGANI Alberto

* * *

La presente invenzione è relativa ad un rivelatore optoelettronico ad alta frequenza.

In generale, un rivelatore optoelettronico è un dispositivo elettronico che, quando riceve radiazione elettromagnetica, genera un segnale elettrico indicativo di tale radiazione elettromagnetica. Ad esempio, tra i rivelatori optoelettronici si annoverano i fotodiodi ed i fototransistori.

Riferendosi, a titolo puramente esemplificativo, ai fotodiodi, essi possono avere una struttura planare, oppure una struttura cosiddetta MESA.

Come mostrato in figura 1a, una struttura MESA di un fotodiodo 1 è formata da un corpo semiconduttore 2, il quale comprende, oltre ad un substrato 3, un primo ed un secondo strato epitassiale 4, 6, i quali formano una giunzione PN. Il corpo semiconduttore 2 è formato mediante

crescita epitassiale del primo e del secondo strato epitassiale 4, 6, e successivo attacco chimico umido ("wet chemical etching"), in maniera tale per cui il profilo del corpo semiconduttore 2 definisce appunto una struttura che evoca una mesa, la quale è delimitata da pareti laterali L che hanno pendenza gradualmente decrescente a partire dal secondo strato epitassiale 6 verso il substrato 3. Le metallizzazioni di anodo e di catodo non sono mostrate in figura 1a.

Come mostrato in figura 1b, in una struttura planare il corpo semiconduttore 2 è formato, oltre che dal substrato 3 e dal primo strato epitassiale 4, da una sacca semiconduttrice 8, la quale è formata mediante un processo di diffusione all'interno del primo strato epitassiale 4, con cui forma la giunzione PN. Anche in figura 1b non sono mostrate le metallizzazioni di anodo e di catodo.

In generale, la struttura MESA consente di prevenire perdite ("leakage") causate dal taglio della fetta ("wafer") in cui il fotodiodo è formato, tale taglio danneggiando tipicamente la struttura cristallina del materiale semiconduttore. Per quanto concerne, invece, la struttura planare, essa si caratterizza per un'elevata affidabilità, dal momento che, progettando opportunamente la sacca semiconduttrice 8, si evita che la giunzione PN sia esposta ad agenti esterni, i quali potenzialmente

possono alterare la giunzione PN, causando un incremento delle perdite.

Con riferimento, a titolo puramente esemplificativo, alla struttura planare, il funzionamento del fotodiodo 1 è mostrato in figura 2, laddove è indicata con I la superficie di interfaccia tra il primo strato epitassiale 4 e la sacca semiconduttrice 8.

In uso, il fotodiodo 1 è polarizzato inversamente. Inoltre, in corrispondenza della superficie di interfaccia I si forma una regione svuotata 10, la quale si estende in parte nella sacca semiconduttrice 8 ed in parte nel primo strato epitassiale 4. All'interno della regione svuotata 10 è presente un campo elettrico, il quale, nell'ipotesi di sacca semiconduttrice 8 di tipo P e di primo strato epitassiale 4 di tipo N, è diretto dal primo strato epitassiale 4 verso la sacca semiconduttrice 8.

Assumendo che sul fotodiodo 1 incida un impulso ottico, il fotodiodo 1 genera un corrispondente segnale elettrico, il quale è formato da una prima ed una seconda componente. La prima componente è formata dai portatori generati in seguito all'assorbimento di fotoni nella regione svuotata 10, mentre la seconda componente è generata dai portatori che sono generati in seguito all'assorbimento di fotoni in regioni differenti dalla regione svuotata 10, i tali portatori diffondendo

lentamente fino a raggiungere la regione svuotata 10. Un esempio di segnale elettrico è mostrato in figura 3, in cui la prima e la seconda componente sono indicate con 1C e 2C.

In pratica, la prima componente è una componente cosiddetta veloce, rispetto alla seconda componente, la quale è anche nota come componente lenta. Infatti, una volta che l'impulso ottico incide sul fotodiodo 1, la prima componente si genera prima della seconda componente; inoltre, la prima componente si caratterizza per una derivata nel tempo maggiore rispetto alla derivata della seconda componente. In maggior dettaglio, all'aumentare del campo elettrico nella regione svuotata 10, si aumenta la velocità dei portatori (minoritari) all'interno della regione svuotata 10, e dunque aumenta la rapidità di generazione della prima componente, con conseguente incremento della massima frequenza di funzionamento del fotodiodo 1 stesso. E' dunque possibile, ad esempio, rilevare correttamente un segnale ottico modulato ad alta frequenza con una modulazione del tipo ON-OFF.

Scopo della presente invenzione è fornire un rivelatore optoelettronico che abbia una frequenza di funzionamento ulteriormente incrementata.

Secondo la presente invenzione viene realizzato un dispositivo optoelettronico come definito nella rivendicazione 1.

Per una migliore comprensione della presente invenzione vengono ora descritte forme di realizzazione preferite, a puro titolo di esempi non limitativi, con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

- le figure 1a e 1b mostrano schematicamente sezioni trasversali di fotodiodi noti;

- la figura 2 mostra schematicamente una sezione trasversale di un fotodiodo noto, di tipo planare;

- la figura 3 mostra qualitativamente un andamento nel tempo di un segnale elettrico (espresso in unità arbitrarie) generato dal fotodiodo mostrato in figura 2, in seguito all'incidere di un impulso ottico;

- la figura 4 mostra schematicamente una sezione trasversale di una forma di realizzazione del presente rivelatore optoelettronico;

- la figura 5 mostra schematicamente una sezione trasversale di una forma di realizzazione del presente rivelatore optoelettronico, presa lungo una linea di sezione V-V mostrata in figura 6;

- la figura 6 mostra schematicamente una vista dall'alto del rivelatore optoelettronico mostrato in figura 5;

- la figura 7 mostra schematicamente una sezione trasversale di una differente forma di realizzazione del presente rivelatore optoelettronico;

- la figura 8a mostra schematicamente una sezione trasversale di una ulteriore forma di realizzazione del presente rivelatore optoelettronico, presa lungo una linea di sezione VIIIIa-VIIIIa mostrata in figura 8b;

- la figura 8b mostra schematicamente una vista dall'alto del rivelatore optoelettronico mostrato in figura 8a; e

- le figure 9-14 mostrano schematicamente sezioni trasversali di ulteriori forme di realizzazione del presente rivelatore optoelettronico.

La figura 4 mostra un fotodiodo 20, il quale comprende un corpo 22 di materiale semiconduttore ed una prima ed una seconda sacca 24, 26, formate anch'esse di materiale semiconduttore. Il corpo 22 può comprendere, in modo di per sé noto, un substrato ed uno o più strati epitassiali (non mostrati); inoltre, il corpo 22 definisce una prima ed una seconda superficie principale S_1 , S_2 .

La prima sacca 24 si estende a partire dalla prima superficie principale S_1 ed è circondata inferiormente e lateralmente dal corpo 22, con cui è a contatto diretto.

La seconda sacca 26 si estende a partire dalla prima superficie principale S_1 ed è circondata inferiormente e lateralmente dalla prima sacca 24, con cui è a contatto diretto. A titolo puramente esemplificativo, nella forma di realizzazione mostrata in figura 4, la prima e la seconda

sacca 24, 26 sono drogate rispettivamente N e P.

La prima e la seconda sacca 24, 26 formano dunque una giunzione PN e definiscono una prima superficie di interfaccia I_1 , la quale separa la prima sacca 24 dalla seconda sacca 26.

Il fotodiodo 20 comprende inoltre un contatto di anodo ed un contatto di catodo (non mostrati), collegati rispettivamente alla seconda ed alla prima sacca 26, 24 ed atti a consentire di polarizzare inversamente la giunzione PN. In uso si forma dunque una regione svuotata 28, la quale si estende attraverso la prima superficie interfaccia I_1 , e dunque si estende in parte all'interno della prima sacca 24 ed in parte all'interno della seconda sacca 26.

Il fotodiodo 20 definisce inoltre un incavo 30, il quale si estende a partire dalla prima superficie principale S_1 ed attraversa la seconda sacca 26 e, almeno in parte, la seconda sacca 24.

In dettaglio, l'incavo 30 è delimitato lateralmente da una prima e da una seconda parete laterale P_1 e P_2 , ciascuna delle quali è di tipo piano ed è trasversale rispetto alla prima superficie principale S_1 ; in particolare, ciascuna tra la prima e la seconda parete laterale P_1 e P_2 si estende a partire dalla prima superficie principale S_1 e forma con essa un angolo non nullo e diverso da 90° . Ancora più in particolare, la prima e la

seconda parete laterale P_1 , P_2 formano con la prima superficie principale S_1 rispettivamente un angolo θ_1 e θ_2 , ciascuno dei quali è compreso tra 100° e 170° , al fine consentire di accoppiare radiazione elettromagnetica proveniente dall'esterno al fotodiodo 20, come descritto in dettaglio in seguito.

L'incavo 30 si estende in maniera tale per cui la prima e la seconda parete laterale P_1 , P_2 sono a contatto con la prima e la seconda sacca 24, 26; in altre parole, la giunzione PN formata dalla prima e della seconda sacca 24, 26 si affaccia sulla prima e sulla seconda parete laterale P_1 , P_2 , cioè sull'incavo 30. Inoltre, assumendo un sistema di riferimento ortogonale xyz , formato dagli assi x , y , e z e tale per cui la prima e la seconda superficie principale S_1 e S_2 sono parallele al piano xz , la forma di realizzazione mostrata in figura 4 è tale per cui la prima e la seconda parete laterale P_1 , P_2 sono disposte specularmente rispetto ad un asse H parallelo all'asse y . In aggiunta, la prima e la seconda parete laterale P_1 , P_2 sono tra loro a contatto e definiscono un angolo ϕ compreso tra 10° ed 170° . Più in particolare, al fine di massimizzare l'accoppiamento della radiazione elettromagnetica al fotodiodo 20, l'angolo ϕ è compreso fra 70° e 110° ed è ad esempio pari a 90° . Ancora più in particolare, la prima e la seconda parete laterale P_1 , P_2

definiscono una linea di contatto 35, la quale giace all'interno della prima sacca 24.

