



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

DOMANDA NUMERO	102007901538170
Data Deposito	04/07/2007
Data Pubblicazione	04/01/2009

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	81	C		

Titolo

PROCEDIMENTO PER LA PRODUZIONE DI UN DISPOSITIVO MICRO/NANO-FLUIDICO PRESENTANTE ALMENO UN CANALE CON SEZIONE DI DIMENSIONI MICRO/NANO- METRICHE
--

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:
"Procedimento per la produzione di un dispositivo
micro/nano-fluidico presentante almeno un canale
con sezione di dimensioni micro/nano-metriche"
di: POLITECNICO di TORINO, nazionalità italiana,
C.so Duca degli Abruzzi, 24 - 10129 TORINO
Inventori designati: Giancarlo CANAVESE, Simone
Luigi MARASSO, Eros GIURI
Depositata il: 4 luglio 2007

* * *

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un procedimento per la produzione di un dispositivo micro/nano-fluidico presentante almeno un canale con sezione di dimensioni micro/nano-metriche.

La micro/nano-fluidica riveste un ruolo di importanza sempre maggiore in campi differenti, come lo svolgimento di analisi chimiche e diagnosi mediche, nonché la conduzione di procedimenti di sintesi chimica (test rapidi e microreattori per l'industria farmaceutica).

Più in dettaglio, l'applicazione di micro/nano-canali in dispositivi del tipo Lab On a Chip permette di incrementarne l'efficienza e diminuire la quantità di reagenti necessari e quindi i costi

per la conduzione di test di analisi su larga scala.

Nel campo della genomica, l'interazione fra molecole di DNA e canali a sezione nanometrica rende possibile un nuovo sistema di rivelazione e sequenziamento del codice genetico. Le metodologie basate su tale interazione costituiscono così un'evoluzione rispetto a quelle tradizionali, ad esempio basate sull'impiego di gel di agarosio.

Sfruttando la piccola sezione dei canali, si possono inoltre effettuare esperimenti per lo studio di singole molecole, ad esempio allungandole per studiare l'energia di un dato legame.

Nel campo dei dispositivi biomedicali di supporto alla vita di un paziente, i micro/nano-canali possono essere impiegati in sistemi per la filtrazione o in sistemi di circolazione extracorporea. In particolare, è di fondamentale importanza poter disporre di micro/nano-canali a sezione arrotondata in ossigenatori per la circolazione extracorporea del sangue. In tale applicazione, infatti, la presenza di spigoli comporta un aumento delle tensioni di taglio che insistono sui globuli rossi e la formazione di zone di ristagno, provocando emolisi ed eventualmente trombi con gravi danni per la salute

del paziente.

Da quanto brevemente esposto, è quindi evidente che la possibilità di disporre di adeguati dispositivi micro/nano-fluidici costituirà un fattore chiave per sviluppare a fondo le potenzialità di una serie di tecnologie al momento estremamente promettenti.

Scopo della presente invenzione è dunque quello di fornire un procedimento perfezionato per la produzione di dispositivi micro/nano-fluidici di tal genere.

Secondo l'invenzione, questo scopo viene raggiunto grazie ad un procedimento per la produzione di un dispositivo micro/nano-fluidico presentante almeno un canale con sezione di dimensioni micro/nano-metriche, comprendente le fasi di:

- realizzare su di una superficie di un primo substrato uno scavo precursore di detto canale,
- vincolare a detta superficie del primo substrato un secondo substrato, in modo tale da chiudere longitudinalmente detto scavo precursore, e
- immettere in detto scavo precursore una soluzione di attacco chimico in grado di attaccare almeno il secondo substrato così da asportarvi materiale in corrispondenza dello scavo precursore,

portando all'ottenimento del canale di sezione trasversale desiderata.

Il procedimento dell'invenzione comprende un numero ridotto di fasi e non necessita di costose e lente tecniche di crescita e di allineamento dei due substrati, ma utilizza un'economica tecnica di attacco chimico. Nel complesso, quindi, esso risulta decisamente competitivo rispetto ai procedimenti convenzionali dal punto di vista dei costi.

I materiali utilizzati per i substrati possono essere di tipo biocompatibile, cosicché il dispositivo ottenuto è utilizzabile senza difficoltà nei campi biomedicale, biologico e medico. Materiali particolarmente convenienti per l'impiego quali primo e secondo substrato sono ad esempio vetri, come vetro borosilicato, e composti del silicio, come ossido di silicio e nitruro di silicio. In linea di principio, è anche possibile utilizzare materiali metallici, purché le loro caratteristiche di rugosità superficiale siano compatibili con le ridotte dimensioni della sezione dei canali da realizzare. Materiali uguali o differenti possono essere utilizzati per il primo ed il secondo substrato.

