

# UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

## 34 054

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

*A61N 7/00* (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2020-37432**  
(22) Přihlášeno: **15.04.2020**  
(47) Zapsáno: **01.06.2020**

- (73) Majitel:  
České vysoké učení technické v Praze, Praha 6,  
Dejvice, CZ
- (72) Původce:  
doc. PhDr. Ing. Jaroslav Průcha, CSc., Ph.D,  
Blovice, Hradiště, CZ
- (74) Zástupce:  
INPARTNERS GROUP, Ing. Dušan Kendereški,  
Tuřanka 1519/115a, 627 00 Brno, Slatina

- (54) Název užitého vzoru:  
**Zařízení pro vytváření ultrazvuku vysoké  
lokální intenzity**

## Zařízení pro vytváření ultrazvuku vysoké lokální intenzity

### Oblast techniky

5

Předkládané technické řešení se týká zařízení pro vytváření ultrazvuku vysoké lokální intenzity s využitím odrazů vlnění na vnitřní ploše rotačního paraboloidu.

### Dosavadní stav techniky

10

Energie ultrazvuku se hojně využívá ve fyzikální medicíně, v terapii zejména tehdy, kdy chceme do živých tkání přenést energii ultrazvukového vlnění s cílem dosažení účinků mechanických („vnitřní tlaková mikromasáž“, rozvolnění struktur, přeměna gel na sol, tixotropní účinky, disperzní účinky), termických (ohřev), chemických (podpora biochemických reakcí) a biologických (zvýšení semipermeability buněčných membrán, stimulace sympatiku, polymerizace a depolymerizace a další). Následkem propojení všech výše uvedených faktorů lze tvrdit, že ultrazvuk má protibolestivý účinek, zvyšuje prokrvení tkání, zmenšuje svalové napětí, zvyšuje roztažlivost pojivové tkáně (jizvy, stavy po úrazech svalů a kloubních pouzder), urychluje hojení ran apod.

20

V americkém patentu US 4484569 A popisujícím ultrazvukové diagnostické a terapeutické zařízení a způsob jeho použití je řešena fokusační hlavice tvaru komolého jehlanu s konkávním ultrazvukovým měničem umístěným v kruhové základně jehlanu, fokusovaným na malou kruhovou membránu při hrotu jehlanu. Takto vzniklá dutina je vyplněna vhodnou tekutinou (vodou) s mírným přetlakem způsobujícím konvexní vyklenutí membrány, a tím i dokonalejší přenos fokusované ultrazvukové energie do tkání, na které je hrot jehlanu přiložen. Popsané řešení je možno využívat též pro koagulaci a hemostázu. Patent se rovněž zmiňuje o řešení fokusace ultrazvuku s využitím akustických zrcadel, dielektrických zrcadel, teleskopických nástavců napojených na měniče s vydutou vyzařovací plochou, o možnosti využití fázových posunů vln několika dílčích měničů, nejčastěji anulárních tvarů, umístěvaných koncentricky.

Využití ultrazvukových zesilovacích vlnovodů (sono-amplifikátorů, sonifikátorů) v medicíně i průmyslu vychází z potřeby zesílení ultrazvukového vlnění produkovaného měničem a zavedení takto zesíleného ultrazvukového vlnění do místa aplikace. Pro tento účel se používají válcové nástavce pevně spojené s měničem, jejichž průměr se snižuje, takže konec vlnovodného zesilovače má menší průměr, než je průměr vlnovodu v místě jeho styku s měničem, a jejichž délka je rovna vlnové délce přenášeného ultrazvukového vlnění nebo jejímu odpovídajícímu násobku. Podle způsobu tvarování se rozlišují na exponenciální, stupňovité, kuželovité a válcovité sonifikátory. Zesílení je dáno poměrem počátečního a koncového průměru vlnovodu. Zvláštním typem je Fourierův sonifikátor. V angličtině se zesilovací ultrazvukové vlnovody (sonifikátory) obvykle označují jednoduše jako ultrazvuková trubka (untrasound horn).

Řešením fokusace ultrazvuku a dosažením přenosu dostatečně vysoké energie do požadované relativně malé lokality uvnitř těla, kde je zapotřebí zajistit takové termické a mechanické účinky, které indukují trombolýzu, koagulaci nebo ablacii, se zabývá americká patentová přihláška US 2014058293 A1. Využívá akustických zrcadel, měničů s čelními konkávními plochami, koncentrického uspořádání prstencových měničů, kombinace několika frekvencí i fázového posuvu. Ultrazvuková zařízení konstruovaná s cílem fokusace velké energie do malé plochy, respektive objemu, a tím dosažení vysoké objemové hustoty výkonu, jsou určena především pro perspektivní využití na odstraňování nádorů.

