

B29C 33/38 (2006.01)
B29C 39/26 (2006.01)
B29C 64/129 (2017.01)
B01L 3/00 (2006.01)
B81C 1/00 (2006.01)
B33Y 10/00 (2015.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

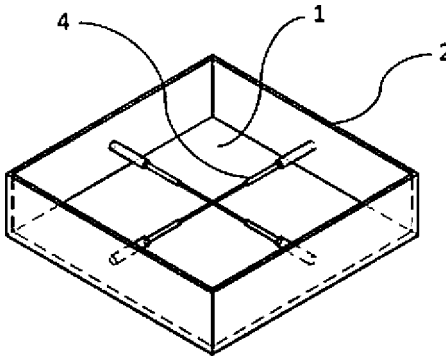
(21) Číslo přihlášky: 2023-303
(22) Přihlášeno: 04.08.2023
(40) Zveřejněno: 03.04.2024
(Věstník č. 14/2024)
(47) Uděleno: 22.02.2024
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: 03.04.2024
(Věstník č. 14/2024)

(56) Relevantní dokumenty:
US 2019329250 A1; WO 2023014840 A2; KR 20160088072 A; US 2018326416 A1; US 2009281250 A1.

(73) Majitel patentu:
Univerzita Karlova, Praha 1, Staré Město, CZ
(72) Původce:
prof. RNDr. Ing. Petr Tůma, Ph.D., Český Brod,
Liblice, CZ
(74) Zástupce:
artpatent, advokátní kancelář s.r.o., Dukelských
hrdinů 976/12, 170 00 Praha 7, Holešovice

(54) Název vynálezu:
Způsob odlévání kanálkové součástky pro
použití v mikrofluidních zařízeních a
otevřená forma pro odlévání kanálkové
součástky

(57) Anotace:
Způsob odlévání kanálkové součástky (1) pro použití v mikrofluidních zařízeních, při kterém se do otevřené formy (2) vloží alespoň jedno jádro (3) pro odlití kanálku (4), následně se do formy (2) nalije teplotně tvrditelný polydimethylsiloxan, který se následně tepelně vytvrdí a poté se jádro (3) vyjme z formy (2) spočívá v tom, že forma (2) i jádro (3) se připraví fotopolymerizačním 3D tiskem jako jediné integrální těleso (5) z UV tvrditelné pryskyřice, následně se promyje, usuší a vytvrdí působením UV záření, a po nalití a vytvrzení polydimethylsiloxanu se stěny (6) a dno (7) formy (2) mechanicky odstraní, a jádro (3) se z tělesa (5) kanálkové součástky (1) vyjme vytážením.



Způsob odlévání kanálkové součástky pro použití v mikrofluidních zařízeních a otevřená forma pro odlévání kanálkové součástky

5 Oblast techniky

Vynález se týká oblasti mikrofluidiky, konkrétně způsobu odlévání kanálkové součástky pro použití v mikrofluidních zařízeních a otevřená forma pro odlévání kanálkové součástky.

10

Dosavadní stav techniky

Mikrofluidika je obor týkající se chování, přesného řízení a manipulace s tekutinami, které jsou geometricky omezeny na malé měřítko, obvykle velikostně pod jeden milimetr, v němž povrchové síly převažují nad gravitačními. Jedná se o multidisciplinární obor, který zahrnuje inženýrství, fyziku, chemii, biochemii, nanotechnologii a biotechnologii. Mikrofluidní systémy obvykle transportují, míchají, oddělují nebo jinak zpracovávají tekutiny a mají zásadní význam pro spojení analytické techniky jako je kapilární elektroforéza, kapalinová chromatografie, spektrofotometrie a hmotnostní spektrometrie s on-line úpravou komplexních vzorků jako jsou klinické tekutiny, environmentální a potravinářské vzorky [1].

Pro mikrofluidní systémy se v posledních letech vyvíjí celá řada kanálkových součástek, tzv. rozhraní pro řízení toku tekutiny (flow gating interface – FGI), kde dochází k velkým pokrokům v konstrukci různých typů součástek vyrobených z dostupných komponentů a integrovaných konektorů. Kanálkovou součástkou se rozumí součástka mající těleso z chemicky odolného materiálu, ve kterém jsou uspořádány kanálky procházející tělesem součástky sloužící k propojení s analytickou technikou. Lze je nazývat též fitinky, což je v makrofluidice běžný pojem. Tyto kanálkové součástky jsou komerčně dostupné a jsou zpravidla vyráběny z netransparentních materiálů jako je polyetheretherketon neboli PEEK nebo nerez ve tvaru kříže, písmene T nebo písmene Y a mohou být použity pro spojování kapilár a trubiček.

