



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

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102010901852379
Data Deposito	28/06/2010
Data Pubblicazione	28/12/2011

Classifiche IPC

Titolo

DISPOSITIVO MICROFLUIDICO DI MESCOLAMENTO CONVETTIVO

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

“DISPOSITIVO MICROFLUIDICO DI MESCOLAMENTO CONVETTIVO”

di 1) 76% POLITECNICO DI TORINO

di nazionalità italiana

con sede: CORSO DUCA DEGLI ABRUZZI 24

TORINO (TO)

2) 24% POLITECNICO DI MILANO

di nazionalità italiana

con sede: PIAZZA LEONARDO DA VINCI, 32

MILANO (MI)

Inventori: MASTRANGELO Francesco, PENNELLA Francesco,
MORBIDUCCI Umberto, RASPONI Marco, MONTEVECCHI Franco Maria

* * *

La presente invenzione è relativa a un dispositivo per il mescolamento convettivo e si adatta pertanto sia a processi che prevedono lo scambio di calore che a quelli che richiedono il mescolamento di due o più fluidi.

Un dispositivo microfluidico può essere impiegato ad esempio nelle analisi chimiche e/o mediche e consente di impiegare quantità minime di reagenti e di poter eseguire più analisi contemporaneamente.

Dal momento che la quantità di reagenti utilizzate è estremamente ridotta, un fattore di primaria importanza per favorire le reazioni chimiche e ottenere risultati di

elevata affidabilità è quello di aumentare il più possibile il livello di omogeneità dei reagenti. E' possibile aumentare l'omogeneità dei reagenti sia tramite la diffusione che tramite il mescolamento convettivo.

I sistemi microfluidici comprendono inoltre circuiti e pompe miniaturizzate molto sensibili alle perdite di carico a causa delle dimensioni ridotte. In particolare, una ridotta perdita di carico del circuito consente di ottenere, a parità di battente di pressione, un aumento della portata di fluido elaborato con un conseguente aumento di efficacia.

E' noto prevedere percorsi fluidici curvilinei per aumentare le espressioni inerziali del flusso e il relativo mescolamento. Tuttavia, eccessive forze inerziali sono causa di perdite di carico elevate che possono compromettere, come citato precedentemente, l'efficienza del dispositivo.

Lo scopo della presente invenzione è di realizzare un dispositivo microfluidico di mescolamento convettivo perfezionato avente perdite di carico ridotte ed una elevata capacità di mescolamento.

Lo scopo della presente invenzione viene raggiunto tramite un dispositivo microfluidico secondo la rivendicazione 1.

Per una migliore comprensione della presente invenzione viene ora descritta una forma di realizzazione preferita, a

puro titolo di esempio non limitativo, con riferimento ai disegni allegati in cui:

- la figura 1 è una vista in pianta schematica di un dispositivo microfluidico secondo la presente invenzione;
- la figura 2 è una vista prospettica che indica l'evoluzione del mescolamento lungo la coordinata curvilinea di un condotto del dispositivo di figura 1; e
- le figure 3 e 4 illustrano una pluralità di varianti di un condotto del dispositivo di figura 1.

Nello schema di figura 1, è illustrato con 1 nel suo insieme, un dispositivo microfluidico di mescolamento convettivo comprendente un corpo 2, ad esempio realizzato da almeno due strati di una resina polimerica, ad esempio PDMS, e un circuito fluidico 3 definito dal corpo 2.

Il circuito fluidico definisce in ordine da monte a valle una pluralità di ingressi 4, una camera di premiscelazione 5 verso cui convergono gli ingressi 4, un condotto 6 e una porta di uscita 7 collegata alla camera di premiscelazione dal condotto 6. Il dispositivo microfluidico 1 viene impiegato per trattare correnti fluidiche caratterizzate da numeri di Reynolds inferiori a 1000, preferibilmente inferiori a 500.

Secondo la presente invenzione uno dei condotti del

circuito 3 per collegare gli ingressi 4 all'uscita 7, ad esempio il condotto 6, presenta una linea media costituita da un curva clotoide.