Na léčbu ran ultrazvukovým zařízením je zaměřena mezinárodní patentová přihláška WO 2008002773 A2. Na hlavici s ultrazvukovým měničem je pevně umístěn nástavec trychtýřovitého tvaru (polosféry) z pružného materiálu, který je hermeticky přiložen na ránu a naplněn fyziologickým roztokem nebo jinou vhodnou kapalinou s léčivými nebo alespoň

inertními účinky. Ultrazvuk šířící se tímto prostředím má dostatečnou intenzitu k vyvolání hraniční kavitace a chemické (pomocí radikálů) i mechanické působení kavitace na povrch rány zajišťuje její debridement a podporuje její léčení.

- 5 Předšádku pro diagnostické ultrazvukové hlavice pro intraoperativní aplikace s využitím pryžového materiálu o vhodné akustické impedanci řeší americký patent US 6599249 B1.

Jiný typ předšádky podle patentu US 7029446 B2 uplatňuje na čele ultrazvukové sondy lamelový uzavřený plastový límec do jehož dutiny se vkládá samonastavitelná gelová vložka.

10

Další patent týkající se předšádky s možností fokusace řeší americká patentová přihláška US 2004234453 A1, kde na aktivní čelo měniče je aplikována koncentrující ultrazvuková čočka a jí fokusované ultrazvukové vlnění je vedeno zpevněnou hydrogelovou vložkou tvaru kužele (kopírujícího fokusovaný ultrazvukový svazek), umístěvanou do kovového kuželového pláště

15

s otvorem ve vrcholu, kterým hydrogelový kužel vyčnívá a realizuje kontakt s povrchem těla.

### Podstata technického řešení

- 20 Technické řešení si klade za cíl dosáhnout požadované dostatečně vysoké lokální intenzity ultrazvukového pole umožňujícího terapii povrchových lézí, zejména ran a kožních defektů, včetně jejich debridementu.

- Výše uvedeného cíle je dosaženo zařízením pro vytváření ultrazvuku vysoké lokální intenzity tvořeným komorou a vnějším pláštěm vymezujícím dutinu. Vnitřní plocha vnějšího pláště má tvar rotačního paraboloidu a dutina vnějšího pláště je uzpůsobena pro obsazení kapalného média. Vnější plášť je pomocí závitového spoje spojen s komorou, ve které je uspořádán piezoelektrický měnič uložený mezi prvním „O“ kroužkem a druhým „O“ kroužkem, na který dosedá krycí matice spojená pomocí závitového spoje s komorou. Mezi dutinou a piezoelektrickým měničem je dále uspořádána přizpůsobovací akustická deska. Vnější plášť je ve vrcholu ukončen otvorem, který je opatřen maticí s prstencovitou prohlubní, ve které jsou uspořádány pružné kruhové podložky upevňující membránu.

- 35 Ve výhodném provedení je vnější plášť v blízkosti závitového spoje s komorou dále spojen s výstkem pro přívod a/nebo odvod kapalného média.

- Podstatou technického řešení je soustředit ultrazvukovou energii vytvářenou piezoelektrickým měničem s rovinnou vyzařovací plochou a běžným výkonem do místa aplikace tak, aby bylo fokusací dosaženo terapeuticky požadovaného lokálního zesílení intenzity ultrazvukové energie. Takto lokálně zesílené ultrazvukové vlnění pak může v povrchových vrstvách léze (například rány nebo kožního či slizničního defektu) poskytovat potřebnou energii nezbytnou pro podporu hojení, termické efekty i případný debridement rány. Potřebné fokusace je přitom dosaženo odrazem ultrazvukového vlnění na vnitřní ploše dutiny vytvořené v podobě rotačního paraboloidu.

45

Zařízení pro vytváření ultrazvuku vysoké lokální intenzity využívá odrazů vlnění v dutině vyplněné kapalným médiem vhodným pro šíření ultrazvukových vln.

- 50 Zařízení pro vytváření ultrazvuku vysoké lokální intenzity využívá odrazů vlnění v dutině ohraničené plochou druhého řádu v podobě rotačního paraboloidu.

