

# UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

## 27 018

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

**G01N 21/64** (2006.01)

**G01N 33/14** (2006.01)

**C07C 49/12** (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2013-29018**  
(22) Přihlášeno: **28.12.2013**  
(47) Zapsáno: **10.06.2014**

(73) Majitel:  
Univerzita Karlova v Praze, Matematicko- fyzikální  
fakulta, Katedra chemické fyziky a optiky, Praha,  
CZ  
Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s.,  
Praha, CZ  
Centec automatika, spol. s.r.o., Praha, CZ

(72) Původce:  
doc. RNDr. Juraj Dian, CSc., Praha - Modřany, CZ  
RNDr. Miroslav Dienstbier, Praha, CZ  
Ing. Jiří Flégl, Praha, CZ  
Lukáš Adam, Praha - Řepy, CZ

(74) Zástupce:  
Ing. Václav Kratochvíl, Husníkova 2086/22, 158 00  
Praha

(54) Název užitého vzoru:  
**Automatizované měřicí zařízení pro  
fotoluminiscenční optickou detekci diacetylů  
a jiných těkavých organických látek v  
plynné směsi**

CZ 27018 U1

## Automatizované měřicí zařízení pro fotoluminiscenční optickou detekci diacetylů a jiných těkavých organických látek v plynné směsi

### Oblast techniky

Technické řešení se týká měření fotoluminiscenční odezvy sensorového pole pro semikvantitativní detekci diacetylů a jiných chemických látek v plynné směsi. Řešení vychází ze současného měření sensorové odezvy jednotlivých prvků sensorového pole, které se liší typem molekul navázaných na jejich povrchu. Navázané molekulární systémy různě interagují se složkami plynné směsi a vhodným způsobem mění sensorovou odezvu jednotlivých sensorových prvků. Určení koncentrace sledované složky v plynné směsi je umožněno dostatečným počtem prvků sensorového pole. Vlastní způsob detekce fotoluminiscenčního signálu vychází z optimalizace optického buzení sensorových prvků, sběru fotoluminiscenčního signálu a jeho elektronického zpracování. Automatizované měřicí zařízení řeší opakovatelný způsob přípravy a dávkování plynné směsi pro analýzu, vlastní průběh měření sensorové odezvy a následné vyhodnocení sensorové odezvy. Řešení bere v úvahu teplotní závislost sensorové odezvy a rušivý vliv kyslíku ve vzduchu na fotoluminiscenční odezvu sensorových prvků.

### Dosavadní stav techniky

Diacetyl (butan-2,3-dion) je vicinální diketon, který se vytváří jako vedlejší produkt při kvašení piva a vína. Při výrobě piva vzniká při kvašení z acetaldehydu a kyseliny pyrohroznové kyselina acetylmléčná, jejímž oxidačním produktem je právě diacetyl. Diacetyl je odpovědný za „máselnou“ chuť piva a jeho přítomnost zhoršuje chuť těchto nápojů již v koncentracích 100 ppb. V klasické technologii výroby piva se diacetyl odstraňuje delším ležením piva – tzv. diacetylová pauza, nebo zahřátím. V dnešní době je převážně využívána technologie výroby piva v cylindricko-kónických tancích, která umožňuje vhodnou volbou podmínek výrazné zkrácení doby kvašení. Pokles obsahu diacetylů pod danou hodnotu je jedním z ukazatelů konce kvašení a znalost jeho koncentrace umožňuje optimalizovat dobu ukončení kvašení.

V současnosti se pro stanovení obsahu diacetylů v pivu standardně využívají dvě metody – plynová chromatografie a spektrofotometrie. Chromatografie, klasická nebo GC/MS verze, využívá pro stanovení obsahu diacetylů vzorek plynné fáze, která je v rovnováze nad hladinou kapaliny. Plynná směs je po nástřiku do plynového chromatografu separována a detegována na výstupu. Kalibrací pomocí standardů diacetylů lze pomocí elučních časů přiřadit jednotlivé píky vicinálních diketonů a ze srovnání výšky nebo plochy příslušných elučních křivek určit koncentraci diacetylů. Spektrofotometrické stanovení je založeno na reakci vicinálních diketonů s o-fenylendiaminem. Diacetyl se ze vzorku piva oddestiluje a množství vzniklých derivátů chinoxalinu se měří spektrofotometricky při vlnové délce 335 nm. Nevýhodou obou uvedených postupů je jejich časová náročnost a potřeba školené obsluhy.

