

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

32 414

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

G01N 27/66 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2018-35218**
(22) Přihlášeno: **30.07.2018**
(47) Zapsáno: **10.12.2018**

- (73) Majitel:
Ústav experimentální medicíny AV ČR, v. v. i.,
Praha 4, Krč, CZ
- (72) Původce:
doc. Michal Vojtíšek, Ph.D., MSc, Praha 1, Nové
Město, CZ
Ing. Martin Pechout, Ph.D., Jablonec nad Nisou,
CZ
Ing. Jan Topinka, DSc., Čelákovice, Sedlčánky, CZ
- (74) Zástupce:
Ing. Dobroslav Musil, patentová kancelář, Ing.
Dobroslav Musil, Zábrdovická 801/11, 615 00
Brno, Zábrdovice

- (54) Název užitého vzoru:
**Zařízení k detekci koncentrace částic,
zvláště nanočástic**

CZ 32414 U1

Zařízení k detekci koncentrace částic, zvláště nanočástic

Oblast techniky

Technické řešení se týká zařízení k detekci koncentrace částic, zvláště nanočástic, zejména v ovzduší pracovního prostředí, které obsahuje ionizační komoru a čerpadlo k vytvoření průtoku vzorku ovzduší ionizační komorou.

Dosavadní stav techniky

Přítomnost nanočástic v ovzduší, tedy částic nestanoveného tvaru volně definovaných rozměrem menším než 100 nm, může představovat závažné nebezpečí pro lidské zdraví. Je to mimo jiné i proto, že v časovém měřítku evoluce jsou problémem poměrně novým, přičemž jsou převážně antropogenního původu. Tudíž lidský organismus není proti nim vybaven účinnými obrannými mechanismy. Vdechnuté nanočástice, zejména o velikosti do několika desítek nm, mají poměrně vysokou pravděpodobnost zachytu v plicních sklípcích, z nichž mohou pronikat do krevního oběhu. Významným zdrojem nanočástic jsou spalovací motory vozidel, díky kterým jsou koncentrace nanočástic ve venkovním ovzduší vysoké zvláště v okolí frekventovaných dopravních tahů.

V poslední době ale nabývají na významu i různé druhy průmyslově vyráběných nanočástic, které se tak mohou vyskytovat nejen ve venkovním prostředí, ale i v pracovních interiérech.

Lidské smysly mají jen omezené schopnosti nanočástice detekovat. Zvláště jedná-li se o nanočástice výrazně menší, než je vlnová délka viditelného světla, které jsou okem prakticky neviditelné. Dosud nejrozšířenějším měřítkem koncentrace nanočástic jejich celková hmotnost v daném prostoru, ta však má jen omezenou vypovídací hodnotu. V přítomnosti větších částic mohou nanočástice představovat jen zlomek celkové hmoty. Typickým příkladem je aerosol v městském prostředí. Rovněž tak detekce nanočástic pomocí rozptylu světla, která se využívá v kouřových detektorech a nízkonákladových ručních přístrojích, má rozumnou odezvu až u částic o průměru několika set nanometrů, tedy částic o velikosti srovnatelné s vlnovou délkou viditelného světla.

Dokument US 4053776 A se týká detektoru částic menších než mikron. Jedná se o triodový detektor s plynotěsným pouzdem, které obklopuje nabíjecí komoru s vnitřní a vnější elektrodou uspořádanou jako dvě obecně soustředné válcové elektrody. Pro dosažení symetrické oblasti bipolárního náboje poblíž vnitřní elektrody má tato elektroda radioaktivní zdroj s krytem, který omezuje efektivní dráhu vyzařovaných radioaktivních částic. Dále od této komory je třetí elektroda, která se používá k shromažďování sekundárního proudu, když do něj zasahují nabitě částice. Zařízení obsahuje obvod měřící tento sekundární proud, který přináší požadovanou informaci o detekovaných částech. Zařízení dále obsahuje systém čerpadel pro přemísťování okolního vzduchu do komory a do sběrné elektrody.

