ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102009901783101A1

Publication Date

20110512

Applicant

STMICROELECTRONICS (ROUSSET) SAS

Title

PROCEDIMENTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN DISPOSITIVO A MICROAGHI, IN PARTICOLARE PER USO SENSORISTICO

Front page automatically generated by WIPO

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"PROCEDIMENTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN DISPOSITIVO A MICROAGHI, IN PARTICOLARE PER USO SENSORISTICO"

di STMICROELECTRONICS S.R.L.

di nazionalità italiana

con sede: VIA C. OLIVETTI, 2

AGRATE BRIANZA (MI)

Inventori: ZANOTTI Luca, FERRERA Marco

***

La presente invenzione è relativa ad un procedimento per la realizzazione di un dispositivo a microaghi, in particolare per uso sensoristico.

Come è noto, strutture a microaghi (microneedles) sono state proposte per l'impiego in dispositivi di differente tipo, fra i quali dispositivi per la calibrazione e la diagnostica di sensori elettronici, la diagnostica medicale, il monitoraggio di grandezze fisiche in campo medico e non, e l'assunzione di medicinali. Ad esempio, in campo medicale, si sfrutta la capacità dei microaghi di perforare meccanicamente lo strato epidermico esterno per favorire l'assorbimento transdermale di sostanze attive o per effettuare micromisure all'interno delle cellule. Tipiche applicazioni sono la iontoforesi (procedimento

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

terapeutico utilizzante una corrente elettrica unidirezionale per far penetrare all'interno dei tessuti sostanze attive), l'elettroporazione (procedimento consistente in una rapida scarica elettrica in grado di aprire simultaneamente la membrana plasmatica in numerosi punti, permettendo ad esempio a molecole di DNA di penetrare in una cellula) o la misura dell'impedenza di un liquido cellulare interstiziale.

In "Fully Integrated Microneedle-based Transdermal Drug Delivery System" di Niclas Roxhed - ISBN 978-91-7178-751-4, capitoli 4.2-4.3 viene descritta la realizzazione di microaghi forati e solidi tramite tecniche di fabbricazione MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems), includenti il trasferimento della conformazione ("pattern") bidimensionale desiderata da una fotomaschera originale o da una struttura di stampo ("mold") su un substrato, la deposizione di strati sul substrato e successivi attacchi. Ad esempio nell'articolo indicato viene riportata una tecnica di realizzazione di aghi solidi mediante attacco in KOH.

In alcune applicazioni i microaghi sono realizzati di materiale conduttore o ricoperti con uno strato elettricamente conduttore e vengono polarizzati tramite contatti generalmente realizzati a partire dallo stesso

strato conduttore degli aghi o da uno strato di metallizzazione, opportunamente configurato.

La realizzazione di contatti di tal tipo richiede tuttavia l'occupazione di un'area apposita, incrementando le dimensioni del dispositivo e del relativo incapsulamento, cosa che è indesiderata in alcune applicazioni. Inoltre, il collegamento della struttura dei microaghi con la scheda (board) di supporto, che integra o porta l'elettronica di controllo, richiede l'uso di fili saldati (tecnica del "wire bonding"), che comporta il rischio di cortocircuito fra i diversi fili e il rischio che si formino componenti parassiti. Per evitare o almeno minimizzare questi rischi, è possibile colare del materiale isolante (ad esempio una colla per "die") fra i fili, in modo da separarli fisicamente ed elettricamente. Tuttavia anche questa soluzione è svantaggiosa, in quanto richiede l'aggiunta di una fase di processo, con i costi associati, e comunque non risolve il problema della riduzione dell'area.

Scopo della presente invenzione è mettere a disposizione un procedimento che superi gli inconvenienti della tecnica nota.

Secondo la presente invenzione vengono realizzati un procedimento per la realizzazione di una struttura a

microaghi e la relativa struttura a microaghi, come definiti rispettivamente nelle rivendicazioni 1 e 10.

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

- le figure 1-15 mostrano sezioni trasversali relative ad una forma di realizzazione del presente procedimento di fabbricazione, per la realizzazione di microaghi di materiale semiconduttore;

- la figura 16 mostra una variante della struttura di figura 15; e

- le figure 17-24 mostrano sezioni trasversali relative ad una differente forma di realizzazione del presente procedimento di fabbricazione, per la realizzazione di microaghi di differente materiale.

Una forma di realizzazione permette di ottenere microaghi di materiale semiconduttore, ad esempio silicio, partendo da un substrato 1 di altezza standard, ad esempio 725 µm, avente una prima superficie 1a (ad esempio una superficie inferiore) ed una seconda superficie 1b (ad esempio una superficie superiore).

Con riferimento alla figura 1, la prima superficie

1a del substrato 1 viene ossidata in modo da formare un primo strato di ossido 2 avente spessore compreso ad es. fra 50 nm e 5 µm; il primo strato di ossido 2 viene quindi mascherato e attaccato in modo da rimuovere selettivamente una porzione del primo strato di ossido 2 e formare una prima finestra 3 in corrispondenza della zona in cui si vuole realizzare una regione di contatto, come spiegato più in dettaglio in seguito. La prima finestra 3 può avere ad esempio forma rettangolare, avente lati di lunghezza compresa fra 20 µm e 10 mm.

In seguito, figura 2, viene deposto uno strato barriera 4. Ad esempio, nel caso che debbano essere realizzate regioni di contatto di oro, lo strato barriera 4 può essere di titanio-tungsteno (TiW), coperto da uno strato di germe ("seed") di oro, deposto per PVD (Physical Vapor Deposition) o evaporazione. Nel caso di regioni di contatto di alluminio, lo strato barriera 4 può essere di titanio-nitruro di titanio (TiTiN).

Successivamente, figura 3, viene realizzato uno strato di stampo 10, ad esempio viene deposto e sviluppato uno strato di resist, avente un'apertura 11 sostanzialmente allineata alla prima finestra 3, ma leggermente più grande, per evitare problemi di

allineamento. Ad esempio, lo strato di stampo 10 può avere spessore compreso fra 0,5 e 20 µm.

Quindi, figura 4, uno strato conduttore, ad esempio un metallo quale oro o alluminio, viene deposto all'interno della apertura 11. Tipicamente, lo strato conduttore viene deposto tramite deposizione elettrochimica (ECD) o deposizione in fase vapore (PVD), in modo di crescere sfruttando lo strato barriera 4 o lo strato di germe sovrastante. Quindi, figura 5, vengono rimossi lo strato di stampo 10 e lo strato di ossido 2, dove esposto. Al di sotto della regione di contatto 5 rimane quindi una regione di barriera 4a, mentre dello strato di ossido 2 rimane solo una regione anulare 2a che circonda la porzione inferiore della regione di contatto 5.

Successivamente, figura 6, sulla prima superficie 1a e sulla regione di contatto 5 viene deposto uno strato di protezione 6, ad esempio di poliimmide, con spessore compreso fra 0,5 e 20 µm, e sulla seconda superficie 1b viene deposto un secondo strato di ossido 7, ad esempio deposto chimicamente in fase vapore assistita al plasma (PECVD - Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition), con uno spessore compreso fra 0,5 e 3 µm.

In figura 7, il substrato 1 viene ribaltato e il

secondo strato di ossido 7 sulla seconda superficie 1b viene rimosso selettivamente tramite attacco chimico ("etching") in modo da formare una seconda finestra 8, sostanzialmente allineata con la prima finestra 3 e quindi con la regione di contatto 5. Convenientemente, la seconda finestra 8 è più stretta della prima finestra 3 (ad esempio, di diametro compreso fra 10 µm e 3 mm e può essere formata da una matrice di finestrelle micrometriche. Successivamente, figura 8, la porzione del substrato 1 in corrispondenza della seconda finestra 8 viene attaccata e rimossa in modo da formare una cavità 9 avente profondità minore dello spessore del substrato 1. Ad esempio, la cavità 9 può avere una profondità compresa fra 100 e 650 µm. Quindi, il secondo strato di ossido 7 viene rimosso, scoprendo nuovamente la seconda superficie 1b.