La prima superficie di interfaccia I_1 contatta sia la prima che la seconda parete laterale P_1 , P_2 , le quali sono disposte trasversalmente rispetto alla stessa prima superficie di interfaccia I_1 . In particolare, le porzioni della prima superficie di interfaccia I_1 che contattano con la prima e la seconda parete laterale P_1 , P_2 sono sostanzialmente parallele al piano xz , e dunque alla prima superficie principale S_1 ; pertanto, la prima e la seconda parete laterale P_1 , P_2 formano con la prima superficie di interfaccia I_1 angoli rispettivamente pari a θ_1 e θ_2 (equivalentemente, a $180^\circ - \theta_1$ e $180^\circ - \theta_2$). In altre parole, la giunzione PN formata dalla prima e dalla seconda sacca 24, 26 ha una porzione che contatta la prima e la seconda parete laterale P_1 , P_2 , tale porzione essendo sostanzialmente parallela alla prima superficie principale S_1 .

In uso, all'interno delle porzioni della regione svuotata 28 disposte a contatto con la prima e la seconda parete laterale P_1 , P_2 , si manifesta dunque un infittirsi ed un progressivo inclinarsi delle linee di forza del campo elettrico E , tanto più tali linee di forza sono prossime alla prima ed alla seconda parete laterale P_1 , P_2 . In particolare, tanto più le linee di forza sono prossime alla

prima ed alla seconda parete laterale P_1 , P_2 , tanto più esse tendono ad essere parallele a queste ultime. Inoltre, riferendosi al segnale ottico per indicare la radiazione elettromagnetica proveniente dal mondo esterno, il segnale ottico penetra nell'incavo 30 e grazie, all'inclinazione della prima e della seconda parete laterale P_1 , P_2 , si accoppia al fotodiodo 20, penetrando all'interno della regione svuotata 28, ed in particolare all'interno di porzioni della regione svuotata 28 in cui il campo elettrico è particolarmente elevato. I fotoni del segnale ottico possono quindi essere assorbiti in tali porzioni ad elevato campo elettrico, generando portatori che sono accelerati dal medesimo campo elettrico. Aumentando il drogaggio della seconda sacca 26 localmente ed in prossimità dell'incavo 30, è inoltre possibile ottenere un assottigliamento (non mostrato) della regione svuotata 28, in modo da ridurre il cammino libero medio dei portatori di carica (elettroni e lacune) attraverso la regione svuotata 28 medesima.

Il fotodiodo 20 si caratterizza quindi per il fatto che fornisce, in risposta ad un segnale ottico, un segnale elettrico la cui componente (cosiddetta) veloce, cioè la componente derivante dai portatori generati in seguito all'assorbimento di fotoni all'interno della regione svuotata 28, viene generata con elevata rapidità. Infatti,

come precedentemente spiegato, tali portatori sono sottoposti ad un elevato campo elettrico E . In altre parole, dato un generico istante in cui il segnale ottico penetra nella regione svuotata 28, si riduce il ritardo del corrispondente istante in cui il fotodiodo 20 genera il corrispondente segnale elettrico. Ne consegue che il fotodiodo 20 si caratterizza per un'elevata frequenza di funzionamento.

Secondo una differente forma di realizzazione, mostrata in figura 5, tra la prima e la seconda sacca 24, 26 è interposta una regione intrinseca 32. L'incavo 30 si estende in modo da attraversare completamente la regione intrinseca 32. In tal modo, riferendosi alla prima superficie di interfaccia I_1 per indicare la superficie di separazione tra la seconda sacca 26 e la regione intrinseca 32, e riferendosi alla seconda superficie di interfaccia I_2 per indicare la superficie che separa la regione intrinseca 32 dalla prima sacca 24, sia la prima che la seconda superficie di interfaccia I_1 , I_2 sono a contatto sia con la prima che con la seconda parete laterale P_1 , P_2 .

In pratica, la forma di realizzazione mostrata in figura 5 si riferisce ad un fotodiodo del tipo cosiddetto PIN, anziché PN, dal momento che la regione intrinseca 32 e la prima e la seconda sacca 24, 26 formano appunto una giunzione di tipo PIN. Inoltre, come mostrato a titolo

puramente esemplificativo in figura 6, la regione intrinseca 32 e la prima e la seconda sacca 24, 26, come peraltro anche l'incavo 30, hanno forma, in vista dall'alto, di un rettangolo con angoli smussati. Si noti che, in tale forma di realizzazione, la regione svuotata 28, oltre ad estendersi in parte nella prima e nella seconda sacca 24, 26, occupa interamente la regione intrinseca 32.

Come mostrato in figura 7, sono inoltre possibili forme di realizzazione differenti, in cui il fotodiodo 20 ha una sezione trasversale tale per cui la prima e la seconda parete laterale P_1 , P_2 non sono a contatto tra loro, bensì sono collegate da una terza parete laterale P_3 , la quale si estende all'interno della prima sacca 24, parallelamente alla prima superficie principale S_1 .

Sono inoltre possibili forme di realizzazione del tipo mostrato nelle figure 8a e 8b. Secondo tale forma di realizzazione, il fotodiodo 20 ha una prima ed una sezione trasversale, ottenute mediante sezione con due piani paralleli al piano xy e relative rispettivamente ad un primo ed un secondo valore della coordinata z , tali prima e seconda sezione trasversale essendo tra loro differenti. In particolare, la prima sezione trasversale è uguale alla sezione trasversale mostrata nella figura 7, mentre la seconda sezione trasversale è mostrata nella figura 8a. In

pratica, secondo tale forma di realizzazione, l'incavo 30 ha la forma, in vista dall'alto, di una croce. In tal modo, rispetto alla forma di realizzazione mostrata in figura 6, l'area della regione svuotata 28 esposta alla radiazione elettromagnetica risulta aumentata, e conseguentemente si aumenta l'intensità del segnale elettrico generato dal fotodiodo 20. Sono comunque possibili ulteriori forme di realizzazione, in cui l'incavo 30 ha in vista dall'alto una forma interdigitata.

Come mostrato in figura 9, con riferimento a titolo esemplificativo al caso di un fotodiodo di tipo PIN, il fotodiodo 20 può includere uno strato superiore 40, il quale si estende al di sopra della prima superficie principale S_1 , con cui è a contatto diretto.

Lo strato superiore 40 è atto a consentire la propagazione del segnale ottico ed occupa l'incavo 30, essendo disposto a contatto diretto con la prima e la seconda parete laterale P_1 , P_2 . Al fine di consentire la propagazione del segnale ottico, lo strato superiore 40 è formato da un materiale avente indice di rifrazione maggiore rispetto all'indice di rifrazione del materiale semiconduttore che forma il corpo 22.

In dettaglio, lo strato superiore 40 ha una porzione di contatto 50, la quale occupa l'incavo 30; la porzione di contatto 50 è dunque a contatto diretto con la prima e la

seconda superficie di interfaccia I_1 , I_2 , cioè è a contatto con la regione intrinseca 32 e con la prima e la seconda sacca 24, 26. Inoltre, la porzione di contatto 50 ha ad esempio uno spessore costante lungo l'asse x . Pertanto, oltre ad essere delimitata inferiormente dalla prima e dalla seconda parete laterale P_1 , P_2 , la porzione di contatto 50 è delimitata superiormente da una terza ed una quarta parete laterale P_3 , P_4 , rispettivamente parallele alla prima ed alla seconda parete laterale P_1 , P_2 ; inoltre, la terza e la quarta parete laterale P_3 , P_4 distano di una medesima distanza (pari allo spessore dello strato superiore) dalla prima e, rispettivamente, dalla seconda parete laterale P_1 , P_2 .

Lo strato superiore 40 è inoltre delimitato, ad una sua propria estremità, da una quinta parete laterale P_5 , anch'essa di tipo piano. La quinta parete laterale P_5 è lateralmente sfalsata rispetto alla prima ed alla seconda parete laterale P_1 , P_2 e sovrasta anch'essa la regione intrinseca 32 e la prima e la seconda sacca 24, 26; inoltre la quinta parete laterale P_5 sovrasta la prima superficie principale S_1 , rispetto alla quale è inclinata di un angolo pari ad esempio a 45° . Una regione addizionale 52 è disposta a contatto con la quinta parete laterale P_5 , al di sopra della prima superficie principale S_1 . Tale regione addizionale 52 ha un indice di rifrazione inferiore

rispetto all'indice di rifrazione del materiale che forma lo strato superiore 40.

In uso, il segnale ottico si propaga lungo lo strato superiore 40 fino a giungere in corrispondenza della porzione di contatto 50 dove, a causa di riflessioni alla prima ed alla terza parete laterale P_1 , P_3 , viene in parte diretto nella regione svuotata 28, con conseguente generazione del corrispondente segnale elettrico. Parte del segnale ottico attraversa tuttavia la porzione di contatto 50, continuando a propagarsi lungo lo strato superiore 40 fino a giungere alla quinta parete laterale P_5 , dove viene riflessa in direzione della regione svuotata 28. In tal modo, l'efficienza dell'accoppiamento tra il fotodiodo 20 e lo strato superiore 40 è incrementata.