Dokument US 4035788 zveřejňuje detektor požáru, kterým je signalizován stav odpovídající počátku požáru. Před zapálením se vytváří velká počáteční hmota s koncentrací částic menších než pět mikronů. Detektor tyto částice shromažďuje, přičemž větší částice odmítá. Shromažďované částice jsou řízeným způsobem vedeny do ionizační komory, kde se koncentrace částic měří.

Detektor ionizačních částic popsáný v dokumentu US 4150373 obsahuje ionizační komoru, která má dvě oblasti intenzity elektrického pole. První oblast má malý geometrický objem s vysokou intenzitou elektrického pole, druhá oblast má velký geometrický objem s nízkou intenzitou elektrického pole. Radioaktivní zdroj pro vytváření iontů je umístěn v blízkosti jedné elektrody, zatímco druhá elektroda tvoří stěny komory, přičemž je umístěna tak, že stěny se nacházejí

v blízkosti ionizační špičky detektoru. Mezi uvedenými dvěma oblastmi je umístěna sonda pro detekci maximální změny elektrického pole, když částice vstupují do komory.

5 Ionizační komora upravená pro vzorkování a využití k detekci částic ve výfukových plynech spalovacích motorů je známa z dokumentu CZ 303756. Otevřená část ionizační komory je zde vložena ve výfukovém potrubí, a tak přímo vystavena proudění výfukových plynů.

10 Výše uvedená zařízení k detekci koncentrace nanočástic v okolním ovzduší podle dosavadního stavu techniky vycházejí z konstrukcí kouřových detektorů. Jejich znakem je jednoduchost a relativně malá citlivost, která spolehlivě postačuje pro detekci vysokých koncentrací částic při požáru již při jeho počátku. Pro provádění kvantitativních měření je použit nelze. Nepoužitelné jsou i pro detekci koncentrací nanočástic škodlivých pro lidské zdraví, neboť velikost těchto nanočástic je výrazně menší, než je vlnová délka viditelného světla.

15 Cílem technického řešení je navrhnout kompaktní přenosné detekční zařízení, které by bylo schopné nanočástice extrémně malých rozměrů detekovat, přičemž by umožnilo zjednodušit způsob provádění jejich detekce, a přitom zajistilo dosažení objektivních výsledků s vysokou spolehlivostí měření.

20

Podstata technického řešení

Cíle technického řešení je dosaženo zařízením k detekci koncentrace částic, zvláště nanočástic, které obsahuje ionizační komoru tvořící kompaktní celek s přístrojovým blokem, přičemž 25 podstatou tohoto zařízení je to, že v obvodových stěnách ionizační komory jsou vstupní otvory, kterými je vnitřní prostor ionizační komory spojený s okolním prostředím, nebo je ionizační komora zapouzdřená a opatřená vstupním potrubím pro přívod vzorku, přičemž je ionizační komora spojena propojovacím otvorem s přístrojovým blokem, v jehož skříni je umístěno čerpadlo s předřazeným filtrem, přičemž čerpadlo má řízené proměnné otáčky a volitelný smysl 30 otáček, přičemž výstupní potrubí čerpadla je vyvedeno stěnou přístrojového bloku mimo přístrojový blok, přičemž přístrojový blok dále obsahuje blok snímačů tlaku a/nebo teploty a/nebo relativní vzorku a řídicí elektroniku spřaženou s elektrickým akumulátorem.

35

Výstupní potrubí čerpadla je v jednom provedení vyvedeno do okolního prostředí.

Alespoň na jedné vnitřní obvodové stěně zapouzdřené ionizační komory je uložen oxidační katalyzátor. To umožňuje detekovat pouze nevolatilní částice, a naopak potlačit detekci semivolatilelních částic vytvořených nukleací volatilních nebo semivolatilelních látek přítomných v plynné fázi.

40

Stěny zapouzdřené ionizační komory obsahují plošnou tepelnou izolaci s vytápěním.