In seguito, figura 9, il substrato 1 viene ossidato, in modo da formare un terzo strato di ossido 13 che copre la seconda superficie 1b, le pareti laterali e il fondo della cavità 9, e viene realizzata una maschera 14, ad esempio di dry resist. La maschera 14 è formata da una pluralità di porzioni di mascheratura sopra le aree dove si vogliono realizzare i microaghi, ad esempio le porzioni di mascheratura possono essere disposte secondo una schiera ("array")

bidimensionale, a distanza regolare sia nella direzione orizzontale sia in direzione perpendicolare al piano del disegno.

Quindi, figura 10, tramite un attacco ossido e utilizzando la maschera 14, viene rimosso il terzo strato di ossido 13, dove esposto, formando cappucci di ossido 13a, e successivamente viene eseguito un attacco silicio. In particolare, l'attacco è inizialmente di tipo isotropo in modo da formare una pluralità di colonnine dal profilo rientrante nella parte apicale, includenti una porzione superiore approssimativamente conica (punta) ed un porzione inferiore approssimativamente cilindrica (figura 11), fintanto che rimangono i cappucci di ossido 13a sulle punte. Successivamente, quando cadono i cappucci 13a, l'attacco è di tipo anisotropo, in modo da assottigliare e rendere più lunghe le colonnine, figura 12. L'attacco simultaneamente e automaticamente rimuove il silicio del substrato 1 al di sotto della cavità 9, fino alla regione di barriera 4a, formando un foro passante 17, figura 12. In questo modo, al di sotto delle porzioni di mascheratura 14 si formano microaghi 15 di silicio dotati di punte 15a, sporgenti da una base 16, pure di silicio e formanti, con la base 16 e il foro passante 17, una struttura a microaghi 14. A

seconda della durata degli attacchi, i microaghi 15 possono avere un'altezza di compresa fra ad es. 0,1 mm e 0,725 mm. La base 16 inoltre presenta spessore inferiore a quello del substrato 1, ad esempio 200 µm.

Successivamente, figura 13, viene deposto uno strato di metallo 20, ad esempio tramite EDC (rivestimento per elettrodeposizione), PVD (deposizione fisica in fase vapore), evaporazione e simili. Lo strato di metallo 20 viene realizzato ad esempio di oro, argento, titanio o alluminio avente spessore compreso, ad es., fra 50 nm a 20 µm, e ricopre i microaghi 15 e la parete laterale del foro passante 17. Inoltre, all'interno del foro passante 17, lo strato di metallo 20 è a diretto contatto con la regione di barriera 4a. Quindi, figura 14, viene rimosso lo strato di protezione 6, poi la struttura finale viene tagliata ("diced") in modo da formare una pluralità di moduli 19 (uno solo mostrato).

Quindi, il modulo 19 viene fissato ad un supporto 21 avente una sede 22 per la regione di contatto 5, figura 15. Il supporto 21 può essere costituito da una scheda a circuito stampato ("printed circuit board") scavata ("etched") in modo da formare la sede 22 e avente piste metallizzate per le connessioni elettriche. Nell'esempio di figura 15, una superficie

di fondo della sede 22 presenta una pista di metallizzazione 23, che viene portata a contatto diretto con la regione di contatto 5, in modo da consentire la connessione elettrica dei microaghi 15, attraverso lo strato di metallo 20, con un'elettronica di controllo, ad esempio incollata ("bonded") sul supporto 21.

In alternativa, la fetta costituente il substrato 1, dopo la rimozione dello strato di protezione 6, viene assemblata direttamente su una seconda fetta avente opportune piste metalliche (assemblaggio "wafer to wafer") e la fetta composita così ottenuta viene successivamente tagliata ("sawed") in modo da ottenere una pluralità di moduli. In pratica, in questo caso, la seconda fetta sostituisce in parte il supporto 21 e può essere a sua volta montata su un supporto (scheda a circuito stampato) 21 o può sostituire completamente il supporto 21 e integrare direttamente i componenti elettronici di controllo.

Secondo un'altra alternativa, figura 16, la struttura finale 19 può essere incollata o saldata ad un supporto piano, ad esempio un circuito stampato 21', attraverso uno strato adesivo (di colla o pasta saldante "solder") 25 applicato alla prima superficie 1a. Lo strato adesivo 25 ha spessore pari alla

profondità della regione di contatto 5 e consente un contatto piano fra la regione di contatto 5 ed una pista di metallizzazione 26 formata sul circuito stampato 21'. Nell'esempio mostrato, una circuiteria di controllo 27 è integrata in una piastrina 28 incollata alla superficie inferiore del circuito stampato 21' ed è connessa elettricamente alla regione di contatto 5 attraverso una struttura a contatto passante 29.

La metallizzazione 20 forma quindi, all'interno del foro passante 17, una via passante 20a. In questo modo, è possibile minimizzare l'area della base 16, minimizzando quindi le dimensioni di imballaggio, sia che venga utilizzato un supporto 21, 21' come mostrato nelle figure 12, 16, sia che la struttura finale 19 venga incapsulata in un "package" di tipo Ball Grid Array (BGA), nel qual caso la regione di contatto 5 contatta dei bumps metallici. La riduzione dello spessore della base 16 rispetto al substrato 1 consente inoltre una riduzione delle dimensioni del modulo 19 anche nel senso dello spessore.

Il numero di regioni di contatto 5 e la loro disposizione possono essere scelti in base alle esigenze, formando una regione di contatto 5 per ogni fila di microaghi 15, oppure realizzando più regioni di contatto 5 per una stessa schiera di microaghi 15, o

utilizzando uno stesso contatto passante 5 per più schiere di microaghi 15.

Le figure 17-24 mostrano una forma di realizzazione utilizzante una tecnica a stampi e controstampi. In dettaglio, figura 17, inizialmente viene realizzato uno stampo 30, di policarbonato, plexiglass (polimetilmetacrilato - PMMA) o materiale simile, avente una superficie di base 33 da cui sporge verso l'alto una pluralità di porzioni ad ago 31 e in cui è presente una o più cavità 32. Lo stampo 30 viene riempito con un materiale elastomerico, quale il PDMS (polydimethylsiloxane), silicone o altra pasta siliconica, in modo da formare un controstampo 35.

Quindi, fig. 18, il controstampo 35 viene estratto dallo stampo 30. Il controstampo 35 viene ribaltato (figura 19) in modo da presentare una pluralità di cavità di stampo 36 ed una sporgenza 37 controsagomati alle porzioni ad ago 31 e alla cavità 32 dello stampo 30, e le cavità di stampo 36 vengono riempite con materiale fuso 38, quale materiale polimerico, vetro liquido (ad es. di tipo sol gel), plexiglass, policarbonato e simili, figura 20, evitando di ricoprire la sporgenza 37. In alternativa, eventuale materiale in eccesso può essere rimosso tramite abrasione dal retro, ad esempio tramite "Chemical

Mechanical Polishing (CMP), in modo da ottenere un foro passante 43. In questo modo si forma una struttura a microaghi 40 che, dopo una fase di polimerizzazione (nel caso di materiale polimerico, plexiglass, policarbonato e simili) e/o densificazione, viene estratta dal controstampo 35 e presenta una pluralità di microaghi 41 sporgenti da una base 42 dotata del foro passante 43, figura 21.

Quindi la superficie della struttura a microaghi 40 viene metallizzata, mediante formazione di uno strato di metallo 45, ad esempio di oro, argento, titanio o alluminio avente uno spessore ad es. compreso fra 50 nm e 20 µm, tramite EDC (rivestimento per elettrodeposizione), PVD (deposizione fisica in fase vapore), evaporazione e simili, figura 22. Anche in questo caso, lo strato conduttore 45 penetra e ricopre le pareti del nel foro passante 43, formando qui una via passante 45a conduttiva.

Quindi, figura 23, all'interno della via passante 45a viene formato un "bump" 46. Il bump 46, ad esempio formato da colla conduttiva o pasta d'argento con uno spessore compreso fra 20 e 2000 µm, viene realizzato dal retro o dal fronte, a contatto con la via passante 45a, chiude il foro passante 43 e sporge da questo. Si ottiene quindi un modulo a microaghi 47 che può essere

fissato ad un supporto.

