

G02B 6/10 (2006.01)
G01Q 20/02 (2010.01)
G02F 1/165 (2019.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

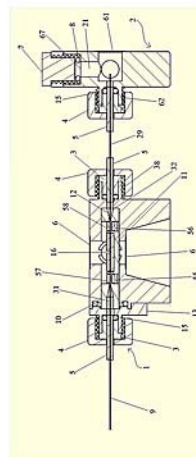
(21) Číslo přihlášky: **2021-463**
(22) Přihlášeno: **01.10.2021**
(40) Zveřejněno: **12.04.2023**
(Věstník č. 15/2023)
(47) Uděleno: **21.06.2023**
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **02.08.2023**
(Věstník č. 31/2023)

(56) Relevantní dokumenty:
US 20200310102 A1; US 9588327 B2; CN 112834786 A.

(73) Majitel patentu:
Ústav přístrojové techniky AV ČR, v.v.i., Brno,
Královo Pole, CZ
(72) Původce:
Ing. Jan Ježek, Ph.D., Brno, Bystrc, CZ
Mgr. Oto Brzobohatý, Ph.D., Brno, Královo Pole,
CZ
Ing. Tadeáš Maňka, Horní Heřmanice, CZ
(74) Zástupce:
KANIA, SEDLÁK, SMOLA, s.r.o., Mendlovo
náměstí 907/1a, 603 00 Brno, Staré Brno

(54) Název vynálezu:
Optomechanický systém

(57) Anotace:
Optomechanický systém pro detekci sil nanosondou obsahuje měřicí komoru (1) pro detekci polohy nanosondy, přičemž měřicí komora (1) obsahuje vakuotěsně uzavíratelnou vnitřní dutinu a alespoň jedno pozorovací okénko (6) pro pozorování nanosondy ve vnitřní dutině; vkladací komoru (2), která má vakuotěsně uzavíratelnou vnitřní dutinu a zaváděcí okénko (61); pracovní optické vlákno (9), jehož jeden konec je uspořádaný vně měřicí komory (1) a druhý konec je uspořádaný ve vnitřní dutině měřicí komory (1); a vkladací optické vlákno (29), jehož jeden konec je uspořádaný ve vnitřní dutině vkladací komory (2) a přivrácený k zaváděcímu okénku (61), a druhý konec je uspořádaný ve vnitřní dutině měřicí komory (1) a přivrácený ke koncovému čelu pracovního optického vlákna (9).



Optomechanický systém

Oblast techniky

5

Vynález se týká optomechanického systému pro detekci sil nanosondou, levitující v dutém optickém vlákně za sníženého tlaku.

10 Dosavadní stav techniky

Doposud se měření sil působících mezi částicemi a síly světelného paprsku působícího na částice provádělo v kapalině, takže byly výsledky měření významně ovlivňovány přítomností kapaliny. Pokud se měření mělo provádět ve vakuové komoře, pak při odčerpávání vzduchu z vakuové komory mohlo dojít ke ztrátám nebo poškození nanosond, na kterých mělo měření probíhat.

15

Podstata vynálezu

20 Nevýhody dosavadního stavu techniky jsou eliminovány optomechanickým systémem pro detekci sil nanosondou, který obsahuje:

– měřicí komoru pro detekci polohy nanosondy, přičemž měřicí komora obsahuje vakuotěsně uzavíratelnou vnitřní dutinu a alespoň jedno pozorovací okénko pro pozorování nanosondy ve vnitřní dutině;

25

– vkladací komoru, která má vakuotěsně uzavíratelnou vnitřní dutinu a zaváděcí okénko;

– pracovní optické vlákno, jehož jeden konec je uspořádaný vně měřicí komory a druhý konec je uspořádaný ve vnitřní dutině měřicí komory; a

30

– vkladací optické vlákno, které je duté a jehož jeden konec je uspořádaný ve vnitřní dutině vkladací komory a přivrácený k zaváděcímu okénku, a druhý konec je uspořádaný ve vnitřní dutině měřicí komory a přivrácený ke koncovému čelu pracovního optického vlákna.

35

Pracovní optické vlákno je přednostně také duté. Obě optická vlákna mají přednostně stejný průměr, a to 100 až 150 μm , lépe 120 až 130 μm , nejlépe 125 μm .

40 Ve výhodném provedení je ve vnitřní dutině měřicí komory uspořádána nosná trubička, která má příčný výřez a ve které jsou uspořádány konce optických vláken, přičemž jejich čela jsou uspořádána se vzájemným rozstupem v oblasti příčného výřezu.

40

Optomechanický systém s výhodou obsahuje nosnou vložku, která je uspořádána ve vnitřní dutině měřicí komory a která má podélnou drážku, ve které je uložena nosná trubička a příčnou drážku v oblasti sousedící s příčným výřezem nosné trubičky.

