



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY  
A OBJEVY

# POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

218319  
(11) (B1)

(22) Přihlášeno 01 12 80  
(21) (PV 8335-80)

(40) Zveřejněno 25 06 82

(45) Vydáno 15 02 85

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>  
H 01 J 49/34  
H 01 J 49/42

(75)

Autor vynálezu

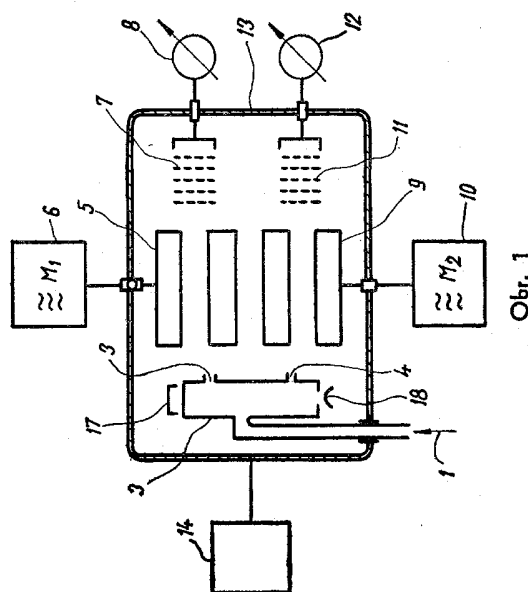
ZIKEŠ VÁCLAV ing. CSc., PRAHA

## (54) Kvadrupólový hmotový spektrometr

1

Kvadrupólový hmotový spektrometr pro analýzu plyných, kapalných i pevných látek umožňuje současnou analýzu více složek tím, že ve svém uspořádání používá více iontových svazků, na nichž se provádí hmotová analýza. Kvadrupólového hmotového spektrometru lze využít například i v lékařství, kde analyzuje během výdechu pacienta průběh parciálních tlaků kyslíku, kyslíčnicku uhličitého, případně dalších plyných složek.

2



Vynález se týká kvadrupólového hmotového spektrometru pro současnou analýzu více složek.

Hmotové spektrometry jsou elektronické vakuové přístroje, které analyzují látky plynné, kapalné i pevné podle hmotnosti iontů, tj. poměru hmotnosti k náboji iontů, vytvořených z atomů, skupin atomů a molekul analyzovaných látek. Hmotové spektrometry obecně sestávají ze čtyř částí: hmotového analyzátoru, kde se provádí vlastní analýza iontů podle jejich hmotnosti, čerpacího systému, který slouží k evakuaci hmotového analyzátoru, systému zavádění vzorků a elektroniky obsahující elektrické zdroje a řídicí a měřicí obvody. Hmotový analyzátor sám opět sestává ze tří větších dílů, a to iontového zdroje pro generování svazku iontů ze vzorku analyzované látky, vlastního analyzátoru pro separaci iontového svazku do charakteristických iontových složek podle poměru hmotnosti k náboji iontů přítomných ve svazku a detektoru pro měření relativních intenzit každého rozlišeného druhu iontů. Zápis zastoupení jednotlivých iontových druhů rozlišených podle jejich hmotnosti se označuje jako hmotové spektrum. Hmotové spektrum se na různých typech hmotových spektrometrů dá získat různými způsoby. Nejčastěji se hmotové spektrum získává časově postupným měřením zastoupení jednotlivých iontových druhů počínaje od nejmenší hmotnosti spojitým zvětšováním hmotnosti až do její maximální hodnoty. Tomuto způsobu získávání hmotového spektra se někdy říká rozmitání — mass scanning —. Jiným způsobem je přepínání — mass switching —, kdy podle předem zvoleného programu se časově postupně získává zastoupení pouze vybraných druhů iontů. Ještě jiným způsobem získávání spektra je současná, neboli simultánní analýza, kdy současně získáváme zastoupení jednotlivých druhů iontů, buďto v určitém spojitém rozsahu hmotností, anebo jen určitých, předem zvolených druhů iontů, což je tak zvaná současná analýza více složek. Současná hmotově-spektrometrická analýza více složek se používá například v lékařství, kdy se během výdechu pacienta analyzuje průběh parciálních tlaků kyslíku, kysličníku uhličitého a případně dalších plyných složek. Obdobných výsledků jako při současně analýze více složek se dosahuje při způsobu provozu přepínání za podmínky, že rychlost přepínání je podstatně vyšší než je rychlost změny zastoupení jednotlivých složek. Dosud známý hmotový spektrometr pro současnou analýzu více složek používá statického hmotového analyzátoru s magnetickým polem, opatřeného více detektory iontů pro současně měření více složek. Toto uspořádání přináší řadu nevýhod. Za prvé, je nutno užít magnetického hmotového analyzátoru, oproti výhodnějšímu kvadrupólovému hmotovému analyzátoru. Hlavní nevýhody magnetického