Ad esempio, figura 24, il modulo a microaghi 47 può venire incollato ad una superficie superiore di un supporto 50 (ad esempio un circuito stampato) tramite uno strato di colla 51; la superficie inferiore del supporto 50 può venire incollata ad una piastrina 28 integrante componenti elettronici 27. Nell'esempio mostrato in figura 24, lo strato di colla 51 e il supporto 50 hanno un rispettivo foro passante 52 allineato alla via passante 45a e alloggiante il bump 46 e/o un altro bump, in modo da garantire la connessione elettrica fra la via passante 45a e un pad 48 formato sulla piastrina 28.

Con la tecnica a stampo-controstampo, è possibile ottenere microaghi di lunghezza variabile entro un ampio intervallo, ad es. da 0,1 mm a 10 mm, a seconda dello specifico impiego e del materiale utilizzato. Inoltre il rapporto lunghezza ago/diametro di base può variare da 8:1 a 2:1; ad es. è possibile realizzare aghi lunghi 2 mm con diametro di base pari a 0,5 mm, ottenendo quindi una pendenza di 83°. Inoltre, la superficie della punta dell'ago è ridotta, ad esempio per aghi aventi lunghezza di 1 mm è possibile ottenere un diametro della punta inferiore a 50 μm.

La contattatura dal retro mediante bump consente

la riduzione e, in qualche caso, l'eliminazione del rumore causato da effetti parassiti spuri capacitivi e/induttivi che possono presentarsi in alcune applicazioni in caso di connessione elettrica tramite filo saldato.

Diversi moduli 19, 47 con differenti strati di metallo 20, 45 possono essere fissati ad uno stesso supporto 21, 21', 50. Questo è vantaggioso ad esempio nel caso di analisi di un liquido, ad esempio un liquido biologico. In questo caso, infatti, il dispositivo finito possiede diverse interfacce metallo/elettrolita (liquido da analizzare) e conseguentemente si creano diversi accoppiamenti fra l'energia di Fermi dello strato di metallo 20, 45 e il potenziale elettrochimico del liquido da analizzare.

Risulta infine chiaro che al procedimento 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. In particolare, come indicato, il materiale dei microaghi e del rivestimento metallico possono variare, così come la tecnica di incollaggio e contattatura ad una base di supporto o ad un dispositivo integrato. Inoltre, è possibile realizzare anche aghi bucati sia di silicio

sia di materiale stampato, in modo di per sé noto (si veda ad esempio il testo sopra citato "Fully Integrated Microneedle-based Transdermal Drug Delivery System", cap. IV, pagine 33-38).

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per la realizzazione di microaghi, comprendente le fasi di:

formare una struttura a microaghi (14, 19; 40, 47) comprendente una base (16; 42) avente una prima ed una seconda faccia, con una pluralità di microaghi (15; 41) sporgenti dalla prima faccia della base;

formare un foro passante (17; 43) nella base;

formare uno strato di metallo (20; 45) rivestente i microaghi e il foro passante;

formare una struttura di contatto (4a, 5, 20a; 45a, 46) a partire dalla seconda faccia della base in corrispondenza del foro passante.

2. Procedimento secondo la rivendicazione (1), in cui formare una struttura di contatto comprende realizzare una regione conduttiva (4a, 5) fissata alla seconda faccia della base (16) e collegata elettricamente allo strato di metallo (20).

3. Procedimento secondo la rivendicazione 1, in cui formare una struttura di contatto comprende realizzare un bump (46) sporgente all'interno del foro passante (43) e collegato elettricamente allo strato di metallo (45).

4. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente portare la struttura a microaghi (19; 47) a contatto con un supporto

(21; 21'; 50) avente una propria struttura di contatto (23; 26; 52) allineando le strutture di contatto del supporto e della struttura a microaghi e fissare la struttura a microaghi al supporto.

5. Procedimento secondo la rivendicazione 4, in cui il supporto (21; 21'; 50) è un circuito stampato o una fetta a semiconduttore avente piste elettriche su una sua superficie.

6. Procedimento secondo una delle rivendicazioni precedenti, comprendente le fasi di:

disporre ("providing") un substrato (1) di materiale semiconduttore avente una prima ed una seconda superficie (1a, 1b);

formare una regione di contatto (5) di materiale conduttore sulla prima superficie del substrato;

formare una cavità (9) nel substrato a partire dalla seconda superficie, la cavità avendo profondità inferiore rispetto al substrato;

formare una pluralità di regioni di mascheratura (13a, 14) sulla seconda superficie (1b) del substrato;

rimuovere porzioni selettive del substrato (1) a partire dalla seconda superficie (1b) in modo da formare la pluralità di microaghi (15) al di sotto delle regioni di mascheratura e il foro passante (17) in prosecuzione della cavità (9), il foro passante attraversando completamente la

base (16) ed essendo chiuso inferiormente dalla regione di contatto (4a, 5),

in cui la fase di formare uno strato di metallo (20) comprende depositare lo strato di metallo al di sopra dei microaghi (15) e della regione di contatto (4a, 5) affacciata al foro passante.

7. Procedimento secondo la rivendicazione 6, in cui la fase di formare una regione di contatto (4a, 5) comprende le fasi di:

realizzare uno strato di mascheratura (2) avente una finestra (3) sulla prima superficie (1a) del substrato (1);

deporre uno strato barriera (4) sullo strato di mascheratura e nella finestra (3);

formare un strato di stampo (10) sullo strato di barriera (4), lo strato di stampo avendo un'apertura (11) al di sopra della finestra (3);

crescere la regione di contatto (5) all'interno della apertura (11); e

rimuovere lo strato di stampo (10), lo strato barriera (4) al di sotto dello strato di stampo e lo strato di mascheratura (2) al di sotto dello strato barriera.

8. Procedimento secondo una delle rivendicazioni 1-6, comprendente le fasi di:

realizzare uno stampo (30) avente una superficie di base (33), una pluralità di porzioni ad ago (31) sporgenti

dalla superficie di base, ed una cavità (32);

alimentare un materiale di controstampo all'interno dello stampo (30) per formare un controstampo (35);

estrarre il controstampo (35) dallo stampo (30);

utilizzare il controstampo (35) per stampare la struttura a microaghi (40) dotata del foro passante (43).

9. Processo secondo la rivendicazione 8, in cui la struttura a microaghi (40) è di un materiale scelto nel gruppo comprendente materiale polimerico, vetro liquido, plexiglass, policarbonato.

10. Dispositivo a microaghi, comprendente:

una base (16; 42) avente una prima ed una seconda faccia;

una pluralità di microaghi (15; 41) sporgenti dalla prima faccia;

un foro passante (17; 43) attraversante completamente la base ed avente una parete laterale;

uno strato di metallo (20; 45) rivestente i microaghi; e

una via metallizzata (20a; 45a) ricoprente la parete laterale del foro passante, affacciata alla seconda faccia della base e a contatto diretto con lo strato di metallo (45).

11. Dispositivo a microaghi secondo la rivendicazione 10, comprendente una regione di contatto (4a, 5) di

materiale conduttivo estendentesi al di sopra della seconda faccia della base (16) e a contatto diretto con la via metallizzata (20a).

12. Dispositivo a microaghi secondo la rivendicazione 10, comprendente un bump (46) estendentesi almeno parzialmente all'interno della via metallizzata (45a).

13. Dispositivo a microaghi secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 10-12, comprendente un supporto (21; 21'; 51) fissato alla seconda faccia della base (16; 42) e collegato elettricamente alla pluralità di microaghi (15; 41) attraverso la via metallizzata (20a; 45a).

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

Elena CERBARO

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

CLAIMS

1. A process for manufacturing microneedles, comprising the steps of:
forming a microneedle structure (14, 19; 40, 47) comprising a base (16; 42) having a first and a second faces, with a plurality of microneedles (15; 41) projecting from the first face of the base;
forming a through hole (17; 43) in the base;
forming a metal layer (20; 45) coating the microneedles and the through hole; and
forming a contact structure (4a, 5, 20a; 45a, 46) from the second face of the base at the through hole.