Kromě uvedených dvou nejběžnějších metod stanovení diacetylů v pivu byly v posledních letech testovány následující dvě metody. V první se využívá biosenzor pro stanovení diacetylů enzymatickou redukcí diacetyl reduktázou. V průběhu enzymatické reakce se mění koncentrace NADPH, pomocí které se určuje koncentrace diacetylů. Koncentrace NADPH se určuje amperometricky nebo spektrofotometricky. Sensorová část detekčního zařízení je schopna pracovat cca 45 dní a poskytne 30 analýz s chybou kolem 5 a 14 % (L. Vann, J.D. Sheppard, Development of a biosensor for measurements of diacetyl in beer, Transactions of the ASAE 48 (2005) 2223-2228). Druhý testovaný postup využívá voltametrické stanovení produktu reakce diacetylů a o-fenylendiaminu. Výsledný produkt –2,3-dimethylchinoxalin – se stanoví adsorpční stripping voltametrií využitím upravené elektrochemické cely (P.G. Rodrigues et al., Automatic Flow System with Voltammetric Detection for Diacetyl Monitoring during Brewing Process, J. Agric. Food Chemistry 50 (2002) 3647-3653). Zařízení dosahuje přesnosti stanovení až 5 ppb.

## Podstata technického řešení

Předkládané řešení je založeno na využití závislosti fyzikálních a chemických vlastností nanostrukturního křemíku na přítomnosti chemických látek. Použitý materiál je porézní křemík – pod tímto názvem se rozumí nanostrukturní křemík v porézní matici, který vzniká v průběhu řízeného elektrochemického leptání krystalického křemíku. Připravené vrstvy o tloušťce jednotek až desítek mikrometrů jsou tvořeny porézní strukturou, která obsahuje křemíkové nanokrystaly. Nanokrystaly křemíku vykazují při pokojové teplotě silnou fotoluminiscenci v oblasti cca 500 až 900 nm a porézní struktura materiálu umožňuje účinnou sorpci par uvnitř materiálu, což činí porézní křemík velmi citlivý materiál pro konstrukci senzorů chemických látek.

Princip fotoluminiscenční detekce spočívá v absorpci budícího světla v daném materiálu a následné emisi světla o nižší energii, tj. větší vlnové délce. Intenzita a spektrální složení fotoluminiscence jsou charakteristické pro daný materiál a závisí na celé řadě fyzikálních parametrů, jakož i na přítomnosti chemických látek.

V důsledku přítomnosti křemíkových nanokrystalů a své morfologii umožňuje porézní křemík fotoluminiscenční detekci velmi nízkých koncentrací organických těkavých látek v plynné fázi. Pro detekci se využívá zejména zhášení fotoluminiscence, tj. snížení intenzity fotoluminiscence, v přítomnosti chemických látek. Princip zhášení fotoluminiscence porézního křemíku v přítomnosti jednoduchých chemických látek spočívá v kapilární kondenzaci par v porézní matici a následném dielektrickém zhášení excitonu. Velikost zhášení fotoluminiscence je tedy určena jednak fyzikálně chemickými charakteristikami jednak dielektrickou konstantou detekované chemické látky.

Pro rozlišení sledované chemické látky od ostatních složek směsi je nutné do procesu detekce zavést rozpoznávací člen, jehož interakce s detekovanou látkou změní senzorovou odezvu. V ideálním případě specifické interakce rozpoznávacího členu na sledovanou látku je úkol určení koncentrace sledované látky v plynné směsi vyřešen. Při detekci malých molekul dochází k interakci rozpoznávacího členu s širší skupinou látek, nejčastěji na základě interakce s danou funkční skupinou nebo podle velikosti molekul. V důsledku částečné selektivity rozpoznávacího členu je potřeba realizovat senzorové pole s prvky vyznačujícími se různou interakcí se sledovanými složkami plynné směsi. Zavedení rozpoznávacího členu se nejčastěji realizuje povrchovou modifikací senzorového materiálu – funkcionalizací.