Come mostrato in figura 10, assumendo che il corpo 22 definisca inoltre una prima ed una seconda superficie laterale S_{11} , S_{12} , lo strato superiore 40 può estendersi lateralmente tra prima ed una seconda superficie laterale S_{11} , S_{12} . Inoltre, come mostrato ancora in figura 10, tra lo strato superiore 40 ed il corpo 22 può essere interposto un primo strato di rivestimento 60, il quale si estende al di sopra della prima superficie principale S_1 ; in tal caso, la porzione di contatto 50 si estende attraverso il primo strato di rivestimento 60. Inoltre, al di sopra dello strato superiore 40, ed a contatto diretto con esso, si

estende un secondo strato di rivestimento 62. Il primo ed il secondo strato di rivestimento 60, 62 possono essere formati da un medesimo materiale, il quale ha un indice di rifrazione inferiore rispetto all'indice di rifrazione del materiale che forma lo strato superiore 40, in maniera tale per cui lo strato superiore 40 ed il primo ed il secondo strato di rivestimento 60, 62 formano una guida d'onda, otticamente accoppiata alla regione svuotata 28.

In una differente forma di realizzazione, mostrata in figura 11, la quarta parete laterale P_4 , anziché parallela alla seconda parete laterale P_2 , è complanare alla prima superficie principale S_1 . Inoltre, la prima e la seconda parete laterale P_1 , P_2 sono rivestite, rispettivamente, da un primo ed un secondo strato antiriflesso 70, 72, aventi ad esempio spessori pari a multipli interi e dispari di un quarto della lunghezza d'onda del segnale ottico. Tale forma di realizzazione assolve la funzione far interamente assorbire il segnale ottico dal fotodiodo 20.

La figura 12 mostra invece un fototransistore 75 del tipo cosiddetto bipolare, in cui il corpo 22 è drogato P, ed in cui all'interno della seconda sacca 26 si estende una terza sacca 78, di tipo N e lateralmente distanziata dall'incavo 30. La figura 12 mostra inoltre i contatti di collettore, base ed emettitore, i quali sono indicati rispettivamente con CC, CB e CE e contattano

rispettivamente la prima, la seconda e la terza sacca 24, 26, 78.

In una ulteriore forma di realizzazione, mostrata in figura 13, la terza sacca 78 ha forma, in vista dall'alto, di una corona circolare o di un poligono ed è disposta in modo da circondare l'incavo 30, dal quale è lateralmente distanziata; in tal modo, si definisce una struttura simmetrica che beneficia dei vantaggi forniti dall'incavo 30. Sebbene non mostrato, uno strato di disaccoppiamento, di tipo N+, può essere interposto tra la prima sacca 24 ed il corpo 22, al fine di ridurre la resistenza elettrica tra di essi.

La figura 14 mostra invece un fototransistore 90 di tipo MOS, in cui la terza sacca, indicata con 92, è di tipo P+ e si estende all'interno della prima sacca 24, a partire dalla prima superficie principale S_1 . Inoltre, il fototransistore 90 comprende la quarta sacca, indicata con 94, la quale è di tipo N+ e si estende anch'essa all'interno della prima sacca 24, a partire dalla prima superficie principale S_1 . La seconda sacca 26 è lateralmente interposta, a distanza, tra la terza e la quarta sacca 92, 94.

Al di sopra della prima superficie principale S_2 si estende una regione dielettrica 96, lateralmente sfalsata rispetto alla seconda ed alla terza sacca 26, 92, con le

quali è a contatto diretto; la regione dielettrica 96 è inoltre a contatto diretto con la prima sacca 24. Al di sopra della regione dielettrica 96, e a diretto contatto con essa, si estende una regione conduttiva 98, la quale forma appunto una struttura MOS con la regione dielettrica 96 e la prima sacca 24. La figura 14 mostra inoltre contatti di sorgente ("source"), di porta ("gate") e di pozzo ("drain"), i quali sono indicati rispettivamente con CS, CG e CD e contattano rispettivamente la terza sacca 92, la regione conduttiva 98 e la seconda sacca 26; inoltre, la figura 14 mostra un contatto di polarizzazione Vbias, il quale contatta la quarta sacca 94, al fine di consentire di polarizzare la prima sacca 24 e permettere al fototransistore 90 di funzionare correttamente.

I vantaggi che il presente rivelatore optoelettronico consente di ottenere emergono chiaramente dalla precedente descrizione. In particolare, indipendentemente dal fatto che il presente rivelatore optoelettronico formi un fotodiodo, un fototransistore di tipo bipolare o MOS, oppure un ancora differente dispositivo optoelettronico, esso si caratterizza per un'elevata frequenza di funzionamento, nonché per un'elevata sensibilità, ottenute mediante incremento del campo elettrico all'interno della regione svuotata.

Risulta infine chiaro che rispetto a quanto qui

descritto ed illustrato possono essere apportate modifiche e varianti, senza per questo uscire dall'ambito protettivo della presente invenzione, come definito nelle rivendicazioni allegate.

Ad esempio, come precedentemente accennati, sono possibili forme di realizzazione relative a dispositivi e componenti optoelettronici differenti da quelli descritti e mostrati. Inoltre, tutti i tipi di drogaggio possono essere invertiti rispetto a quanto descritto in precedenza. In aggiunta a ciò, in luogo della regione intrinseca 32, può essere presente una regione a basso livello di drogaggio, di tipo P o N.

E' altresì possibile che l'incavo sia disposto in maniera tale per cui la prima e la seconda sacca, nonché, se presente, la regione intrinseca, sono disposte tutte su di un medesimo lato rispetto all'incavo.

RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo optoelettronico (20;75;90) atto a rivelare radiazione elettromagnetica e comprendente:

- un corpo (22) di materiale semiconduttore delimitato da una superficie principale (S_1) ed includente una prima ed una seconda regione (24,26,32) che formano una giunzione; e

- un incavo (30) formato nel corpo, estendentesi a partire dalla superficie principale (S_1) e delimitato almeno da una prima parete (P_1), la prima parete essendo disposta trasversalmente rispetto alla superficie principale;

ed in cui la giunzione si affaccia sulla prima parete.

2. Dispositivo secondo la rivendicazione 1, in cui la prima parete (P_1) forma con la superficie principale (S_1) un angolo non nullo e diverso da 90° .

3. Dispositivo secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui l'incavo (30) è delimitato inoltre da una seconda parete laterale (P_2), la quale è disposta trasversalmente rispetto alla superficie principale (S_1), con cui forma un angolo non nullo e diverso da 90° , la giunzione (24,26,32) affacciandosi inoltre sulla seconda parete.

4. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la giunzione (24,26,32) ha una porzione che contatta la prima parete laterale (P_1), detta porzione essendo sostanzialmente parallela alla superficie principale (S_1).

5. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui la prima e la seconda regione (24,26) hanno tipi di conducibilità differenti, in maniera tale per cui la giunzione è di tipo PN.

6. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 4, in cui il corpo (22) comprende inoltre una terza regione (32), interposta tra la prima e la seconda regione (24,26), la prima e la seconda regione essendo rispettivamente di tipo N e di tipo P, la terza regione essendo intrinseca, in maniera tale per cui la giunzione è di tipo PIN.

7. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente inoltre uno strato superiore (40) atto a consentire la propagazione guidata di radiazione elettromagnetica, detto strato superiore estendendosi almeno in parte al di sopra della superficie principale (S_1) ed occupando almeno in parte l'incavo (30).

8. Dispositivo secondo la rivendicazione 7, in cui lo strato superiore (40) comprende una porzione (50) che si estende all'interno dell'incavo (30) ed è a contatto con la giunzione (24,26).

9. Dispositivo secondo la rivendicazione 8, in cui detta porzione (50) dello strato superiore (40) è delimitata dalla prima parete (P_1) e da una terza parete (P_3), la quale è parallela alla prima parete e sovrasta a distanza la prima parete.

10. Dispositivo secondo la rivendicazione 3,

comprendente inoltre uno strato superiore (40) atto a consentire la propagazione guidata di radiazione elettromagnetica, detto strato superiore estendendosi almeno in parte al di sopra della superficie principale (S_1) e comprendendo una porzione (50) che si estende all'interno dell'incavo (30), detta porzione dello strato superiore essendo sovrapposta alla prima ed alla seconda parete (P_1, P_2) ed essendo inoltre delimitata da una terza e da una quarta parete (P_3, P_4), la terza parete essendo parallela e sovrapposta alla prima parete, la quarta parete essendo sovrapposta alla seconda parete e parallela alla superficie principale (S_1).

11. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 7 a 10, in cui lo strato superiore (40) è delimitato lateralmente da una parete di estremità (P_5), la quale si estende al di sopra della superficie principale (S_1), è lateralmente sfalsata rispetto all'incavo (30) e sovrasta la giunzione (24,26,32).

12. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, detto dispositivo formando un componente a scelta tra un fotodiodo (20) ed un fototransistore (75;90).

p.i.: STMICROELECTRONICS S.R.L.

Elena CERBARO

CLAIMS

1. An optoelectronic device (20; 75; 90) designed to detect electromagnetic radiation and comprising:

- a body (22) of semiconductor material delimited by a main surface (S_1) and including a first region and a second region (24, 26, 32) that form a junction; and

- a recess (30) formed in the body, which extends from the main surface (S_1) and is delimited at least by a first wall (P_1), the first wall being arranged transverse to the main surface;

and wherein the junction faces the first wall.

2. The device according to claim 1, wherein the first wall (P_1) forms with the main surface (S_1) a nonzero angle other than 90° .

3. The device according to claim 1 or claim 2, wherein the recess (30) is further delimited by a second side wall (P_2), which is arranged transverse to the main surface (S_1), with which it forms a nonzero angle other than 90° , the junction (24, 26, 32) moreover facing the second wall.

4. The device according to any one of the preceding claims, wherein the junction (24, 26, 32) has a portion that contacts the first side wall (P_1), said portion being substantially parallel to the main surface (S_1).