2. The process according to claim 1, wherein forming a contact structure comprises providing a conductive region (4a, 5) fixed to the second face of the base (16) and electrically connected to the metal layer (20).

3. The process according to claim 1, wherein forming a contact structure comprises providing a bump (46) projecting within the through hole (43) and electrically connected to the metal layer (45).

4. The process according to any of the preceding claims, comprising bringing the microneedle structure (19; 47) into contact with a support (21; 21'; 50) having an own contact structure (23; 26; 52), aligning the contact structures of the support and of the microneedle structure, and fixing the microneedle structure to the support.

5. The process according to claim 4, wherein the support (21; 21'; 50) is a printed circuit or a semiconductor wafer having electrical paths on one of its surfaces.

6. The process according to any of the preceding claims,

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

comprising the steps of:
providing a substrate (1) of semiconductor material having a first surface (1a) and a second surface (1b);
forming a contact region (5) of conductive material on the first surface of the substrate;
forming a cavity (9) in the substrate from the second surface, the cavity having a smaller depth as compared to the substrate;
forming a plurality of masking regions (13a, 14) on the second surface (1b) of the substrate;
removing selective portions of the substrate (1) starting from the second surface (1b) so as to form the plurality of microneedles (15) underneath the masking regions and the through hole (17) as a continuation of the cavity (9), the through hole extending through the base (16) and being closed at the bottom by the contact region (4a, 5),
wherein the step of forming a metal layer (20) comprises depositing the metal layer on the microneedles (15) and on the contact region (4a, 5) facing the through hole.

7. The process according to claim 6, wherein forming a contact region (4a, 5) comprises:
providing a masking layer (2) having a window (3) on the first surface (1a) of the substrate (1);
depositing a barrier layer (4) on the masking layer and in the window (3);
forming a mold layer (10) on the barrier layer (4), the mold layer having an opening (11) on the window (3);
growing the contact region (5) within the opening (11); and
removing the mold layer (10), the barrier layer (4) underneath the mold layer, and the masking layer (2) underneath the barrier layer.

8. The process according to any one of claims 1-6, comprising the steps of:
providing a mold (30) having a base surface (33), a plurality

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

of needle portions (31) projecting from the base surface, and a cavity (32);
supplying a countermold material within the mold (30) to form a countermold (35);
extracting the countermold (35) from the mold (30); and
using the countermold (35) for molding the microneedle structure (40) provided with the through hole (43).

9. The process according to claim 8, wherein the microneedle structure (40) is of a material chosen in the group comprising polymeric material, liquid glass, plexiglass, polycarbonate.

10. A microneedle device, comprising:
a base (16; 42) having a first and a second faces;
a plurality of microneedles (15; 41) projecting from the first face;
a through hole (17; 43) extending through the base and having a side wall;
a metal layer (20; 45) coating the microneedles; and
a metallized via (20a; 45a) coating the side wall of the through hole, facing the second face of the base and in direct contact with the metal layer (45).

11. The microneedle device according to claim 10, comprising a contact region (4a, 5) of conductive material extending on the second face of the base (16) and in direct contact with the metallized via (20a).
12. The microneedle device according to claim 10, comprising a bump (46) extending at least partially within the metallized via (45a).

13. The microneedle device according to any of claims 10-12, comprising a support (21; 21'; 51) fixed to the second face of the base (16; 42) and electrically connected to the plurality of microneedles (15; 41) through the metallized via (20a; 45a).

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

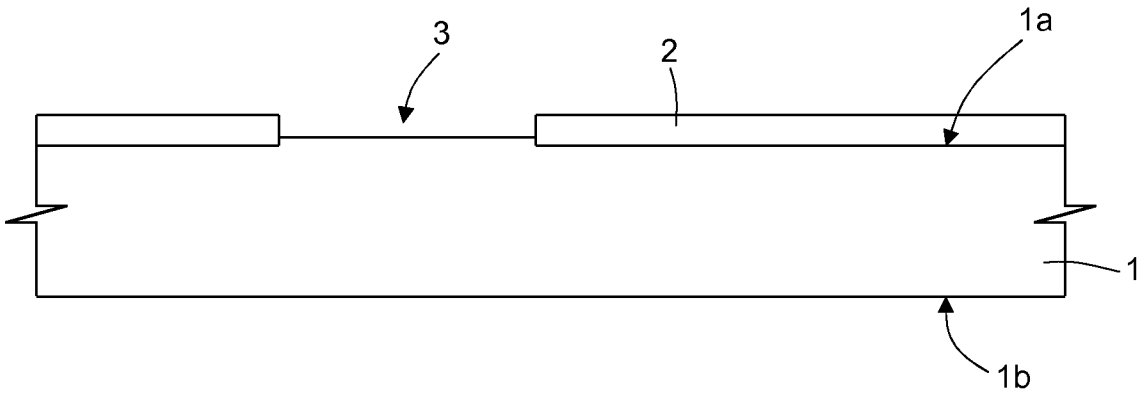


Fig.1

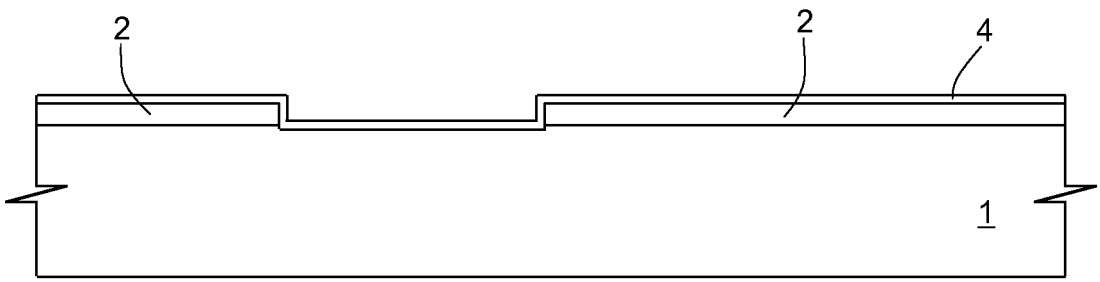


Fig.2

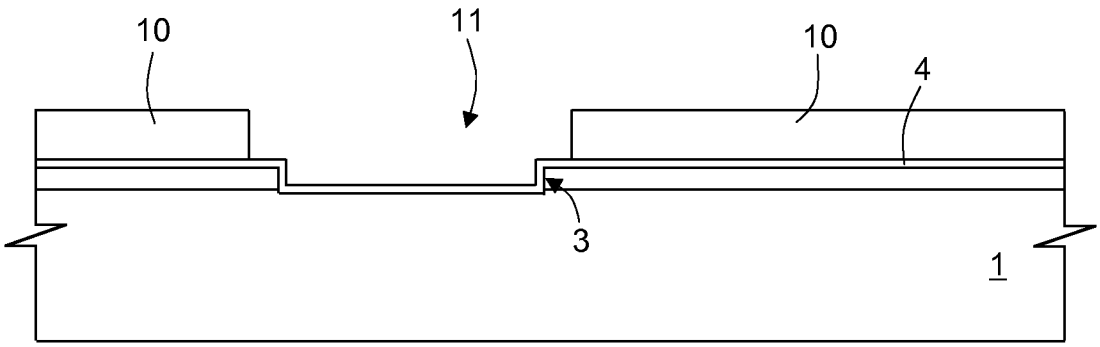


Fig.3

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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