Selektivita fotoluminiscenční senzorové odezvy prvků senzorového pole pro stanovení diacetylu v plynné fázi je řešena pomocí funkcionalizace povrchu porézního křemíku chemickými sloučeninami s různými typy funkčních skupin, případně látkami vykazujícími různý typ molekulárního rozpoznávání. Měřicí zařízení pro detekci diacetylu je založeno na principu elektronického nosu – senzorového pole o dostatečném počtu členů s různým typem povrchu vzhledem k interakci s detekovanými látkami.

Fotoluminiscenční detekce diacetylu v má hlavní uplatnění pro určení konce kvašení piva. Koncentrační mez, kterou je nutné při tomto procesu kontrolovat, je cca 100 ppb. Pro tuto koncentrační mez je nezbytné optimalizovat jak parametry senzorových vrstev, tak typ funkcionalizace povrchu tak i počet senzorových prvků. Další optimalizaci vyžaduje samotné měřicí zařízení, které musí řešit následující problémy při detekci diacetylu v plynné fázi.

Detekce nízkých koncentrací diacetylu v plynné fázi odpovídá nutnosti dostatečně přesného měření malých změn fotoluminiscenčního signálu. Problémem při detekci fotoluminiscenčního signálu je obecně přítomnost rozptýleného světla a potřeba zpracování relativně slabých elektronických signálů. Tyto skutečnosti kladou zvýšené nároky na měřicí aparaturu pro měření diacetylu. Při realizaci pole senzorových prvků, které jsou zpravidla spolu propojeny, může docházet k dalším rušivým vlivům, zejména šíření rozptýleného světla od jednoho senzorového prvku k ostatním. Další problém představuje elektronická interference detekovaného fotoluminiscenčního signálu s obvody buzení světelných diod.

Fotoluminiscence látek obecně závisí na teplotě. S teplotou souvisí rovněž množství látky, které je adsorbováno v porézní vrstvě senzorového materiálu. Při měření malých změn fotoluminiscen-

čního signálu v plynné fázi se proto teplota projevuje dvojím způsobem je proto nezbytné zabezpečit stálou teplotu sensorových prvků a rovněž měřené plynné směsi, která je se sensorovými prvky v kontaktu.

5 Další vliv na velikost fotoluminiscenční odezvy při měření diacetylu v plynné směsi mají interferenty – látky přítomné v plynné směsi, které rovněž vykazují fotoluminiscenční odezvu. Interferenty komplikují následné zpracování a vyhodnocení naměřených dat a je žádoucí je – pokud to jde – nějakým způsobem z plynné směsi odstranit. Voda a alkohol jsou vždy přítomny v parách nad pivem a odrušení vlivu těchto interferentů při vyhodnocení měření sensorové odezvy spočívá v optimalizaci počtu prvků sensorového pole a jejich funkcionalizace. Další interferent, jehož  
10 přítomnost ovlivňuje fotoluminiscenční sensorovou odezvu, je kyslík. Kyslík se sice nevyskytuje v pivu v průběhu kvašení, nicméně při přípravě plynné směsi k měření v přítomnosti vzduchu dochází k nedefinovanému přídavku kyslíku do plynné směsi, což ovlivňuje výsledný průběh sensorové odezvy a negativně se projevuje při kvantitativním vyhodnocení koncentrací složek plynné směsi.

15 Specifický úkol detekce diacetylu ve vzorku piva přináší zejména problém reprodukovatelnosti přípravy plynné směsi nad hladinou piva a její následné analýzy. Tato head-space analýza, tj. analýza plynné fáze nad hladinou kapaliny, je reprodukovatelná za předpokladu, že v době odběru plynné směsi je ustavena termodynamická rovnováha v systému kapalina/plyn. Hlavním parametrem, který tuto rovnováhu ovlivňuje, je teplota systému - vzorek piva a plynná fáze nad  
20 hladinou, a její kontrola je nezbytným předpokladem pro reprodukovatelnost měření a kvantitativního stanovení obsahu diacetylu.

