



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA NUMERO	102000900835600
Data Deposito	04/04/2000
Data Pubblicazione	04/10/2001

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	05	K		

Titolo

PROCEDIMENTO PER LA FABBRICAZIONE DI STRUTTURE DI GIUNZIONE A SACCHE PROFONDE.
--

D E S C R I Z I O N E

del brevetto per invenzione industriale

di STMICROELECTRONICS S.R.L.

di nazionalità italiana,

con sede a 20041 AGRATE BRIANZA (MILANO) - VIA C. OLIVETTI, 2

Inventori: PATTI Davide, RONSISVALLE Cesare

*** ** **2000A 000319**

La presente invenzione si riferisce ad un procedimento per la realizzazione di strutture di giunzione a sacche profonde.

Come è noto, è stato proposto un nuovo tipo di struttura di giunzione, cosiddetta a sacche profonde, che permette di realizzare transistori MOS di potenza aventi elevata tensione inversa di rottura ("breakdown") e, al contempo, bassi valori di resistenza. Una struttura di giunzione di tale tipo è descritta ad esempio nel brevetto statunitense US 5,216,275 del 1 giugno 1993, secondo la quale le strutture di giunzione a sacche profonde comprendono una pluralità di sacche profonde di materiale semiconduttore drogato, estendentisi in profondità in uno strato epitassiale fino in prossimità di un substrato, fra loro sostanzialmente parallele. In particolare, le sacche profonde hanno dimensione verticale prevalente (ad esempio compresa fra 40 μm e

BERGADANO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 843B)

100 μm) e presentano conducibilità opposta rispetto allo strato epitassiale. Quando la struttura di giunzione viene polarizzata inversamente, al crescere della tensione inversa, le linee equipotenziali associate a due sacche profonde adiacenti si estendono nello strato epitassiale dapprima parallelamente alle pareti delle sacche profonde e poi si uniscono fra loro fino a ottenere un completo svuotamento delle porzioni di strato epitassiale comprese fra le due sacche profonde adiacenti.

La particolare geometria della struttura di giunzione permette di ottenere elevate tensioni inverse di rottura anche in presenza di livelli di drogaggio dello strato epitassiale e delle sacche profonde piuttosto elevati (pari a circa 10^{15} atomi/ cm^3).

Le strutture di giunzione descritte sono attualmente realizzate secondo due processi di fabbricazione.

In un primo caso, proposto nel brevetto citato, viene inizialmente cresciuto lo strato epitassiale, ad esempio di tipo N, fino a uno spessore desiderato. In seguito, nello strato epitassiale vengono scavate trincee aventi profondità prefissata e sostanzialmente pari alla profondità delle regioni di conduzione da realizzare. Mediante una seconda crescita epitassiale,

BERGADANO MIRKO
(iscritto all' Albo n. 843B)

le trincee vengono quindi riempite con materiale semiconduttore avente conducibilità opposta a quella dello strato epitassiale (ad esempio conducibilità di tipo P), in modo da formare le sacche profonde sostanzialmente all'interno delle trincee stesse.

Tuttavia, gli attuali limiti tecnologici nella realizzazione di processi di crescita epitassiale rendono problematica la fase di riempimento delle trincee e non consentono di ottenere risultati accettabili.

Secondo una diversa soluzione, lo strato epitassiale e le sacche profonde vengono realizzati iterando una sequenza di fasi di processo comprendenti una crescita epitassiale parziale, una fototecnica, per definire le aree da drogare, e un'impiantazione ionica. Ad esempio, a ogni iterazione viene cresciuto uno strato epitassiale parziale dello spessore di 20 μm , nel quale vengono realizzate sacche aventi conducibilità opposta rispetto allo strato epitassiale stesso; le sacche si estendono per tutto lo spessore dello strato epitassiale parziale, fino a raggiungere corrispondenti sacche sottostanti ad esse allineate, realizzate in un'iterazione precedente.

Il procedimento descritto permette di fabbricare strutture di giunzione in cui le regioni sacche

BERGADANO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 8438)

profonde una notevole estensione in profondità (anche 100 μm , come accennato). D'altra parte, per raggiungere tale estensione in profondità occorre eseguire numerosi cicli di crescita epitassiale, fototecnica e impiantazione ionica e ciò risulta svantaggiosamente complesso e costoso.

Scopo della presente invenzione è mettere a disposizione un procedimento per la realizzazione di strutture di giunzione a sacche profonde, che permetta di superare gli inconvenienti descritti.

Secondo la presente invenzione viene realizzato un procedimento per la realizzazione di strutture di giunzione a sacche profonde, come definito nella rivendicazione 1.

Per una migliore comprensione dell'invenzione, ne viene ora descritta una forma di realizzazione, a puro titolo di esempio non limitativo e con riferimento ai disegni allegati, nei quali:

- le figure 1-6 mostrano sezioni trasversali attraverso una fetta di materiale semiconduttore, in successive fasi di fabbricazione, realizzate secondo la presente invenzione;

- la figura 7 mostra l'andamento di grandezze relative a una struttura di giunzione realizzata secondo il procedimento oggetto della presente

BERGADANO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 843B)

invenzione; e

- le figure 8-12 mostrano sezioni trasversali attraverso una fetta di materiale semiconduttore, in successive fasi di fabbricazione, in cui viene realizzato un dispositivo comprendente una struttura di giunzione ottenuta secondo la presente invenzione.

Con riferimento alle figure 1-6, una fetta 1 di materiale semiconduttore, ad esempio silicio monocristallino, comprende un substrato 2, di tipo N+, avente un primo livello di drogaggio, pari ad esempio 10^{19} atomi/cm³.

Sul substrato 2 viene inizialmente cresciuto uno strato epitassiale 3 (figura 1), avente un secondo livello di drogaggio, inferiore al primo livello di drogaggio e pari, ad esempio, a 10^{15} atomi/cm³. Inoltre, lo strato epitassiale 3 presenta uno spessore preferibilmente compreso fra 20 μ m e 100 μ m.