Zařízení pro vytváření ultrazvuku vysoké lokální intenzity využívá odrazů vlnění v dutině ohraničené plochou druhého řádu v podobě rotačního paraboloidu a odražené ultrazvukové vlnění soustředí do ohniska tohoto paraboloidu.

55

Zařízení pro vytváření ultrazvuku vysoké lokální intenzity využívá odrazů vlnění v dutině ohraničené plochou druhého řádu v podobě rotačního paraboloidu a odrážené ultrazvukové vlnění soustředí do ohniska tohoto paraboloidu, přičemž v ohnisku je umístěna kruhová membrána rozměrů podstatně menších, než jsou rozměry dutiny.

5

Zařízení pro vytváření ultrazvuku vysoké lokální intenzity využívá odrazů vlnění v dutině ohraničené plochou druhého řádu v podobě rotačního paraboloidu a odrážené ultrazvukové vlnění soustředí do ohniska tohoto paraboloidu, přičemž v ohnisku je umístěna kruhová membrána rozměrů podstatně menších, než jsou rozměry dutiny a membrána je prostřednictvím prohlubně otevřena do volného prostoru mimo dutinu.

10

Zařízení pro vytváření ultrazvuku vysoké lokální intenzity využívá odrazů vlnění v dutině ohraničené plochou druhého řádu v podobě rotačního paraboloidu a odrážené ultrazvukové vlnění soustředí do ohniska tohoto paraboloidu, přičemž v ohnisku je umístěna kruhová membrána rozměrů podstatně menších než jsou rozměry dutiny a membrána je prostřednictvím prohlubně otevřena do volného prostoru mimo dutinu, přičemž do této prohlubně je zaveden ultrazvukový vodivý gel nebo obdobný prostředek, který zabezpečuje kontakt s lézí a přenáší do ní terapeuticky potřebné ultrazvukové vlnění s významně lokálně zvýšenou intenzitou, tedy výkonem soustředěným na malé plošce odpovídající rozměrům prohlubně, která – jakož i membrána – jsou mnohem menší ve srovnání s rozměry měniče a dutiny.

20

Pomocí zařízení lze dosahovat účinných léčebných a/nebo kavitačních efektů a podporovat tak např. proces hojení ran nebo jejich debridement, přičemž je potlačeno riziko rozsevu infekčních agens nebo poškození rány mechanickým kmitajícím nástrojem, jak je tomu u současných technických řešení. Přitom výkon samotného ultrazvukového měniče nemusí být velký a předkládané zařízení je snadno vyrobitelné.

25

### Objasnění výkresů

30

Podstata technického řešení je dále objasněna na příkladech jeho uskutečnění, které jsou popsány s využitím připojených výkresů, kde:

35

Obr. 1 znázorňuje perspektivní pohled na zařízení pro vytváření ultrazvuku vysoké lokální intenzity bez výustku;

Obr. 2 znázorňuje podélný řez zařízením pro vytváření ultrazvuku vysoké lokální intenzity ve tvaru paraboloidu, bez výustku a s piezoelektrickým měničem;

40

Obr. 3 znázorňuje v řezu detail uspořádání piezoelektrického měniče v zařízení;

Obr. 4 znázorňuje v řezu detail vrcholu vnějšího pláště zařízení s prvním provedením aplikačního systému;

45

Obr. 5 znázorňuje perspektivní pohled v řezu na zařízení pro vytváření ultrazvuku vysoké lokální intenzity bez výustku s uložením těsnících „O“ kroužků;

Obr. 6 znázorňuje podélný řez zařízením pro vytváření ultrazvuku vysoké lokální intenzity ve tvaru paraboloidu, s výustkem a piezoelektrickým měničem; a

50

Obr. 7 znázorňuje v řezu detail vrcholu vnějšího pláště zařízení s druhým provedením aplikačního systému;

55

Příklady uskutečnění technického řešení

Uvedená uskutečnění znázorňují příkladné varianty provedení technického řešení, která však nemají z hlediska rozsahu ochrany žádný omezující vliv. V uvedených výkresech je předkládané řešení znázorněno na příkladech provedení zařízení pro vytváření ultrazvuku vysoké lokální intenzity, s využitím odrazů vlnění na vnitřní ploše rotačního paraboloidu

Příklad 1: zařízení pro vytváření ultrazvuku vysoké lokální intenzity bez výustku