Lo scavo precursore può ad esempio essere rea-

lizzato mediante impiego di una ulteriore soluzione di attacco chimico, oppure mediante una tecnica di attacco fisico, quale ad esempio "reactive ion etching", dopo aver mascherato le aree della superficie del primo substrato da non attaccare.

Il vincolo del secondo substrato al primo substrato può ad esempio essere realizzato mediante una tecnica di "bonding", quale "anodic bonding", "fusion bonding", "eutectic bonding" o altri tipi di "bonding" di comune impiego nelle tecnologie di microfabbricazione.

In vista della forma da ottenere della sezione trasversale del canale, è possibile scegliere una soluzione di attacco chimico da immettere nello scavo precursore in grado di attaccare, oltre al secondo substrato, anche il primo substrato.

Per favorire l'uniformità dell'asportazione di materiale da parte della soluzione di attacco chimico immessa nello scavo precursore, tale soluzione può essere sotto pressione e/o agitata mediante ultrasuoni.

Combinando la scelta dei materiali del primo e secondo strato con le caratteristiche delle soluzioni di attacco impiegate per realizzare lo scavo precursore e successivamente per l'immissione in

quest'ultimo, si può sagomare nel modo desiderato la sezione trasversale dei canali ottenuti. In particolare, impiegando soluzioni di attacco a profilo isotropo, si ottengono canali a sezione trasversale di forma arrotondata, ad esempio circolare o ellissoidale. Come già indicato, sezioni di tale forma sono critiche per l'impiego in ossigenatori per la circolazione extracorporea del sangue, in cui si evitino zone di ristagno e di alta sollecitazione di taglio sui globuli rossi.

Costituisce dunque un ulteriore oggetto della presente invenzione un dispositivo micro/nano-fluidico ottenibile mediante il procedimento sopra descritto e presentante almeno un canale con sezione trasversale di dimensioni micro/nano-metriche e di forma arrotondata, ad esempio circolare o ellissoidale.

Ulteriori vantaggi e caratteristiche della presente invenzione risulteranno evidenti dalla descrizione dettagliata che segue, fornita a titolo di esempio non limitativo con riferimento ai disegni annessi, in cui:

le figure da 1a a 1g illustrano schematicamente varie fasi successive di un procedimento dell'invenzione, e

la figura 2 è un vista prospettica schematica di un dispositivo prodotto mediante il procedimento dell'invenzione.

Un procedimento di produzione di un dispositivo micro/nano-fluidico presentante una pluralità di canali con sezione di dimensioni micro/nano-metriche prevede dapprima di sottoporre un wafer 10 di silicio massivo ad un trattamento con soluzione aggressiva e al passaggio in acido fluoridrico per rimuovere l'ossido nativo (fig. 1a).

Quindi il wafer 10 viene ossidato in modo tale da formare uno strato superficiale 12 di ossido di spessore ad esempio pari ad 1 μm (fig. 1b). In alternativa, lo strato superficiale 12 potrebbe essere ottenuto mediante una tecnica di deposizione, come ad esempio Chemical Vapour Deposition (CVD), Low Pressure Chemical Vapour Deposition (LPCVD), Physical Vapour Deposition (PVD).

Successivamente, lo strato superficiale 12 è rivestito con una pellicola 14 di resist, ad esempio di PMMA, (fig. 1c), sulla quale è incisa mediante litografia a fascio di elettroni (fig. 1d) la pianta della configurazione dei canali precursori che si intendono realizzare. Tale tecnica consente di ottenere una risoluzione dell'ordine del

nanometro, permettendo così di ottenere un primo substrato 16 avente una superficie 18 su cui è ricavata la pianta della configurazione desiderata dei canali.

La superficie 18 è poi sottoposta ad un attacco chimico con una soluzione a base di acido fluoridrico, ad esempio la soluzione "Buffered Oxide Etch", tipicamente utilizzata per l'attacco all'ossido. In tal modo, si realizza uno scavo precursore 20 in tutte le aree ove la pellicola di resist è stata rimossa mediante litografia a fascio di elettroni (fig. 1e), mentre le aree restanti sono mascherate dalla pellicola 14 e quindi protette. La soluzione utilizzata ha un profilo di attacco isotropo, cosicché ciascuno scavo 20 ha sezione trasversale di forma sostanzialmente semicircolare, ed il suo impiego deve essere interrotto prima che l'intero spessore dello strato 12 di ossido sia asportato dalla soluzione.