Pro uživatele je mnohem výhodnější si kanálkové součástky pro použití v mikrofluidních zařízeních vyrábět v laboratoři. K tomu se používá technologie Soft lithography, která je značně složitá, finančně náročná a potřebuje vysoce specializované zařízení včetně provozování v čistých laboratorních prostorách. Vychází z křemíkových desek, na které se nanáší fotorezist, ten se osvětlí přes fotomasku, potom se leptá, a tím se vytvoří negativ jako forma pro odlévání. Forma se zalije polymerační směsí a nechá vytvrdit, poté se odlitek jako systém kanálků z formy sundá a kanálky je ještě potřeba se shora uzavřít krycí fólií, se kterou se odlitek spojí.

Mnohem jednodušší technologie výroby kanálkových součástek pro použití v mikrofluidních zařízeních, tedy pro spojování kapilár, výrobu mikroreaktorů, mísicích prvků, propojení mikrodialýzy s analytickou technikou, byla popsána v článcích [2] a [3]. Autoři zde použili Petriho misku jako formu, do které z boku provlékali silonová vlákna nebo kovové drátky a pomocí kleštíček je v překřížení fixovali. Do takto vytvořené formy nalili polymerizační směs polydimethylsiloxanu neboli PDMS a nechali tepelně vytvrdit. Poté vytáhli z boku vlákna a drátky, PDMS kanálkovou součástku vyndali z misky a používali jako fitinku v kapilární elektroforéze.

V inovovaném postupu [4] výroby kanálkových součástek pro použití v mikrofluidních zařízeních se vyřízne rámeček ze silikonové fólie, který se položí se na skleněnou destičku, a do takto vytvořené formy se z boku zasouvají trubičky a kapiláry o různých průměrech, které se na spojích fixují UV tvrditelným lepidlem. Následně se do formy odlije PDMS, který se nechá tepelně vytvrdit. Poté se opět vytáhnou z boku trubičky a kapiláry a vzniklá PDMS kanálková součástka se použije jako fitinka v kapilární elektroforéze.

55

Nevýhody známých postupů odlévání kanálkových součástek spočívají zejména v komplikovanosti přípravných kroků, jako je úprava Petriho misky či vyřezávání silikonové fólie, fixování drátků či kapilár do přesných pozic, hledání konstrukčních materiálů o vhodném průměru, a mají zásadní omezení pro vytváření mikrostruktur. Tyto přípravné kroky jsou časově i materiálově náročné, čímž se celý proces výroby kanálkových součástek pro použití v mikrofluidních zařízeních prodrazí a prodlouží. Navíc je takto připravena pouze jedna kanálková součástka, ačkoli v praxi je jich při experimentech potřeba větší množství, tudíž výroba několika kanálkových součástek trvá dlouho a tato jejich výroba je velmi neefektivní a především nereprodukovatelná. Kanálkové součástky připravené známými postupy rovněž mají velké průměry kanálků, neboť pro vytvoření kanálků se jako jádra pro odlévání používají trubičky, hadičky či kapiláry, jejichž průměry jsou pro použití v mikroanalytických technikách příliš široké, čímž je omezena miniaturizace a ohrožena vodotěsnost celého následného analytického procesu.

Úkolem vynálezu je proto vytvoření takového způsobu odlévání kanálkových součástek pro použití v mikrofluidních zařízeních, který by odstraňoval výše uvedené nedostatky, který by byl materiálově, ekonomicky a časově nenáročný, který by umožňoval výrobu velmi jemných struktur kanálkových součástek o průměrech od 50 μm výše, z nichž se sestaví mikrofluidní prvky s vysokou variabilitou designů, jejichž sériová výroba se vyznačuje vysokou reprodukovatelností.

[1] P. Tůma, Progress in on-line, at-line, and in-line coupling of sample treatment with capillary and microchip electrophoresis over the past 10 years: A review, Anal. Chim. Acta 1261 (2023), <https://doi.org/10.1016/j.aca.2023.341249>.

[2] Q.Y. Zhang, M.J. Gong, Prototyping of poly(dimethylsiloxane) interfaces for flow gating, reagent mixing, and tubing connection in capillary electrophoresis, J. Chromatogr. A 1324 (2014) 231-237, <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2013.11.043>.

[3] M.J. Gong, N. Zhang, N. Maddukuri, Flow-gated capillary electrophoresis: a powerful technique for rapid and efficient chemical separation, Anal. Methods 10 (2018) 3131-3143, <https://doi.org/10.1039/c8ay00979a>.

[4] F. Opekar, P. Tůma, Dialysis of one sample drop on-line connected with electrophoresis in short capillary, Talanta 219 (2020) 1-7, <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.121252>.