Al di sopra dello strato epitassiale 3 viene quindi realizzata una maschera "trench" 5, ricoprente l'intera superficie 6 del substrato 2, tranne che in corrispondenza di aperture 8 (figura 2). Tali aperture 8 presentano una prima larghezza L1, preferibilmente compresa fra 1 μ m e 5 μ m, e sono reciprocamente distanziate di una prefissata distanza (ad esempio 10 - 30 μ m). Per formare la maschera "trench" 5, viene

BERGADANO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 8438)

dapprima effettuata ad esempio un'ossidazione termica del substrato 2, e quindi viene depositato ossido di silicio. Mediante un processo fotolitografico, viene poi formata una maschera di resist 9 e viene effettuato un attacco selettivo dell'ossido di silicio esposto per realizzare le aperture 8. La maschera di resist 9 viene quindi rimossa.

Come mostrato in figura 3, viene in seguito effettuato un attacco anisotropo dello strato epitassiale 3 (attacco "trench" del silicio), per formare trincee 10, aventi larghezza pari alla prima larghezza L_1 e presentanti pareti laterali 11 sostanzialmente verticali ed estendentisi, in corrispondenza delle aperture 8, per una prefissata profondità D . In particolare, la profondità D delle trincee 10 è scelta in base alla tensione di rottura inversa che si vuole ottenere, in modo noto al tecnico del ramo, ed è generalmente di poco inferiore allo spessore dello strato epitassiale 3, in modo che le trincee 10 si estendono fino in prossimità del substrato 2. Inoltre, l'attacco "trench" è preferibilmente un attacco a secco, effettuato in plasma.

Mediante un processo di ossidazione termica, viene quindi realizzato uno strato di ossido pre-impianto 14,

BERGADANO MIRKO
(Iscritto all'Albo n. 843B)

ricoprente le pareti verticali 11 e le pareti di fondo 13 delle trincee 10 e avente uno spessore ad esempio di 150-500 nm, come mostrato in figura 4.

Successivamente, viene impiantata una prefissata quantità di una specie ionica drogante (ad esempio boro), come rappresentato schematicamente in figura 4 mediante frecce 12. La quantità della specie ionica impiantata è scelta in modo che in seguito si formino regioni (sacche profonde 16 in figura 5) aventi livello di drogaggio sostanzialmente uguale al secondo livello di drogaggio dello strato epitassiale 3 (pari a circa 10^{15} atomi/cm³).

In questa fase, la fetta 1 viene ruotata in modo che l'impiantazione avvenga lungo direzioni inclinate di un angolo (rispetto a una direzione perpendicolare alla superficie 6 dello strato epitassiale 3. In particolare, ciò può esser ottenuto inclinando la fetta 1 di una quantità pari all'angolo α , rispetto a un piano ortogonale alla direzione di impiantazione (frecce 12), e quindi ruotando la fetta 1 stessa.

L'angolo (dipende dal rapporto fra la larghezza L1 della aperture 8 e la profondità D delle trincee 10 ed è tale che la specie ionica drogante venga impiantata sia sulle pareti laterali 11, sia sulle pareti di fondo 13 delle trincee 10. Vengono così realizzate regioni

BERGADANO MIRKO
[iscritto all'Albo n. 8438]

impiantate 15, circondanti le trincee 10 stesse e aventi conducibilità opposta rispetto allo strato epitassiale 3 (ad esempio, conducibilità di tipo P).

Successivamente, figura 5, la specie ionica impiantata viene diffusa in ambiente inerte, in modo da formare, a partire dalle regioni impiantate 15, sacche profonde 16, aventi una seconda larghezza L2, preferibilmente compresa fra 5 μm e 20 μm , e separate reciprocamente mediante zone intermedie 18 dello strato epitassiale 3 (di larghezza compresa fra 10 μm e 20 μm).

La maschera "trench" 5 viene poi rimossa e viene eseguita una fase di riempimento delle trincee 10, come illustrato in figura 5. In particolare, il riempimento delle trincee 10 è ottenuto mediante deposizione di uno strato di ossido spesso 17 (ad esempio ossido TEOS - TetraEtilOrtoSilicato).

A questo punto del procedimento risulta definita una struttura di giunzione 20, comprendente lo strato epitassiale 3 e le sacche profonde 16. In dettaglio, regioni di interfaccia 21 fra le sacche profonde 16 e lo strato epitassiale 3 formano giunzioni PN estendentisi sostanzialmente ortogonali alla superficie 6 dello strato epitassiale 3 stesso.

Le sacche profonde 16 possono avere differenti

BERGADANO MIRKO
(iscritto all' Albo n. 8438)

forme, ad esempio avere forma a bicchiere (in modo da presentare forma a corona circolare o poligonale in vista dall'alto) oppure formare trincee allungate, estendentisi parallelamente in direzione perpendicolare al piano del foglio.

Con riferimento alla figura 6, il procedimento può essere ultimato con ulteriori fasi di lavorazione, di per sé note, comprendenti ad esempio una rimozione parziale ("etch back") dello strato di ossido spesso 17, al di sopra delle sacche profonde 16 e una metallizzazione, per realizzare contatti 22.

Da quanto sopra esposto, risulta chiaramente che il procedimento secondo la presente invenzione permette vantaggiosamente di realizzare strutture di giunzione a sacche profonde impiegando un numero limitato di fasi di lavorazione. In particolare, è sufficiente eseguire un solo processo fotolitografico (per la definizione della maschera trench 5) e una sola impiantazione ionica.

Le fasi di lavorazione utilizzate sono inoltre di tipo standard e quindi il procedimento, semplice ed economico da realizzare, consente di ottenere, con una resa elevata, strutture di giunzione aventi elevate prestazioni. In particolare, la figura 7, relativa a prove sperimentali effettuate su una struttura di

BERGADANO MIRKO
[iscritto all'Albo n. 843B]

giunzione realizzata secondo l'invenzione, mostra che la presenza di dielettrico (regione di ossido di silicio 17) all'interno delle sacche profonde 16 non altera la distribuzione delle linee di campo elettrico in condizione di forte polarizzazione inversa (750 V).

Il procedimento descritto può essere vantaggiosamente utilizzato per realizzare dispositivi di potenza, ad esempio transistori DMOS a flusso di corrente verticale. In tal caso, dopo aver ottenuto la struttura di giunzione 20 di figura 5, la porzione dello strato di ossido spesso 17 sporgente dalle trincee 10 viene rimossa, ad esempio attraverso un'azione chimico-meccanica (tecnica CMP, dall'inglese "Chemical-Mechanical Polishing"), e viene quindi cresciuto termicamente uno strato di ossido di porta 25, ricoprente la superficie 6 dello strato epitassiale 3, figura 8. Uno strato conduttivo 26, ad esempio di silicio policristallino, viene poi depositato al di sopra dello strato di ossido di porta 25.