Výše uvedené nedostatky při realizaci měřícího zařízení pro fotoluminiscenční detekce chemických látek pomocí sensorového pole jsou odstraněny optimalizací systému dávkování plynné směsi do měřící části aparatury, detekčního uspořádání, použitím vhodných optických hranových  
25 filtrů, využitím vláknové optiky pro elektronické oddělení budícího světelného signálu a detekovaného fotoluminiscenčního signálu, vyloučením interference kyslíku prací v atmosféře dusíku a temperováním klíčových částí měřícího systému.

Podstata řešení návrhu sensorového pole pro detekci chemických látek v jednoduché plynné směsi vychází z požadavků na detekci malých změn ve fotoluminiscenčním signálu materiálu, použitého k detekci chemických látek, teplotní závislosti fotoluminiscence citlivého sensorového  
30 materiálu a možnosti částečné adsorpce látek v plynné směsi na stěnách aparatury a reprodukovatelnosti celého procesu měření.

Dávkovací část měřící aparatury slouží k přípravě plynné směsi pro následnou head-space analýzu. Tělo dávkovací části je vyrobeno z nerez, spodní část je masivní a vybavena topným tělesem, které udržuje teplotu na zvolené hodnotě v rozmezí 40 až 70 °C. Zvýšená teplota měřené  
35 plynné směsi řeší jednak problém adsorpce složek plynné směsi v systému, jednak teplotní závislost fotoluminiscence. Nastavení vhodné teploty vyšší než běžná pokojová teplota nebo teplota v průmyslových provozech navíc přispívá k reprodukovatelnosti celého procesu měření.

Po přípravě plynné směsi je nutné ji dopravit k jednotlivým sensorovým prvkům. Sensorové  
40 fotoluminiscenční pole pro detekci chemických látek je realizováno pomocí řady sensorových modulů, ve kterých je umístěn citlivý sensorový materiál, vykazující změny fotoluminiscence v přítomnosti chemických látek. Citlivý sensorový materiál je upevněn v tělese sensorového prvku a je v kontaktu s měřenou plynnou fází.

Jednotlivý sensorový modul sensorového pole je konstruován způsobem, který umožňuje pevně  
45 definovanou geometrii dopadu budícího světla na fotoluminiscující materiál a sběr následně emitované fotoluminiscence. Modul je vyroben z nerezové oceli, těsnost aparatury zabezpečují O-kroužky z vhodného materiálu. Počet modulů sensorového pole odpovídá počtu hlavních složek plynné směsi, které interagují se sensorovými fotoluminiscenčními čidly. Při konstrukci je zahrnuta v úvahu dráha odraženého světla, které je vedeno do dutiny – optické pasti – ve které  
50 dochází k podstatné absorpci rozptýleného záření.

V případě příkladného senzorového modulu pro detekci diacetylu je k buzení fotoluminiscence použita modrá světelná dioda. Světelné záření diody dopadá na materiál snímače, který vyzařuje fotoluminiscenci do poloprostoru. Ve vhodné vzdálenosti od snímače je umístěné optické vlákno, které sbírá část fotoluminiscenčního záření a přenáší jej k optickému hranovému filtru umístěného mezi optickým vláknem a fotodiodou. Optický hranový filtr umožňuje potlačení budícího světelného záření, které má nižší vlnovou délku, než pozorovaná fotoluminiscence. Křemíková fotodioda převádí optický signál na signál elektrický, který je předzesílení zpracován elektronickými obvody. Výstupní elektronický signál z jednotlivých senzorových prvků je sbírán pomocí vhodné měřicí karty a zpracován v počítači. Použití optického vlákna umožňuje elektronické oddělení budícího a detekčního signálu a vede k významnému potlačení interference mezi těmito elektronickými obvody.

Navržený fotoluminiscenční senzorový systém je vhodným způsobem připojen k dávkovacímu zařízení, které připraví definovanou plynnou směs. Po přenosu plynné fáze do senzorového pole a uzavření okruhu dojde k ustálení rovnováhy par sledovaných chemických látek a fotoluminiscenčních senzorových čidel. Ze zaznamenaných změn fotoluminiscence čidel s různě chemicky modifikovaným povrchem lze určit semikvantitativní zastoupení sledované složky/sledovaných složek v plynné směsi.