45

Nosná vložka s výhodou obsahuje první zaváděcí průchod pro zavádění konce pracovního optického vlákna do nosné trubičky, přičemž tento první zaváděcí průchod má vstup s větším průřezem než výstup, a druhý zaváděcí průchod pro zavádění konce vkladacího optického vlákna do nosné trubičky, přičemž tento druhý zaváděcí průchod má vstup s větším průřezem než výstup.

50

Mezi výstupem prvního zaváděcího průchodu a jemu přivráceným koncem nosné trubičky má nosná vložka přednostně první ložnou plochu s první ložnou drážkou pro pracovní optické vlákno a mezi výstupem druhého zaváděcího průchodu a jemu přivráceným koncem nosné trubičky má nosná vložka druhou ložnou plochu s druhou ložnou drážkou pro vkladací optické vlákno.

55

S výhodou vkládací komora obsahuje vakuotěsně uzavíratelný vnášecí kanál zaústěný do její vnitřní dutiny.

- 5 Vkládací komora přednostně obsahuje kontrolní okénko po pozorování konce vkládacího optického vlákna ve vnitřní dutině vkládací komory.

10 Ve zvlášť výhodném provedení měřicí komora zahrnuje první propojovací kanál se vstupem ve vnitřní dutině měřicí komory pro propojení s odsávacím zařízením a vkládací komora zahrnuje druhý propojovací kanál se vstupem ve vnitřní dutině vkládací komory pro propojení s odsávacím zařízením.

15 S výhodou jsou za provozu koncová čela pracovního optického vlákna a vkládacího optického vlákna ve vnitřní dutině měřicí komory uspořádána se vzájemným rozstupem menším než 100 μm .

20 Rovněž je výhodné, když tento optomechanický systém obsahuje alespoň jedno další pozorovací okénko pro pozorování nanosondy ve vnitřní dutině, přičemž pozorovací okénka jsou uzavřena sklíčkem o tloušťce 100 až 160 μm , přednostně 120 až 140 μm , přičemž pozorovací okénka jsou s výhodou uspořádána každé v jiné rovině.

Objasnění výkresů

25 Vynález je dále podrobněji popsán pomocí příkladného provedení, které je znázorněno na výkresech, kde na:

obr. 1 je perspektivní pohled na optomechanický systém pro detekci sil;

30 obr. 2 je podélný řez svislou rovinou optomechanickým systémem z obr. 1;

obr. 3 je podélný řez vodorovnou rovinou;

obr. 4 je perspektivní pohled na nosnou vložku; a

35

obr. 5 je pohled shora na nosnou vložku z obr. 4.

Příklady uskutečnění vynálezu

40

Optomechanický systém pro detekci sil nanosondou, levitující v dutém optickém vlákne za sníženého tlaku, zahrnuje měřicí komoru 1 a vkládací komoru 2, jejichž pracovní prostory jsou mezi sebou navzájem propojeny dutým vkládacím optickým vláknem 29.

45 Obě komory 1, 2 jsou opatřeny stabilizačními otvory 28 pro průchod neznázorněných vodicích tyčí, které umožňují připevnit a navzájem propojit komory 1, 2 pomocí klecového systému s roztečí vodicích tyčí například 30 mm x 30 mm. Je ale možné použít i jiné zařízení pro nastavení a zajištění vzájemné polohy komor 1, 2.

50 Měřicí komora 1 je vyrobena například z plastu, přičemž může být vytištěna na 3D tiskárně. V takovém případě je s výhodou její vnitřní povrch opatřen povlakem, například z dvousložkového laku, za účelem zapravení netěsností z tisku a zpevnění povrchu. Lakované plochy mohou být přebroušeny a přešetřeny. Měřicí komora 1 může být, ale vyrobena i jiným způsobem, případně z jiného materiálu.

55

Měřicí komora 1 má vnitřní dutinu, ve které je přes její vstup uložena nosná vložka 12 a tento vstup je uzavřen pomocí víka 13, upevněného ke stěně měřicí komory 1 pomocí (neznázorněných) šroubů a utěsněného na vnitřní straně pomocí pomocného těsnění 10 ve formě O-kroužku.

5 Nosná vložka 12 je tvořena válcovitým tělesem, které má na jednom konci osově uspořádaný první zaváděcí průchod 31 a na druhém konci rovněž osově uspořádaný druhý zaváděcí průchod 32. Každý ze zaváděcích průchodů 31, 32 je uzpůsoben pro usnadnění zavedení optického vlákna tím, že má ve své vstupní oblasti větší průměr a ve své výstupní oblasti má průměr s vůlí odpovídající
10 vnějšímu průměru optického vlákna. Ve znázorněném provedení má první zaváděcí průchody 31 vstupní válcovitou oblast a na ni navazující kuželovitě se zužující výstupní oblast, zatímco druhý zaváděcí průchod 32 má jen kuželovitou oblast. Zaváděcí průchody 31, 32 jsou k sobě přivráceny svými výstupy, přičemž mezi těmito výstupy zaváděcích průchodů 31, 32 je válcovité těleso nosné vložky 12 opatřeno vybráním.