K výstupnímu potrubí z čerpadla je připojen zásobník. Čerpadlo je opatřeno přepínačem polarity jeho přívodních vodičů. Zásoba nulovacího plynu přivedeného po vyčištění filtru do zásobníku 45 slouží k provádění nulování po obrácení chodu čerpadla. Čerpadlo je k tomuto využití opatřeno přepínačem polarity jeho přívodních vodičů.

Objasnění výkresů

50

Příkladná provedení zařízení k detekci koncentrace nanočástic podle technického řešení, zvláště koncentrace nanočástic v ovzduší pracovních a jim podobných prostředích, jsou schematicky znázorněna na výkrese, kde je na obr. 1 základní provedení zařízení a na obr. 2 a 3 první a druhé alternativní provedení zařízení podle technického řešení.

55

Příklady uskutečnění technického řešení

Základní příkladné provedení technického řešení je na obr. 1 jako jeho 1. varianta. Jeho základní částí je známá ionizační komora 11, která je svým dnem pevně spojena se stropem přístrojového bloku 12. Základní části ionizační komory 11 jsou elektrody, které jsou pro názornost a úplnost označeny jen v obr. 1. V ionizační komoře 11 je shora umístěna horní elektroda 101, na níž je nalepen radioaktivní zdroj 102. Pod ním umístěna střední elektroda 103 s kruhovým otvorem 104. Na dně ionizační komory 11 je uspořádána dolní elektroda 105 s kruhovým otvorem 106. V obvodových stěnách ionizační komory 11 jsou vstupní otvory 111, kterými je vnitřní prostor ionizační komory 11 spojen s okolním prostředím. Ve dnu ionizační komory 11 a stropu přístrojového bloku 12 je propojovací otvor 112, kterým prochází výstupní potrubí 113 z ionizační komory 11. Sama o sobě známá ionizační komora 11 je blíže neznázorněna a nezobrazena.

Ve skříni 120 přístrojového bloku 12 je umístěn filtr 121, čerpadlo 122, blok 123 snímačů, řídicí elektronika 124 a elektrický akumulátor 125. Blok 123 snímačů obsahuje alespoň jeden ze snímačů teploty a/nebo tlaku a/nebo vlhkosti a/nebo průtoku vzorku. Výstupní potrubí 113 z ionizační komory 11 je v přístrojovém bloku 12 rozvětveno, přičemž k jedné větvi jsou připojeny výše uvedené neznázorněné snímače v bloku 123 snímačů a druhá větev je připojena na vstup filtru 121. V příkladném provedení je filtrem 121 známý filtr HEPA.

Výstup z filtru 121 je připojen na vstup čerpadla 122, jehož výstupním potrubím 126 se změřený vzorek vzduchu vyčištěný filtrem 121 vrací do okolního prostoru, nebo alternativně do schematicky znázorněného zásobníku 127.

Řídicí elektronika 124 obsahuje níže uvedené a blíže neznázorněné prostředky k přívodu elektrické energie z elektrického akumulátoru 125 k elektricky napájeným částem zařízení, tedy silové vedení k pohonu a řízení otáček čerpadla 121 a datové vedení k neznázorněným uživatelským rozhraním pro zapínání a vypínání zařízení, nastavování parametrů, kalibraci nuly (nulování) a rozsahu a zobrazování dat a stavu zařízení. Kalibraci nuly (dále jen nulování) se rozumí přivedení vzorku s nulovou koncentrací měřené látky (zde částic), a kalibraci rozsahu (dále jen kalibraci) se rozumí přivedení vzorku se známou koncentrací měřené látky.