Výhodou navrženého řešení je optimalizace sběru a detekce fotoluminiscenčního signálu při současném potlačení detekce rozptýleného světla jednak pomocí navržené geometrie senzorového prvku, jednak pomocí vhodné kombinace budící světelné diody a optického hranového filtru. Další výhodou je modularita řešení, které umožňuje v případě potřeby jednoduše zařadit další senzorové moduly, pokud směs obsahuje větší počet složek nebo odezva senzorových prvků na jednotlivé složky není dostatečně rozdílná pro následné matematické zpracování a vyhodnocení senzorové odezvy.

Měřicí zařízení řeší problém interference vzdušného kyslíku tím, že měření probíhá v atmosféře inertního plynu, který nezhášá fotoluminiscenci senzorového materiálu. Nejvhodnější volbou je dusík nebo argon. Přívod inertního plynu z tlakové lahve a jeho rozvod do dávkovací a detekční části měřicí aparatury zabezpečuje řídicí jednotka.

Vzhledem ke komplexnosti úlohy určení obsahu diacetylu v pivu na základě měření fotoluminiscenční odezvy senzorového pole v plynné směsi připravené při definovaných podmínkách je pro opakovatelnosti měření nezbytné zabezpečit stejný sled operací v procesu měření. K tomuto úkolu slouží řídicí jednotka, která umožňuje ovládání všech zařízení měřicí aparatury a řídí vlastní proces měření od vložení vzorku piva do dávkovací komory, přes přípravu plynné směsi pro „head-space“ analýzu a její dopravu do dávkovací části, spuštění vlastního procesu měření fotoluminiscenční senzorové odezvy až po vyhodnocení naměřených dat a jejich uložení.

#### Objasnění obrázků na výkresech

Senzorové pole pro fotoluminiscenční detekci chemických látek podle tohoto technického řešení bude podrobněji popsáno na konkrétním příkladu provedení s pomocí přiložených výkresů, kde na obr. 1, 2 a 3 je znázorněn nárys, bokorys a půdorys hlavních částí měřicí aparatury – detekční a dávkovací části. Pro přehlednost není znázorněna řídicí jednotka a elektrické přívody k jednotlivým zařízením. Na obr. 4 je v axonometrickém pohledu – blokové schéma automatizovaného měřicího systému pro stanovení obsahu diacetylu v pivu.

#### Příklad uskutečnění technického řešení

45 Příklad 1.

Příkladné automatizované měřicí zařízení pro měření diacetylu v pivu je na obr. 1 až obr. 4. Aparatura se skládá ze tří částí – dávkovací jednotky, detekční části a řídicí jednotky. Přívod 10 du-

síku a jeho rozvod do příslušných částí aparatury zabezpečují polypropylenové hadice 6, 7, 11, přebytečný plyn je odváděn otvorem 12.

Dávkovací jednotka 1 je vyrobena z nerezové oceli. Skládá se z masivního bloku 2, který slouží k umístění vzorku piva a jeho temperování pro definovanou přípravu plynné směsi pro následnou analýzu. Objem připravené plynné směsi je určen objemem nástavce 3, který se upevňuje pomocí úchytů 4 na masivní blok 2. Po uzavření dávkovací části, ve které se v atmosféře dusíku nachází vzorek piva, dochází k ustavení rovnováhy mezi kapalnou a plynnou částí. Po uplynutí nastavené doby temperace se pomocí pístu 5 a ventilů 8 a 9 převede plynná směs pro analýzu pomocí hadice 7 do detekční části aparatury.

Detekční část aparatury se nejdříve naplní dusíkem v místě 13 a poté se po vhodném nastavení třicestných ventilů 8 a 9 převede do stavu uzavřeného okruhu. Tlak v detekční části je kontrolován manometrem 14. Měření v detekční části aparatury probíhá v senzorových detekčních modulech 15. Těleso senzorového modulu je zhotoveno z nerezové oceli, která zajišťuje rovnoměrné rozdělení teploty v tělese modulu při jeho temperaci. Stabilní teplotu modulu, která je nezbytná s ohledem na teplotní závislost kvantového výtěžku luminiscence u detekčního prvku, realizují dvojice topný element a teplotní čidlo, připevněné k vnějšímu plášti modulu. S jejich využitím se pomocí zpětnovazebního řídicího prvku udržuje teplota modulu na hodnotě o min 10 °C nad teplotou okolí s přesností na  $\pm 1$  °C.