15 Toto vybrání nosné vložky 12 obsahuje podélnou drážku 36 pro uložení nosné trubičky 11 a příčnou drážku 35. Mezi výstupem prvního zaváděcího průchodu 31 a podélnou drážkou 36 obsahuje vybrání nosné vložky 12 první ložnou plochu 41 s první ložnou drážkou 51, která je souosá s prvním zaváděcím průchodem 31, resp. na něj navazuje. Mezi výstupem druhého zaváděcího průchodu 32 a podélnou drážkou 36 obsahuje vybrání nosné vložky 12 druhou ložnou
20 plochu 42 s druhou ložnou drážkou 52, která je souosá s prvním zaváděcím průchodem 31, resp. na něj navazuje.

Pod první ložnou plochou 51 je z opačné strany než uvedené vybrání v nosné vložce 12 první výřez pro uložení prvního základního magnetu 55 a pod druhou ložnou plochou 42 druhý výřez pro druhý
25 základní magnet 56.

V podélné drážce 36 je uložena nosná trubička 11 s příčným výřezem 16. Stěny měřicí komory 1 jsou opatřeny zasklenými pozorovacími okénky 6, skrz které je viditelný prostor obklopující nosnou trubičku 11 v oblasti jejího příčného výřezu 16. Ve znázorněném provedení má měřicí
30 komora 1 tři zasklená pozorovací okénka 6, která umožňují pohled do vnitřku měřicí komory 1 ze tří stran.

V tomto příkladném provedení je nosná trubička 11 z keramického materiálu a je do nosné vložky 12 vlepená.
35

Víko 13 dosedá na vnější stěnu měřicí komory 1 a rovněž na vnější koncovou plochu nosné vložky 12. Přitom je víko 13 opatřeno průchozím otvorem, který je uspořádaný souose s prvním zaváděcím průchodem 31, a na vnější straně rovněž souose uspořádaným prvním prstencem 37 s vnějším závitem.
40

Do prvního prstence 37 je usazena vodicí vložka 3, která má rovněž souose uspořádaný průchozí otvor a která je přichycena k prstenci pomocí matice 4 s rovněž souosým průchozím otvorem. Průchozími otvory v matici 4, vodicí vložce 3 a víku 13 a prvním zaváděcím průchodem 31 je vedeno pracovní optické vlákno 9, které je v oblasti, kterou prochází průchozím otvorem v matici
45 4 a ve vodicí vložce 3, obklopeno těsnicí hadičkou 5, například ze silikonu.

V oblasti, v níž stěna víka 13 přiléhá k prvnímu prstenci 37 na jeho vnitřní straně, je uspořádáno zaváděcí těsnění 15, které obklopuje těsnicí hadičku 5 a na které dosedá vodicí vložka 3.

50 Pracovní optické vlákno 9 prochází tedy prvním zaváděcím průchodem 31, následně první ložnou drážkou 51 a nosnou trubičkou 11 a jeho koncové čelo leží v oblasti příčného výřezu 16 nosné trubičky 11, která je uspořádaná v oblasti příčné drážky 35. Přitom je poloha pracovního optického vlákna 9 v první ložné drážce 51 zajištěna prvním příklopným magnetem 57, a to v součinnosti s prvním základním magnetem 55, ke kterému je přitahován.
55

Tak je pracovní optické vlákno 9 zavedeno utěsněně do vnitřku měřicí komory 1.

Znázorněný optomechanický systém dále obsahuje vkládací optické vlákno 29, které je duté.

5 Stěna měřicí komory 1 je protilehle k otvoru uzavřenému pomocí víka 13 opatřena také průchozím otvorem, který je bočně na vnější straně bočně obklopen druhým prstencem 38 s vnějším závitem. Do druhého prstence 38 je usazena vodicí vložka 3, která má souose uspořádaný průchozí otvor a která je přichycena k druhému prstenci 38 pomocí matice 4 s rovněž souosým průchozím otvorem. Průchozími otvory v matici 4, vodicí vložce 3 a stěně měřicí komory 1 a dále pak druhým
10 zaváděcím průchodem 32 je vedeno vkládací optické vlákno 29, které je v oblasti, kterou prochází průchozím otvorem v matici 4 a ve vodicí vložce 3 obklopeno těsnicí hadičkou 5, například ze silikonu.