Na obr. 2 je zobrazena 2. varianta zařízení 2 podle technického řešení určená pro vzorkování z uzavřených prostor nebo z určitého místa například při zjišťování míst úniku částic. V dalším textu jsou prostředky zařízení 2 prakticky stejné s prostředky zařízení 1 a mají analogické vztahové značky s tím, že první číslicí je „2“. Ionizační komora 21 není v tomto případě otevřena do okolní atmosféry, ale je zapouzdřena, přičemž je pro přívod vzorku opatřena vstupním potrubím 211. Na výstupní otvor 212 z ionizační komory 21 navazuje výstupní potrubí 213, na které dále navazují prostředky přístrojového bloku 22, které jsou v jeho skříni 220 uspořádány stejně, jako prostředky zařízení 1 z obr. 1. Výstupní potrubí 226 z čerpadla 222 je opatřeno neznázorněným ventilem, kterým může být připojeno do vstupního potrubí 211 přivádějícího vzorek do ionizační komory 21 nebo do zásobníku 127 (viz dále popis nulování).

Na obr. 3 je 3. varianta zařízení 3 podle technického řešení. Vztahové značky prostředků zařízení 3 stejných nebo obdobných jako u zařízení 1 nebo 2 začínají číslicí „3“.

Ionizační komora 31, která je podobně jako ionizační komora 21 zapouzdřena a opatřena vstupním potrubím 311 pro přívod vzorku. Uvnitř ionizační komory 31 jsou na jejích vnitřních obvodových stěnách upevněny deskové oxidační katalyzátory 314.

Vnitřní prostor ionizační komory 31 je tepelně izolován a její stěny jsou opatřeny vytápěním 315, které přednostně vyhřívá stěny a blíže nepopsané kovové elektrody ionizační komory 31. Místo

katalyzátoru 314 je možné využít i jiné příslušné zařízení pohlcující nebo přeměňující nežádoucí složky vzorku.

K dosažení cíle technického řešení je nutné pravidelně kalibrovat zařízení na nulové koncentrace částic při zachování ostatních parametrů vzorkovaného vzduchu. K tomu je do vzorkovací trati zařazen alespoň jeden neznázorněný přepínací ventil, který umožní při kalibraci na nulovou koncentraci přivádět do ionizační komory 11, 21, 31 filtrovaný vzorek nebo nulovací plyn. U přístrojů využívajících difúzní nabíječe je možné provádět nulování vypnutím napájení nabíječe vytvářejícího na částicích elektrický náboj. Toto „vypnutí“ ovšem nelze provést při použití radioaktivního zdroje, který je vzhledem k difúzním nabíječům jednodušší, stabilnější a energeticky méně náročný.

Z hlediska úspory místa, hmotnosti i spotřeby energie a rovněž z hlediska minimalizace ztrát vzorku je výhodné, když stejného cíle může být dosaženo bez přepínacího ventilu. To je u zařízení podle technického řešení řešeno tím, že mezi výstup ionizační komory 11, 21, 31, a vstup do čerpadla 122, 222, 322 je zařazen vysoce účinný filtr 121, 221, 321, a za čerpadlo 122, 222, 322 je pro provedení nulování připojen zásobník 127, 227, 327 odčerpaného vzorku. Nulování je v takovém případě provedeno obrácením chodu čerpadla 122, 222, 322, kdy ionizační komorou 11, 21, 31 protéká filtrovaný vzorek ze zásobníku 127, 227, 327. K obrácení chodu čerpadla například v případě čerpadla 122, 222, 322 poháněného stejnosměrným motorem postačí změna polaritý přívodních vodičů. Zásobníkem odčerpaného vzorku může být také výstupní potrubí přístroje, a v případě měření ve volném prostoru také celé okolní prostředí.

Výše uvedený způsob nulování přístroje rovněž umožňuje kompenzovat vlivy teploty, barometrického tlaku, relativní vlhkosti, plyných látek, a dalších faktorů, včetně vlivu průtoku, který se může měnit například s napětím na čerpadle nebo zanesením filtru. Zejména při měření ve volném prostoru tak přístroj může periodicky měnit směr průtoku vzorku, čímž bude udržována kalibrace nuly na aktuální podmínky. Je-li zároveň úroveň signálu při každém nulování průběžně ukládána a vyhodnocována, je možné určit proměnlivost signálu při nulových koncentracích částic pro dané prostředí, a tím i provést odhad nejistoty měření a detekčního limitu pro dané prostředí, a rovněž upravit četnost a délku nulování. Průběžné vyhodnocování nulového signálu rovněž umožňuje detekovat neočekávaný posun nuly a označit či upravit data naměřená mezi současným a předchozím nulováním; je například vhodné upozornit uživatele, že právě měřením zjištěná nadměrná koncentrace částic může být důsledkem tzv. artefaktu měření (odezvě měřicí aparatury na jiný jev než ten, jehož sledování je cílem měření).