Jak je patrné z obr. 1 až 5, zařízení pro vytváření ultrazvuku vysoké lokální intenzity v prvním provedení zahrnuje piezoelektrický měnič 1, jenž je pružně uložen v komoře 2. S komorou 2 je pomocí závitového spoje spojen vnější plášť 17, jehož vrchol tvořený otvorem 10 je uzpůsoben k aplikaci terapeutického ultrazvuku na požadované místo na povrchu 15 těla pacienta. Pro zajištění pružného uložení a zároveň utěsnění piezoelektrického měniče 1 v komoře 2 je tento měnič uspořádán mezi prvním „O“ kroužkem 4 a druhým „O“ kroužkem 5. Pro zajištění vysoké lokální intenzity ultrazvukového pole má vnitřní plocha 8 vnějšího pláště 17 tvar rotačního paraboloidu, přičemž v dutině 7 vnějšího pláště 17 se nachází kapalně médium 3. V prostoru mezi piezoelektrickým měničem 1 a dutinou 7 je uspořádána přizpůsobovací akustická deska 16. Tato může být zhotovena z materiálu, o vhodné akustické impedanci, o tloušťce rovné lichému násobku jedné čtvrtiny vlnové délky ultrazvukového vlnění, přičemž akustická impedance  $Z_M$  materiálu použitého ke zhotovení přizpůsobovací akustické desky má být blízká hodnotě:

$$Z_M = \sqrt{Z_T \cdot Z_L}$$

kde  $Z_T$  je akustická impedance piezoelektrického měniče 1 a  $Z_L$  je akustická impedance kapalného média 3 vyplňujícího dutinu 7. Při předpokladu zhotovení piezoelektrického měniče z materiálu keramika PZT (akustická impedance cca 33 MRayl) a kapalného média 3 vyplňujícího dutinu 7 tvořeného glycerolem (akustická impedance 2,5 MRayl) se má akustická impedance přizpůsobovací akustické desky 16 pohybovat kolem 9 MRayl, čemuž může odpovídat např. epoxidová pryskyřice tvrzená keramikou nebo pyrolytický uhlík.

Pro zajištění utěsnění piezoelektrického měniče 1 je v horní části komory 2 zašroubována krycí matice 6. Otvor 10 vnějšího pláště 17 je ukončen maticí 11 s prstencovitou prohlubní, ve které jsou uspořádány pružné kruhové podložky 12, které slouží pro upevnění membrány 13.

Funkce zařízení je následující: piezoelektrický měnič 1 je známým způsobem buzen elektrickým harmonickým signálem, takže vytváří mechanické ultrazvukové vlnění šířící se ve směru jeho svislé osy oběma směry, přičemž jako piezoelektrický měnič 1 lze použít kruhový piezoelektrický ultrazvukový měnič. Ve směru odvráceném od uzavřené dutiny 7 je šíření tohoto vlnění zabráněno vzduchem s extrémně nízkou akustickou impedancí, případně je tlumeno vhodným tlumícím materiálem. Tímto tlumícím materiálem může být např. epoxidová pryskyřice s wolframovými nebo aluminovými ( $Al_2O_3$ ) částicemi, s hodnotou akustické impedance přibližně 20 MRayl a útlumem 10 až 30 dB/cm.MHz, případně silikonová pryž, rovněž s vysokým akustickým útlumem (více než 30 dB/cm.MHz) a akustickou impedancí cca 1 MRayl. Tyto materiály jsou určeny pro pohlcení reziduálního ultrazvukového vlnění generovaného v opačném směru, jejich použití však není pro správnou funkci technického řešení podle tohoto technického řešení zcela nezbytné, může však zlepšovat navázání a přenos ultrazvuku generovaného piezoelektrickým měničem 1 do dalších částí zařízení.

Ve směru přivráceném k dutině 7 se ultrazvukové vlny generované piezoelektrickým měničem 1 šíří přes přizpůsobovací akustickou desku 16 dále do kapalného média 3 vyplňujícího uzavřenou dutinu 7. Přizpůsobovací akustická deska 16 má tloušťku jedné čtvrtiny vlnové délky ultrazvukového vlnění šířícího se v jejím materiálu, přičemž akustická impedance tohoto