5. The device according to any one of the preceding claims, wherein the first region (24) and the second region (26) have different types of conductivity so that the junction is of a PN type.

6. The device according to any one of claims 1 to 4, wherein the body (22) further comprises a third region (32), arranged

between the first and second regions (24, 26), the first and second regions being, respectively, of an N type and of a P type, the third region being intrinsic, so that the junction is of a PIN type.

5

7. The device according to any one of the preceding claims, further comprising a top layer (40) designed to enable guided propagation of electromagnetic radiation, said top layer extending at least in part on top of the main surface (S_1) and occupying at least in part the recess (30).

10

8. The device according to claim 7, wherein the top layer (40) comprises a portion (50) that extends within the recess (30) and is in contact with the junction (24, 26).

15

9. The device according to claim 8, wherein said portion (50) of the top layer (40) is delimited by the first wall (P_1) and by a third wall (P_3), which is parallel to the first wall and overlies at a distance the first wall.

20

10. The device according to claim 3, further comprising a top layer (40) designed to enable guided propagation of electromagnetic radiation, said top layer extending at least in part on top of the main surface (S_1) and comprising a portion (50) that extends within the recess (30), said portion of the top layer being arranged on top of the first and second walls (P_1 , P_2) and being moreover delimited by a third wall (P_3) and a fourth wall (P_4), the third wall being parallel to, and arranged on top of, the first wall, the fourth wall being arranged on top of the second wall and parallel to the main surface (S_1).

25

30

11. The device according to any one of claims 7 to 10, wherein the top layer (40) is delimited laterally by an end wall (P_5),

which extends on top of the main surface (S_1), is laterally staggered with respect to the recess (30), and overlies the junction (24, 26, 32).

- 5 12. The device according to any one of the preceding claims, said device forming a component chosen between a photodiode (20) and a phototransistor (75; 90).

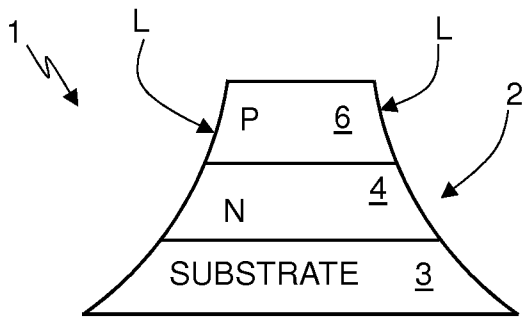


Fig.1a

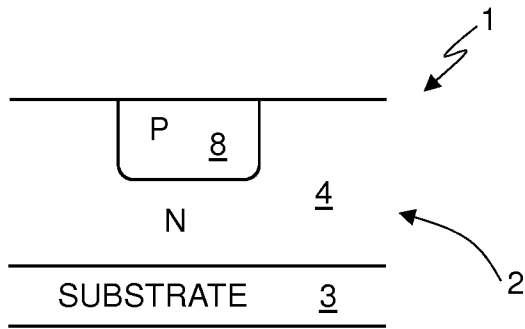


Fig.1b

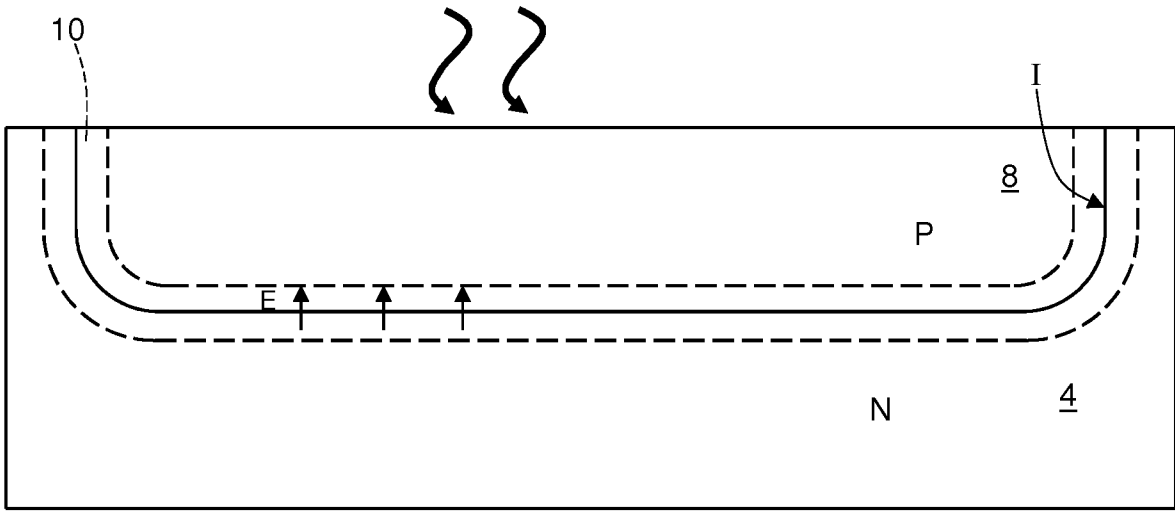


Fig.2

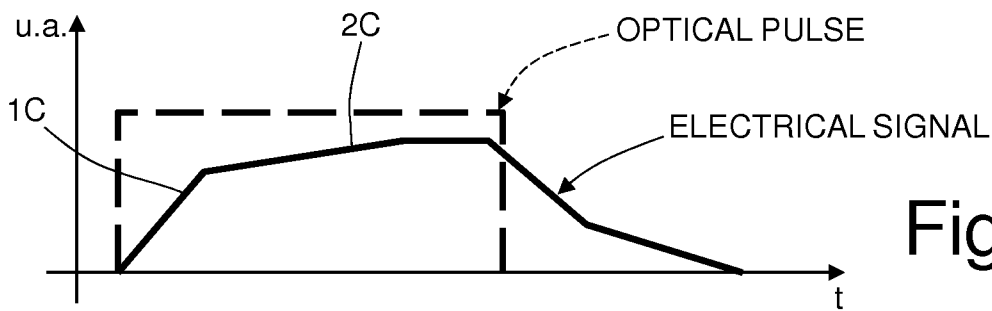


Fig.3



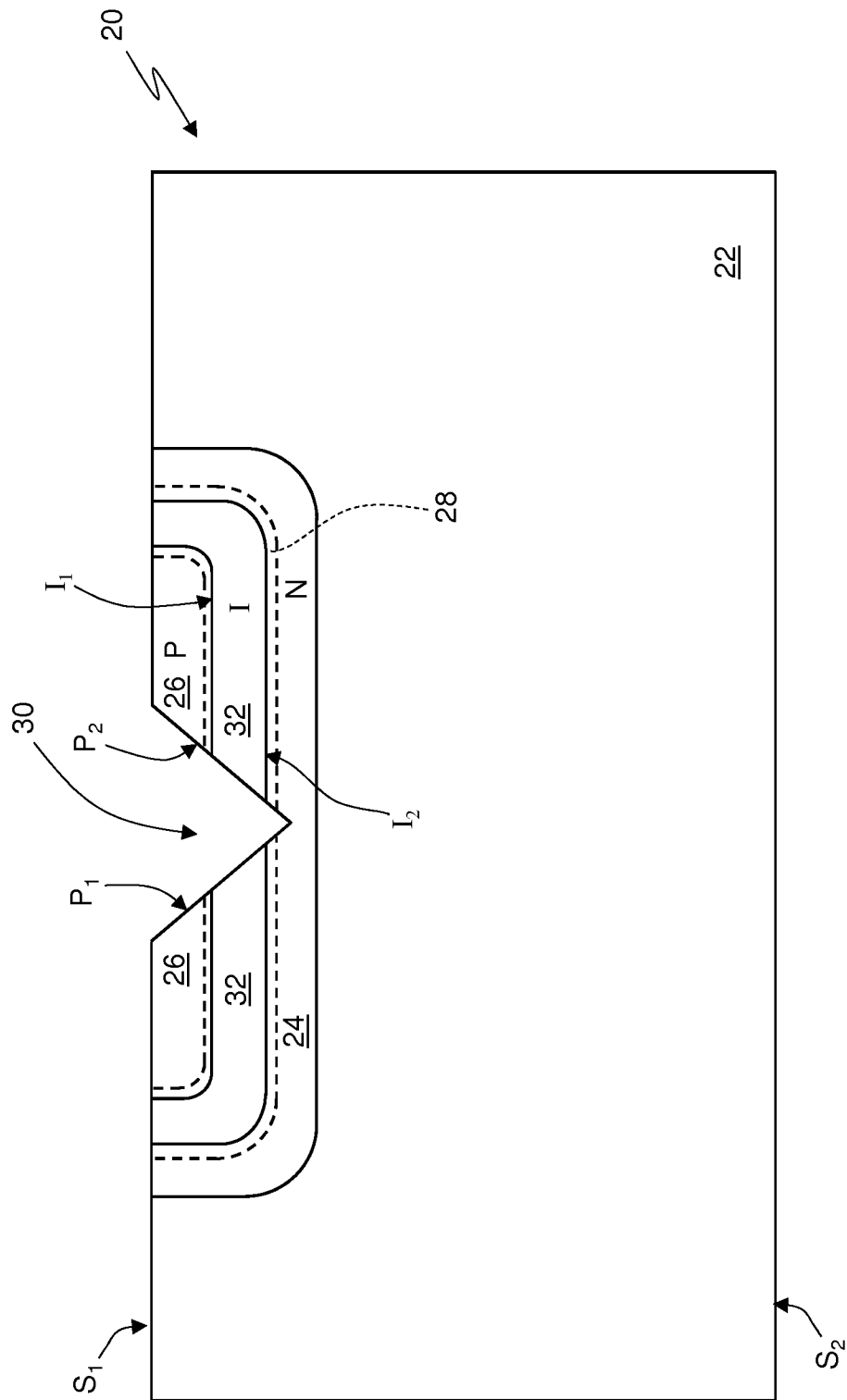
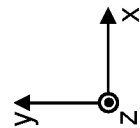