Optické buzení senzorových prvků, které se nacházejí v senzorových detekčních modulech, zabezpečuje optická světelná dioda 16. Po vybuzení fotoluminiscenčního záření je toto sbíráno pomocí optického vlákna 17 do jednotky 18 sběru a zpracování analogových signálů, která rovněž zabezpečuje napájení světelných diod 16. Zpracovaný analogový signál je posílán do řídicí jednotky 19 automatizovaného měřicího systému.

Hardware řídicí jednotky 19 se skládá ze tří základních prvků. Jsou jimi: PLC (Programmable Logic Controller) procesor Siemens CPU 315-2 PN/DP, dotykový panel HMI (Human Machine Interface) Siemens MP277 Touch Screen a průmyslový „router“ eWON.

Software, který řídí proces měření funkčního vzorku, běží na procesoru Siemens řady S-300. Program je vytvořen v programovém prostředí Simatic Step v5.5 za použití programovacích jazyků LADDER a STL. Programovací jazyk LADDER byl použit, díky své názornosti, k vytvoření jednotlivých kroků měření, zatímco jazyk STL je použit v ostatních, složitějších funkcích, jako je inicializace a ošetření vstupů/výstupů, zprůměrování naměřených hodnot a v dalších instrukcích. Ovládání a zobrazení stavu zařízení či naměřených hodnot zajišťuje dotykový panel. Ten je naprogramován ve vývojovém prostředí WinCC Flexible. Zde jsou zavedeny funkce pro interakci uživatele s běžícím programem v PCL. Lze tedy tak nastavit určité parametry jako je teplota, tlak apod., upravit měřené hodnoty - offset senzorů a také manuálně ovládat veškeré prvky zařízení. Panel má také na starost loggování naměřených hodnot, které pak znázorňuje v grafech. Hlavní funkcí je však ovládání procesu měření a zobrazení instrukcí obsluhy v jednotlivých krocích měření. Ukládání naměřených dat probíhá jednak na paměťovou SD kartu, jednak na FTP server pomocí průmyslového routeru eWON.

#### 40 Průmyslová využitelnost

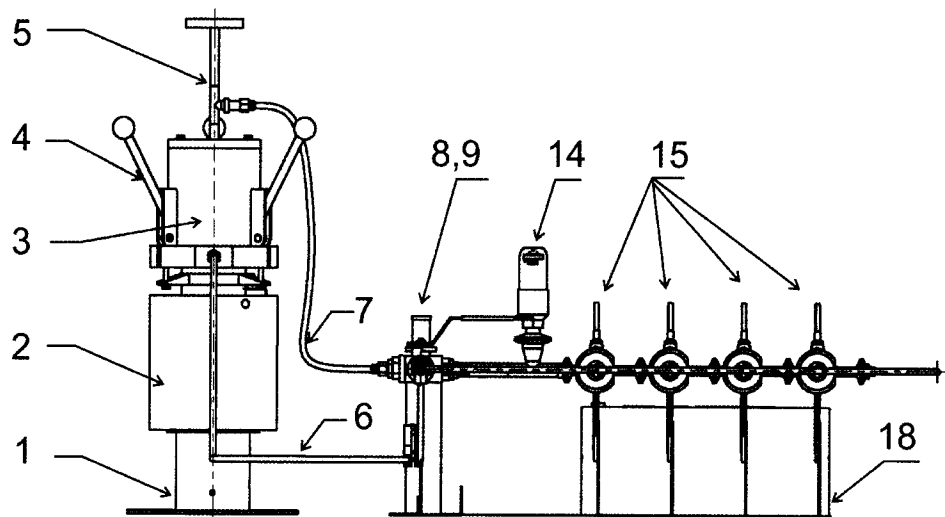
Senzorové pole podle tohoto technického řešení nalezne využití při detekci diacetylu v potravinářských produktech, zejména v pivu nebo vínu. Výše navržené zařízení lze v principu využít i pro detekci jiných sledovaných složek plynné směsi při vhodném výběru povrchové modifikace senzorových prvků.