15 V oblasti, v níž stěna měřicí komory 1 přiléhá k druhému prstenci 38 na jeho vnitřní straně, je uspořádáno zaváděcí těsnění 15, které obklopuje těsnicí hadičku 5 a na které dosedá vodicí vložka 3.

Vkládací optické vlákno 29 prochází tedy druhým zaváděcím průchodem 32, následně druhou ložnou drážkou 52 a nosnou trubičkou 11 a jeho koncové čelo leží v oblasti příčného výřezu 16
20 nosné trubičky 11, protilehle vzhledem ke koncovému čelu pracovního optického vlákna 9 a s odstupem od něj. Přitom je poloha vkládacího optického vlákna 29 ve druhé ložné drážce 52 zajištěna druhým příklopným magnetem 58, a to v součinnosti s druhým základním magnetem 56, ke kterému je přitahován.

25 Měřicí komora 1 dále obsahuje první napojovací kanál 43 pro napojení neznázorněné trubice pro evakuaci měřicí komory 1.

Vkládací komora 2 obsahuje dutinu a její stěny jsou opatřeny zaskleným zaváděcím okénkem 61 a zaskleným kontrolním okénkem 60, které umožňuje pozorovat vnitřek dutiny.

30 Dále vkládací komora 2 obsahuje druhý napojovací kanál 44 pro napojení neznázorněné trubice pro evakuaci vkládací komory 2 a vnášecí kanál 67 pro vnášení nanosond, který je opatřený vnitřním závitem, uzavíratelným šroubem 7, přičemž toto uzavření je utěsněno vstupním těsnicím kroužkem 8.

35 A dále vkládací komora 2 obsahuje průchozí otvor ve stěně protilehlé k zaváděcímu okénku 61, přičemž tento průchozí otvor je na vnější straně bočně obklopen třetím prstencem 62 s vnějším závitem.

40 Do třetího prstence 62 je usazena vodicí vložka 3, která má souose uspořádaný průchozí otvor a která je přichycena k třetímu prstenci 62 pomocí matice 4 s rovněž souosým průchozím otvorem. Průchozími otvory v matici 4, vodicí vložce 3 a stěně vkládací komory 2 je vedeno vkládací optické vlákno 9, které je v oblasti, kterou prochází průchozím otvorem v matici 4 a ve vodicí vložce 3 obklopeno těsnicí hadičkou 5, například ze silikonu.

45 V oblasti, v níž stěna vkládací komory 2 přiléhá k třetímu prstenci 62 na jeho vnitřní straně, je uspořádáno zaváděcí těsnění 15, které obklopuje těsnicí hadičku 5 a na které dosedá vodicí vložka 3.

50 Jeden konec vkládacího optického vlákna 29 je tedy zaveden utěsněně do vnitřku měřicí komory 1, zatímco druhý je utěsněně zaveden do vkládací komory 2, kde je jeho koncové čelo přivráceno k zaváděcímu okénku 61. Dutina vkládací komory 2 je tedy propojena s dutinou měřicí komory 1 výhradně přes dutinu vkládacího optického vlákna 29. Funkci optomechanického systému lze popsat následovně: Když je optomechanický systém sestaven tak, jak je znázorněno na výkresech
55 a popsáno výše, vyjme se šroub 7, a následně je skrz vnášecí otvor 67 do vnitřní dutiny vkládací

komory 2 vložena nanosonda. Nanosonda je obsažena v aerosolových kapénkách, z nichž se kapalina odpaří. Polohu nanosondy ve vkladací komoře 2 lze rovněž sledovat pomocí kontrolního okénka 60.

- 5 Z vkladací komory 2 je nanosonda pomocí optického svazku přiváděného skrz zaváděcí okénko 61 nasměrována a natlačena do dutého vkladacího optického vlákna 29, kterým se dostane až do nosné trubičky 11 v měřicí komoře 1 mezi koncová čela optických vláken 9, 29.