Fig.5

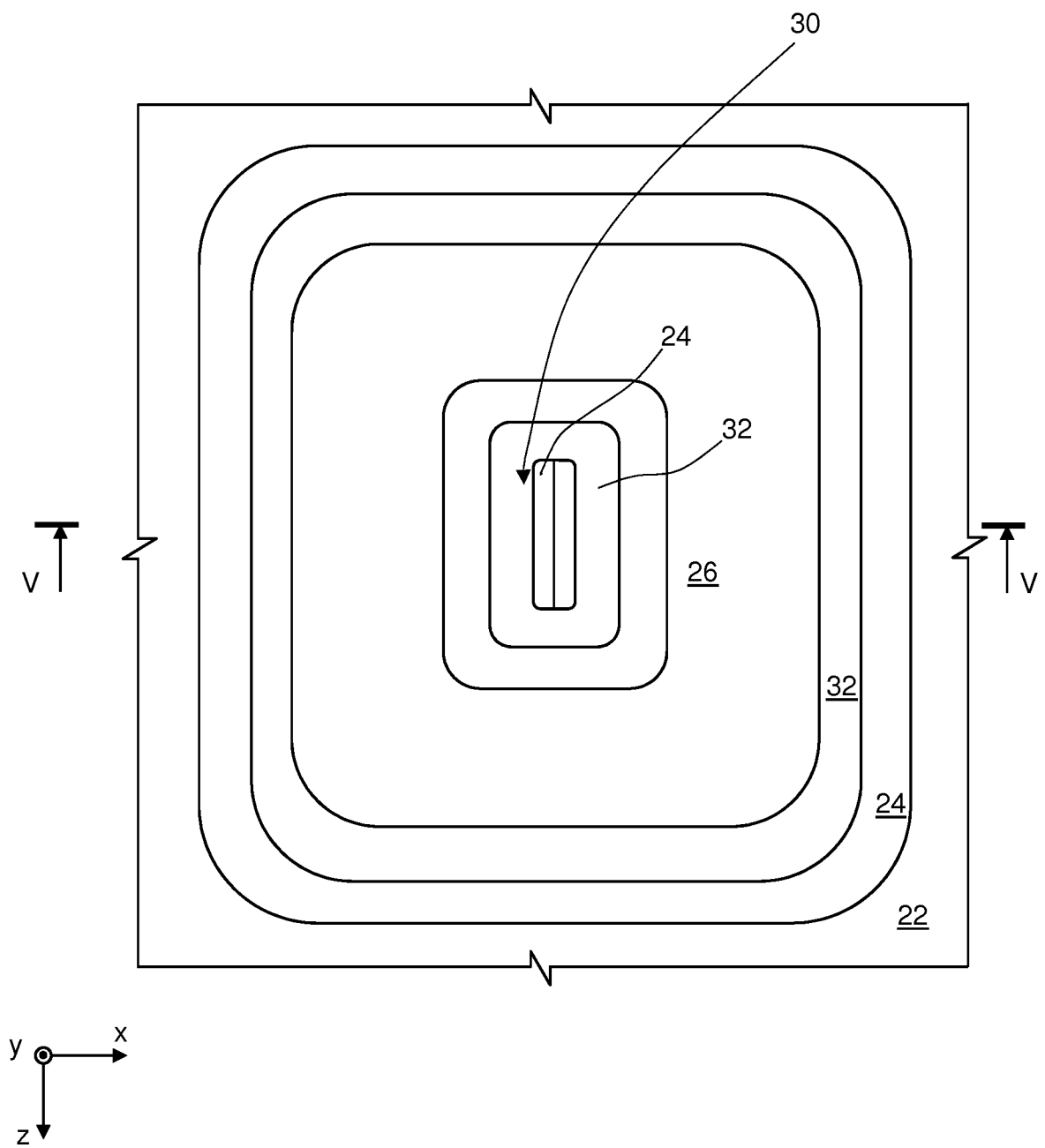


Fig.6

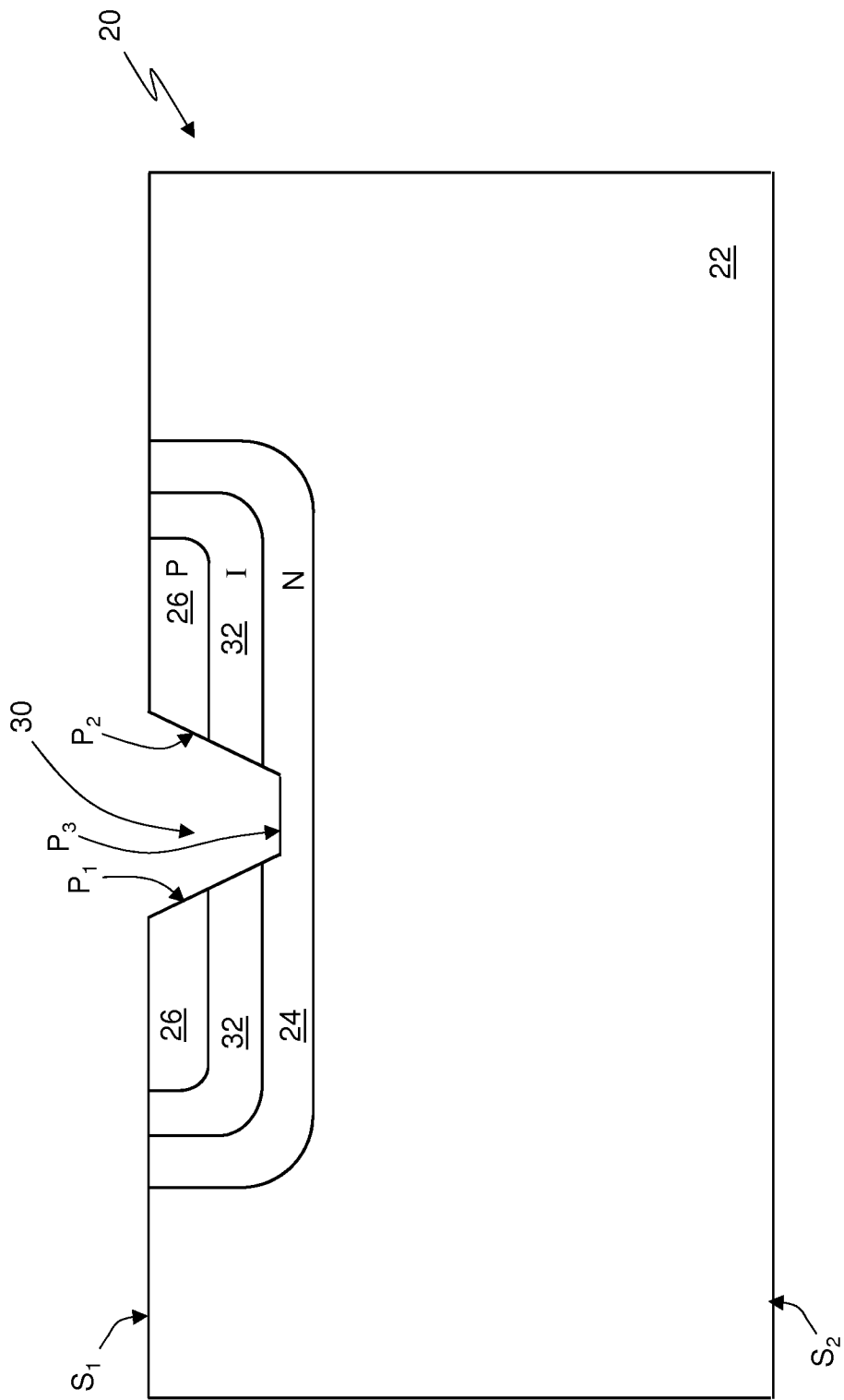
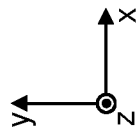