materiálu má být blízká druhé odmocnině součinu akustických impedancí materiálu piezoelektrického měniče 1 a kapalného média 3, kterou je dutina 7 vyplněna. Jak již bylo výše vypočteno, akustická impedance materiálu přizpůsobovací akustické desky 16 by měla být optimálně kolem 9 MRayl, čemuž může odpovídat např. epoxidová pryskyřice tvrzená keramikou nebo pyrolytický uhlík. Při tomto technickém řešení prochází co největší podíl ultrazvukového vlnění do kapalného média 3 nacházející se v dutině 7 a vlnění odražené na rozhraní piezoelektrického měniče 1 a kapaliny 3 v dutině 7 se zároveň svým fázovým rozdílem ruší. Kapalným médiem 3 vyplňujícím dutinu 7 se tedy šíří ultrazvukové vlnění přímočaře ve směru svislé osy kruhového piezoelektrického měniče 1, neboť v kapalině se neuplatní příčné vlnění. Podélné ultrazvukové vlny narazí přitom na vnitřní plochu 8 vnějšího pláště 17. Tato vnitřní plocha 8 má tvar rotačního paraboloidu, a tudíž veškeré odražené vlnění je směřováno do ohniska paraboloidu. V tomto ohnisku je mezi dvojicí kruhových pružných podložek 12 uspořádána tenká membrána 13. Tato membrána 13 je mírně napjata tlakem kapalného média 3 vyplňující dutinu 7. Plnění dutiny 7 kapalným médiem 3 je zajištěno před sestavením vnějšího pláště 17, komory 2 a krycí matice 6 a mírný tlak kapalného média 3 zajišťuje předpětí membrány 13. Ultrazvukové vlnění odražené od vnitřní plochy 8 přímo do ohniska, v němž je umístěna membrána 13, se na tuto membránu 13 přenáší. Na této membráně 13 jsou mechanicky buzeny ultrazvukové kmity, které vybudí další šíření ultrazvukového vlnění v oblasti prstencovité prohlubně trychtýřovitého tvaru, vyplněné imerzní kapalinou 14 nebo gelem 14, kterým se ultrazvukové vlnění přenesou již přímo do léze na povrchu 15 těla pacienta, neboť právě maticí 11 s prstencovitou prohlubní je zařízení přiloženo na lézi. Tímto způsobem se v místě léze na povrchu 15 těla pacienta vytvoří významně vyšší plošná hustota intenzity ultrazvukového vlnění, přenášející lokálně potřebnou energii a zajišťující tak požadované terapeutické efekty. I při použití běžných piezoelektrických měničů 1 s obvyklým plošným výkonem určeným pro fyzikální terapii (řádově jednotky W/cm<sup>2</sup>) se v místě aplikace na vrcholu tvořeného otvorem 10 vnějšího pláště 17 ve tvaru rotačního paraboloidu dosáhne potřebného zesílení intenzity ultrazvukového vlnění.

Alternativně, oblast prstencovité prohlubně může být vyplněna aplikační poduškou zhotovenou jako pevné gelovité těleso (vyrobené např. z polydimethylsiloxanu, PDMS) nebo jako tenkostěnný plastový vak naplněný vhodnou kapalinou (glycerin, odplyněná voda, silikonový olej apod.). Tato poduška, zvláště je-li na obou styčných plochách s otvorem 10 i s povrchem 15 těla pacienta navlhčena, dovoluje pevné přilnutí a dobrý přenos fokusovaného ultrazvukového vlnění, jakož i částečnou možnost pohybu paraboloidem po lézi s cílem zasažení požadovaných míst léze fokusovaným ultrazvukovým vlněním.

Příklad 2: zařízení pro vytváření ultrazvuku vysoké lokální intenzity s výustkem

Zařízení ve druhém provedení znázorněném na obr. 6 a 7 je analogické zařízení podle prvního provedení popsaného výše, přičemž vnější plášť 17 je dále opatřen výustkem 9, kterým lze do, resp. Z dutiny 7 přivádět, resp. odvádět kapalně médium 3 podle potřeby. Na obr. 7 je znázorněno uspořádání dvojice pružných kruhových podložek 12 nad a pod membránou 13 v prostoru vnějšího pláště 17.

#### Průmyslová využitelnost

Zařízení poskytuje s využitím odrazu na stěnách rotačního paraboloidu ultrazvuk vysoké lokální intenzity, tedy značný ultrazvukový výkon aplikovaný na malou vymezenou plochu.