Alla superficie 18 del primo substrato 16 è poi vincolato un wafer di vetro borosilicato fungente da secondo substrato 22 (fig. 1f) in modo tale da chiudere longitudinalmente gli scavi precursori 20 lasciandone aperte le estremità. Il vincolo è ottenuto mediante una tecnica di "bonding", quale

ad esempio "anodic bonding", "fusion bonding", "eutectic bonding" o altri tipi di "bonding" di comune impiego nelle tecnologie di microfabbricazione.

Si immette infine in ciascuno scavo precursore 20 una soluzione di attacco chimico in grado di attaccare entrambi i substrati (fig. 1g). Anche tale soluzione ha un profilo di attacco isotropo, cosicché il risultato dell'attacco è la formazione di canali 24 di sezione trasversale di forma arrotondata. Qualora la lunghezza dei canali 24 sia tanto elevata da impedire al solo processo diffusivo dell'agente attivo della soluzione di attacco di effettuare un'azione uniforme di asportazione per la loro intera lunghezza, si può ottenere tale uniformità mediante agitazione con ultrasuoni e/o accrescendo la pressione con cui la soluzione di attacco è immessa negli scavi precursori 20.

Si realizza così (fig. 2) un dispositivo micro/nano-fluidico 26 formato dal primo 16 e secondo 22 substrato uniti, a cavallo della cui superficie 18 di interfaccia è stata ottenuta una pluralità di canali 24 di dimensione micro/nano-metrica ed aventi sezione trasversale di forma arrotondata, in particolare circolare.

Un tale dispositivo può essere impiegato in

una pluralità di ambiti, ad esempio:

- in ambito medico e biomedicale, per la realizzazione di dispositivi per il supporto alla vita di un paziente (quali ad esempio ossigenatori extracorporei) e per l'analisi e la terapia (quali ad esempio sistemi per la filtrazione);

- in ambito chimico, per la realizzazione di analisi chimiche su dispositivi miniaturizzati;

- in ambito genetico, per la realizzazione di dispositivi del tipo Lab On Chip per l'analisi del codice genetico;

- nell'ambito della meccanica cellulare, per la fabbricazione di dispositivi per test cellulari.

Naturalmente, fermo restando il principio dell'invenzione, i particolari di realizzazione e le forme di attuazione potranno ampiamente variare rispetto a quanto descritto a puro titolo esemplificativo, senza per questo uscire dall'ambito dell'invenzione come definito nelle rivendicazioni annesse.

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento per la produzione di un dispositivo micro/nano-fluidico presentante almeno un canale (24) con sezione di dimensioni micro/nano-metriche, comprendente le fasi di:

- realizzare su di una superficie (18) di un primo substrato (16) uno scavo precursore (20) di detto canale (24),

- vincolare a detta superficie (18) del primo substrato (16) un secondo substrato (22), in modo tale da chiudere longitudinalmente detto scavo precursore (20), e

- immettere in detto scavo precursore (20) una soluzione di attacco chimico in grado di attaccare almeno il secondo substrato (22) così da asportarvi materiale in corrispondenza dello scavo precursore (20), portando all'ottenimento del canale (24) avente sezione trasversale di forma desiderata.

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, in cui detto scavo precursore (20) è realizzato mediante impiego di una ulteriore soluzione di attacco chimico, oppure mediante una tecnica di attacco fisico, quale ad esempio "reactive ion etching", dopo aver mascherato le aree della superficie (18) da non attaccare.

3. Procedimento secondo una qualunque delle precedenti rivendicazioni, in cui il secondo substrato (22) è vincolato a detta superficie (18) del primo substrato (16) mediante una tecnica di "bonding", quale "anodic bonding", "fusion bonding" o "eutectic bonding".

4. Procedimento secondo una qualunque delle precedenti rivendicazioni, in cui detta soluzione di attacco chimico immessa nello scavo precursore (20) è in grado di attaccare anche il primo substrato (16).

5. Procedimento secondo una qualunque delle precedenti rivendicazioni, in cui la soluzione di attacco chimico immessa nello scavo precursore (20) e/o la soluzione di attacco chimico utilizzata per realizzare lo scavo precursore (20) hanno un profilo di attacco isotropo.

6. Procedimento secondo una qualunque delle precedenti rivendicazioni, in cui detta soluzione di attacco chimico immessa nello scavo precursore (20) è sotto pressione e/o agitata mediante ultrasuoni.

7. Procedimento secondo una qualunque delle precedenti rivendicazioni, in cui detto dispositivo (26) presenta una pluralità di canali (24) di dimensione micro/nano-metrica.