Podstata vynálezu

Vytčený úkol je vyřešen pomocí způsobu odlévání kanálkové součástky pro použití v mikrofluidních zařízeních podle tohoto vynálezu. Při tomto způsobu se do otevřené formy vloží alespoň jedno jádro pro odlití kanálku, následně se do formy nalije teplotně tvrditelná polymerizační směs obsahující polydimethylsiloxan, která se následně vytvrdí působením zvýšené teploty za vzniku polydimethylsiloxanu a poté se jádro vyjme z formy.

Podstata tohoto vynálezu spočívá v tom, že forma i jádro se připraví fotopolymerizačním 3D tiskem jako jediné integrální těleso z UV tvrditelné pryskyřice, následně se promyje, usuší a vytvrdí působením UV záření, a po nalití a vytvrzení polydimethylsiloxanu se stěny a dno formy mechanicky odstraní, a jádro se z tělesa kanálkové součástky vyjme vytažením. Využitím fotopolymerizačního 3D tisku lze reprodukovatelně vytvořit formu s jakýmkoli designem kanálkových součástek a s velmi jemnými strukturami.

Ve výhodném provedení má jádro tvar vlákna plného kruhového průřezu od průměru 50 μm do 1500 μm .

Vlákno je s výhodou tvořeno sestavou válců, jejichž průměr je velikostně odstupňovaný směrem od stěny formy, přičemž průměr nejmenšího válce uprostřed formy je od 50 μm do 100 μm . Kanálky kanálkových součástek se od vstupu směrem dovnitř záměrně postupně zužují, což zajišťuje snadné vložení kapiláry nebo trubičky do kanálkové součástky a zároveň vodotěsnost vzniklého spojení. Kapiláry lze do vstupů neboli kanálků mikrofluidních součástek zasunovat a vysunovat opakovaně.

V jednom výhodném provedení má forma vlákna uspořádaná do tvaru kříže pro vytvoření křížové spojky, díky které se odlije kanálková součástka se třemi vstupy a jedním výstupem a slouží k míchání roztoků a kapalin ze tří zdrojů; nebo se dvěma vstupy a dvěma výstupy, která má jeden vstup pro přívod vzorku, jeden výstup do analytického zařízení, jeden vstup pro pomocnou kapalinu a jeden výstup do odpadu a slouží jako FGI.

V jiném výhodném provedení má forma vlákna uspořádaná do tvaru písmene T pro vytvoření trojcestné spojky, díky které se odlije kanálková součástka se dvěma vstupy a jedním výstupem pro mísení dvou kapalin; nebo jedním vstupem a dvěma výstupy a funguje jako dělič toku kapaliny, tzv. splitter.

Do hotových kanálkových součástek lze z boku do kanálků zasouvat křemenné kapiláry, skleněné, plastové nebo kovové trubičky o vnějších průměrech od 100 μm do 1,5 mm a z důvodu pružnosti PDMS vzniká vodotěsné spojení bez potřeby použití přídatných těsnicích prvků.

Fotopolymerizačním 3D tiskem se s výhodou sériově připraví až dvacet osm forem za dobu 22 min během jednoho tiskového cyklu. Sériová příprava forem kanálkových součástek představuje významné zjednodušení přípravných kroků v experimentech využívajících mikrofluidní zařízení, jednak časově, ale také materiálově, respektive ekonomicky.

Ve výhodném uspořádání se vytvrzená kanálková součástka upraví silanizací jako účelnou povrchovou úpravou. Silanizací se hydrofobní povrch PDMS hydrofilizuje je více smáčitelný vodou, čímž se minimalizuje ulpívání vzduchových bublinek ve vnitřních kanálcích.

Předmětem vynálezu je rovněž otevřená forma pro odlévání kanálkové součástky pro použití v mikrofluidních zařízeních. Podstata vynálezu spočívá v tom, že stěny, dno a jádra pro odlití kanálků jsou z UV tvrditelné pryskyřice pro 3D tisk a jádro má tvar vlákna plného kruhového průřezu od průměru 50 μm do 1500 μm . Využití fotopolymerizačního 3D tisku při přípravě otevřené formy pro odlévání kanálkové součástky zajišťuje rychlý, levný a efektivní způsob vytvoření formy s velmi jemnou strukturou jádra, tedy pro vytvoření kanálkové součástky s velmi jemnou strukturou kanálků.

Vlákno je s výhodou tvořeno sestavou válců, jejichž průměr je velikostně odstupňovaný směrem od stěny formy, přičemž průměr nejmenšího válce uprostřed formy je do 50 μm . V jednom výhodném provedení má forma vlákna uspořádaná do tvaru kříže pro vytvoření křížové spojky se třemi vstupy a jedním výstupem nebo dvěma vstupy a dvěma výstupy.

V jiném výhodném provedení má forma vlákna uspořádaná do tvaru písmene T pro vytvoření trojcestné spojky se dvěma vstupy a jedním výstupem nebo jedním vstupem a dvěma výstupy.