Tale curva geometrica presenta un raggio di curvatura variabile, in particolare esiste una relazione polinomiale fra la curvatura e la lunghezza della curva, cioè l'ascissa curvilinea. Pertanto, quando il polinomio degenera in una costante, la curva degenera in un cerchio mentre ad un polinomio del primo ordine corrisponde un arco della 'clotoide' tramite la seguente relazione:

$$\chi = a \cdot s$$

Dove:

= raggio di curvatura;

s = ascissa curvilinea;

a = costante.

La clotoide si associa pertanto al numero di Dean:

$$Dn = Re_D \sqrt{\chi D}$$

Dove, rispetto alla formula precedente:

D = diametro idraulico del condotto 6;

Re_D = numero di Reynolds con riferimento al diametro idraulico.

Preferibilmente, la curvatura del condotto viene modulata in modo da creare una continuità sulle derivate della curvatura della linea media calcolate rispetto alla ascissa curvilinea: la linea media del condotto viene seguita dal

fluido fra gli ingressi 4 e l'uscita 7. In questo modo l'evoluzione del moto inerziale del fluido fra l'ingresso e l'uscita del dispositivo 1 è controllato in modo particolarmente efficace in modo da diminuire le perdite di carico. Infatti, una discontinuità del percorso seguito del fluido (discontinuità sulle derivate) può provocare fenomeni inerziali localizzati e conseguenti perdite di carico.

Secondo una forma di realizzazione preferita della presente invenzione, l'ingresso del condotto 6 presenta una curvatura prossima a zero ed è pertanto adatto a raccordarsi con condotti di monte rettilinei oppure con collettori che guidano il fluido lungo una traiettoria sostanzialmente rettilinea prima dell'ingresso nel condotto 6.

Tramite la clotoide, un fluido in ingresso al condotto 6 (figura 2) subisce l'innescò di un anello vorticoso: le particelle del fluido sono quindi indotte a ruotare intorno a un asse localmente tangente all'asse A, o linea media, del condotto 6. Tale vortice aumenta il moto puramente convettivo del fluido all'interno del condotto 6. In questo modo, l'interfaccia fra i fluidi aumenta in modo da favorire le reazioni chimiche e, allo stesso tempo, genera perdite di carico ridotte.

Nelle figure 3 e 4 sono illustrate numerose varianti per

collegare in serie fra loro rami di clotoide.

In particolare, tramite la variazione del segno della curvatura (lobi) è possibile ottenere una massimizzazione del mescolamento agendo su porzioni differenti del fluido.

In particolare, la figura 4 illustra come un condotto 6 può presentare rami 7 a clotoide disposti in parallelo rispetto all'ingresso 4.

I vantaggi che il dispositivo microfluidico 1 secondo la presente invenzione sono i seguenti.

Uno o più condotti 6 definenti una relazione polinomiale fra l'ascissa curvilinea e la curvatura consentono di controllare in modo preciso la posizione e l'entità di vortici con il controllo del numero di Dean all'interno del condotto in modo da ottenere un mescolamento efficace con basse perdite di carico. Tali perdite sono prossime alle perdite di carico di un condotto rettilineo operante nelle stesse condizioni (medesimo diametro, lunghezza e numero di Reynolds) ma grazie alla presente invenzione il mescolamento del fluido è più elevato.

È possibile inoltre soddisfare i requisiti di progetto sia di ingombro che di angolo di ingresso e di uscita. In questo modo è possibile collegare in serie fra loro più rami di clotoide per ottenere un'elevata azione di miscelazione con basse perdite di carico.

Inoltre, la geometria della clotoide è facilmente

riproducibile tramite tecnologie di lavorazione dei materiali di cui viene realizzato il corpo 2. Infatti, tramite l'uso di rami di clotoide, la geometria tramite la quale si può ottenere un mescolamento elevato è sostanzialmente bidimensionale e, preferibilmente, si può ottenere tramite un singolo ciclo di processo fotolitografico. In altre parole, sono sufficienti gli spessori, compresi fra 10 e 500 micrometri, ottenibili tramite il singolo processo fotolitografico per realizzare condotti aventi una sezione trasversale adeguata all'impiego microfluidico. In particolare, il processo fotolitografico viene utilizzato per realizzare stampi nei quali viene colato e reticolato il materiale polimerico che costituisce il corpo 2. Ad esempio, un primo strato definisce in recesso tre superfici consecutive del condotto 6, se quest'ultimo presenta una sezione quadrangolare, mentre il secondo strato presenta una superficie sostanzialmente piana definente gli ingressi 4 e l'uscita 7.