Měřicí přístroje je rovněž vhodné kalibrovat, zpravidla vhodným etalonem. Například pro detektory plynů je použit kalibrační plyn se známou koncentrací měřené látky. Pro měření částic je taková kalibrace obtížná, protože u částic suspendovaných ve vzduchu dochází k jejich koagulaci (shlukování) a usazování na povrchu vlivem difúze a vlivem gravitace. Kalibrace zařízení pro měření koncentrace částic zpravidla spočívá ve výrobě aerosolu (částic suspendovaných v plynu), jeho úpravě (např. sušení, zředění, vytržení částic požadované velikosti), a následném paralelním měření testovaným a referenčním přístrojem.

Odezva ionizační komory na koncentrace částic je exponenciální s negativním exponentem, změna odezvy na změnu koncentrace částic se tak se zvyšující se koncentrací částic snižuje, a při vysokých koncentracích částic již není měřením rozlišitelná (saturace komory). Průběžnou kalibraci měřícího rozsahu komory tak lze provádět vzorkováním relativně velmi vysokých koncentrací částic, při které dojde k saturaci komory, například z nedokonalého spalování. Příkladem může být vzorkování kouře z vonné tyčinky nebo jiného jednoduchého, praktického a v terénu použitelného zdroje.

Periodickou kalibraci nuly a saturace komory lze kompenzovat podstatnou část vlivů, které by jinak musely být ošetřeny stabilizací (regulace čerpadla za účelem dosažení konstantního průtoku vzorku) nebo kompenzací (například teplota, tlak, vlhkost).

- Z hlediska selektivity přístroje pro nanočástice je výhodné, když prostorem kolem měřicí elektrody neprotéká hlavní proud vzorku, nýbrž hlavní proud vzorku je veden mimo, a do měřicího prostoru komory se dostávají částice pouze difúzí, neboť je známo, že větší částice mají tendenci sledovat hlavní proud, zatímco menší částice mají větší tendenci šířit se difúzí všemi směry. Závislost odezvy přístroje na velikost částice lze upravit vhodnou volbou geometrie a průtoku, a během měření nastavit změnou průtoku, které lze dosáhnout regulací výkonu motoru čerpadla.
- Pro případnou následnou analýzu je rovněž výhodné, když filtr, kterým protéká vzorek z komory do čerpadla, je standardních rozměrů a typu, aby mohl být snadno jak měněn, tak využit pro zjištění fyzikálních a chemických vlastností nashromážděných částic.
- V některých případech může být výhodné detekovat pouze nevolatilní částice, a naopak potlačit detekci semivolatilelních částic vytvořených nukleací volatilních nebo semivolatilelních látek přítomných v plynné fázi. Například při měření venkovních koncentrací částic z lokálních topenišť nebo spalovacích motorů může být měření ovlivněno volatilními částicemi vzniklými samovolnou nukleací při určité kombinaci atmosférických podmínek. V takovém případě je výhodné semivolatilelní částice odpařit při zvýšené teplotě, a/nebo například v případě organických látek zoxidovat v oxidačním katalyzátoru. Pro tyto účely může být ionizační komora provedena ve vyhřívané verzi, kdy těleso komory a/nebo přívod vzorku jsou vyhřívány topným tělesem, a komora je od zbytku přístroje tepelně izolována. Je výhodné, když je vyhříván přímo vnější kovový obal komory a měřicí elektrody, protože díky termoforetickému jevu se teplé části méně zanášejí částicemi. Součástí vyhřívané části může být i katalyzátor, přes který vzorek prochází při vstupu do ionizační komory, pro oxidaci organických plynných látek.