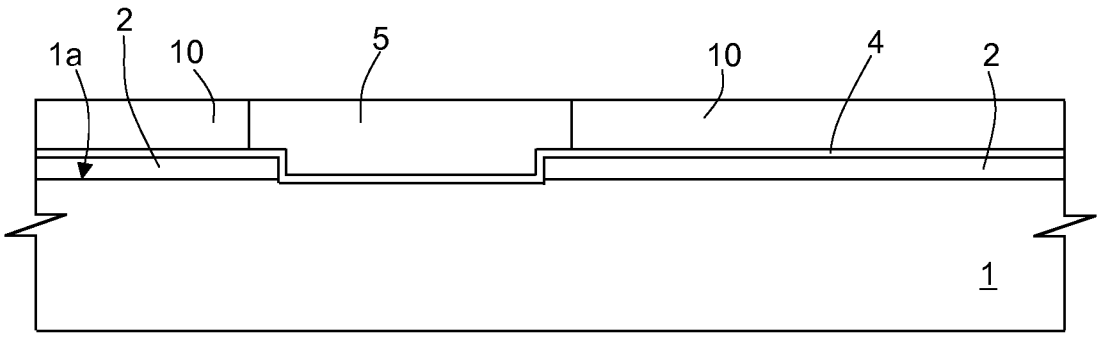


Fig.4

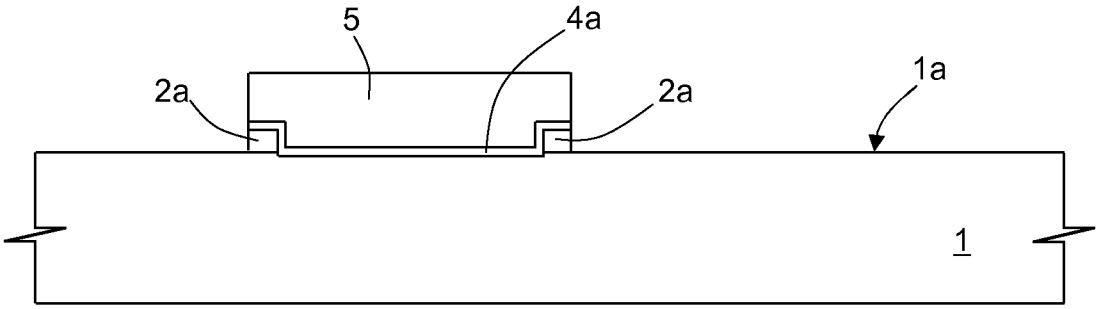


Fig.5

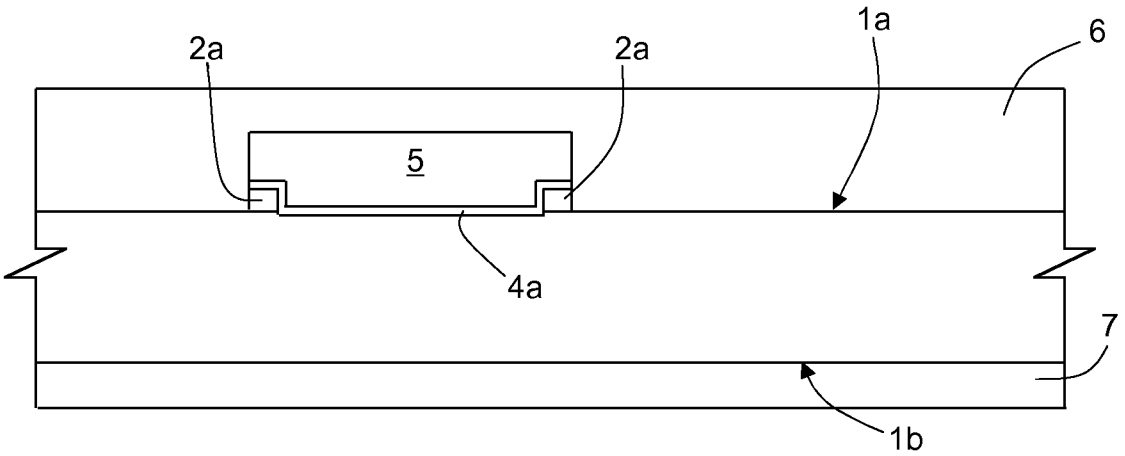


Fig.6

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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

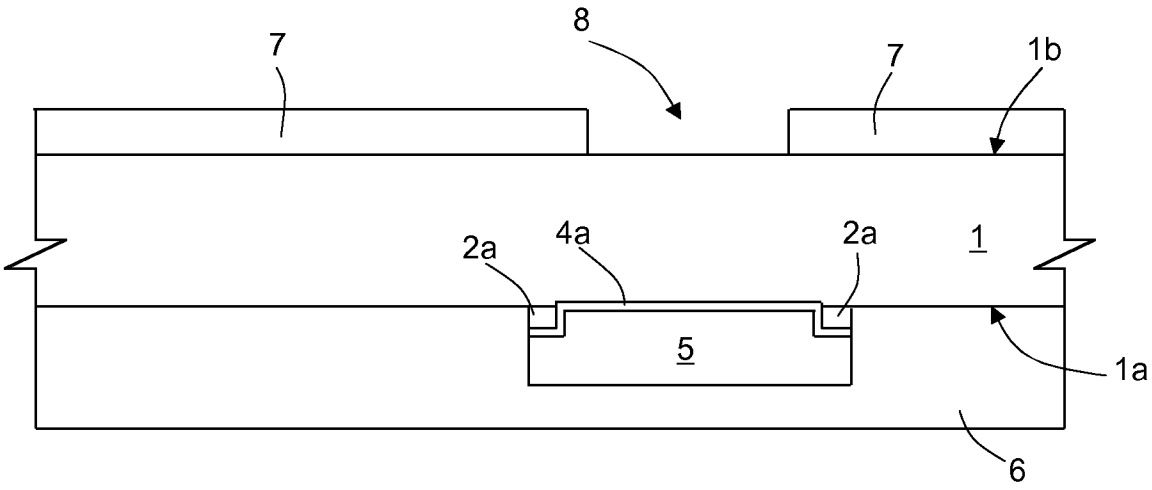


Fig.7

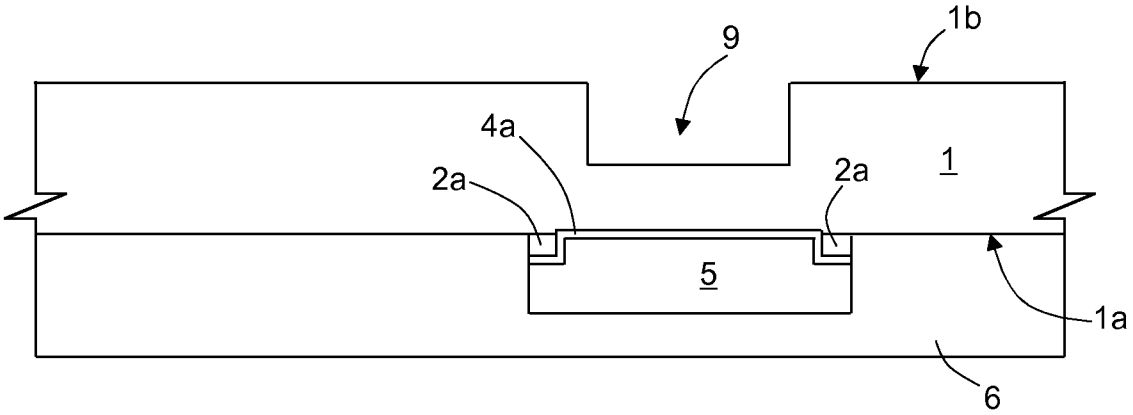


Fig.8

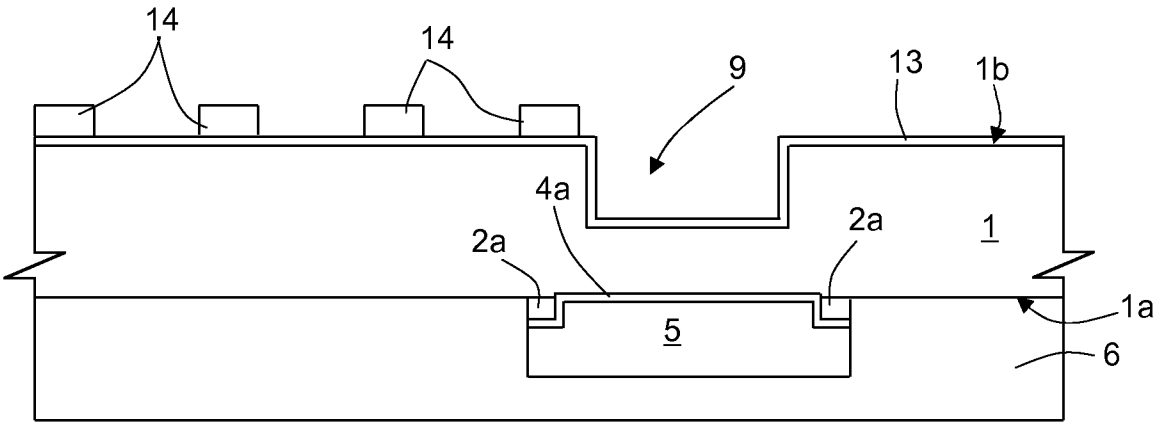


Fig.9

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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