Risulta infine chiaro che al dispositivo microfluidico 1 qui descritto e illustrato è possibile apportare modifiche o varianti senza per questo uscire dall'ambito di tutela come definito dalle rivendicazioni allegate.

E' possibile che la linea media del condotto 6 non giaccia in un piano. In questo modo è possibile ottenere un

dispositivo di mescolamento operante in una struttura tridimensionale: in questo caso lo stampo viene necessariamente realizzato con almeno due cicli fotolitografici successivi.

RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo microfluidico (1) comprendente un corpo (2) definente almeno un ingresso (4) per un fluido, almeno un'uscita (5) e almeno un condotto (6) per collegare il detto ingresso (4) alla detta uscita (5), caratterizzato dal fatto che il detto condotto (6) presenta almeno un ramo in cui la curvatura presenta una proporzionalità polinomiale con l'ascissa curvilinea in modo da innescare un anello vorticoso intorno alla linea media del detto condotto.

2. Dispositivo secondo la rivendicazione 1, in cui la relazione fra curvatura ed ascissa curvilinea è lineare per formare rami di una clotoide.

3. Dispositivo microfluidico secondo una delle rivendicazioni 1 o 2, caratterizzato dal fatto che l'ingresso del primo ramo presenta una curvatura pari a zero localmente.

4. Dispositivo microfluidico secondo una delle rivendicazioni 1 o 2 o 3, caratterizzato dal fatto che la linea media del condotto non giaccia su un piano.

5. Dispositivo microfluidico secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che il detto condotto viene ottenuto tramite colatura di un materiale polimerico in uno stampo ottenuto tramite un unico processo di lavorazione piana.

6. Dispositivo microfluidico secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di comprendere una camera di premiscelazione (5) a monte del detto condotto (6) e dal fatto che, a partire dalla detta camera (5), la curvatura del detto ramo aumenta in modulo al crescere dell'ascissa curvilinea affinché il numero di Dean aumenti.