Mediante un processo fotolitografico e un successivo attacco chimico, vengono selettivamente asportate porzioni dello strato conduttivo 26, in modo da definire regioni di porta 27, sovrastanti rispettive zone intermedie 18 dello strato epitassiale 3, come mostrato in figura 9.

BERGADANO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 843B)

Viene quindi effettuata un'impiantazione di una specie ionica drogante di tipo P, ad esempio boro, qui schematicamente indicata mediante frecce 29, in modo da formare prime regioni arricchite 30, di tipo P⁺.

In seguito viene formata una maschera di resist 31, sovrastante le trincee 10 ed estendentesi in parte lateralmente rispetto ad esse (figura 10). In questo modo, fra la maschera di resist 31 e le regioni di porta 27 vengono definite finestre di impianto 34.

Viene quindi effettuata un'ulteriore impiantazione di una specie ionica drogante di tipo N, ad esempio fosforo, qui schematicamente indicata mediante frecce 32, per formare seconde regioni arricchite 33, di tipo N⁺, in corrispondenza delle finestre di impianto 34.

Con riferimento alla figura 11, la maschera di resist 31 viene rimossa e viene eseguita una diffusione delle specie droganti impiantate. In dettaglio, sfruttando le differenti velocità di diffusione delle specie di tipo P e di tipo N, vengono formate regioni di body 35, di tipo P⁺, e regioni di sorgente 36, di tipo N⁺, a partire dalle prime e, rispettivamente, dalle seconde regioni arricchite 30, 33. Grazie al processo di diffusione, le regioni di body 35 si estendono parzialmente al di sotto delle regioni di porta 27.

BERGADANO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 8438)

In seguito (figura 12), uno strato di ossido 38 (ad esempio ossido VAPOX - Vapor Oxyde) viene realizzato al di sopra dell'intera fetta 1 e poi selettivamente attaccato per aprire finestre di contatto 40, in modo da scoprire porzioni confinanti delle regioni di body 35 e di sorgente 36.

Mediante una fase di metallizzazione, vengono quindi realizzati contatti di sorgente 42. Tali contatti di sorgente 42 occupano le finestre di contatto 40 e raggiungono sia le regioni di body 35, sia le regioni di sorgente 36.

Infine, viene realizzato, in modo di per sé noto, un contatto di porta 43, qui mostrato solo schematicamente, e la fabbricazione di un transistor MOS di potenza 45 viene ultimata.

Risulta infine evidente che al procedimento descritto possono essere apportate modifiche e varianti, senza uscire dall'ambito della presente invenzione. Ad esempio, il materiale di riempimento delle trincee 10 può essere un qualsiasi materiale opportuno, anche non isolante; inoltre la conducibilità degli strati attivi può essere opposta rispetto a quella descritta.

BERGADANO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 8438)

R I V E N D I C A Z I O N I

1. Procedimento per la realizzazione di strutture di giunzione a sacche profonde, caratterizzato dal fatto di comprendere, in successione, le fasi di:

5 - in un corpo di materiale semiconduttore (1) di un primo tipo di conducibilità, formare trincee (10) aventi una profondità (D) e una prima larghezza (L1);

10 - formare regioni conduttive profonde (16), circondanti dette trincee (10) e aventi un secondo tipo di conducibilità, opposto a detto primo tipo di conducibilità, dette regioni conduttive profonde estendendosi da dette trincee (10) verso l'interno di detto corpo di materiale semiconduttore (1); e

15 - riempire dette trincee (10) con materiale di riempimento.

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta fase di formare regioni conduttive profonde (10) comprende le fasi di:

20 - impiantare una specie drogante (12) lungo direzioni inclinate rispetto a una direzione perpendicolare ad una superficie (6) di detto corpo di materiale semiconduttore (1); e

 - effettuare una diffusione di detta specie drogante (12).

25 3. Procedimento secondo la rivendicazione 1 o 2,

BERGADANO MIRKO
[iscritto all' Albo n. 843B]

caratterizzato dal fatto che, prima di formare dette trincee (10) viene eseguita la fase di:

- crescere uno strato epitassiale (3) al di sopra di un substrato (2) di materiale semiconduttore, detto substrato (2) presentando detto primo tipo di conducibilità e un primo livello di drogaggio, detto strato epitassiale (3) presentando detto primo tipo di conducibilità e un secondo livello di drogaggio, inferiore a detto primo livello di drogaggio.

10 4. Procedimento secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che dette regioni conduttive profonde (10) hanno approssimativamente detto secondo livello di drogaggio.

15 5. Procedimento secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che detto secondo livello di drogaggio è compreso fra 10^{14} e 10^{16} atomi/cm³.

20 6. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta fase di formare trincee comprende effettuare un attacco anisotropo mascherato di detto corpo di materiale semiconduttore (1).

7. Procedimento secondo la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che detto attacco anisotropo è un attacco in plasma.

25 8. Procedimento secondo una qualsiasi delle

BERGADANO MIRKO
(iscritto all' Albo n. 843B)

rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto materiale di riempimento è un materiale dielettrico (17).

5 9. Procedimento secondo la rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che detta fase di riempire dette trincee (10) comprende la fase di depositare detto materiale dielettrico (17).

10 10. Procedimento secondo la rivendicazione 8 o 9, caratterizzato dal fatto che detto materiale dielettrico è ossido di silicio.

11. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detta prima larghezza (L1) di dette trincee (10) è compresa fra 1 μm e 5 μm .

15 12. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che ciascuna di dette regioni conduttive profonde (16) presenta forma a sacca avente una seconda larghezza (L2) compresa fra 5 μm e 20 μm e dal fatto che dette
20 regioni conduttive profonde (16) hanno una distanza reciproca compresa fra 10 μm e 20 μm .

13. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che detto primo tipo di conducibilità è di tipo N e detto
25 secondo tipo di conducibilità è di tipo P.