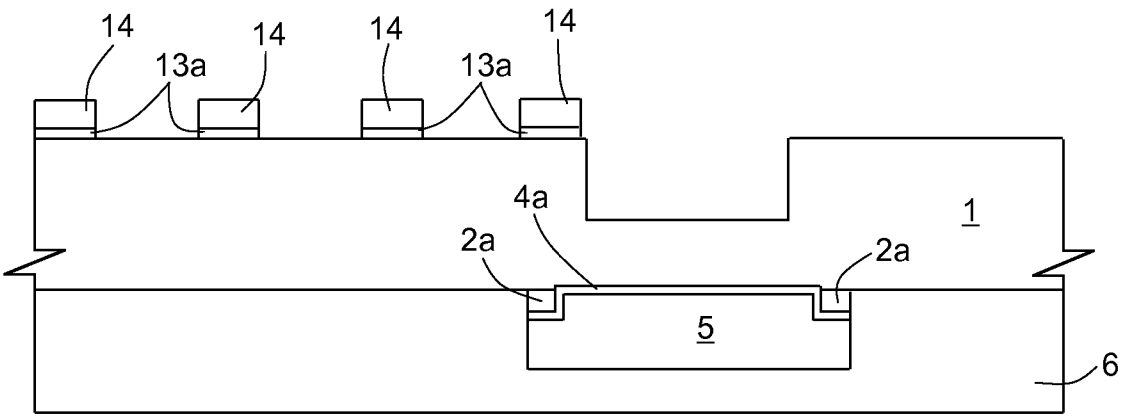


Fig.10

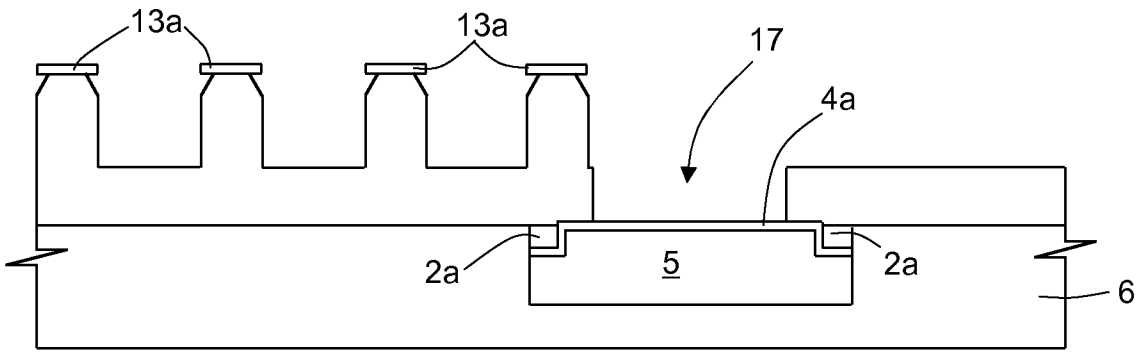


Fig.11

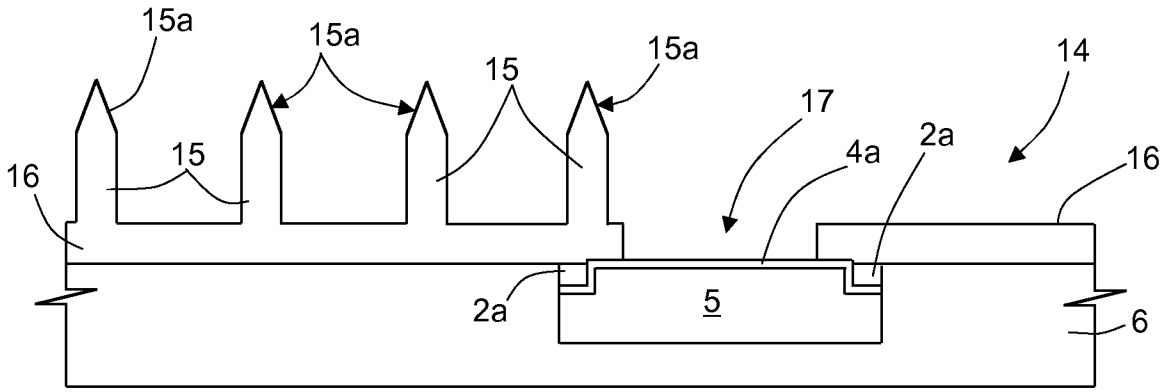


Fig.12

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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