NÁROKY NA OCHRANU

1. Zařízení (1, 2, 3) k detekci koncentrace částic, zvláště nanočástic, zejména v ovzduší pracovního prostředí, obsahující ionizační komoru (11, 21, 31) a čerpadlo (122, 222, 322) k vytvoření průtoku vzorku ovzduší ionizační komorou (11, 21, 31), **vyznačující se tím**, že v obvodových stěnách ionizační komory (11, 21, 31) jsou vstupní otvory (111), kterými je vnitřní prostor ionizační komory (1) spojený s okolním prostředím, nebo je ionizační komora (21, 31) zapouzdřená a opatřena vstupním potrubím (211, 311) pro přívod vzorku, přičemž ionizační komora (11, 21, 31) tvoří kompaktní celek s přístrojovým blokem (12, 22, 32), s nímž je spojena propojovacím otvorem (112, 212, 312), přičemž ve skříni (120, 220, 320) přístrojového bloku (12, 22, 32) je umístěno čerpadlo (122, 222, 322) s předřazeným filtrem (121, 221, 321), přičemž čerpadlo (122, 222, 322) má řízené proměnné otáčky a volitelný smysl otáček, přičemž výstupní potrubí (126, 226, 326) čerpadla (122, 222, 322) je vyvedeno stěnou přístrojového bloku (12, 22, 32) mimo přístrojový blok (12, 22, 32), přičemž přístrojový blok (12, 22, 32) dále obsahuje blok (123, 223, 323) snímačů tlaku a/nebo teploty a/nebo relativní vlhkosti vzorku, a řídicí elektroniku (124, 224, 324) spřaženou s elektrickým akumulátorem (125, 225, 325).
2. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že výstupní potrubí (126) čerpadla (122) je vyvedeno do okolního prostředí.
3. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že alespoň na jedné vnitřní obvodové stěně zapouzdřené ionizační komory (31) je uložen oxidační katalyzátor (314).
4. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že stěny zapouzdřené ionizační komory (31) obsahují plošnou tepelnou izolaci s vytápěním (315).

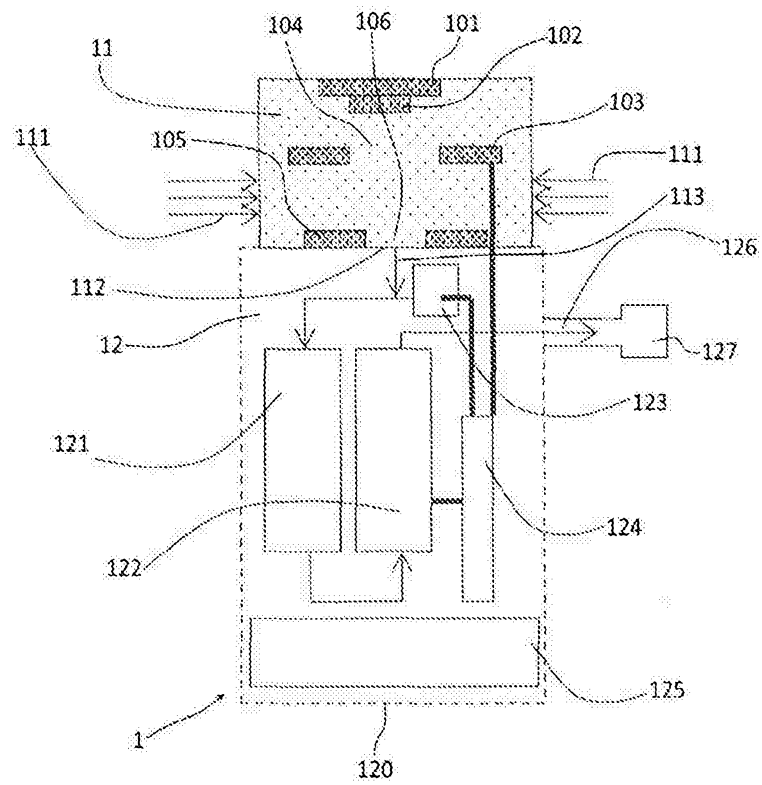
5. Zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že k výstupnímu potrubí (126, 226, 326) z čerpadla (122, 222, 322) je připojen zásobník (127, 227, 327).
- 5 6. Zařízení podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že čerpadlo (122, 222, 322) je opatřeno přepínačem polaritý jeho přívodních vodičů.