BERGADANO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 843B)

14. Procedimento per la realizzazione di transistori DMOS, caratterizzato dal fatto di comprendere, in successione, le fasi di:

- in un corpo di materiale semiconduttore (1) di
5 un primo tipo di conducibilità, formare trincee (10) aventi una profondità (D) e una larghezza (L1);

- formare regioni conduttive profonde (16),
circondanti dette trincee (10) e aventi un secondo tipo
di conducibilità, opposto a detto primo tipo di
10 conducibilità, dette regioni conduttive profonde
estendendosi da dette trincee (10) verso l'interno di
detto corpo di materiale semiconduttore (1);

- riempire dette trincee (10) con materiale di
riempimento;

15 - realizzare regioni di porta (27) al di sopra di
detto corpo di materiale semiconduttore (1) fra coppie
di regioni conduttive profonde (16) adiacenti;

- formare regioni di body (35) in detto corpo di
materiale semiconduttore (1) in prossimità di una
20 superficie (6) di detto corpo di materiale
semiconduttore, dette regioni di body essendo contigue
e in contatto elettrico con dette regioni conduttive
profonde (16) ed estendendosi parzialmente al di sotto
di dette regioni di porta (27); e

25 - formare regioni di sorgente (36) all'interno di

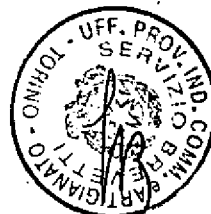
BERGADANO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 843B)

dette regioni di body (35), affacciate a detta superficie, lateralmente a dette regioni di porta (27).

15. Procedimento per la realizzazione di strutture di giunzione a sacche profonde, sostanzialmente come
5 descritto con riferimento alle figure annesse.

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

Bergadano Mirko
BERGADANO MIRKO
(Iscritto all'Albo n. 8438)



BERGADANO MIRKO
(Iscritto all'Albo n. 8438)