p.i.: 1) 76% POLITECNICO DI TORINO

2) 24% POLITECNICO DI MILANO

Edoardo MOLA

FIG. 1

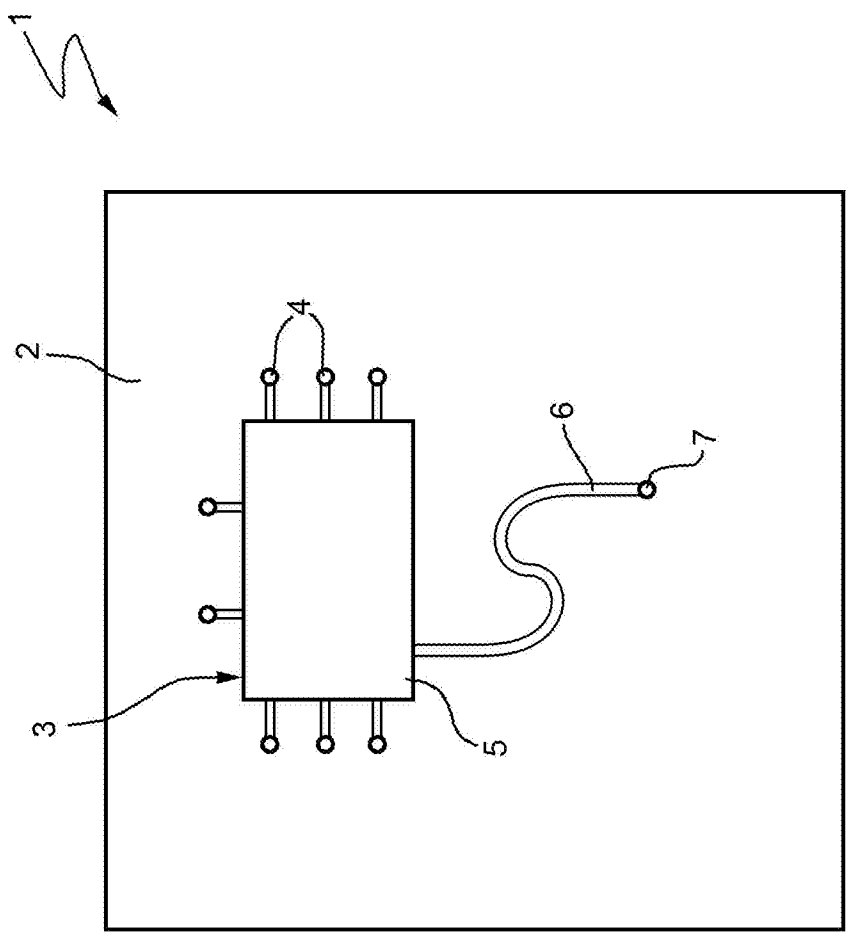
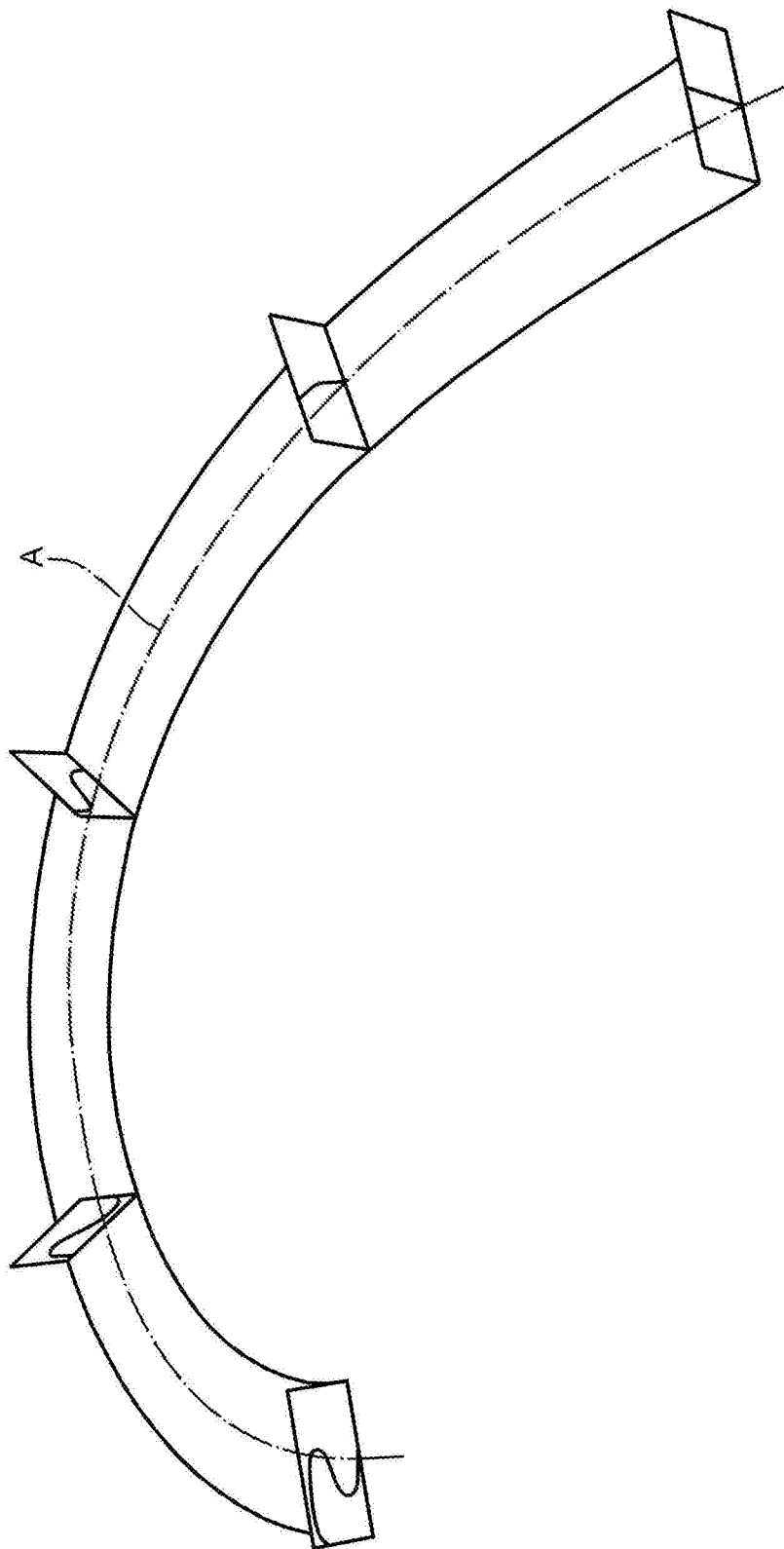