Výhody způsobu odlévání kanálkové součástky pro použití v mikrofluidních zařízeních a otevřené formy pro odlévání kanálkové součástky podle tohoto vynálezu spočívají zejména v tom, že jsou materiálově, ekonomicky a časově nenáročný, uvedený způsob umožňuje výrobu velmi jemných struktur kanálkových součástek s malými průměry kanálků navíc s různými designy pro sériovou vysoce reprodukovatelnou výrobu, jejich využití je tedy pro širokou škálu analytických metod.

Objasnění výkresů

Uvedený vynález bude blíže objasněn na následujících vyobrazeních, kde:

- 5 obr. 1 znázorňuje pohled na formu křížové spojky;
- obr. 2 znázorňuje řez formou křížové spojky;
- obr. 3 znázorňuje kanálkovou součástku ve formě křížové spojky;
- 10 obr. 4 znázorňuje pohled na formu FGI;
- obr. 5 znázorňuje řez formou FGI;
- 15 obr. 6 znázorňuje kanálkovou součástku ve formě FGI;
- obr. 7 znázorňuje pohled na formu trojcestné spojky;
- obr. 8 znázorňuje řez formou trojcestné spojky; a
- 20 obr. 9 znázorňuje kanálkovou součástku ve formě trojcestné spojky.

Příklad uskutečnění vynálezu

25

Nákresy kanálkových součástek

- V grafickém programu Autodesk-123D-Design (případně v jiném CADu) se narýsují formy 2 pro odlévání kanálkových součástek 1 pro použití v mikrofluidních zařízeních. Formy 2 jsou shora otevřené a mají vnitřní rozměry 12 x 12 x 3 mm a jsou tvořeny dnem 7 a bočními stěnami 6, tzn., že jsou ve tvaru čtverce o rozměrech 12 x 12 mm a výška boční stěny 6 je 3 mm. Stěny 6 mají tloušťku 200 µm a mezi nimi je natažena sestava vláken tvořících jádro 3 formy 2 o různých průměrech. Vlákně je plného kruhového průřezu a je tvořeno sestavou válců o různých průměrech, kdy nejširší válec je u stěny 6 formy 2 a nejužší válec je ve středu formy 2. Na obr. 1 až obr. 9 jsou znázorněny tři nejběžnější příklady kanálkových součástek 1.

35

SLA neboli stereolitografický 3D-tisk

- Nákresy formy 2 z Autodesk jsou importovány do slicovacího programu pro 3D tiskárnu Original Prusa SL1S SPEED 3D tiskárna. Jedná se o stereolitografický (SLA) 3D tisk z UV tvrditelné pryskyřice, konkrétně je použita pryskyřice Prusament Resin Tough Prusa Orange.

40

- Nastavení-3D-tisk-podložka: během jednoho cyklu lze vytisknout až 28 forem 2 uvedených rozměrů za stejnou dobu jako jeden výrobek, což je vhodné pro sériovou výrobu. Konkrétně je proveden tisk 28 kanálkových součástek 1 na bázi křížové spojky s dobou trvání 21 min a 16 s.

45

Nastavení-3D-tisk-vrstva: tiskne se po nejtenčí možné tloušťce jedné vrstvy 25 µm a nepoužívají se žádné podpěry a podložky výrobků.

50

Nastavení-3D-tisk-materiál: nastaví se doba osvětlení vrstvy 5 s a pro první vrstvu 45 s. Jedná se o delší dobu osvětlení než doporučuje výrobce, za účelem tisku detailů v podobě tenkých vláken.

Příklad 1: CROSS-piece, tzv. křížová spojka

Forma 2 má jádro 3, jehož vlákna jsou uspořádána do tvaru kříže, pro vytvoření kanálkové součástky 1, tzv. křížové spojky, která má tři vstupy a jeden výstup, jak je zobrazeno na obr. 1 až obr. 3. Na obr. 1 a v řezu A-A na obr. 2 je znázorněno jádro 3, které je tvořeno sestavou válců, které jsou velikostně odstupňované. Nejširší válce, které se dotýkají bočních stěn 6 a mají délku 2 mm a průměr 0,4 mm, prostřední válce navazující na nejširší válce mají délku 2 mm a průměr 0,2 mm a nejtenčí válce navazující na prostřední válce mají délku 2 mm a průměr 0,1 mm. Nejtenčí válce se ve středu formy 2 dotýkají a v tomto místě dochází k mísení kapalin. Na obr. 3 je znázorněna forma 2 s jádrem 3, ve které je odlita kanálková součástka 1 s kanálkem 4.