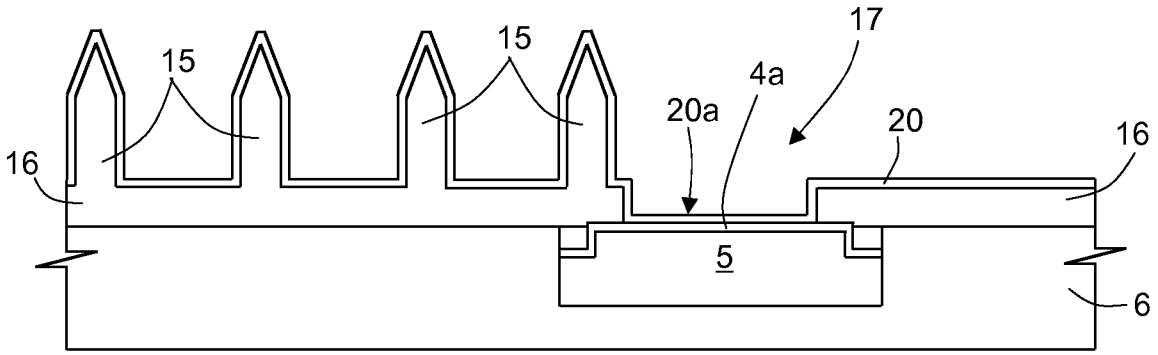


Fig.13

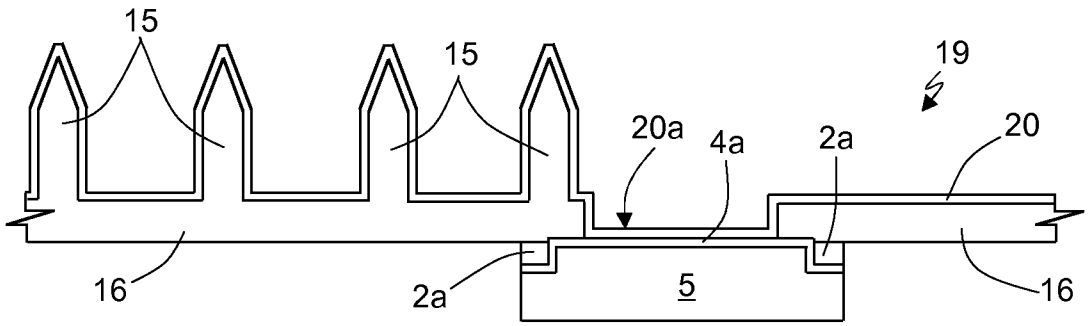


Fig.14

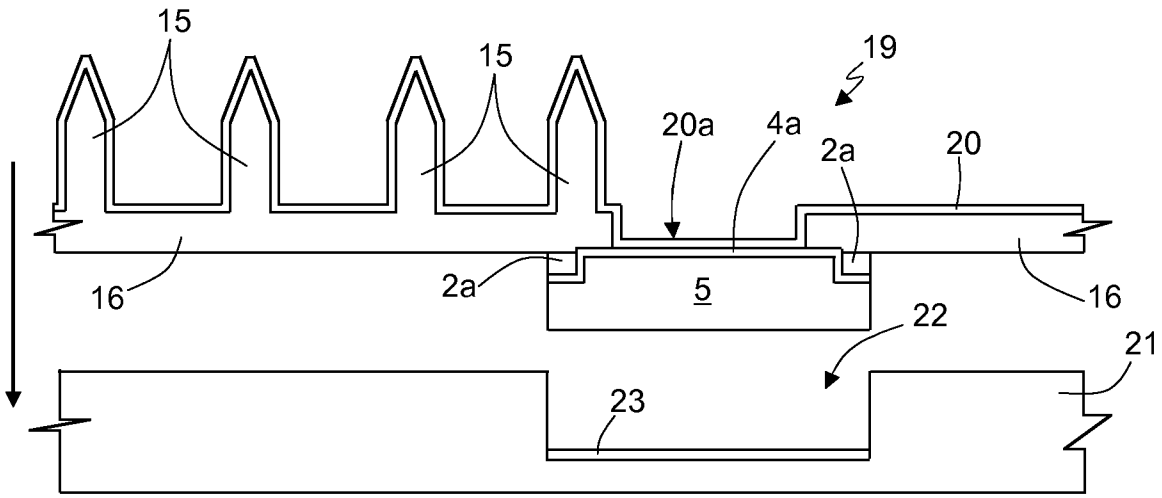


Fig.15

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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

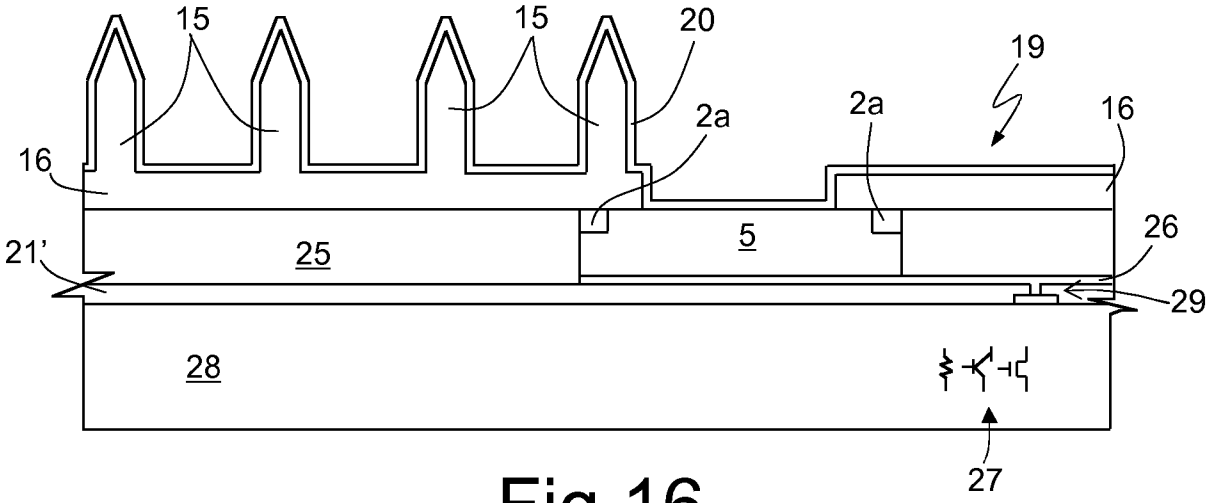


Fig.16

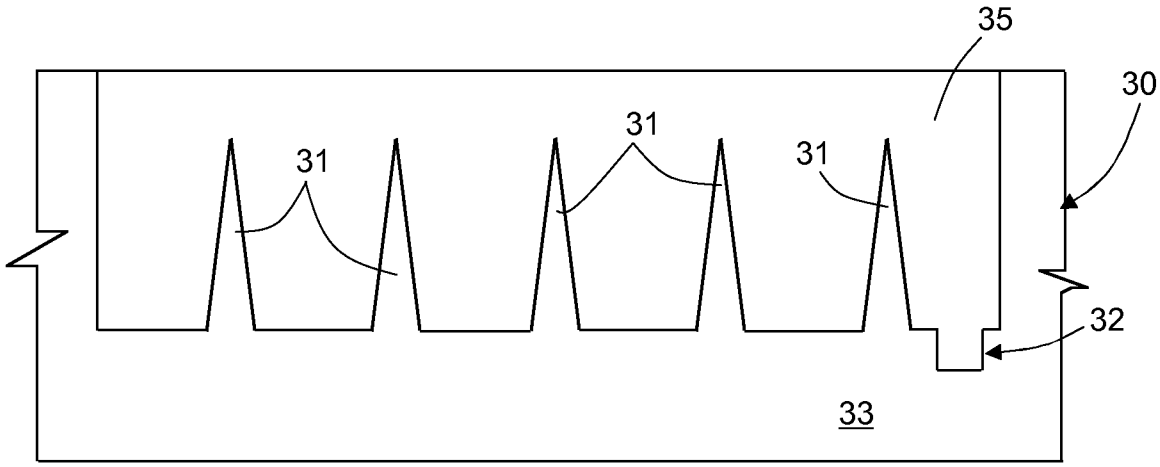


Fig.17

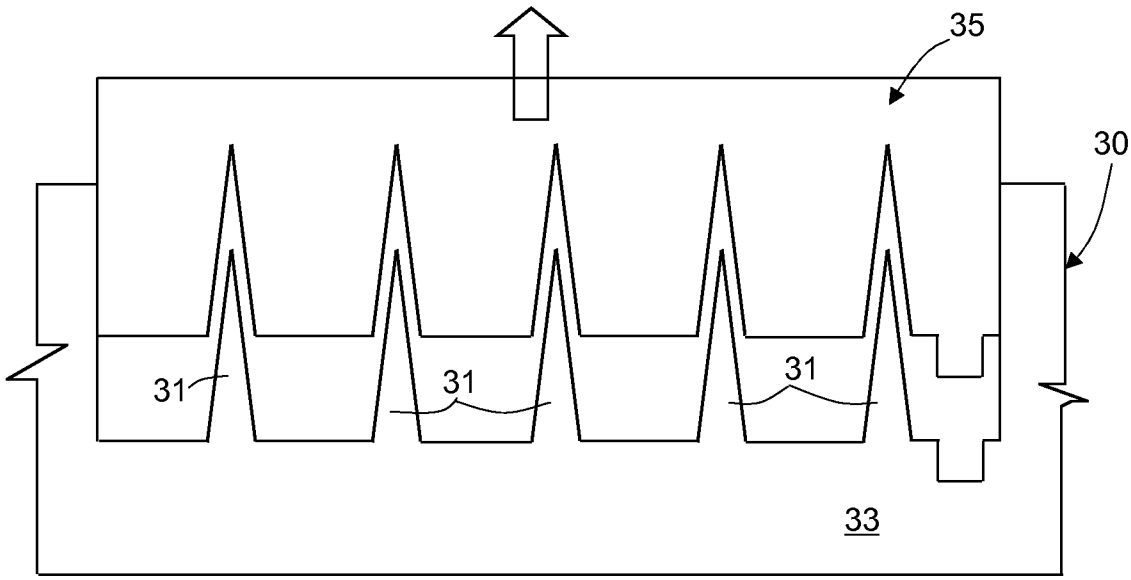


Fig.18

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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