FIG. 2



p.i.: 1) 76% POLITECNICO DI TORINO
2) 24% POLITECNICO DI MILANO

Edoardo MOLA
(Iscrizione Albo nr. 1200/BM)

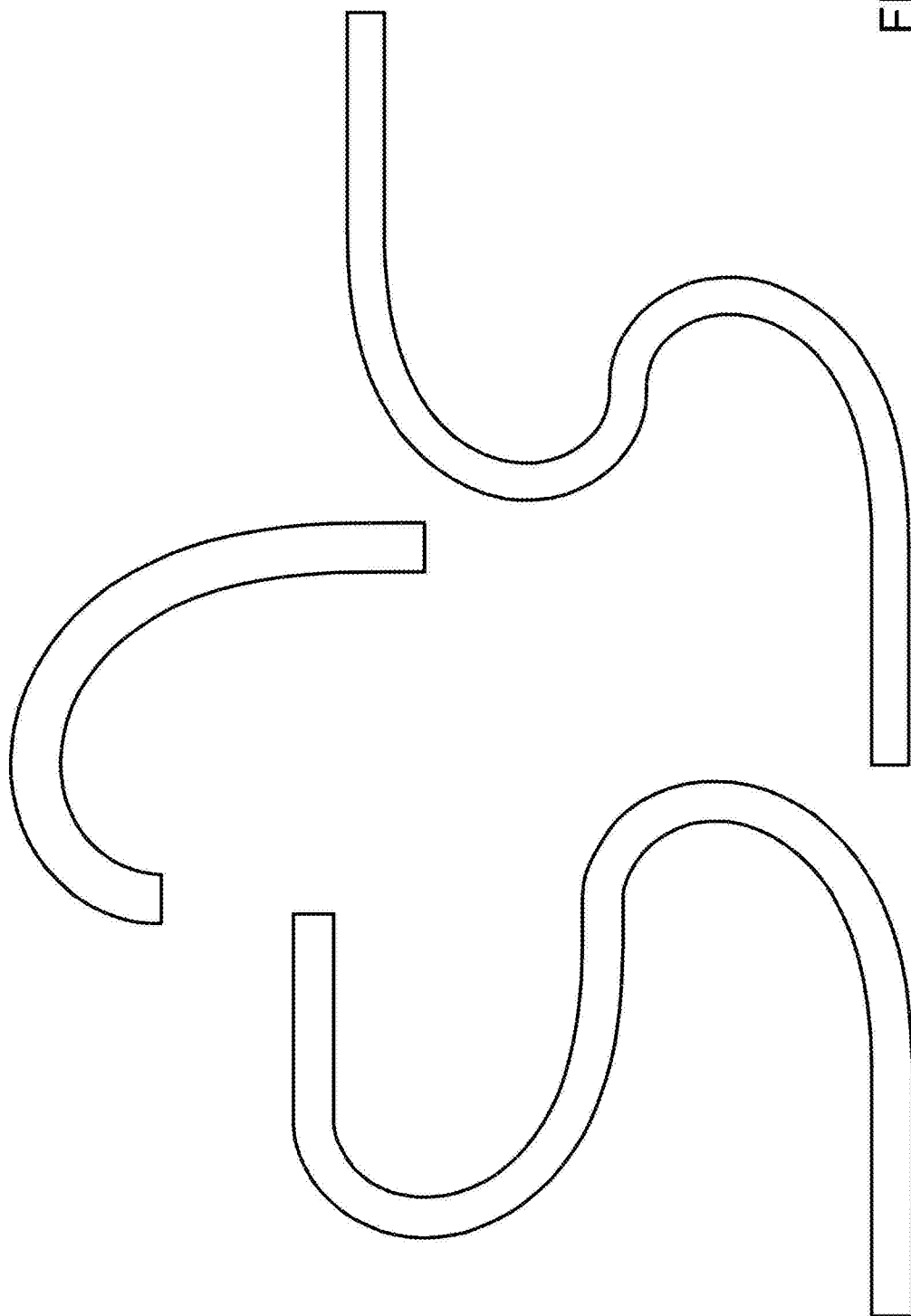


FIG. 3

p.i.: 1) 76% POLITECNICO DI TORINO
2) 24% POLITECNICO DI MILANO

Edoardo MOLA
(Iscrizione Albo nr. 1200/BM)