Křížová spojka slouží jako křížový mikrofluidní mixer pro napojení čtyř křemenných kapilár o vnějším průměru 360 µm, třemi kapilárami vstupují dovnitř kanálkové součástky 1 roztoky, které se v kříži mísí a čtvrtou kapilárou vystupuje směs z kanálkové součástky 1. V jiném příkladu provedení může být použita jiná kapilára nebo trubička o jiném průměru.

Příklad 2: FGI-piece – flow gating interface, tzv. rozhraní řízené tokem kapaliny

Forma 2 má jádro 3, jehož vlákna jsou uspořádána do tvaru kříže, pro vytvoření kanálkové součástky 1 tzv. rozhraní řízené tokem kapaliny, která má jeden vstup pro přívod vzorku a jeden výstup do analytického zařízení a jeden vstup pro pomocnou kapalinu a jeden výstup do odpadu, jak je zobrazeno na obr. 4 až obr. 6. Na obr. 4 a v řezu na obr. 5 je znázorněno jádro 3, které je tvořeno sestavou válců, které jsou velikostně odstupňované. Ve vodorovném vlákně mají nejširší válce, které se dotýkají bočních stěn 6 délku 1 mm a průměr 0,4 mm, prostřední válce navazující na nejširší válce mají délku 2,5 mm a průměr 0,2 mm a nejtenčí válce navazující na prostřední válce mají délku 2,5 mm a průměr 0,1 mm. Ve svislém vlákně mají nejširší válce, které se dotýkají bočních stěn 6 délku 1 mm a průměr 0,4 mm a nejtenčí válce navazující na nejširší válce mají délku 5 mm a průměr 0,2 mm. Nejtenčí válce vodorovného vlákna a svislého vlákna se ve středu formy 2 dotýkají a dochází zde k mísení kapalin. Na obr. 6 je znázorněna forma 2 s jádrem 3, ve které je odlita kanálková součástka 1 s kanálkem 4.

Křížový flow-gating interface funguje na principu, že vodorovně jsou do kanálků 4 proti sobě vloženy dvě křemenné kapiláry, jedna jako vstup do kapilární elektroforézy a druhá dodávající vzorek např. z mikrodialýzy. Svislým kanálkem 4 protéká řídicí roztok a tento kanálek 4 je vodotěsně připojen na dvě trubičky o průměru 900 µm.

FGI piece slouží k on-line spojení analytické techniky kapilární elektroforézy s průtokovou dávkovací technikou jako je např. mikrodialýza nebo průtoková injekční analýza atd. V FGI je ve vodorovném kanálku 4 proti sobě umístěn vstupní dávkovací konec elektroforetické kapiláry a výstup z trubičky kontinuálně dodávající vzorek. V základním režimu fungování FGI protéká svislým širším kanálkem 4 pomocná kapalina, která odklání vzorek od vstupu do kapilární elektroforézy a odvádí ho do odpadu. V režimu dávkování se tok pomocné kapaliny zastaví sepnutím předřazeného ventilu, čímž se vzorek nahromadí v překřížení a je nadávkován do elektroforetické kapiláry. Následně se obnoví tok pomocné kapaliny a vzorek je odplaven do odpadu a proběhne elektroforetická analýza.

Příklad 3: T-piece, tzv. trojcestná spojka

Forma 2 má jádro 3, jehož vlákna jsou uspořádána do tvaru písmene T, pro vytvoření kanálkové součástky 1, která má dva vstupy a jeden výstup, jak je zobrazeno na obr. 7 až obr. 9. Na obr. 7 a v řezu na obr. 8 je znázorněno jádro 3, které je tvořeno sestavou válců, které jsou velikostně odstupňované. Nejširší válce, které se dotýkají tří bočních stěn 6 a mají délku 1 mm a průměr 0,4 mm, prostřední válce navazující na nejširší válce mají délku 2,5 mm a průměr 0,2 mm a nejtenčí válce navazující na prostřední válce mají délku 2,5 mm a průměr 0,1 mm. Nejtenčí válce

se ve středu formy 2 dotýkají a dochází zde k mísení kapalin. Na obr. 9 je znázorněna forma 2 s jádrem 3, ve které je odlita kanálková součástka 1 s kanálkem 4.

- 5 Trojcestná spojka slouží jako trojcestný mikrofluidní mixer se dvěma vstupními a jednou výstupní křemennou kapilárou o vnějším průměru 360 µm. V jiném příkladu provedení může být použita jiná kapilára nebo trubička o jiném průměru.

Vytvrzení 3D forem

- 10 Po ukončení tisku se vysune tisková podložka i s formami 2 z 3D-tiskárny a ponoří se do promývací vany s isopropanolem a ponechá se promývat 15 min. Omytá podložka i s formami 2 se osuší proudem vzduchu, následně se 3D výtisky sundají z podložky a vloží do vytvrzovací stanice, kde se ponechají sušit po 15 min při teplotě 60 °C a následně vytvrdit UV zářením po dobu 30 min. Výsledek jsou hotové formy 2.