Fig.7

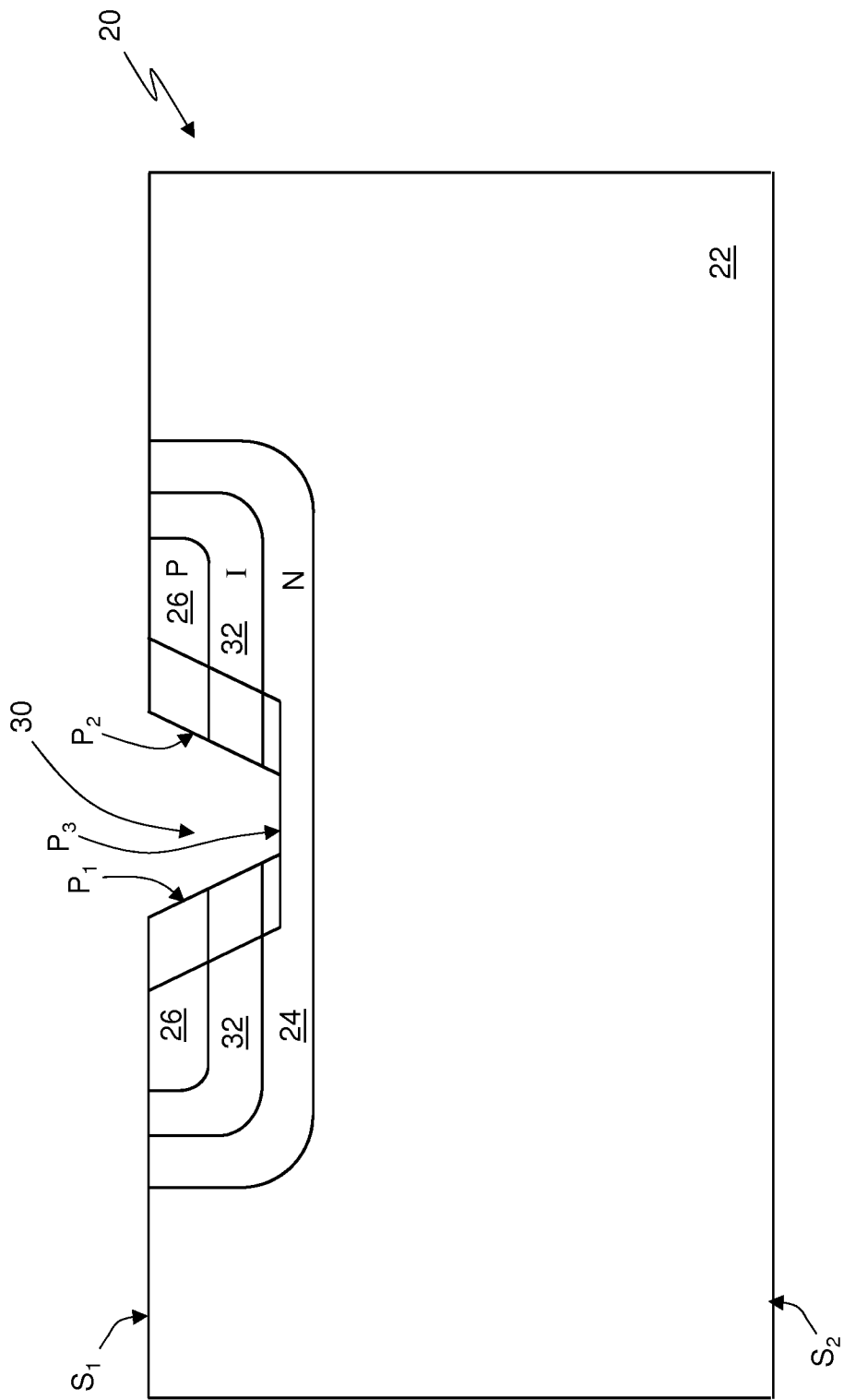
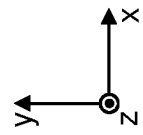


Fig.8a

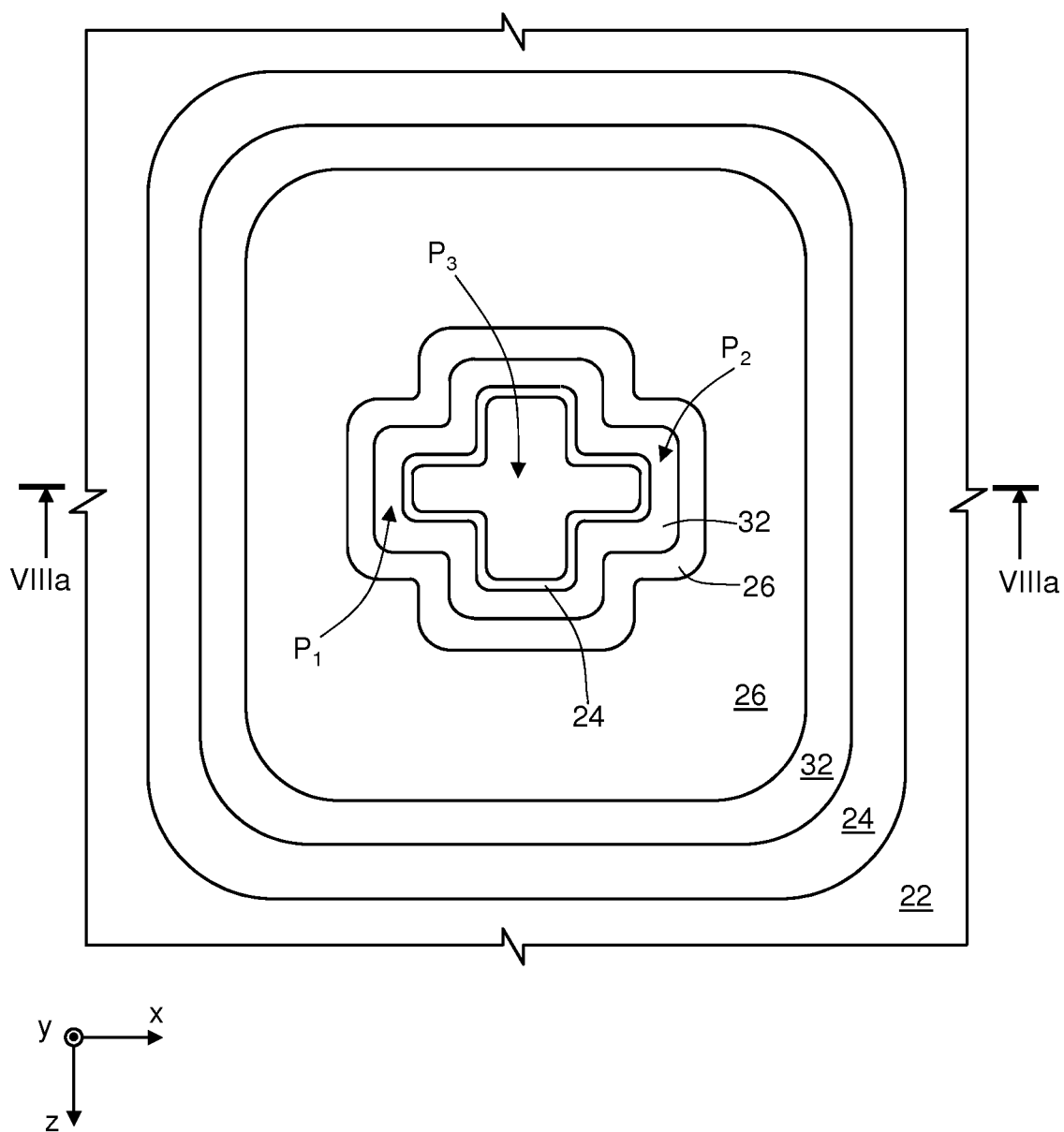


Fig.8b

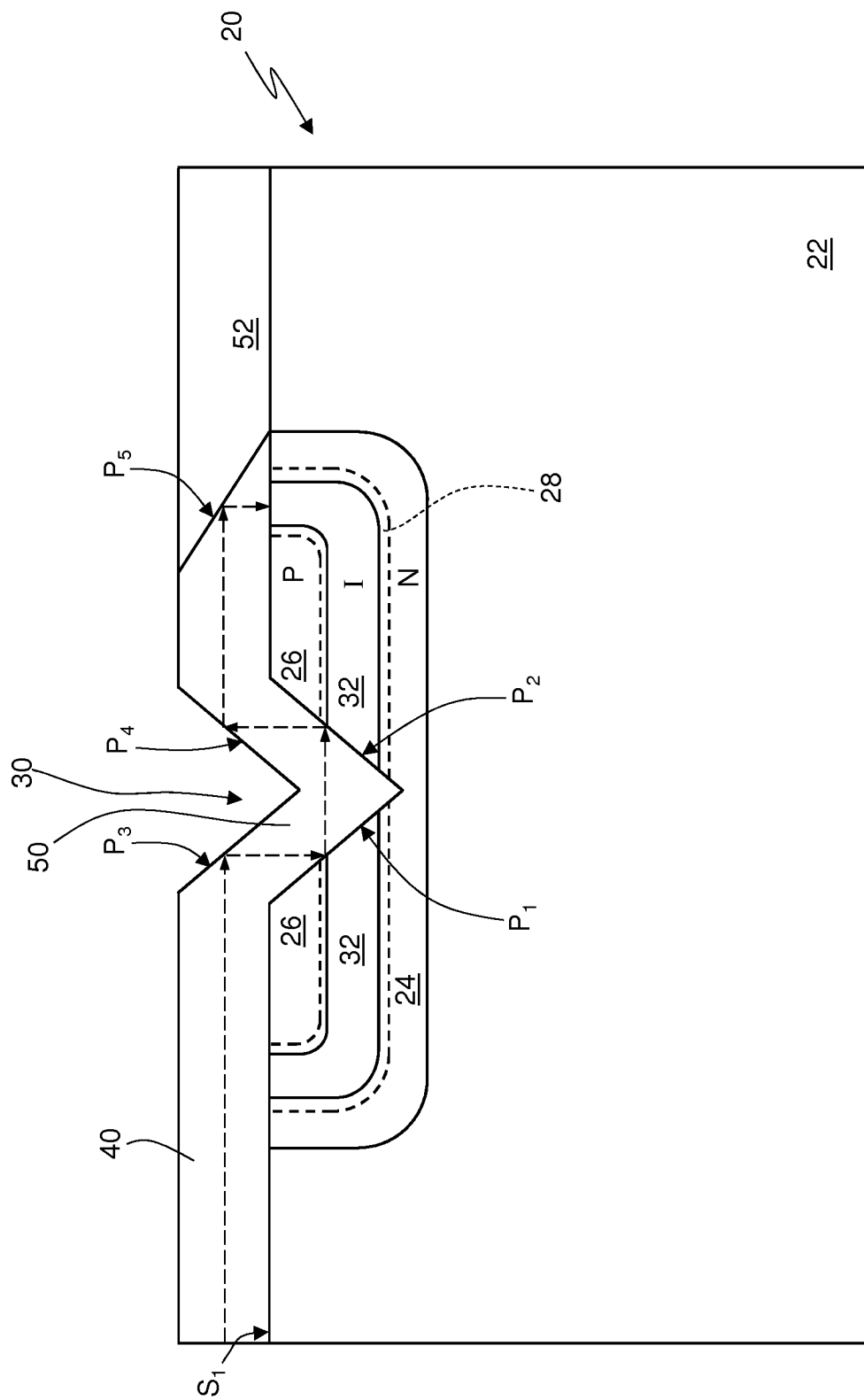
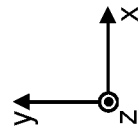