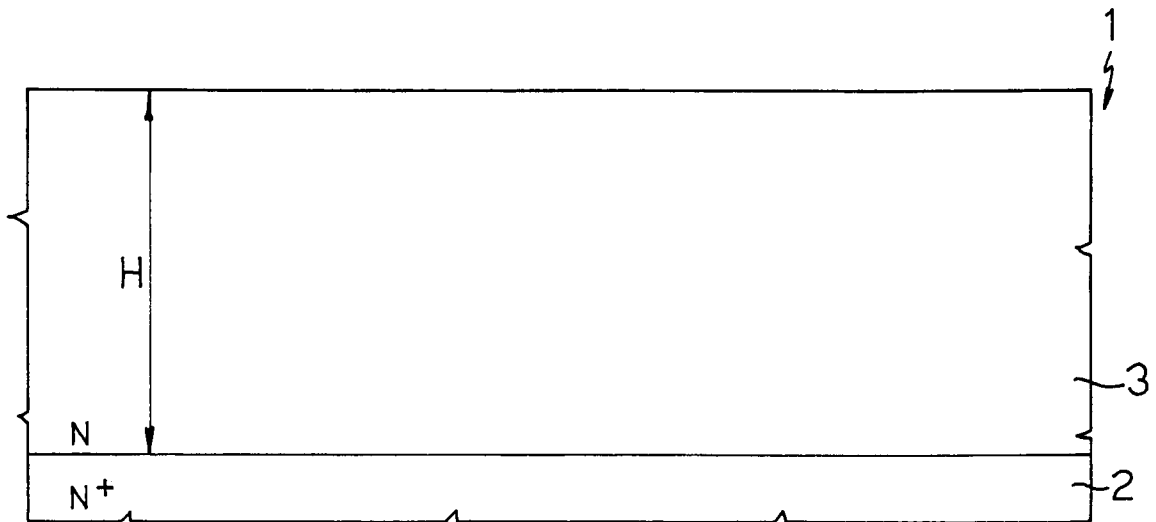


Fig.1

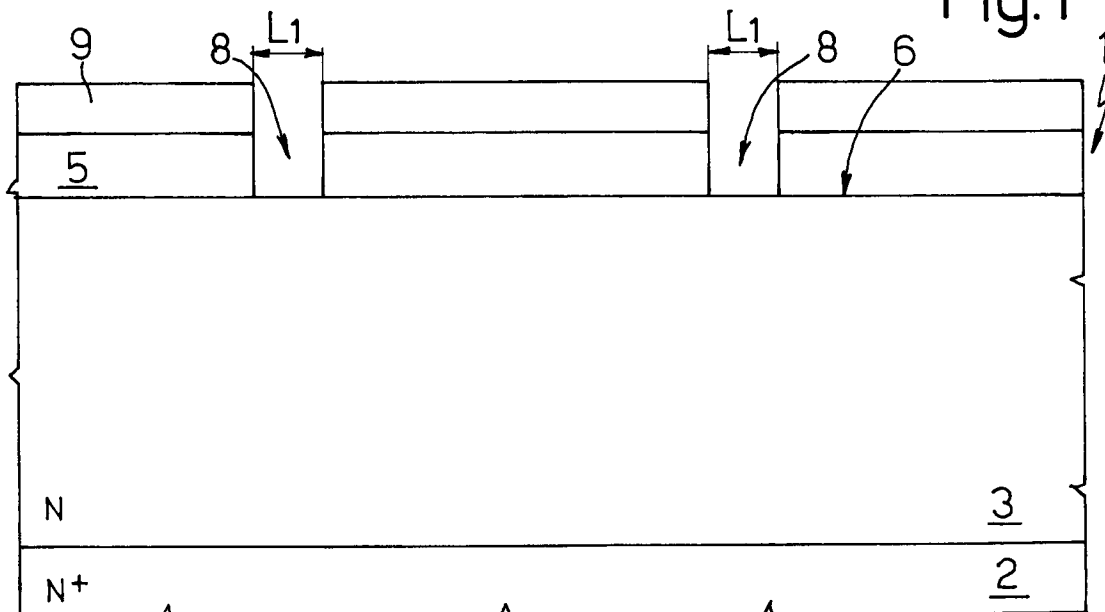


Fig.2

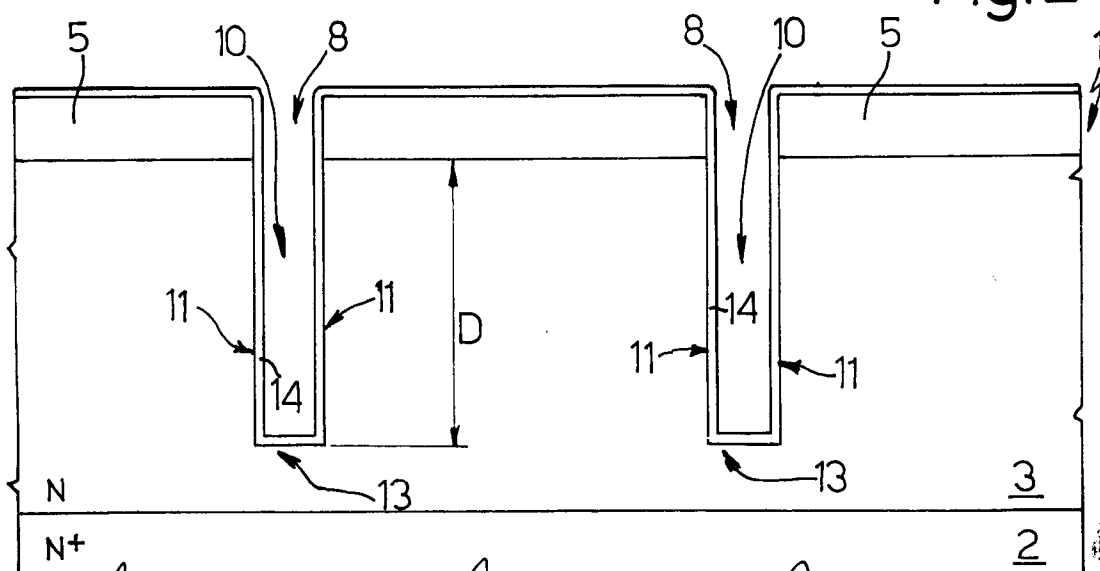
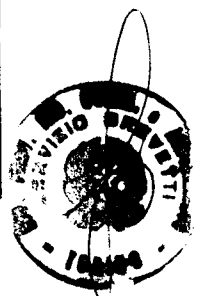


Fig.3

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

BERGAMANO MIRKO

(iscritto all'Albo n. 8438)