15

Odlévání kanálkových součástek z PDMS

- 20 Kanálkové součástky 1 jsou odlévány do připravené formy 2 z polydimethylsiloxanu, který je pružným materiálem vykazujícím transparentnost v UV a viditelné oblasti spektra pro případné použití spektrálních analytických technik. Před odléváním se v kádince smíchá základní složka silikonového kaučuku RTV 615 s vytvrzovacím činidlem, přes který se lineární řetězce zasítují do prostorové mřížky, v poměru 10:1 pro vytvoření polymerační směsi.

- 25 Směs se ponechá stát po cca 30 min. pro samovolné vyplavení bublinek vzduchu a následně se nalije do forem 2 až po horní okraj, z 1 ml polymerační směsi se naplní tři formy 2. Formy 2 se vloží do horkovzdušné sušárny a nechají polymerovat při teplotě 60 °C po dobu 1 hod.

- 30 Po vytvrzení a vychladnutí se PDMS odlitek, tedy vytvrzená kanálková součástka 1 vyjme z formy 2 pomocí skalpelu a následně se pomocí pinzety z kanálků 4 vyndají jednotlivá vlákna jádra 3. Případné uvízlé zlomky vláken lze z boku vytlačit pomocí tenké kapiláry.

- 35 Vytvrzená kanálková součástka, zbavená formy a všech jejích úlomků je následně podrobena silanizaci povrchu PDMS, která se provádí vložením vytvrzené kanálkové součástky do silanizačního činidla 3-glycidyloxypropyl-trimethoxysilanu a ponechá se v ultrazvukové lázni po dobu 1 až 2 hod. Poté se omyje isopropanolem a následně deionizovanou vodou.

Průmyslová využitelnost

- 40 Způsob odlévání kanálkové součástky pro použití v mikrofluidních zařízeních a otevřená forma pro odlévání kanálkové součástky podle tohoto vynálezu lze využít při nutnosti použití více kanálkových součástek v mikrofluidních systémech.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob odlévání kanálkové součástky (1) pro použití v mikrofluidních zařízeních, při kterém se do otevřené formy (2) vloží alespoň jedno jádro (3) pro odlití kanálku (4), následně se do formy (2) nalije teplotně tvrditelný polydimethylsiloxan, který se následně tepelně vytvrdí a poté se jádro (3) vyjme z formy (2), **vyznačující se tím**, že forma (2) i jádro (3) se připraví fotopolymerizačním 3D tiskem jako jediné integrální těleso (5) z UV tvrditelné pryskyřice, následně se promyje, usuší a vytvrdí působením UV záření, a po nalití a vytvrzení polydimethylsiloxanu se stěny (6) a dno (7) formy (2) mechanicky odstraní, a jádro (3) se z tělesa (5) kanálkové součástky (1) vyjme vytážením.

2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že jádro (3) má tvar vlákna plného kruhového průřezu od průměru od 50 μm do 1500 μm .

3. Způsob podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že vlákno je tvořeno sestavou válců, jejichž průměr je velikostně odstupňovaný směrem od stěny (6) formy (2), přičemž průměr nejmenšího válce uprostřed formy (2) je od 50 μm do 100 μm .

4. Způsob podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že forma (2) má vlákna uspořádaná do tvaru kříže pro vytvoření křížové spojky, díky které se odlije kanálková součástka (1) se třemi vstupy a jedním výstupem nebo kanálková součástka (1) se dvěma vstupy a dvěma výstupy.

5. Způsob podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že forma (2) má vlákna uspořádaná do tvaru písmene T pro vytvoření trojcestné spojky, díky které se odlije kanálková součástka (1) se dvěma vstupy a jedním výstupem nebo kanálková součástka (1) s jedním vstupem a dvěma výstupy.

6. Způsob podle některého z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že fotopolymerizačním 3D tiskem se sériově připraví dvacet osm forem (2) do 22 min během jednoho tiskového cyklu.

7. Způsob podle některého z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že vytvrzená kanálková součástka (1) se upraví silanizací.

8. Otevřená forma (2) pro odlévání kanálkové součástky (1) pro použití v mikrofluidních zařízeních, **vyznačující se tím**, že stěny (6), dno (7) a jádra (3) pro odlití kanálků (4) jsou z UV tvrditelné pryskyřice pro 3D tisk a jádro (3) má tvar vlákna plného kruhového průřezu od průměru od 50 μm do 1500 μm .

9. Otevřená forma (2) podle nároku 8, **vyznačující se tím**, že vlákno je tvořeno sestavou válců, jejichž průměr je velikostně odstupňovaný směrem od stěny (6) formy (2), přičemž průměr nejmenšího válce uprostřed formy (2) je od 50 μm do 100 μm .