Fig.9

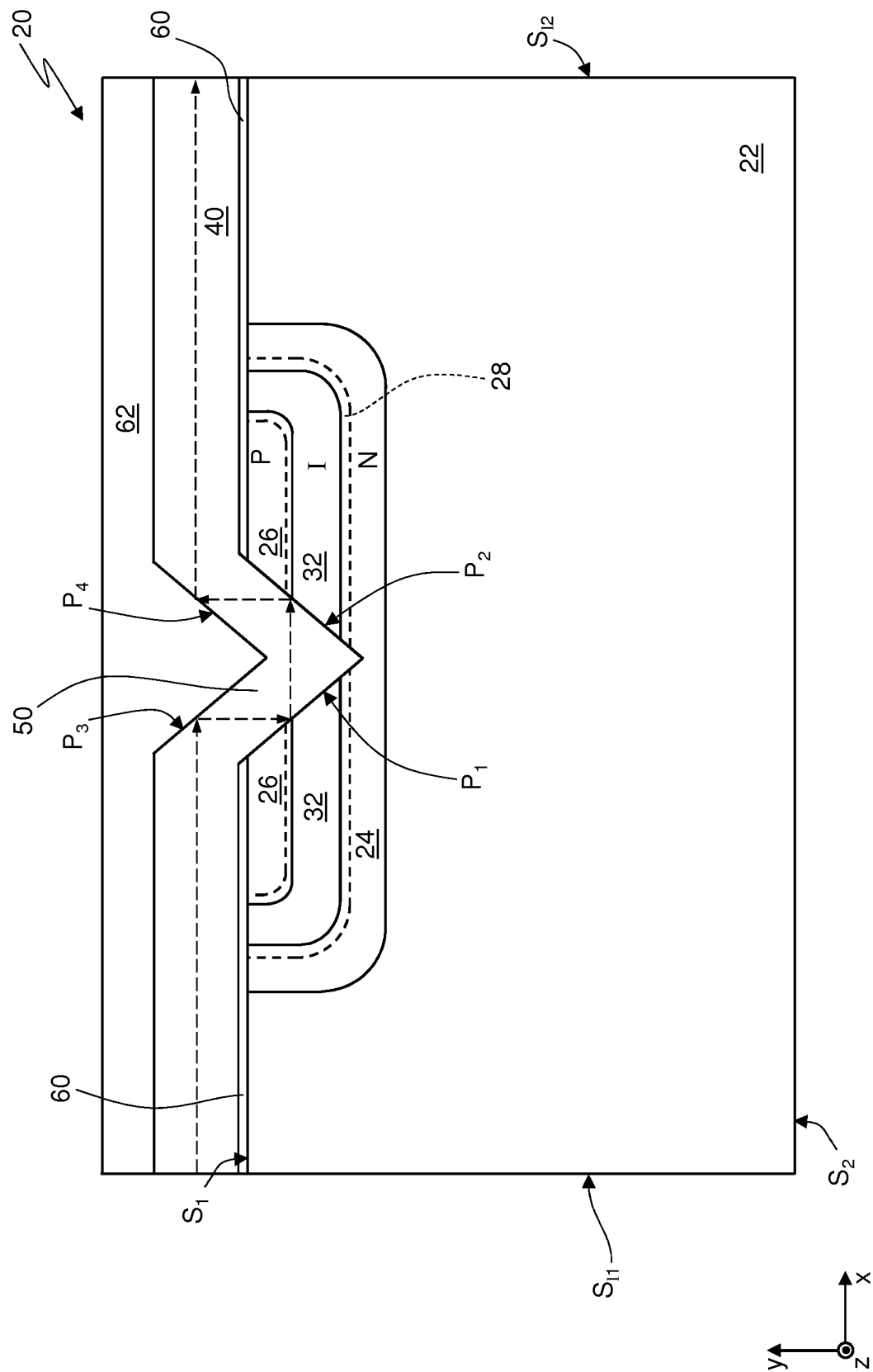


Fig.10

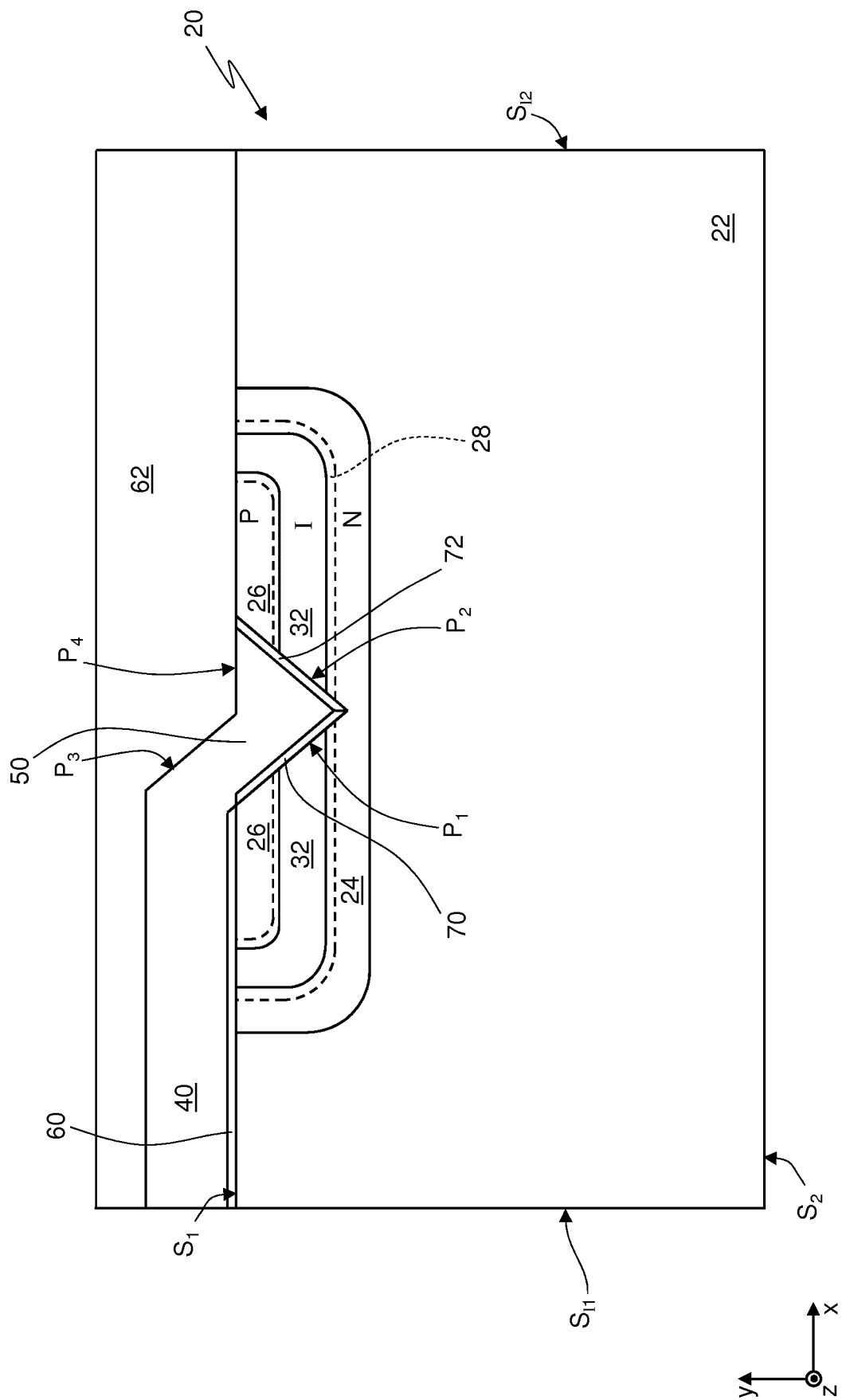


Fig.11

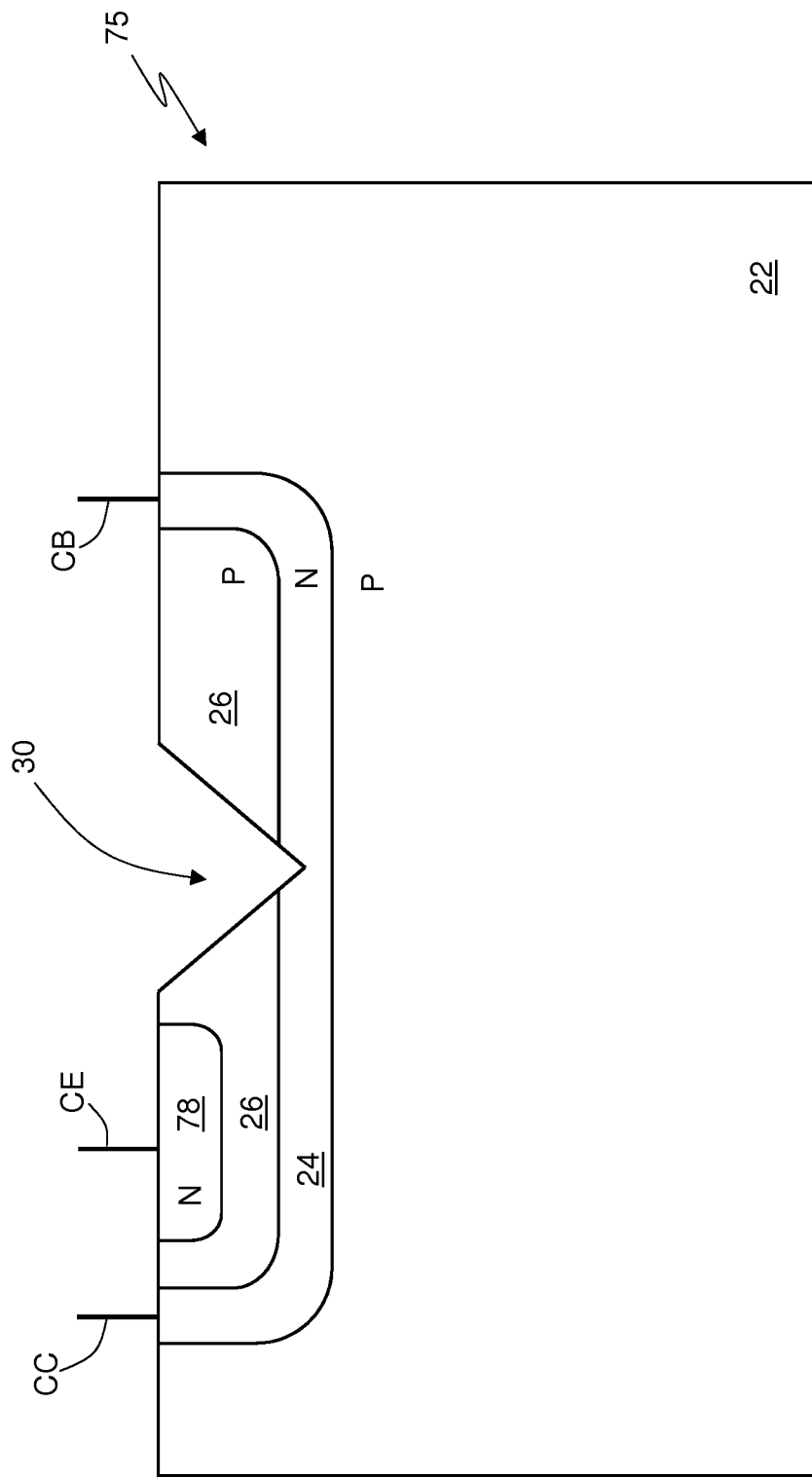