## NÁROKY NA OCHRANU

5

1. Zařízení pro vytváření ultrazvuku vysoké lokální intenzity, **vyznačující se tím**, že je tvořeno komorou (2) a vnějším pláštěm (17) vymezujícím dutinu (7), přičemž vnitřní plocha (8) vnějšího pláště (17) má tvar rotačního paraboloidu a dutina (7) vnějšího pláště (17) je uzpůsobena pro obsazení kapalného média (3), přičemž vnější plášť (17) je pomocí závitového spoje spojen s komorou (2), ve které je uspořádán piezoelektrický měnič (1) uložený mezi prvním „O“ kroužkem (4) a druhým „O“ kroužkem (5), na který dosedá krycí matice (6) spojená pomocí závitového spoje s komorou (2), přičemž mezi dutinou (7) a piezoelektrickým měničem (1) je dále uspořádána přizpůsobovací akustická deska (16), přičemž vnější plášť (17) je ve vrcholu ukončen otvorem (10), který je opatřen maticí (11) s prstencovitou prohlubní, ve které jsou uspořádány pružné kruhové podložky (12) upevňující membránu (13).

10

15

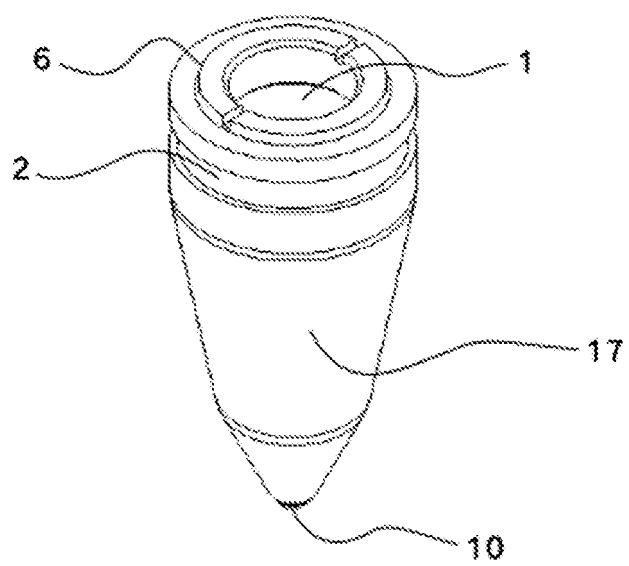
2. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že vnější plášť (17) je v blízkosti závitového spoje s komorou (2) dále spojen s výstkem (9) pro přívod a/nebo odvod kapalného média (3).