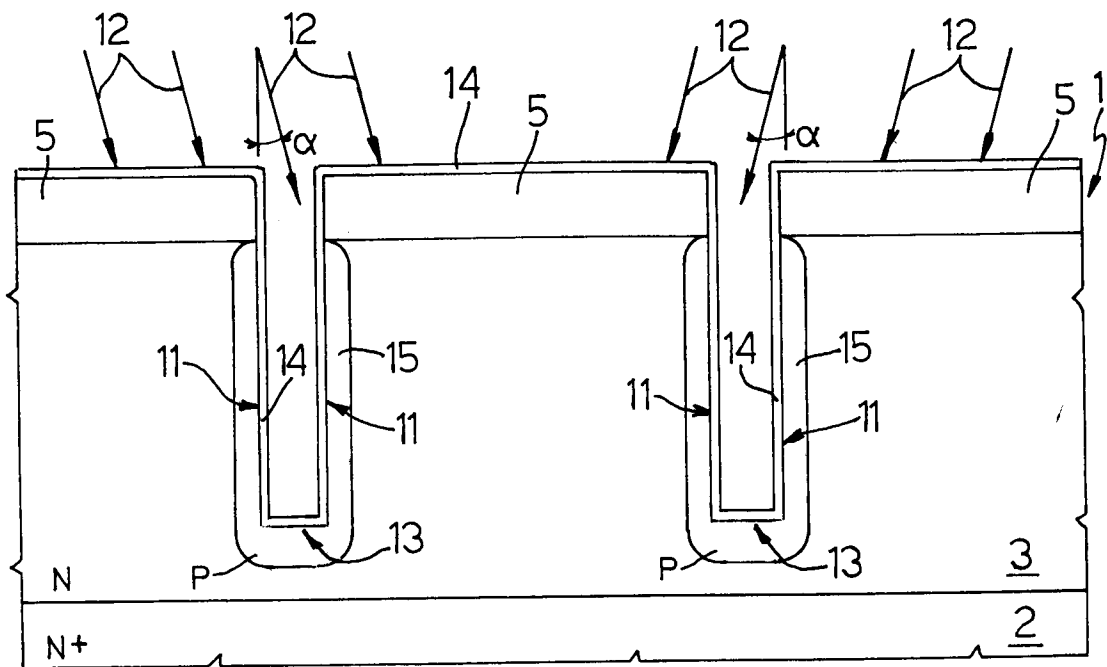


Fig.4

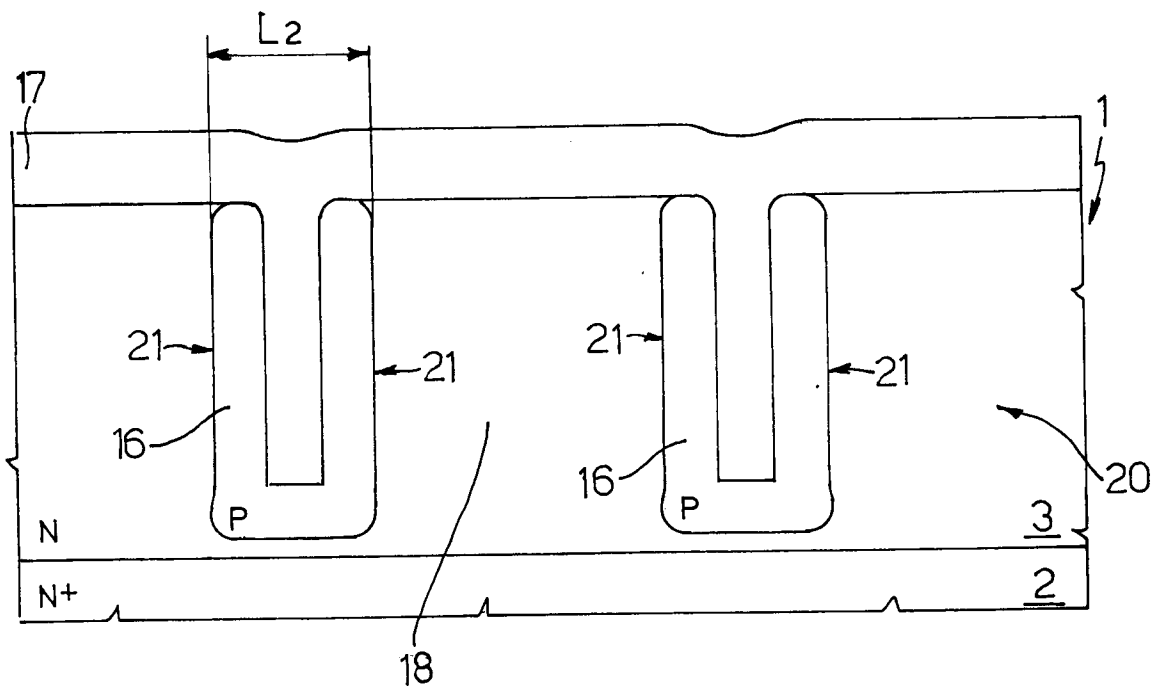
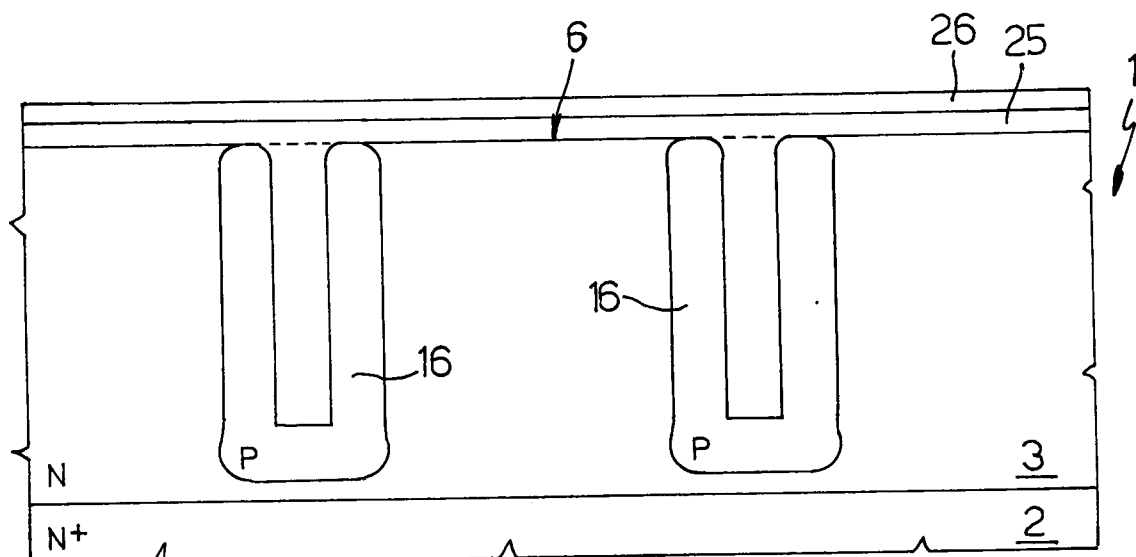
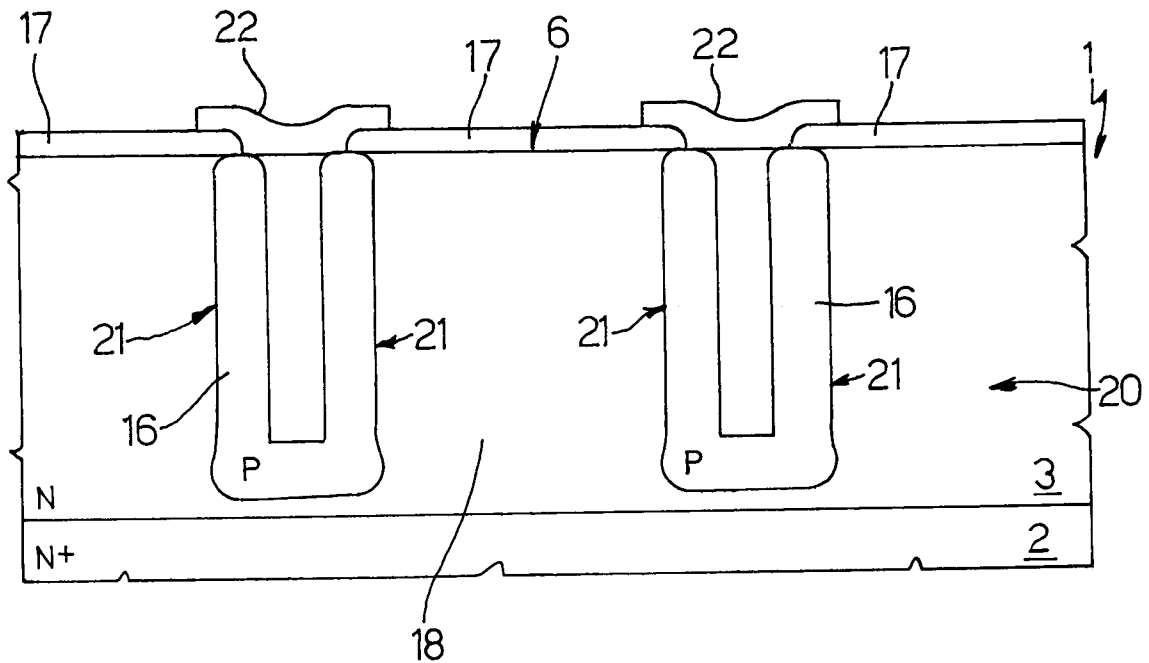


Fig.5

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

BERGADINO MIRKO
(Iscritto all'Albo n. 6930)