8. Dispositivo micro/nano-fluidico (26) ottenibile mediante un procedimento secondo una qualunque delle precedenti rivendicazioni e presentante almeno un canale (24) con sezione trasversale di dimensioni micro/nano-metriche e di forma arrotondata.

Fig.1a

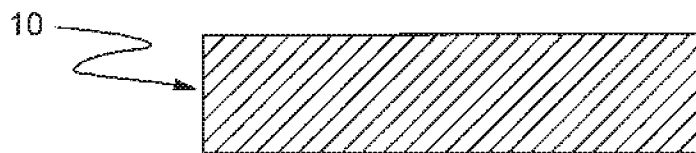


Fig.1b

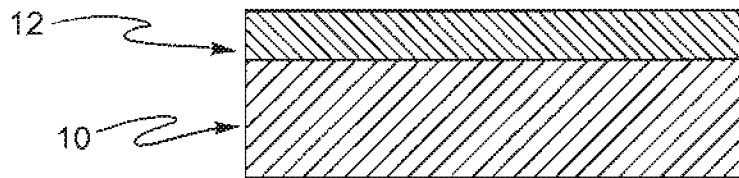
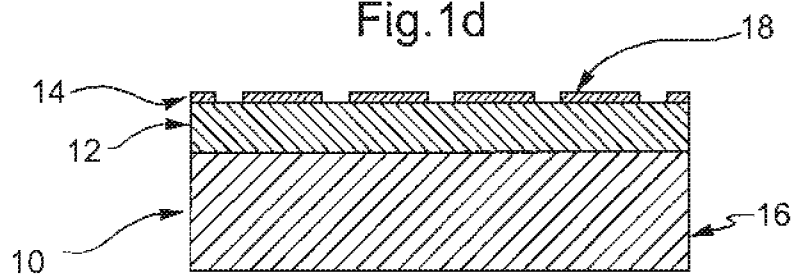


Fig.1c



Fig.1d



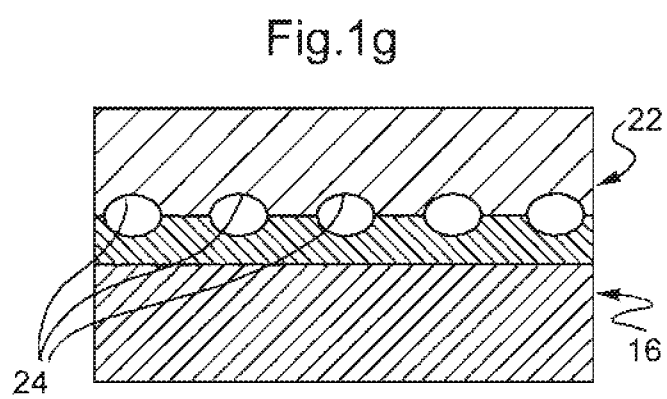
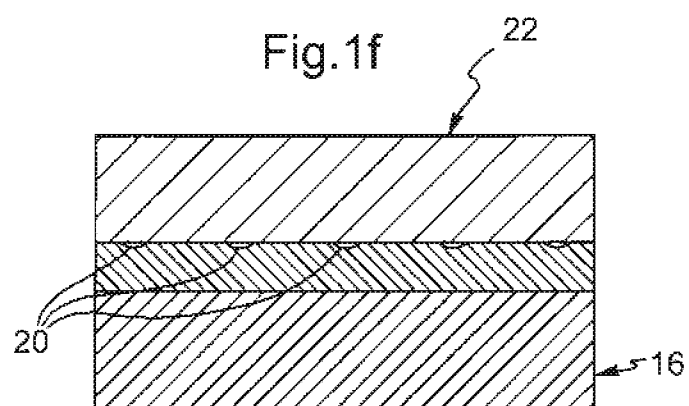
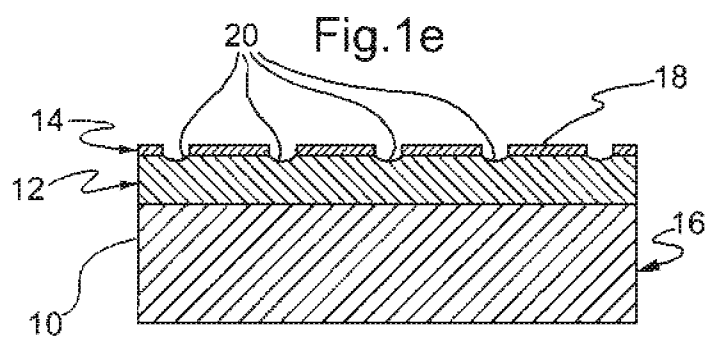


Fig.2