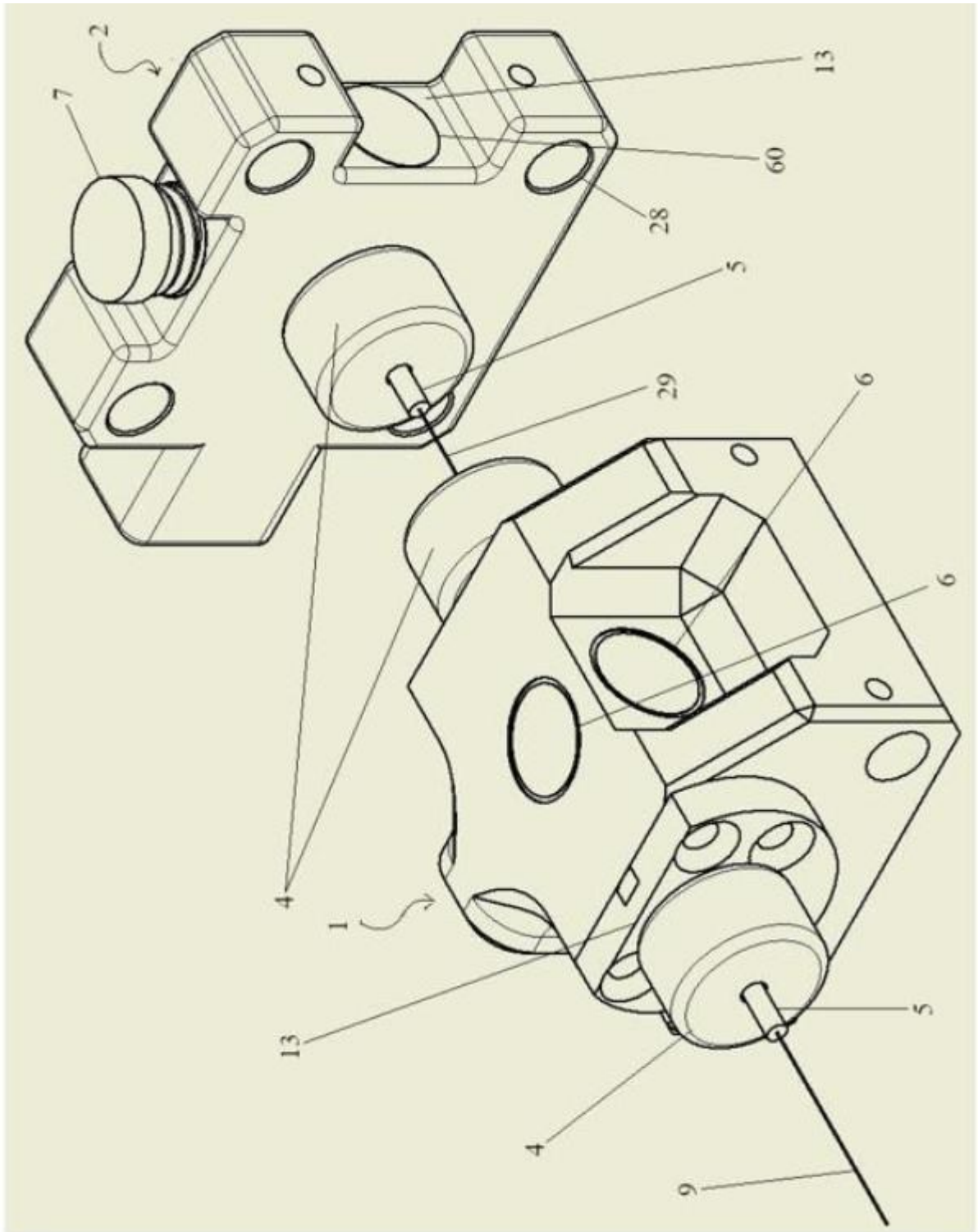
- 10 Následně je možno pozorovat skrz pozorovací okénka 6 pohyb nanosondy v souvislosti s působícími světelnými paprsky a případně i s dalšími částicemi v její blízkosti. Na základě optické detekce její polohy je určována vnější síla, která na ni působí. Vkladací komoru 2 je možné v průběhu experimentu opakovaně používat pro vložení další nanosondy bez zásadního ovlivnění tlaku v měřicí komoře 1. Měřicí komora 1 slouží k zachycení nanosondy a kontinuální detekci polohy nanosondy a je trvale vyčerpána.

- 15 Ačkoli byla popsána zvlášť výhodná příkladná provedení, je zřejmé, že odborník z dané oblasti snadno nalezne další možné alternativy k těmto provedením. Například zaústění optických vláken 9, 29 do komor 1, 2 lze zkonstruovat odlišně, rovněž nosná vložka 12 může být vynechána, pokud je příslušně upraven vnitřní povrch měřicí komory 1, základní magnety 55, 56 mohou být
20 rovněž vynechány, pokud je příslušná část v nosné vložky 12 nebo přilehlé části stěny měřicí komory 1 z vhodného kovu, případně mohou být všechny magnety 55, 56, 57, 58 vynechány, pokud je fixace optických vláken 9, 29 zajištěna jinou vhodnou konstrukcí, okénka 6, 60, 61 nemusí být zasklená, ale mohou být zakryta jiným vhodným průhledným deskovým materiálem, apod. Proto rozsah ochrany není omezen na tato příkladná provedení, ale spíše je dán definicí přiložených
25 patentových nároků.