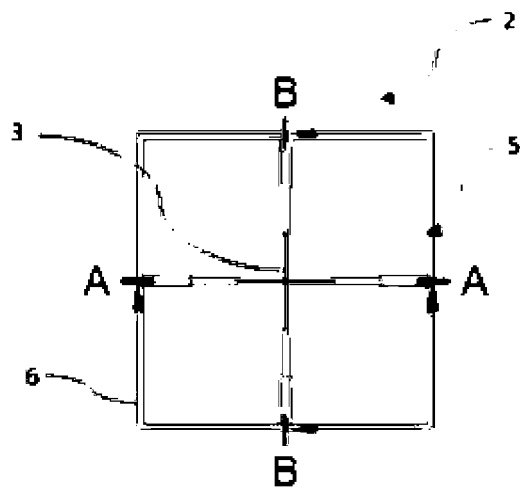
10. Otevřená forma (2) podle nároku 8 nebo 9, **vyznačující se tím**, že forma (2) má vlákna uspořádaná do tvaru kříže pro vytvoření křížové spojky se třemi vstupy a jedním výstupem nebo se dvěma vstupy a dvěma výstupy.

11. Otevřená forma (2) podle nároku 8 nebo 9, **vyznačující se tím**, že forma (2) má vlákna uspořádaná do tvaru písmene T pro vytvoření trojcestné spojky se dvěma vstupy a jedním výstupem nebo jedním vstupem a dvěma výstupy.

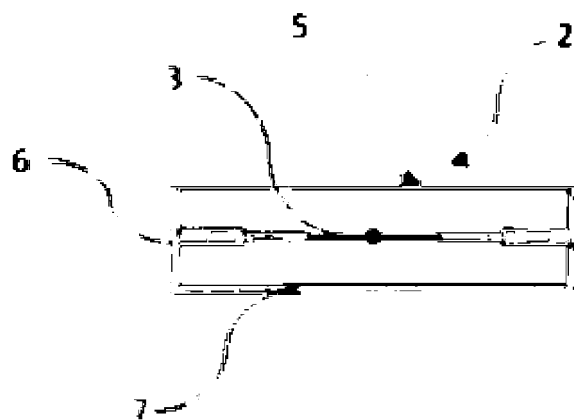
3 výkresy

Seznam vztahových značek:

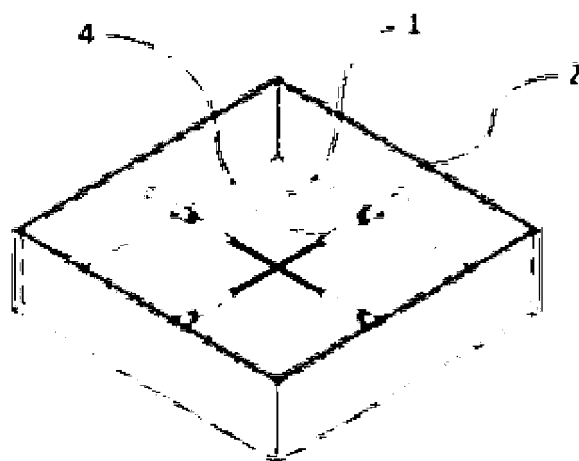
- 1 kanálková součástka
- 2 forma
- 3 jádro
- 4 kanálek
- 5 těleso
- 6 stěna
- 7 dno