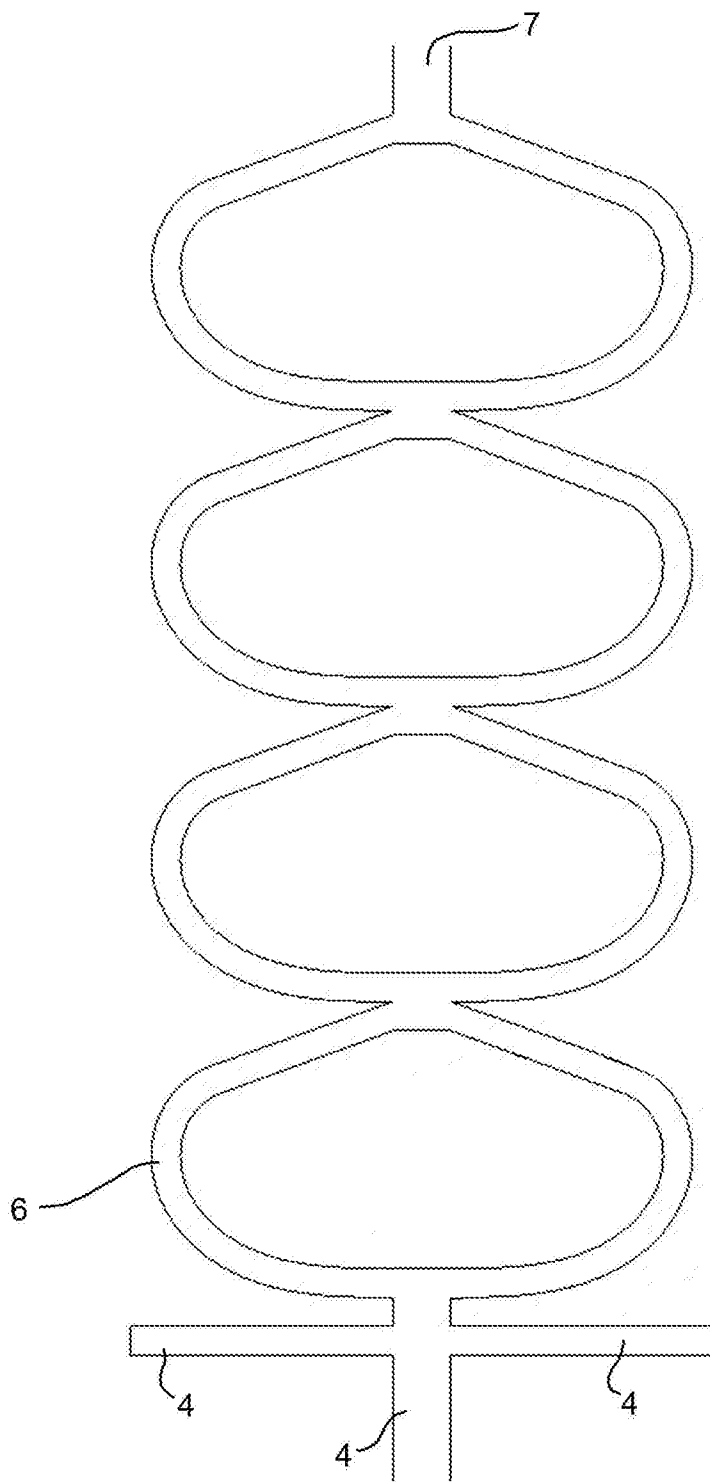


FIG. 4

p.i.: 1) 76% POLITECNICO DI TORINO
2) 24% POLITECNICO DI MILANO

Edoardo MOLA
(Iscrizione Albo nr. 1200/BM)