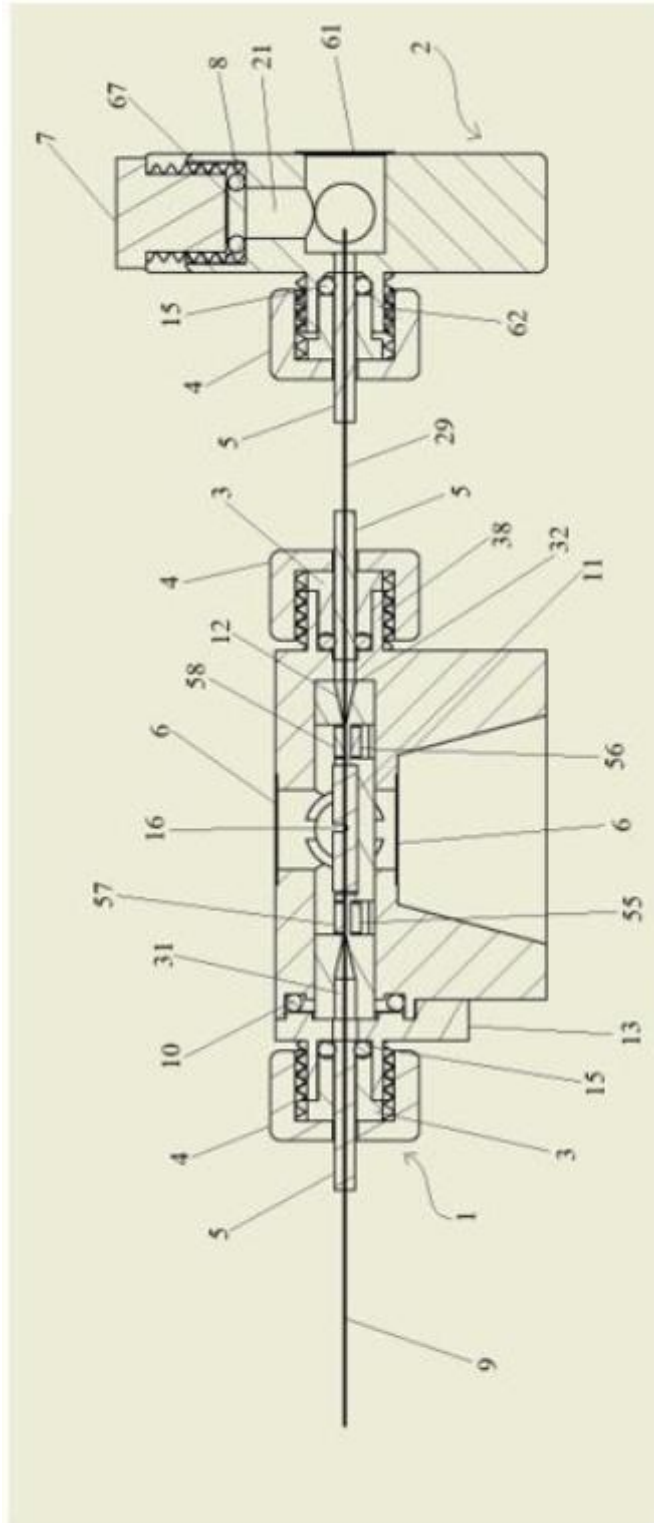
PATENTOVÉ NÁROKY

1. Optomechanický systém pro detekci sil nanosondou obsahující měřicí komoru (1) pro detekci polohy nanosondy, přičemž měřicí komora (1) obsahuje vakuotěsně uzavíratelnou vnitřní dutinu a alespoň jedno pozorovací okénko (6) pro pozorování nanosondy ve vnitřní dutině, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje:
- vkladací komoru (2), která má vakuotěsně uzavíratelnou vnitřní dutinu a zaváděcí okénko (61);
 - pracovní optické vlákno (9), jehož jeden konec je uspořádaný vně měřicí komory (1) a druhý konec je uspořádaný ve vnitřní dutině měřicí komory (1); a
 - vkladací optické vlákno (29), které je duté a jehož jeden konec je uspořádaný ve vnitřní dutině vkladací komory (2) a přivrácený k zaváděcímu okénku (61) a jehož druhý konec je uspořádaný ve vnitřní dutině měřicí komory (1) a přivrácený ke koncovému čelu pracovního optického vlákna (9).
2. Optomechanický systém podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že ve vnitřní dutině měřicí komory je uspořádána nosná trubička (11), která má příčný výřez (16) a ve které jsou uspořádány konce optických vláken (9, 29), přičemž jejich čela jsou uspořádána se vzájemným rozestupem v oblasti příčného výřezu (16).
3. Optomechanický systém podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že obsahuje nosnou vložku (12), která je uspořádána ve vnitřní dutině měřicí komory (1) a která má podélnou drážku (36), ve které je uložena nosná trubička (11) a příčnou drážku (35) v oblasti sousedící s příčným výřezem (16) nosné trubičky (11).
4. Optomechanický systém podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že nosná vložka (12) obsahuje první zaváděcí průchod (31) pro zavádění konce pracovního optického vlákna (9) do nosné trubičky (11), přičemž tento první zaváděcí průchod (31) má vstup s větším průřezem než výstup, a druhý zaváděcí průchod (32) pro zavádění konce vkladacího optického vlákna (29) do nosné trubičky (11), přičemž tento druhý zaváděcí průchod (32) má vstup s větším průřezem než výstup.