3 výkresy

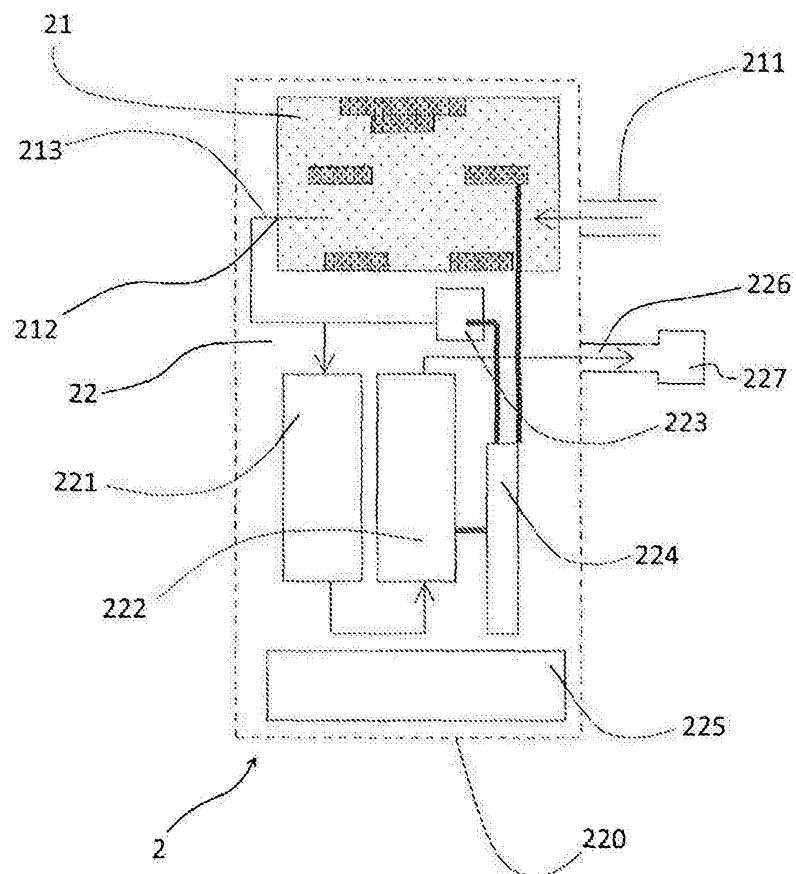
Seznam vztahových značek:

- 1 zařízení k detekci koncentrace nanočástic (základní provedení - 1. varianta)
- 101 horní elektroda
- 102 radioaktivní zdroj
- 103 střední elektroda
- 104 otvor ve střední elektrodě
- 105 dolní elektroda
- 106 otvor v dolní elektrodě
- 11 ionizační komora
- 111 vstupní otvor do ionizační komory
- 112 propojovací otvor mezi ionizační komorou a přístrojovým blokem
- 113 výstupní potrubí z ionizační komory
- 12 přístrojový blok
- 120 skříň přístrojového bloku
- 121 filtr
- 122 čerpadlo
- 123 blok snímačů
- 124 řídící elektronika
- 125 elektrický akumulátor
- 126 výstupní potrubí z čerpadla
- 127 zásobník (pro provádění nulování)
- 2 zařízení k detekci koncentrace nanočástic (2. varianta)
- 21 ionizační komora
- 211 vstupní potrubí do ionizační komory
- 212 propojovací otvor mezi ionizační komorou a přístrojovým blokem
- 213 výstupní potrubí z ionizační komory
- 22 přístrojový blok
- 220 skříň přístrojového bloku
- 221 filtr
- 222 čerpadlo
- 223 blok snímačů
- 224 řídící elektronika
- 225 elektrický akumulátor
- 226 výstupní potrubí z čerpadla
- 227 zásobník (pro provádění nulování)
- 3 zařízení k detekci koncentrace nanočástic (3. varianta)
- 31 ionizační komora
- 311 vstupní potrubí do ionizační komory
- 312 propojovací otvor mezi ionizační komorou a přístrojovým blokem
- 313 výstupní potrubí z ionizační komory
- 314 oxidační katalyzátor
- 315 vytápění (ionizační komory)
- 32 přístrojový blok
- 320 skříň přístrojového bloku
- 321 filtr
- 322 čerpadlo