20

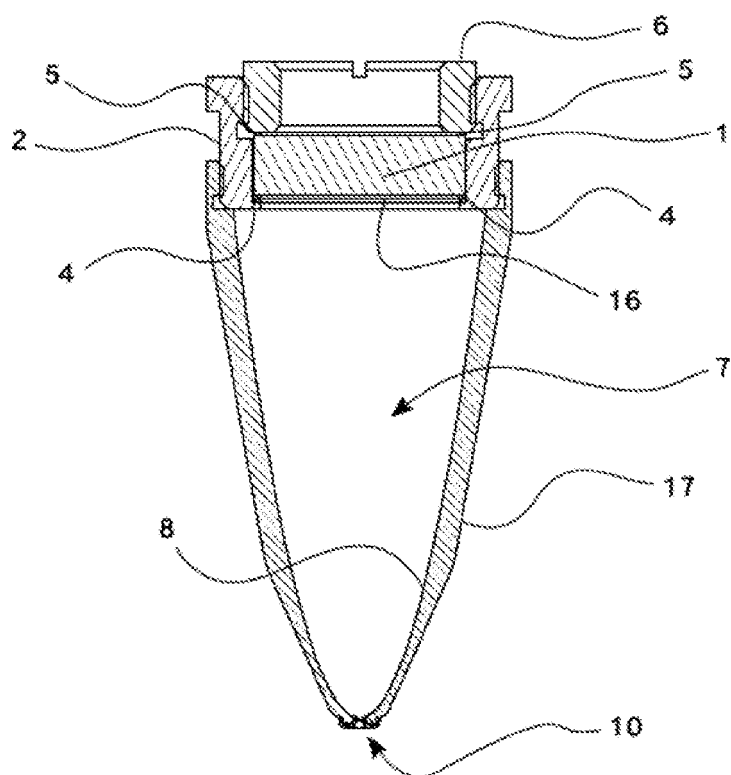
4 výkresy

## Seznam vztahových značek:

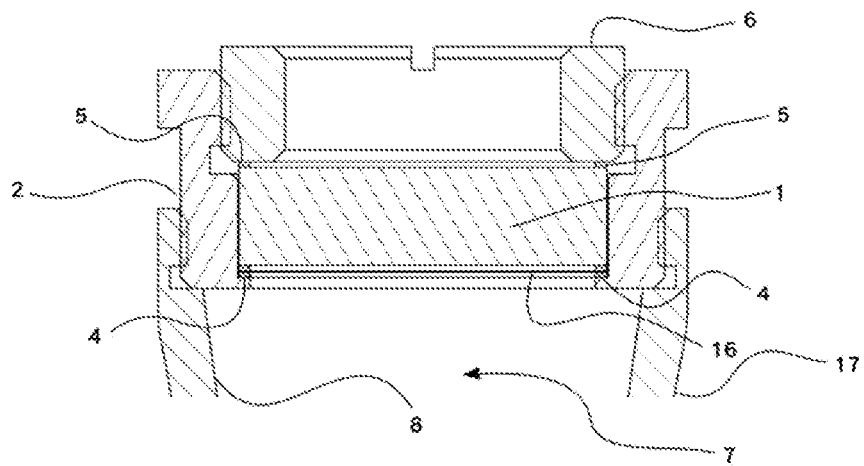
|    |    |                                   |
|----|----|-----------------------------------|
|    | 1  | piezoelektrický měnič             |
|    | 2  | komora                            |
| 5  | 3  | kapalné médium                    |
|    | 4  | první „O“ kroužek                 |
|    | 5  | druhý „O“ kroužek                 |
|    | 6  | krycí matice                      |
|    | 7  | dutina                            |
| 10 | 8  | vnitřní plocha vnějšího pláště 17 |
|    | 9  | výustek                           |
|    | 10 | otvor                             |
|    | 11 | matice s prstencovitou prohlubní  |
|    | 12 | pružná kruhová podložka           |
| 15 | 13 | membrána                          |
|    | 14 | imerzní kapalina nebo gel         |
|    | 15 | povrch těla pacienta              |
|    | 16 | přízpusobovací akustická deska    |
|    | 17 | vnější plášť.                     |
| 20 |    |                                   |