5. Optomechanický systém podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že mezi výstupem prvního zaváděcího průchodu (31) a jemu přivráceným koncem nosné trubičky (11) má nosná vložka (12) první ložnou plochu (41) s první ložnou drážkou (51) pro pracovní optické vlákno (9), a že mezi výstupem druhého zaváděcího průchodu (32) a jemu přivráceným koncem nosné trubičky (11) má nosná vložka (12) druhou ložnou plochu (42) s druhou ložnou drážkou (52) pro vkladací optické vlákno (9).
6. Optomechanický systém podle kteréhokoliv z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že vkladací komora (2) obsahuje vakuotěsně uzavíratelný vnašecí kanál (67) zaústěný do její vnitřní dutiny.
7. Optomechanický systém podle kteréhokoliv z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že vkladací komora (2) obsahuje kontrolní okénko (60) pro pozorování konce vkladacího optického vlákna (29) ve vnitřní dutině vkladací komory (2).
8. Optomechanický systém podle kteréhokoliv z nároků 1 až 7, **vyznačující se tím**, že měřicí komora (1) zahrnuje první propojovací kanál (41) se vstupem ve vnitřní dutině měřicí komory (1) pro propojení s odsávacím zařízením a vkladací komora (2) zahrnuje druhý propojovací kanál (42) se vstupem ve vnitřní dutině vkladací komory (2) pro propojení s odsávacím zařízením.
9. Optomechanický systém podle kteréhokoliv z nároků 1 až 8, **vyznačující se tím**, že koncová čela pracovního optického vlákna (9) a vkladacího optického vlákna (29) jsou ve vnitřní dutině měřicí komory (1) uspořádána se vzájemným rozestupem menším než 100 μm .

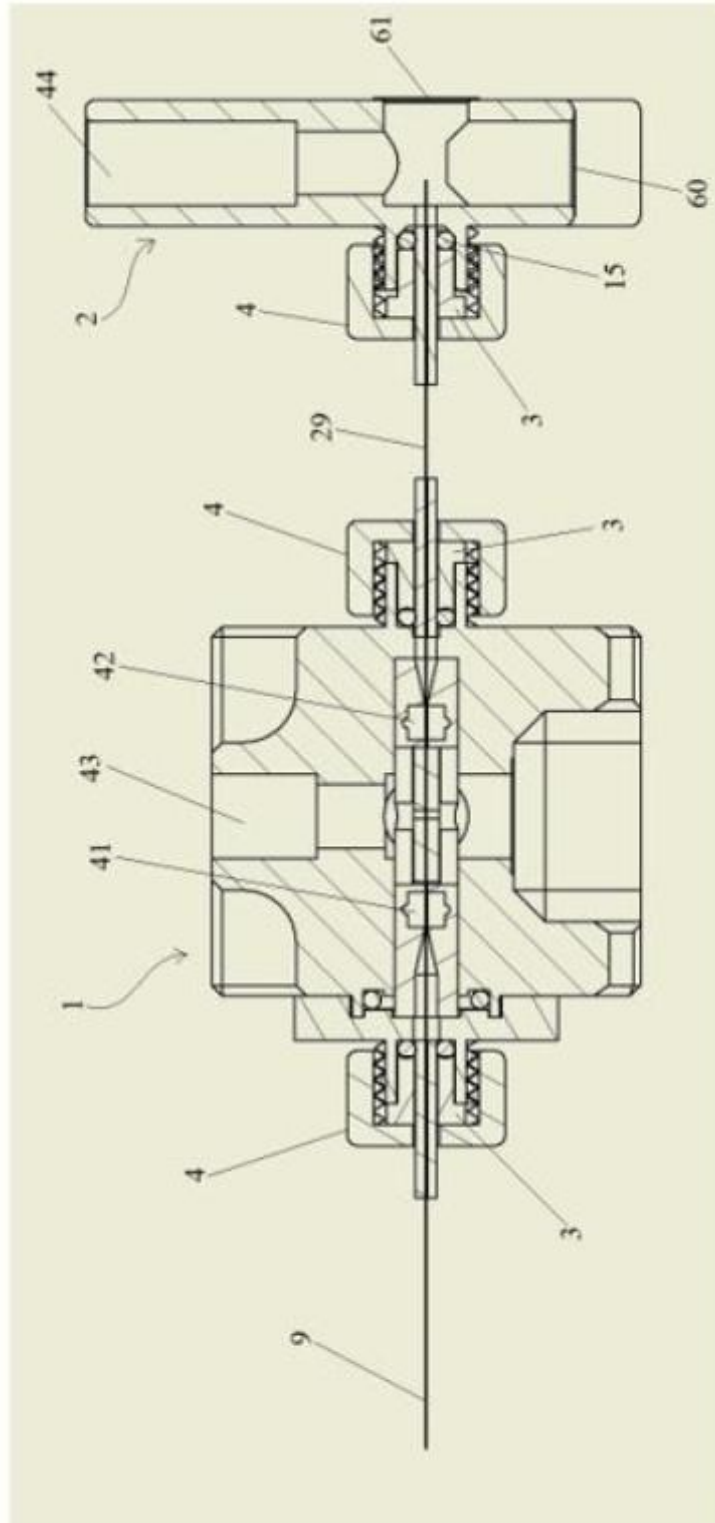
10. Optomechanický systém podle kteréhokoliv z nároků 1 až 9, **vyznačující se tím**, že obsahuje alespoň jedno další pozorovací okénko (6) pro pozorování nanosondy ve vnitřní dutině, přičemž pozorovací okénko (6) je uzavřené sklíčkem o tloušťce 100 až 160 μm , přednostně 120 až 140 μm .