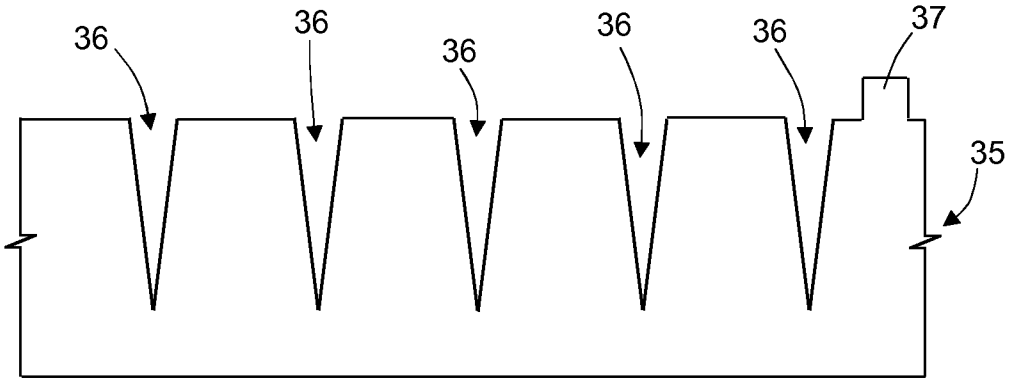


Fig.19

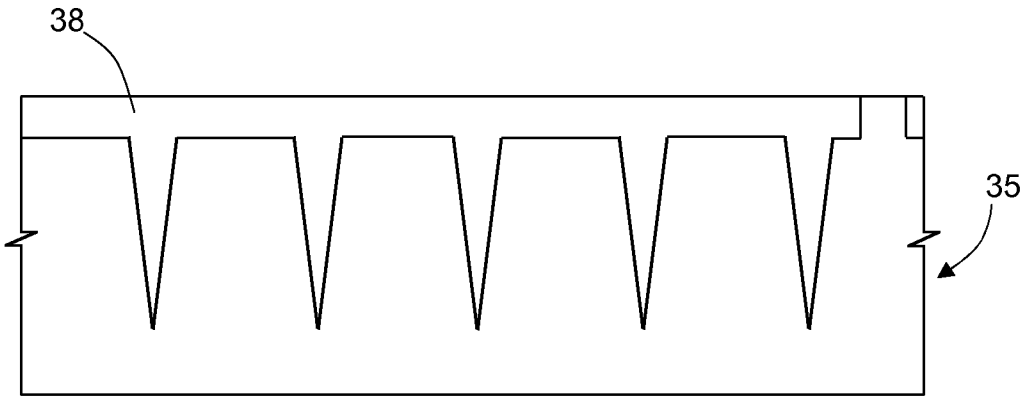


Fig.20

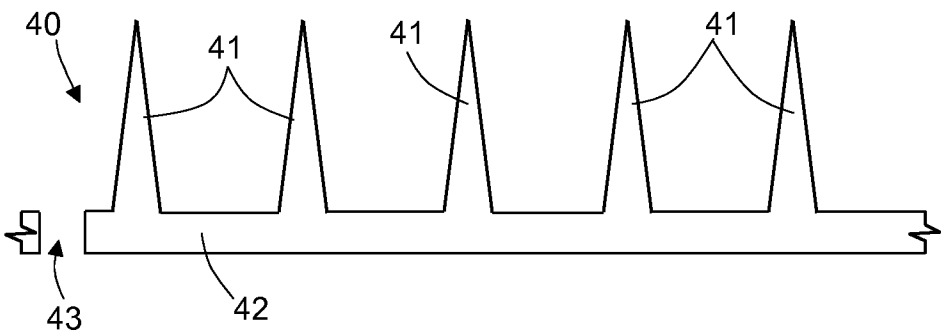


Fig.21

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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)

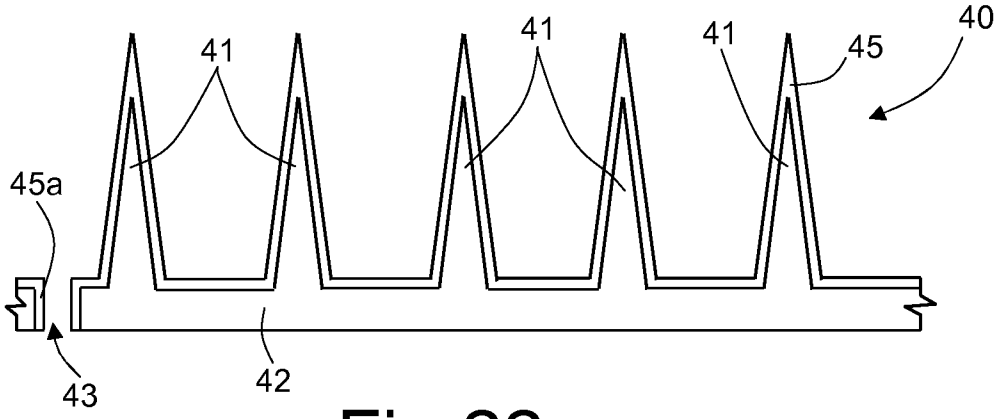


Fig.22

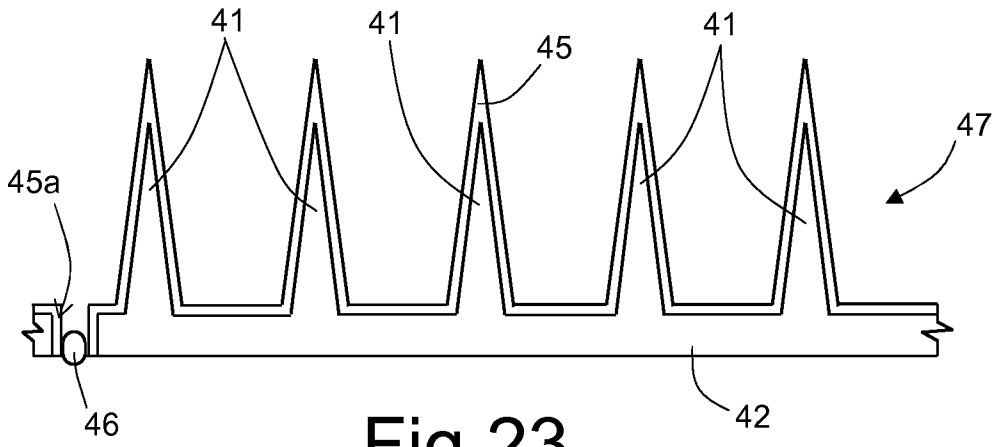


Fig.23

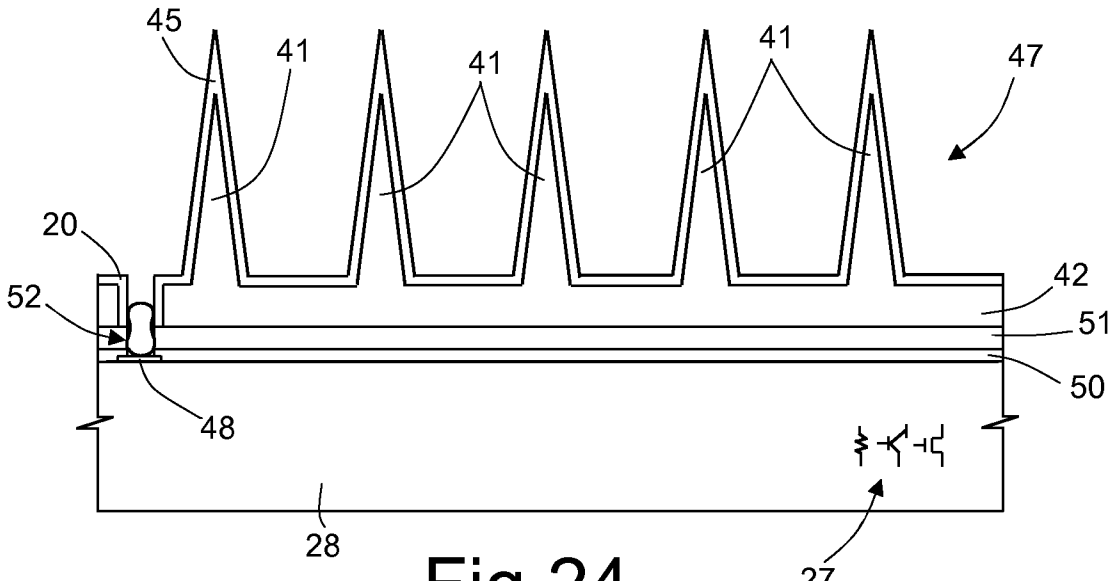


Fig.24

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

Elena CERBARO
(Iscrizione Albo nr. 426/BM)