

PATENTOVÝ SPIS

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLUVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2007-685**
(22) Přihlášeno: **04.10.2007**
(40) Zveřejněno: **17.12.2008**
(Věstník č. 12/2008)
(47) Uděleno: **05.11.2008**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **17.12.2008**
(Věstník č. 51/2008)

(11) Číslo dokumentu:

299 864

(13) Druh dokumentu: **B6**

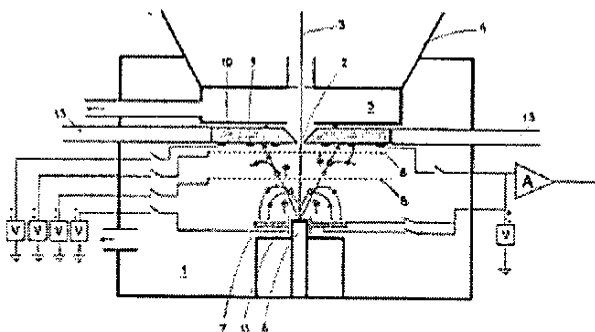
(51) Int. Cl.:
H01J 37/26 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:
CZ 284288; US 4442355; US 5466936.

(73) Majitel patentu:
Ústav přístrojové techniky AV ČR, v.v.i., Brno, CZ
(72) Původce:
Neděla Vilém Ing., Kuřim, CZ
Jirák Josef Doc. Ing. CSc., Brno, CZ
(74) Zástupce:
Ing. Libor Markes, Grohova 54, Brno, 60200

(54) Název vynálezu:
**Ionizační detektor environmentálního
rastrovacího elektronového mikroskopu**

(57) Anotace:
Ionizační detektor environmentálního rastrovacího elektronového mikroskopu je tvořen komorou (1) vzorku, jež je oddělena od pólového nástavce (4) mikroskopu clonou (2) pro průchod svazku (3) primárních elektronů a v níž se nachází držák (6) vzorku a alespoň jedna detekční elektroda (7). Jeho plochá detekční elektroda (7) obklopuje vzorek v podstatě v rovině vzorku nebo pod ní, přičemž aktivní strana detekční elektrody (7) je nasměrována proti svazku (3) přichozích primárních elektronů. Elektrostatické pole, které určuje dráhy sekundárních elektronů, je modelováno separačními elektrodami, a to retardační, odsávací a prstencovou elektrodou (8, 9, 11).



CZ 299864 B6

Ionizační detektor environmentálního rastrovacího elektronového mikroskopu

Oblast techniky

5

Vynález se týká ionizačního detektoru environmentálního rastrovacího elektronového mikroskopu, který je tvořen komorou vzorku, jež je oddělena od pólového nástavce mikroskopu clonami pro průchod svazku primárních elektronů a v níž se nachází držák vzorku a alespoň jedna detekční elektroda.

10

Dosavadní stav techniky

V rastrovacím elektronovém mikroskopu dopadá na zkoumaný vzorek úzký paprsek primárních elektronů o velké energii. Primární elektrony uvolňují z povrchové vrstvy vzorku sekundární elektrony o podstatně nižší energii, které nesou informaci o jemné struktuře povrchu vzorku a v mikroskopu se detekují. Zčásti se primární elektrony vracejí z hloubi vzorku zpět, tyto se nazývají zpětně odražené elektrony. Zpětně odražené elektrony sice nesou informaci o vzorku, avšak informaci o jemné struktuře povrchu vzorku přinášenu sekundárními elektrony ovlivňují spíše negativně.

20

V běžných elektronových mikroskopech je vzorek umístěn a prohlížen v komoře vzorku v podmínkách vakua. Ve vakuu se nachází také celá dráha primárních elektronů od zdroje ke vzorku i kompletní dráha sekundárních elektronů od vzorku k čidlu – detektoru. Při zkoumání vzorků obsahujících látky které se ve vakuu odpařují, nebo u izolačních vzorků, nastávají u běžných mikroskopů problémy. Ke změně, nebo ke zničení vzorku ve vakuu v důsledku vypařování dojde dříve, než je zachycen jeho obraz. Proto byly vyvinuty tzv. environmentální rastrovací elektronové mikroskopy umožňující zkoumat vzorky v plynném prostředí za tlaku bližšímu atmosférickému.