Fig.12

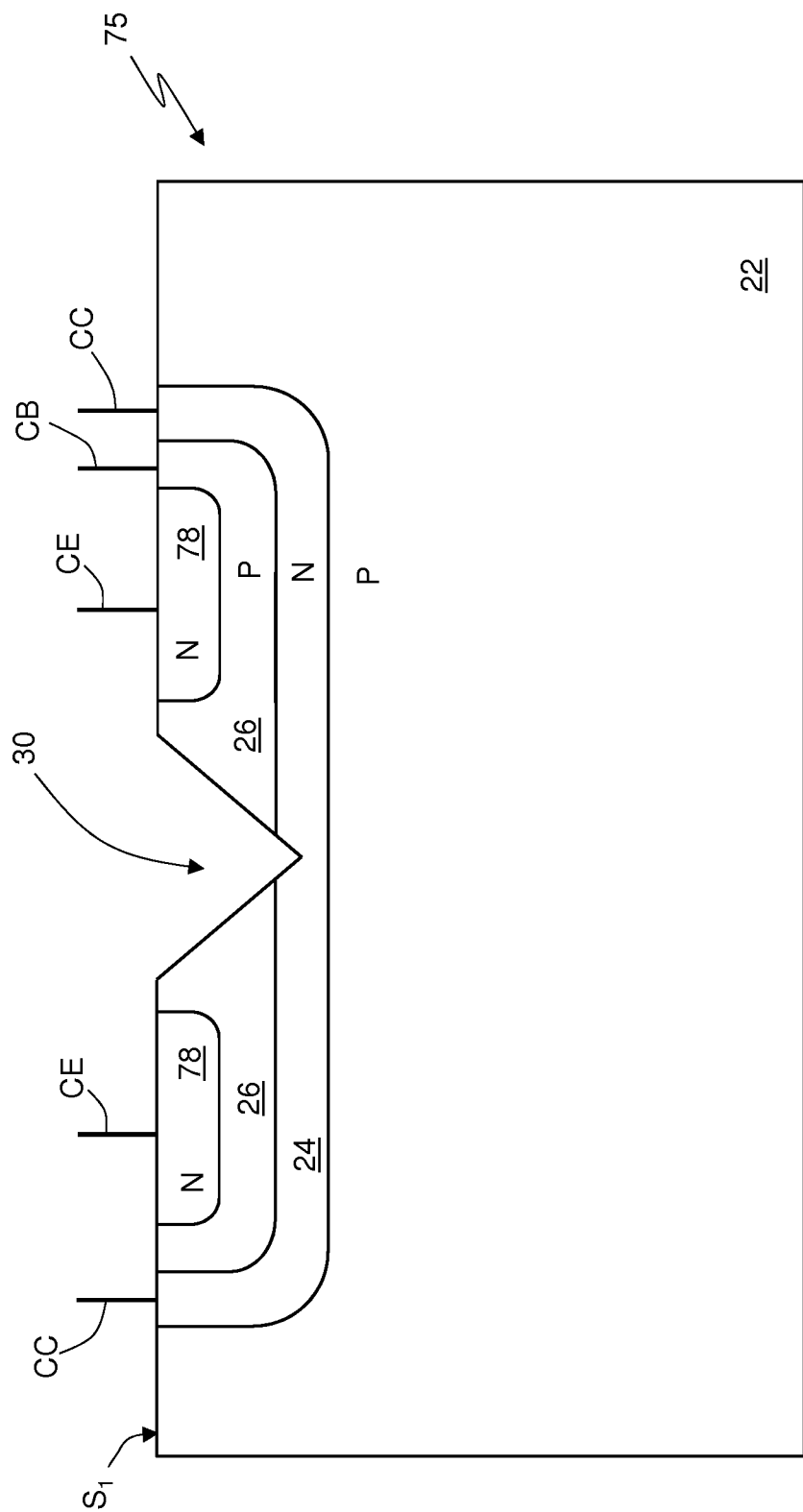


Fig.13

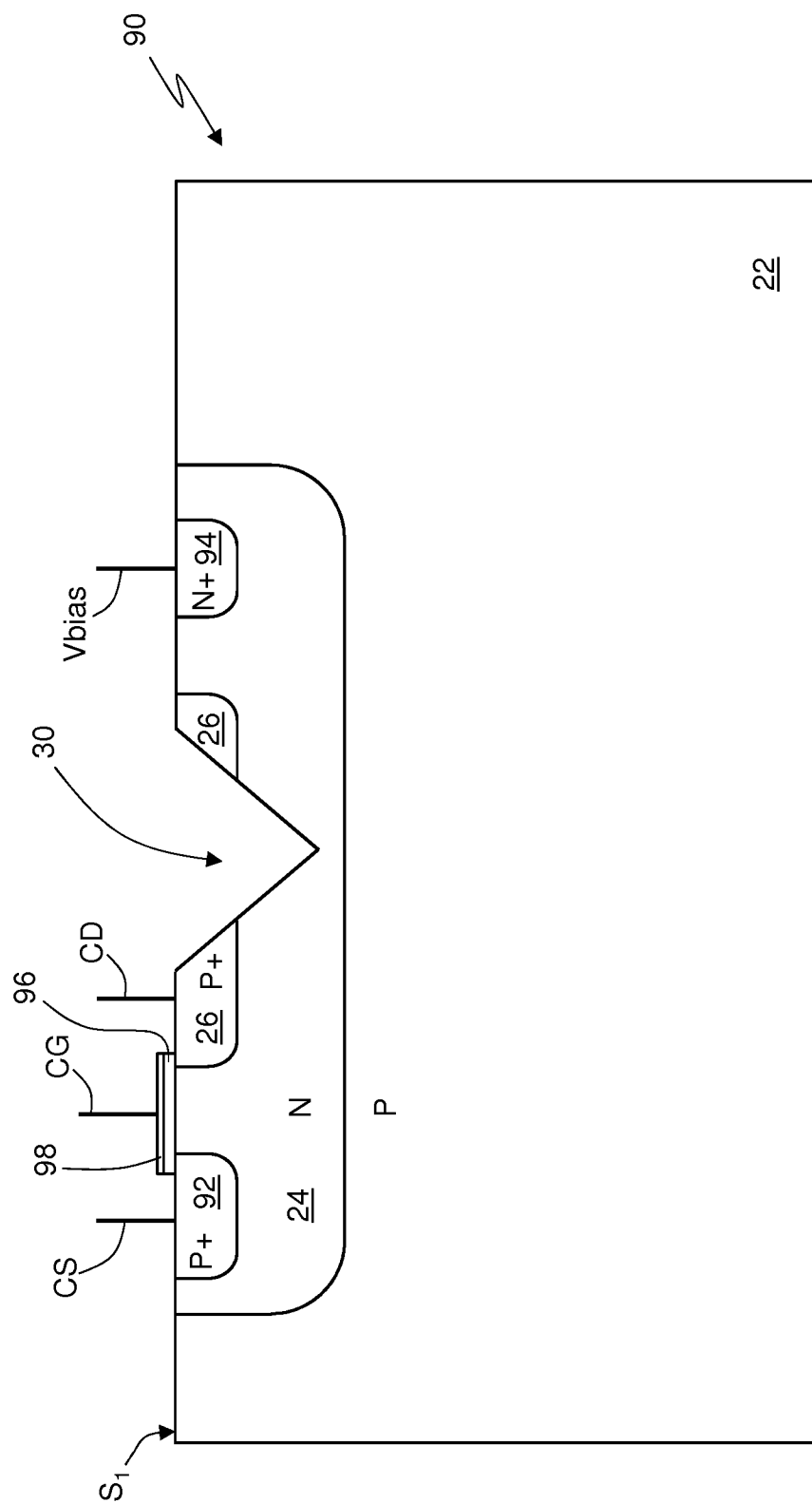


Fig.14