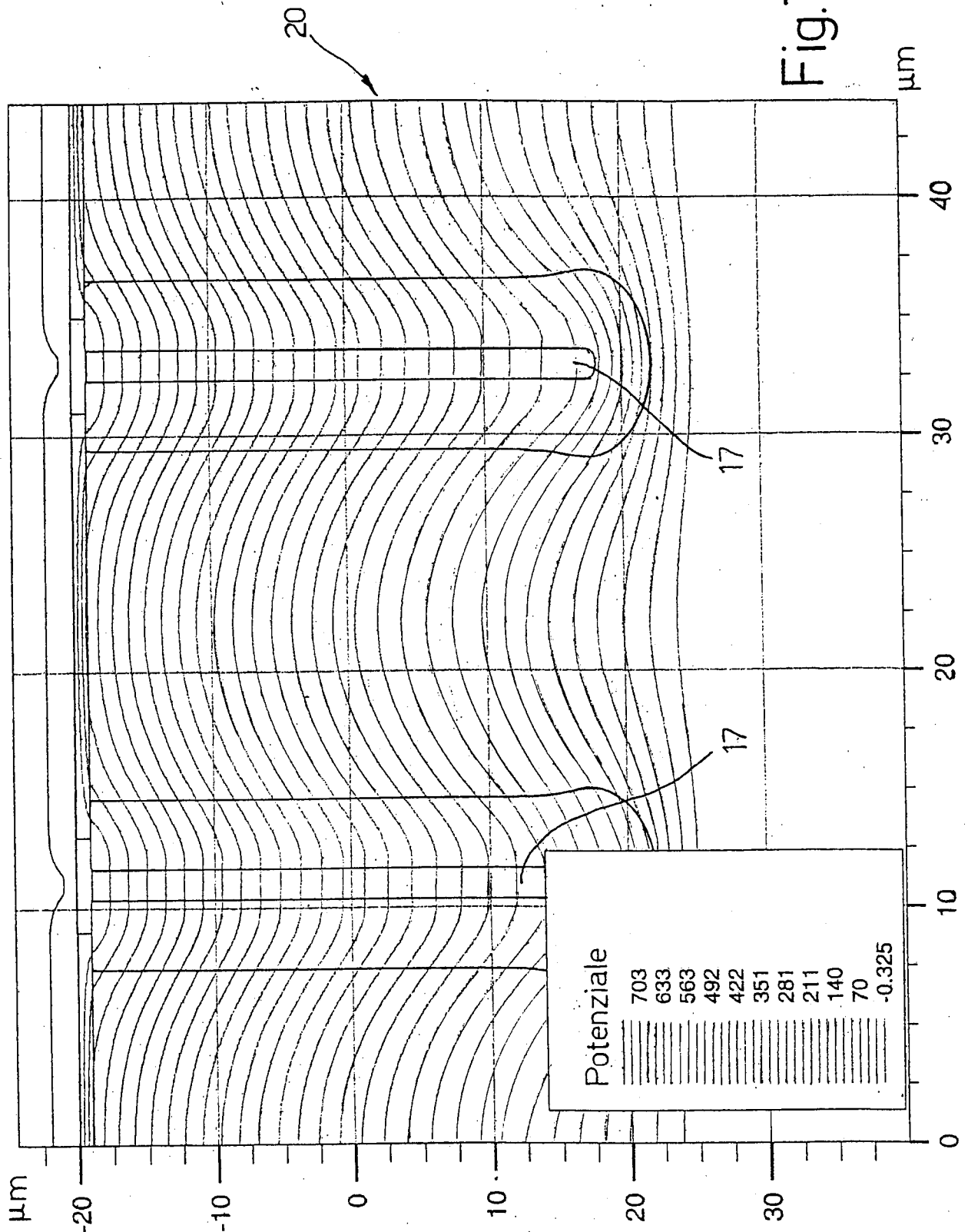




p.i.: STMICROELECTRONICS S.R.L.

BERGADAMO MIRKO
(Iscritto all'Albo n. 843B)

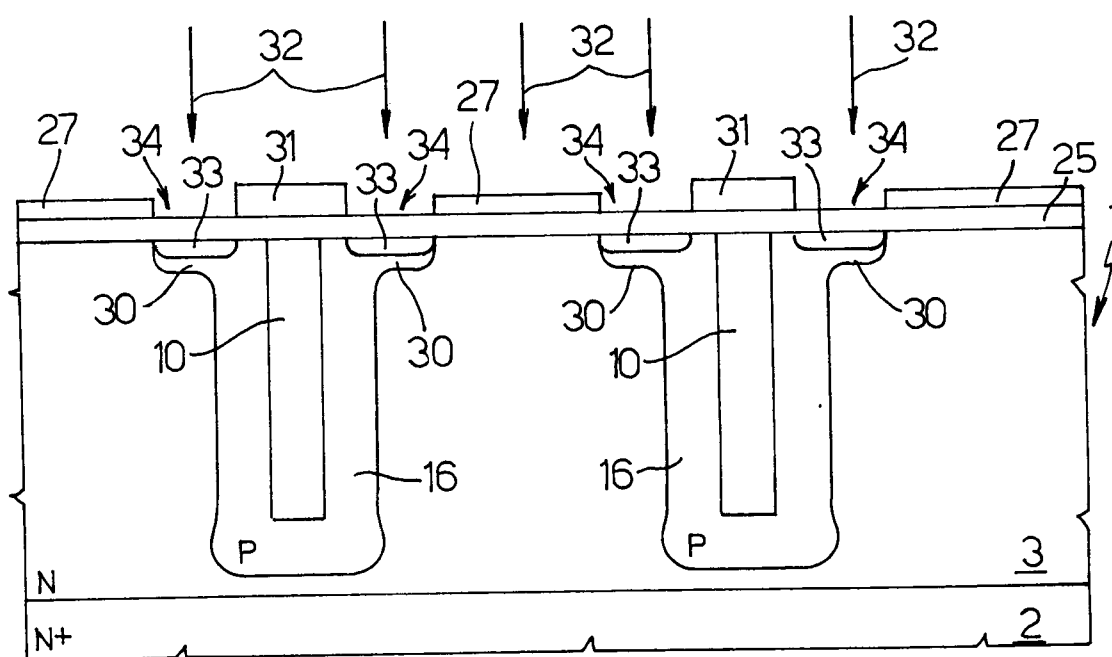
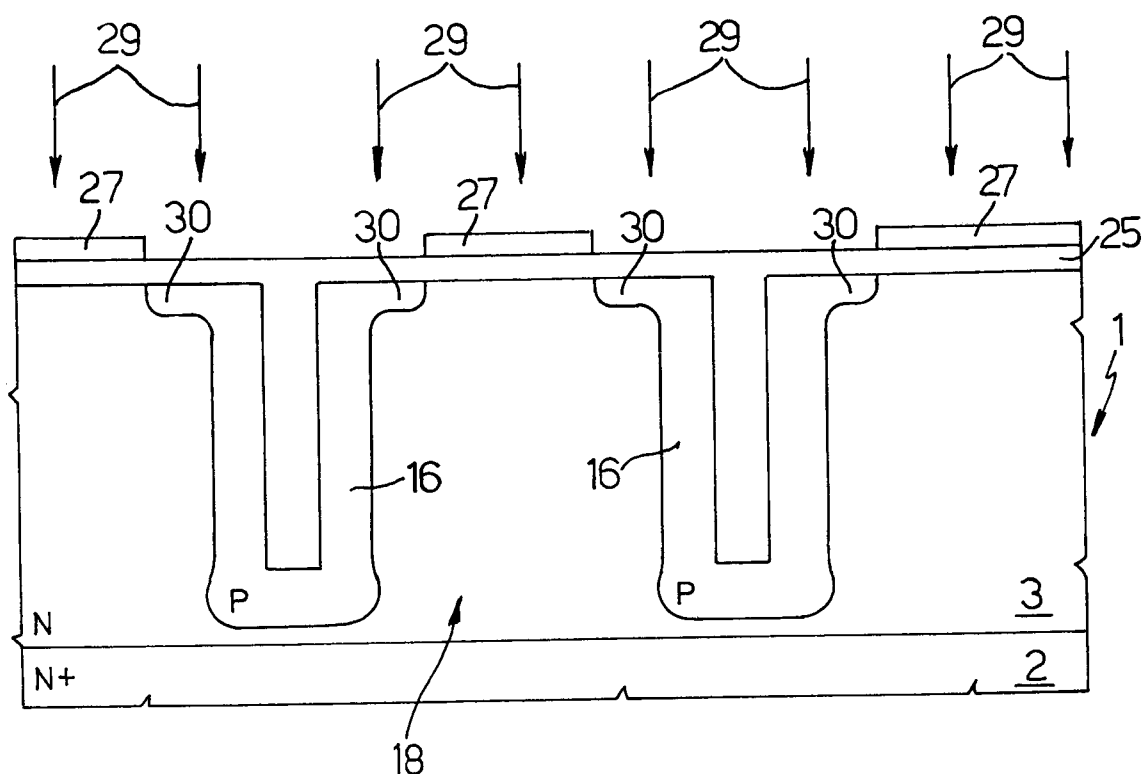