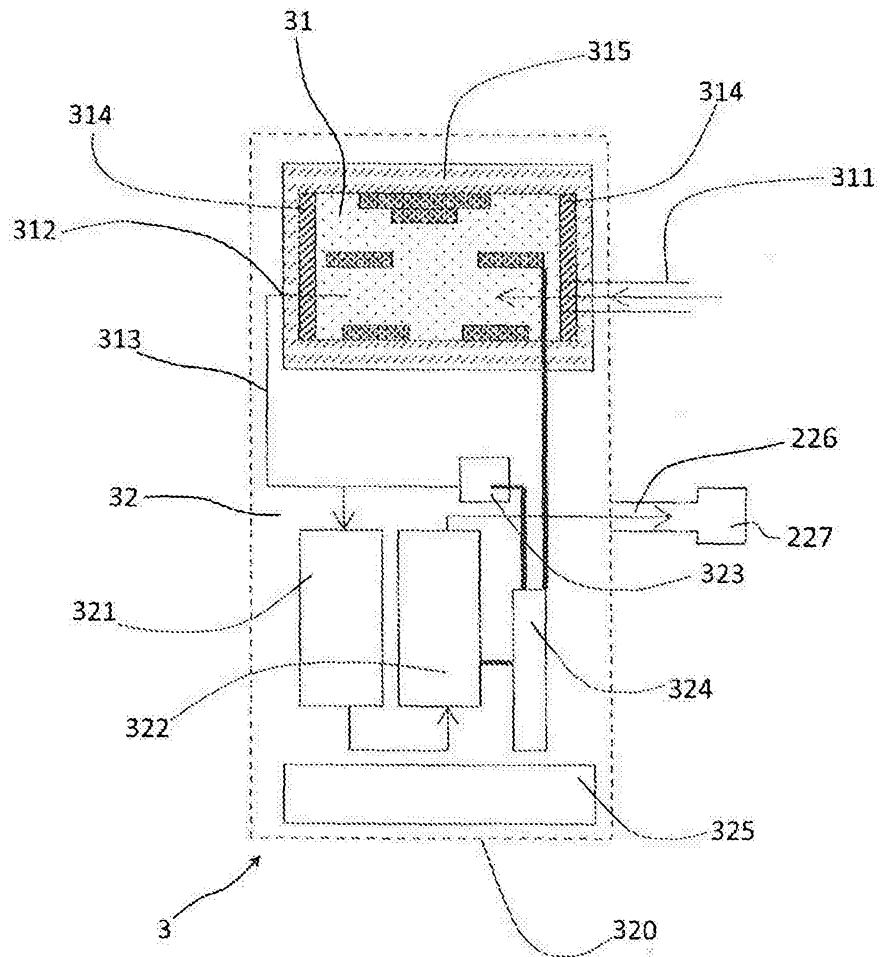
- 323 blok snímačů
- 324 řídicí elektronika
- 325 elektrický akumulátor
- 326 výstupní potrubí z čerpadla
- 327 zásobník (pro provádění nulování)



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3