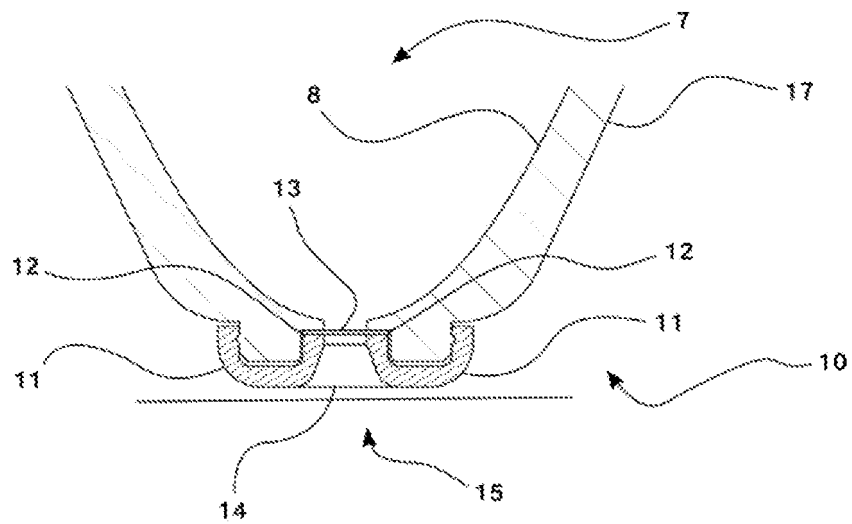
Obr. 1



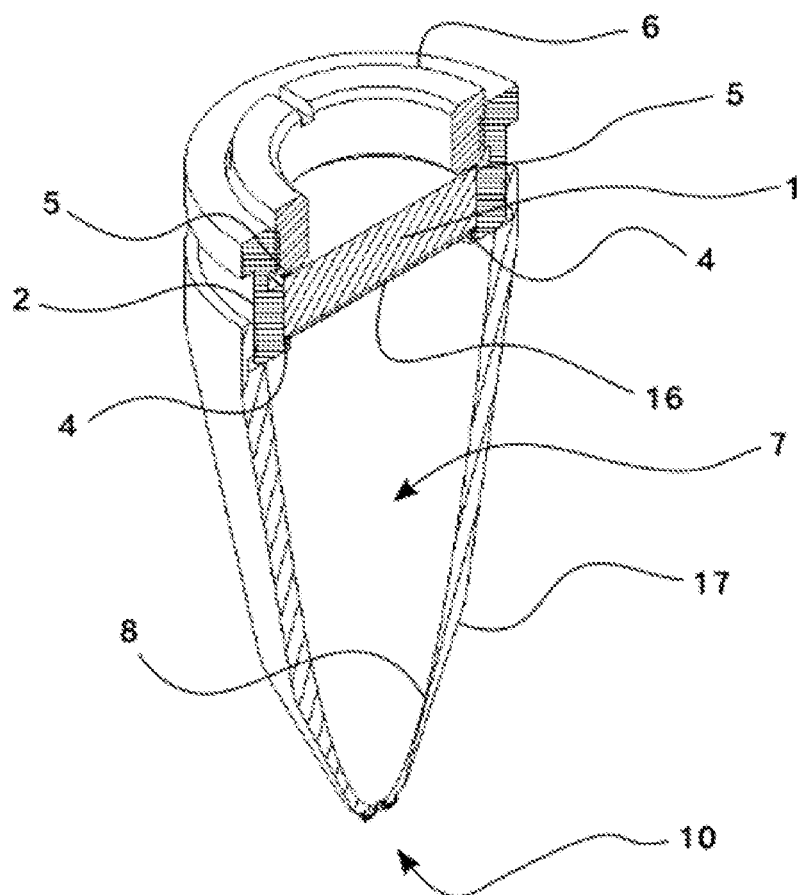
Obr. 2



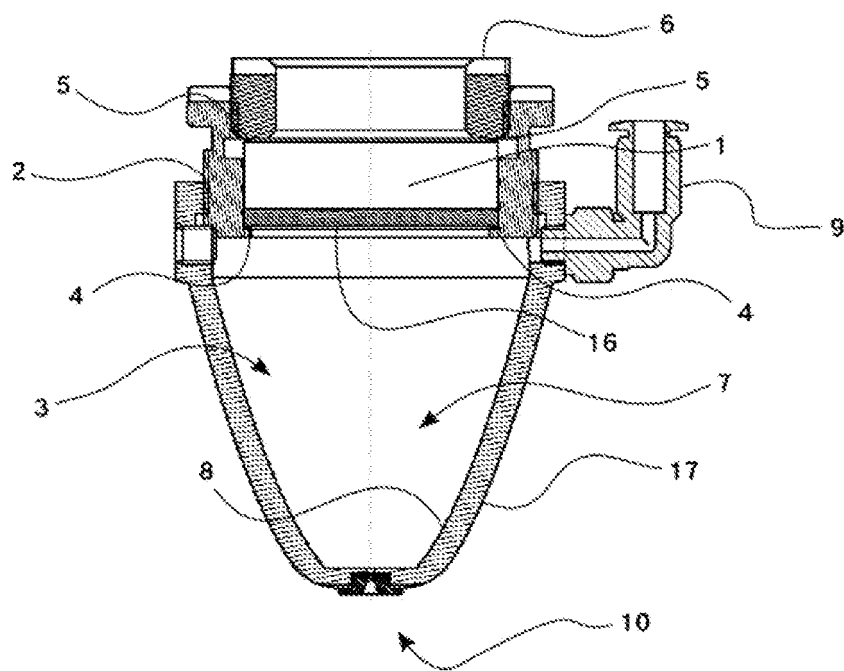
Obr. 3



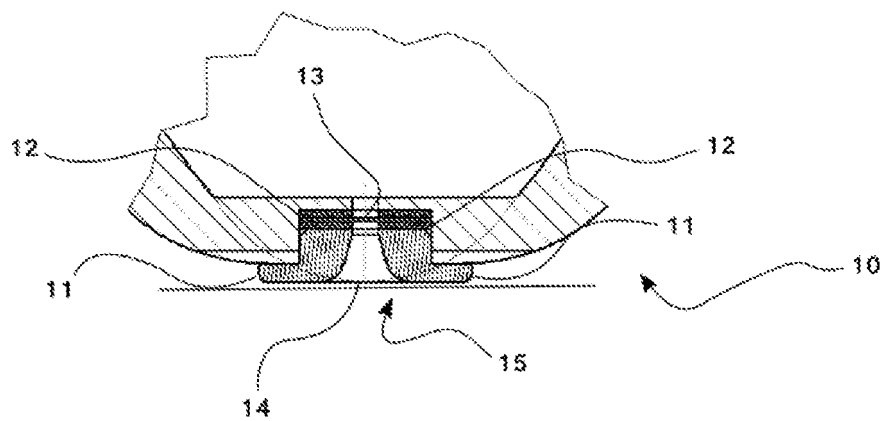
Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6



Obr. 7