hmotového analyzátoru spočívají zejména v nutnosti použití magnetu či elektromagnetu, menší citlivosti a rozlišovací schopnosti je možno měnit pouze mechanicky, přičemž stupnice hmotností je nelineární. Za druhé, při použití více kolektorů v magnetickém hmotovém analyzátoru, jsou analyzované složky jednou provždy dány při výrobě přístroje geometrickou polohou kolektorů a nelze je měnit podle požadavků provozu. Za třetí, při použití více kolektorů v magnetickém hmotovém analyzátoru, se jako detektory iontů musí použít jednoduché Faradayovy kolektory iontů a nelze použít násobiče elektronů. Tím je omezena citlivost a rychlost odezvy přístroje. Druhý dosud známý hmotový spektrometr pro současnou analýzu více složek používá kvadrupólového hmotového analyzátoru v režimu rychlého přepínání. Nevýhodou tohoto uspořádání je, že rychlost přepínání musí být podstatně vyšší než je rychlost změn zastoupení jednotlivých složek. Rychlost přepínání je však omezena, jednak fyzikálními mezemi, například doba prodlevy na nastavení jednoho druhu iontu nemůže být kratší, než je doba průletu iontu kvadrupólovým hmotovým analyzátozem, a jednak časovými konstantami použitých elektronických obvodů. Požadavek na malé časové konstanty obvodů znamená použít kvadrupólový filtr s vysokou citlivostí a jako detektor iontů násobič s vysokým a stabilním zesílením a velkým výstupním proudem. Tento požadavek je pro současně násobiče elektronů, užívané jako detektory iontů těžko splnitelný a i současně nejlepší světové výrobky se jeho splnění pouze přibližují.

Uvedené nedostatky jsou odstraněny kvadrupólovým hmotovým spektrometrem pro současnou analýzu více složek podle vynálezu, jehož podstatou je, že iontový zdroj je opatřen nejméně dvěma výstupními otvory pro generování nejméně dvou iontových svazků a každému výstupnímu otvoru iontového zdroje je přidružen jeden kvadrupólový hmotový filtr s vysokofrekvenčním generátorem pro hmotovou analýzu jednotlivých iontových svazků, přičemž vysokofrekvenční generátory každého kvadrupólového hmotového filtru jsou nastaveny na jinou složku analyzované látky a každý kvadrupólový hmotový filtr je opatřen detektorem iontů pro odebrání signálů udávajících zastoupení jednotlivých složek v analyzované látce. Podstatou iontového zdroje pro kvadrupólový hmotový spektrometr pro současnou analýzu více složek podle druhu vynálezu je takové provedení, že přívod analyzovaného plynu je symetrickým způsobem rozdělen do dvou či více ionizačních prostorů, kde nastává ionizace plynu, a které jsou opatřeny výstupními otvory, z nichž se odebírají iontové svazky pro další hmotovou analýzu.

Výhody a vyšší účinek vynálezu spočívá

zejména v tom, že použitím více kvadrupolových hmotových filtrů s vysokofrekvenčními generátory a detektory iontů se odstraní nutnost přepínání a tím použití složité elektroniky s krátkými časovými konstantami, použité kvadrupolové hmotové filtry nemusí mít vysokou citlivost, čímž se zmenší nároky na přesnost jejich výroby a tím jejich cenu a dále jako detektory iontů je možno použít násobiče elektronů s běžnými hodnotami zesílení, stability zesílení a velikosti výstupního proudu. Měřič výstupního proudu signálu nemusí mít tak krátké časové konstanty. Současně se zvýší rychlost odezvy na změnu v zastoupení jednotlivých složek **a**, **b** analyzované látky.