p.i.: STMICROELECTRONICS S.R.L.

BERGADAMO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 6238)





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

BERGADINO MIRKO
(Iscritto all'Albo n. 843B)

Fig.10

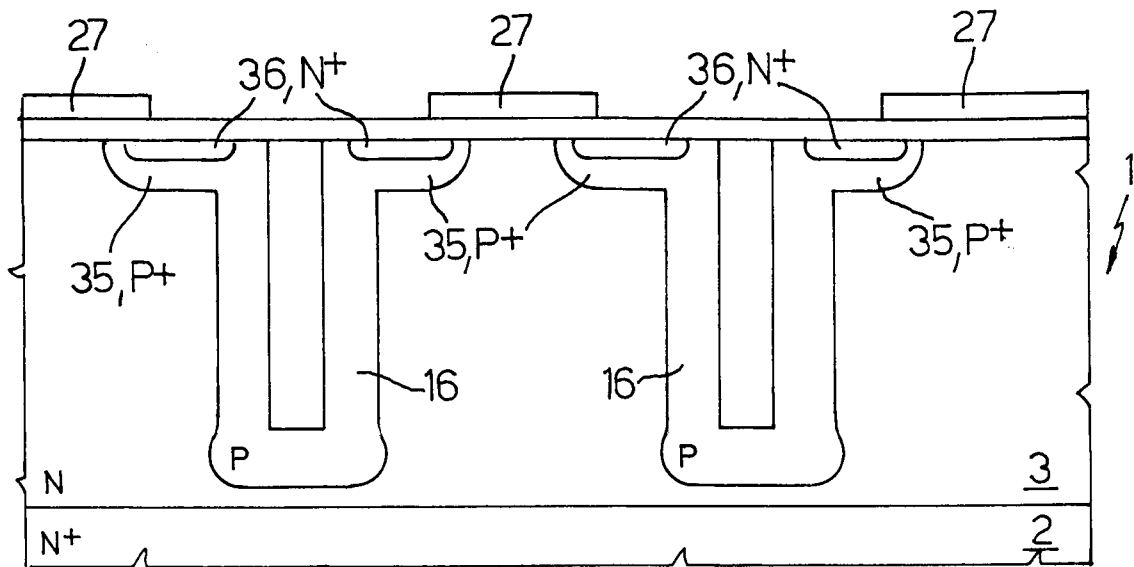


Fig. 11

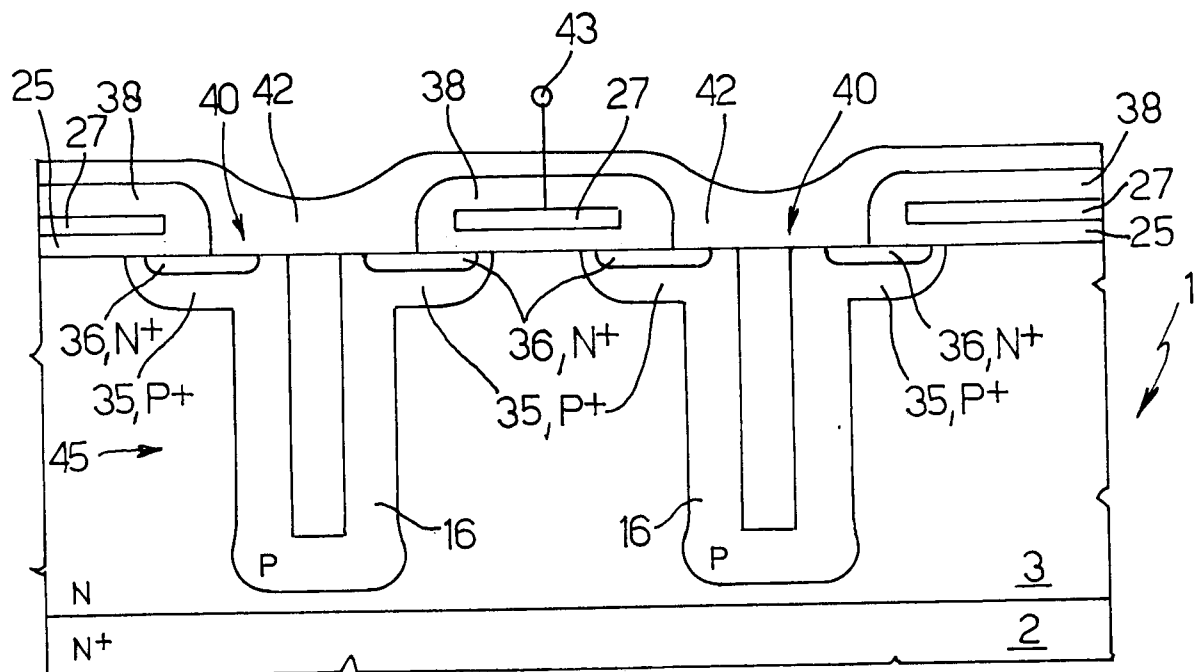


Fig. 12

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

BERGADARIO MIRKO
(iscritto all'Albo n. 4438)