## NÁROKY NA OCHRANU

1. Automatizované měřicí zařízení pro fotoluminiscenční detekci diacetylu a jiných těkavých organických látek v plynné směsi, **vyznačující se tím**, že sestává z dávkovací části (1), vyrobené z nerezové oceli, dále detekční části, která je tvořena polem senzorových detekčních modulů (15) s citlivými senzorovými vrstvami na bázi porézního křemíku a dále řídicí jednotky (19) pro zpracovávání naměřených data a řízení procesu měření.
2. Automatizované měřicí zařízení podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že detekční moduly (15) jsou opatřeny vrstvami nanokrystalického křemíku v porézní matici s vhodnou úpravou povrchu pro fotoluminiscenční detekci a umožnění stanovení sledované složky, diacetylu, v plynné směsi.
3. Automatizované měřicí zařízení podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že je opatřeno zabezpečením teplotní stability měřicího zařízení, k zabránění ovlivňování reprodukovatelnosti naměřených údajů, zejména fotoluminiscence senzorových vrstev.
4. Automatizované měřicí zařízení podle kteréhokoli z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že je naplněno atmosférou inertního plynu pro potlačení vlivu kyslíku jako interferentu při fotoluminiscenční detekci složek plynné směsi
5. Automatizované měřicí zařízení podle kteréhokoli z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že je opatřeno dávkovací jednotkou pro přípravu definované plynné směsi nad povrchem kapalného vzorku pro reprodukovatelnou následnou analýzu plynné směsi
6. Automatizované měřicí zařízení podle kteréhokoli z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že je opatřeno řídicí jednotkou (19) se softwarem pro zabezpečení opakovatelnosti naměřených dat.