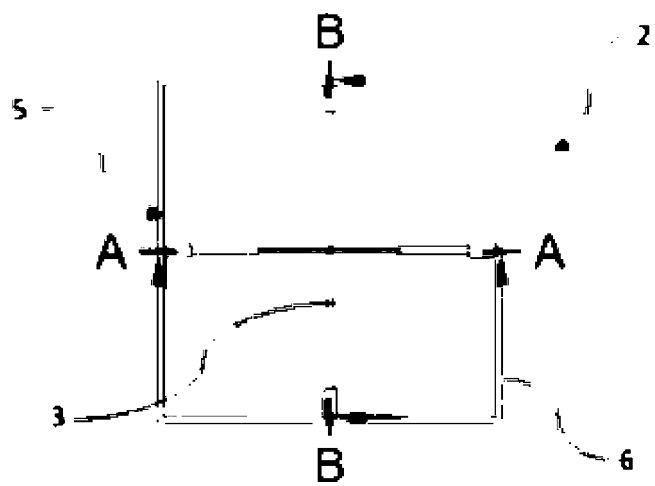
Obr. 1



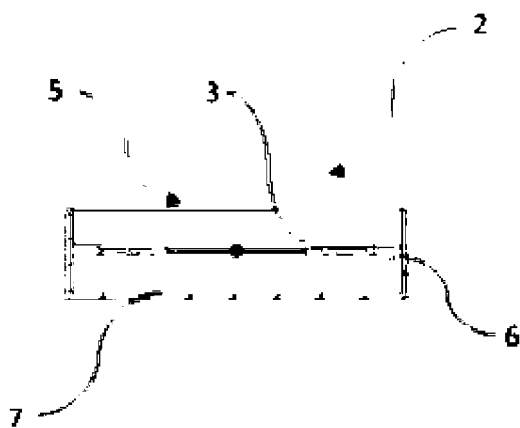
Obr. 2



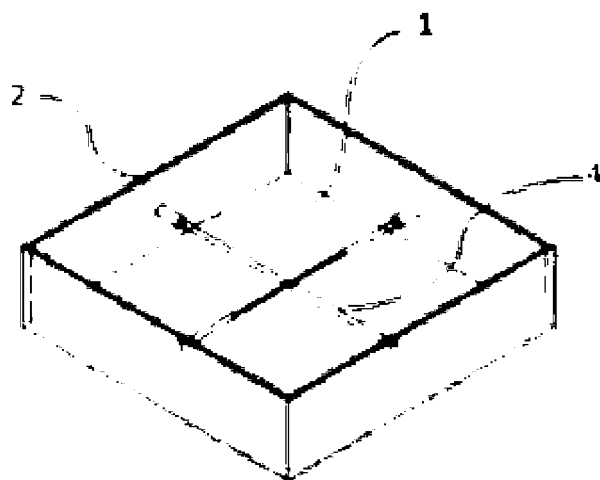
Obr. 3



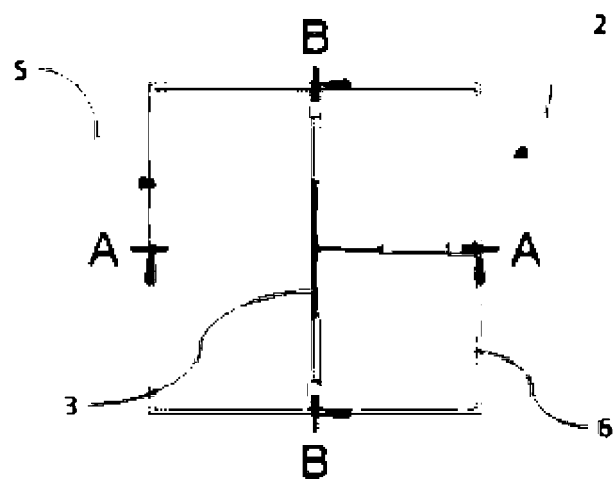
Obr. 4



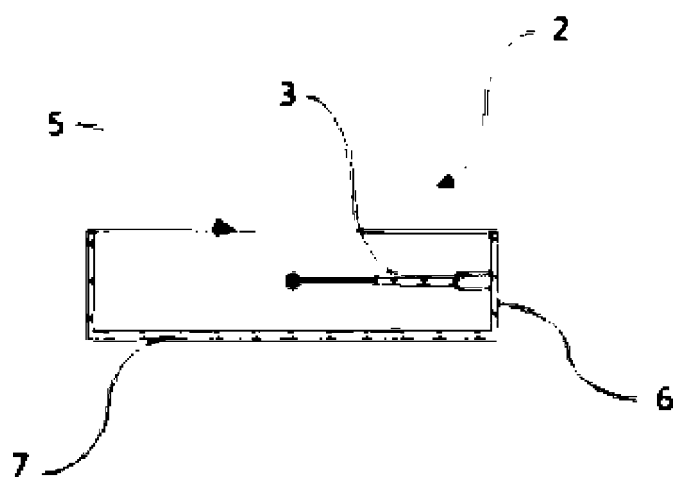
Obr. 5



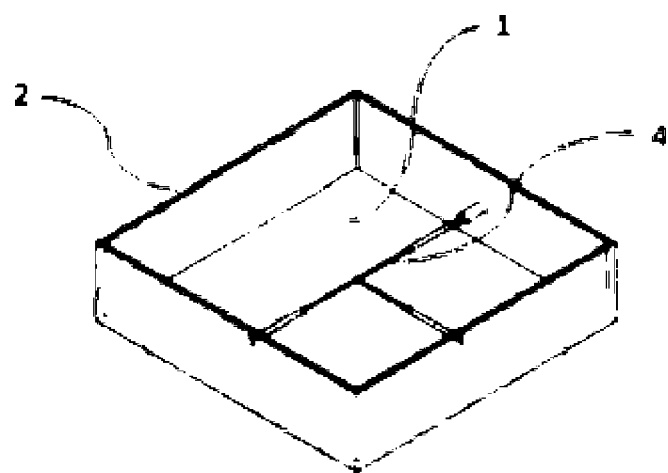
Obr. 6



Obr. 7



Obr. 8



Obr. 9