Na obr. 1 a obr. 2 připojeného výkresu je znázorněn kvadrupolový hmotový spektrometr pro současnou analýzu dvou plynných složek. Na obr. 1 analyzovaný plyn se přivádí přívodem **1** do iontového zdroje **2**. Tento iontový zdroj **2** má první a druhý výstupní otvor **3** a **4**, ze kterých vycházejí iontové svazky. Iontový svazek vycházející z prvního otvoru **3** je hmotově analyzován prvním kvadrupolovým hmotovým filtrem **5**, jehož vysokofrekvenční první generátor **6** je nastaven na hmotnost iontů  $M_1$ , odpovídající složce analyzovaného plynu. Hmotově rozlišený iontový svazek vycházející z prvního kvadrupolového hmotového filtru **5** je měřen prvním detektorem **7** elektronů, například násobičem elektronů, a výstupní signál tohoto detektoru **7** je měřen prvním měřidlem **8**. Údaj prvního měřidla **8** udává zastoupení složky **a** v analyzované směsi plynů. Obdobně iontový svazek vystupující druhým výstupním otvorem **4** je hmotově analyzován druhým kvadrupolovým hmotovým filtrem **9**, jehož vysokofrekvenční druhý generátor **10** je nastaven na hmotnost iontů  $M_2$  odpovídající složce **b**. Hmotově rozlišený iontový svazek vycházející z druhého kvadrupolového hmotového filtru **9** je měřen druhým detektorem **11**, například násobičem elektronů, a výstupní signál měřen druhým měřidlem **12**. Údaj tohoto měřidla **12** udává zastoupení složky **b** v analyzova-

né směsi plynů. Kvadrupolový hmotový spektrometr je umístěn ve vakuovém obalu **13** a čerpán vývěvou **14**. U iontového zdroje **2** jsou protilehle proti sobě umístěny kolektor ionizačních částic **17** a zdroje ionizačních částic **18**. Podmínkou pro správnou funkci spektrometru je symetrické provedení iontového zdroje **2**, které zajišťuje, že oba iontové svazky vycházející z obou výstupních otvorů **3** a **4** definovaným způsobem reprezentují analyzovaný plyn, to znamená, že složení iontů v obou svazcích definovaným způsobem odpovídá složení analyzovaného plynu. Na obr. 2 je schematicky znázorněno uspořádání kvadrupolového hmotového spektrometru pro současnou analýzu dvou složek při symetrickém rozdělení analyzovaného plynu do dvou ionizačních prostorů **15**, **16**. Analyzovaný plyn je veden přívodem **1** symetricky do prvního ionizačního prostoru **15**, vybaveného prvním zdrojem ionizačních částic **19** a prvním kolektorem ionizačních částic **21** a dále do druhého ionizačního prostoru **16**, vybaveného druhým zdrojem ionizačních částic **22** a druhým kolektorem ionizačních částic **23**. Z prvního výstupního otvoru **20** prvního ionizačního prostoru **15** vystupuje první iontový svazek, který je hmotově analyzován prvním hmotovým filtrem **24**. Z druhého výstupního otvoru **25** vystupuje druhý iontový svazek, který je hmotově analyzován druhým hmotovým filtrem **26**. První hmotový filtr **24** je nastaven na první složku plynu, která má být v analyzovaném plynu určena a druhý hmotový filtr **26** je nastaven na druhou složku.

Mimo jiné, vynález umožní konstrukci kvadrupolového hmotového spektrometru pro lékařské účely, zvláště analýzu dechu, za použití tuzemských násobičů elektronů a tuzemských elektronických dílů. V případě použití špičkových elektronických dílů s krátkou časovou konstantou v zařízení podle vynálezu dosáhlo by se podstatně rychlejší odezvy oproti současným světovým zařízením.

## PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Kvadrupólový hmotový spektrometr pro současnou analýzu více složek, vyznačený tím, že sestává z iontového zdroje (2) opatřeného nejméně dvěma výstupními otvory (3, 4) pro generování nejméně dvou iontových svazků a každému výstupnímu otvoru (3, 4) iontového zdroje (2) je přidružen jeden kvadrupólový hmotový filtr (5, 9) s vysokofrekvenčním generátorem (6, 10) pro hmotovou analýzu jednotlivých iontových svazků, přičemž vysokofrekvenční generátory (6, 10) každého kvadrupólového hmotového filtru (5, 9) jsou nastaveny na jinou

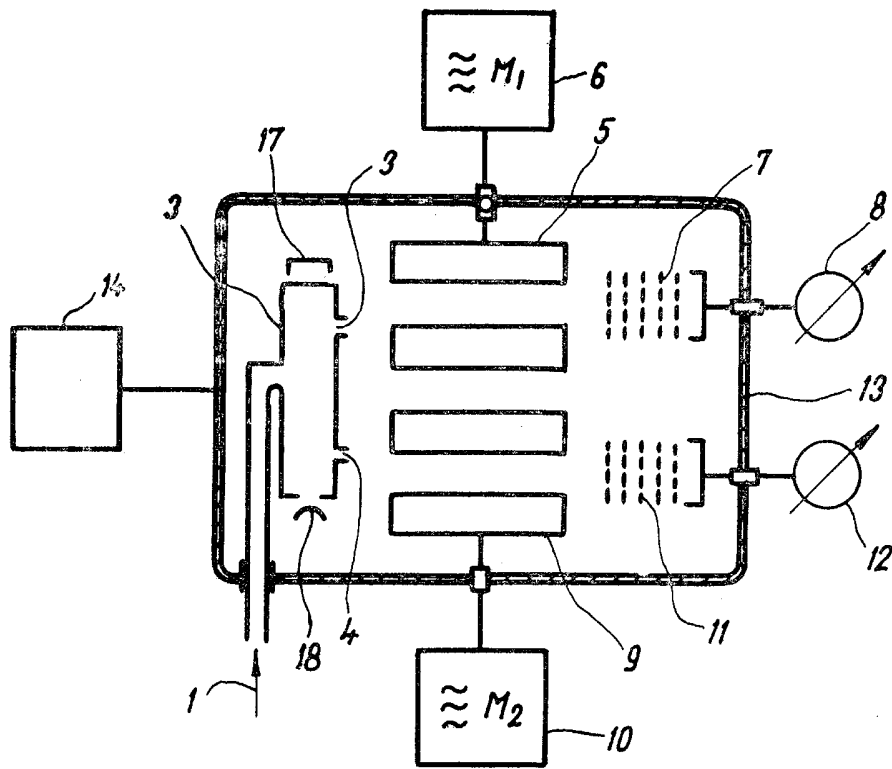
složku analyzované látky a každý kvadrupólový hmotový filtr (5, 9) je opatřen detektorem iontů (7, 11) pro odebrání signálů udávajících zastoupení jednotlivých složek v analyzované látce.

2. Kvadrupólový hmotový spektrometr podle bodu 1 vyznačený tím, že v iontovém zdroji (2) pro analýzu plynů je přívod (1) rozdělen do nejméně dvou ionizačních prostorů (15, 16) opatřených výstupními otvory (20, 25) pro odebrání iontových svazků podrobených hmotové analýze.

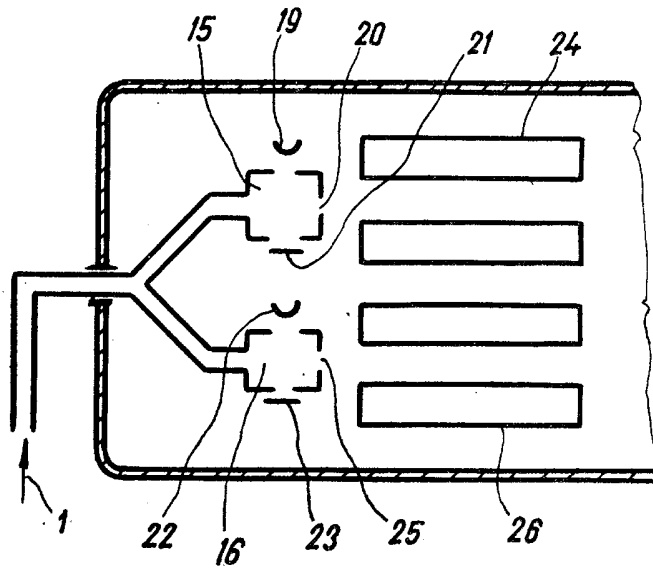
---

1 list výkresů

---



Obr. 1



Obr. 2