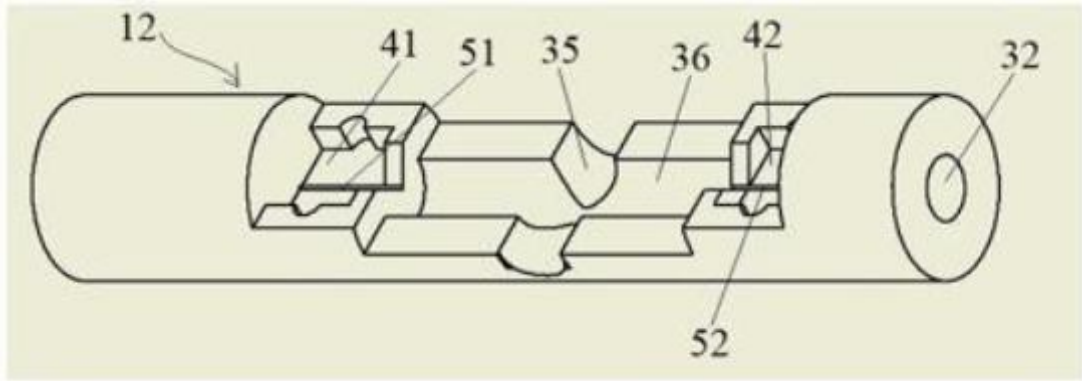
Obr. 1



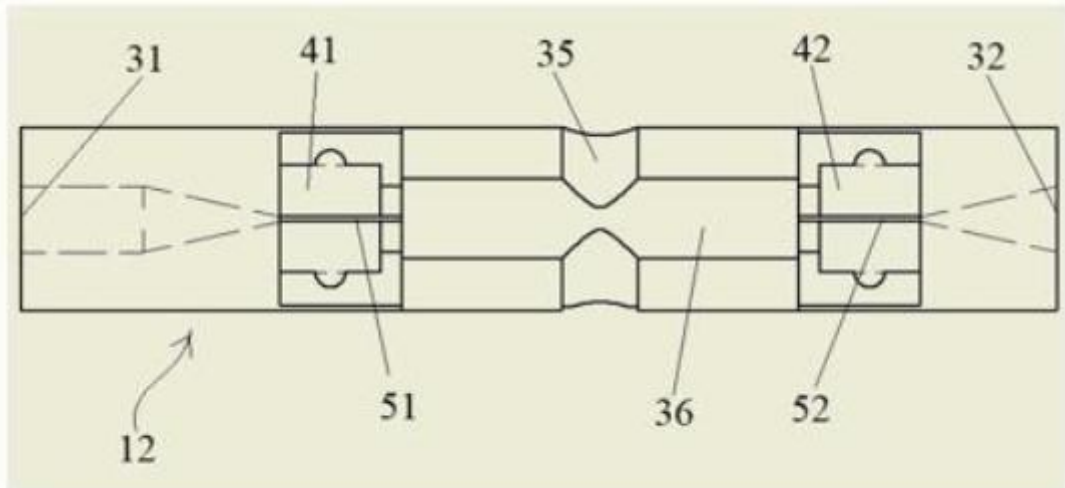
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5