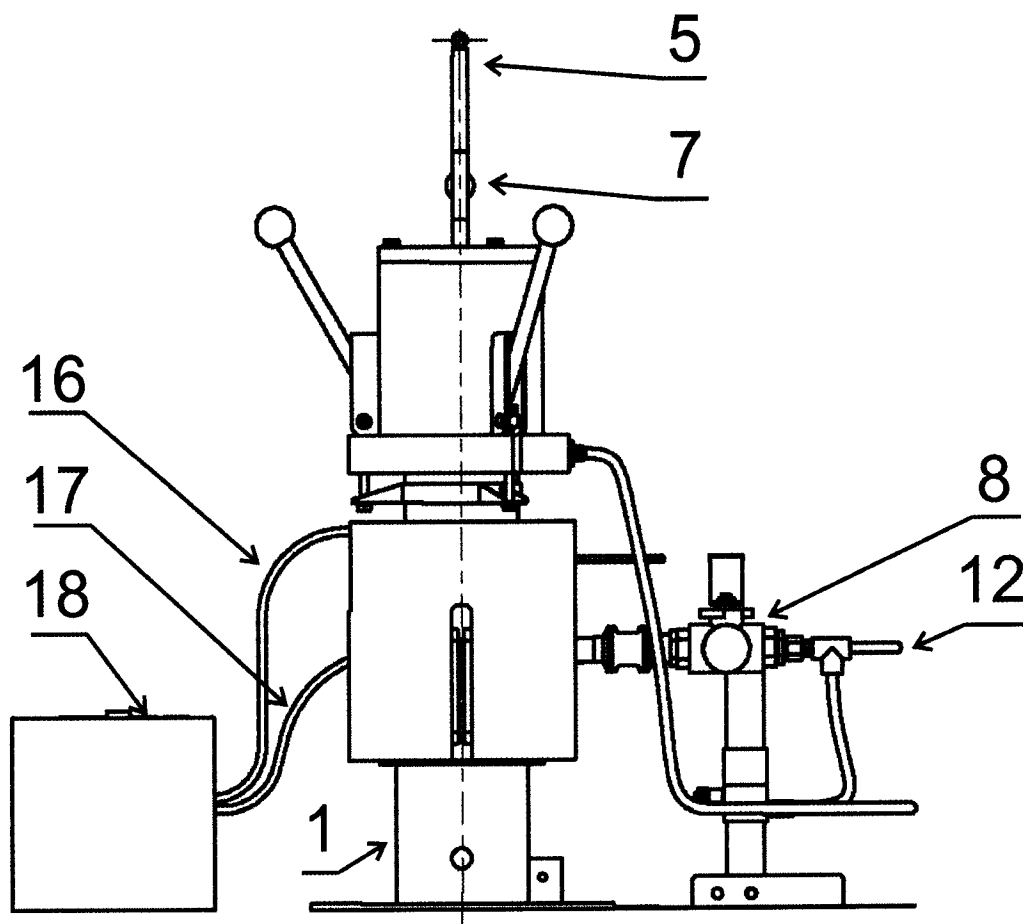
4 výkresy

Obr. 1

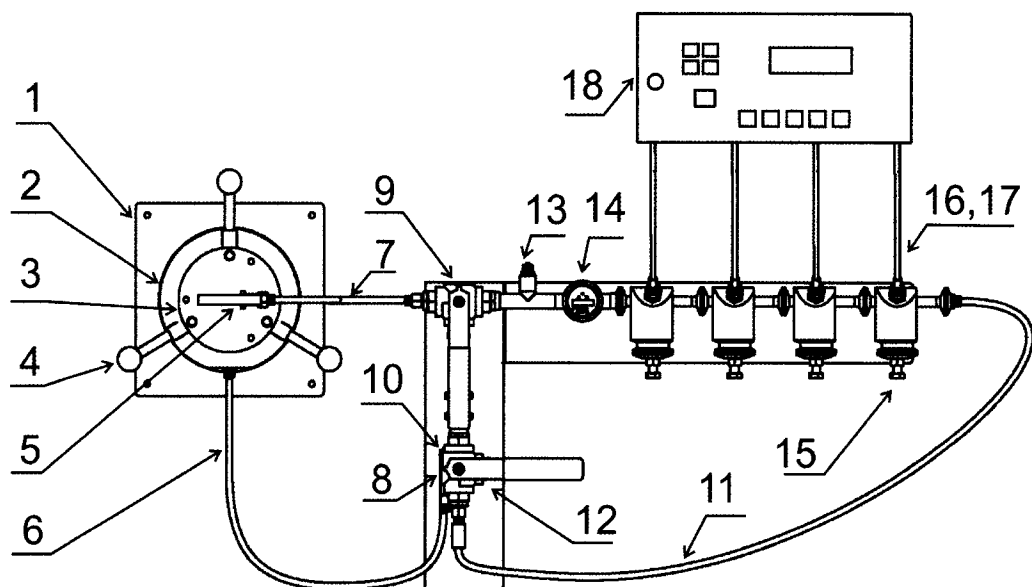




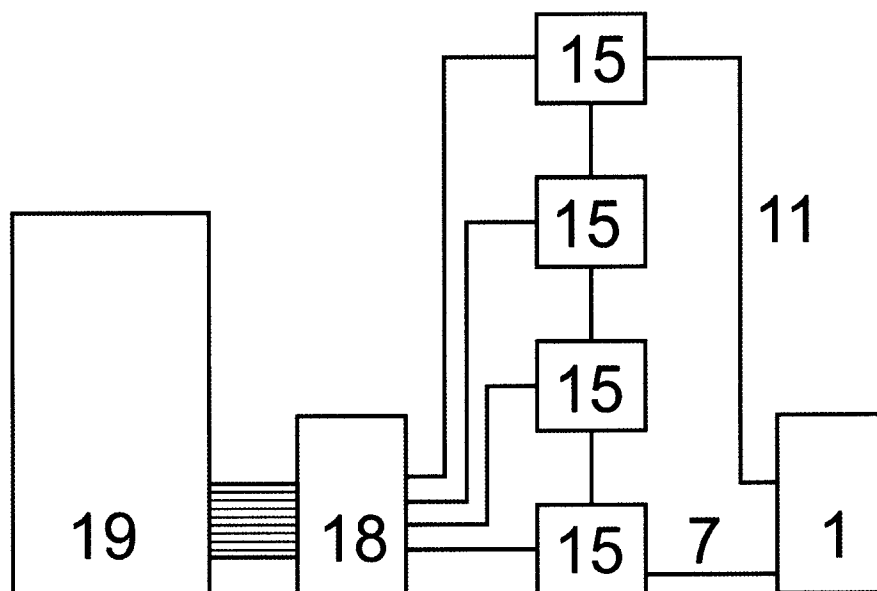
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



---

Konec dokumentu

---