30

Environmentální mikroskopy jsou konstruovány tak, že svazek primárních elektronů převážnou část své dráhy od zdroje ke vzorku prochází tubusem při tlaku alespoň 10^{-3} Pa. Před vstupem do komory vzorku je zařazena jedna, nebo více diferenciálně čerpaných komor s tlakem řádově jednotek až desítek Pa, zatímco v komoře vzorku je tlak řádově stovky až tisíce Pa. Svazek primárních elektronů prochází clonou mezi tubusem mikroskopu a komorou vzorku. Od tohoto místa až po vzorek dochází k významnému množství interakcí elektronů s plynným prostředím. Primární a zpětně odražené elektrony vyvolávají v plynném prostředí ionizaci atomů a molekul plynů jejímž produktem jsou další elektrony a kladné ionty. Obdobnou ionizaci vyvolávají i sekundární elektrony. V elektromagnetickém poli ionizačního detektoru je všem elektricky nabitým částicím dodávána další energie potřebná k udržení procesu ionizace plynů. Výsledkem je zesílení signálů pocházejících ze všech uvedených zdrojů, signály jsou elektrodou ionizačního detektoru detekovány a přispívají k tvorbě obrazu vzorku.

40

Důležitým úkolem při konstrukci účinných detektorů sekundárních elektronů pro environmentální rastrovací elektronové mikroskopy je schopnost separovat signály pocházející od sekundárních elektronů, od signálů pocházejících od zpětně odražených nebo primárních elektronů či jejich produktů.

45

Řešení těchto úkolů je předmětem celé řady patentových spisů. V patentu US 5 362 964 se popisuje elektroda integrovaná s aperturní clonou na vstupu svazku primárních elektronů do komory vzorku, umístěná nad kruhovou elektrodou z drátu, pod níž je umístěn vzorek. Sekundární elektrony emitované ze vzorku jsou detekovány touto kruhovou elektrodou z drátu, zatímco nežádoucí elektrony generované po srážce zpětně odražených elektronů s okolním prostředím jsou detekovány elektrodou integrovanou s aperturní clonou. Výsledkem však není pouze obraz tvo-

50

řený sekundárními elektrony, ale obraz tvořený směsí sekundárních elektronů a zpětně odražených elektronů.

5 V patentové přihlášce US 2003010913 se dosahuje urychlení sekundárních elektronů vystupujících ze vzorku rozdílem napětí mezi vzorkem a pólovým nástavcem pro vstup svazku primárních elektronů do komory vzorku. Tento pólový nástavec je obklopen sekundární elektrodou s kladným potenciálem ve tvaru obráceného kužele. Na jejím vnitřním povrchu a prstencově kolem pólového nástavce jsou umístěny další pomocné elektrody, rovněž s kladným potenciálem. Mezi
10 těmito elektrodami a pólovým nástavcem je tak vytvořen prostor s elektrickým polem pro řízení ionizačního procesu urychlených sekundárních elektronů, jehož výsledek zaznamenává primární detekční elektroda umístěná na „stropě“ komory vzorku v prostoru vymezeném sekundární elektrodou.

15 U environmentálních rastrovacích elektronových mikroskopu popsaných v uvedených spisech, jakož i u všech známých mikroskopů tohoto druhu, je detekční elektroda svou aktivní stranou odvrácena od přichozích primárních elektronů resp. natočena proti sekundárním elektronům vystupujícím ze vzorku. Přes všechna opatření navrhovaná v uvedených, ale i v dalších spisech, nelze zcela zabránit tomu, aby výsledný obraz byl ovlivněn zpětně odraženými elektrony a elektrony vyvolanými srážkami zpětně odražených elektronů.

20 Vynález si klade za úkol navrhnout komplexní řešení detektoru pro environmentální mikroskop, které by zajistilo vyšší kvalitu obrazu s možností detekce signálu vyvolaného sekundárními elektrony s minimálním příspěvkem ostatních signálů, u sekundárních elektronů možnost detekce elektronů v závislosti na jejich energii a směru šíření a možnost ovlivnění rekombinačního procesu sekundárních elektronů s kladnými ionty, který může negativně působit na velikost zesílení
25 signálu sekundárních elektronů.

Podstata vynálezu

30 Uvedený úkol řeší ionizační detektor environmentálního rastrovacího elektronového mikroskopu, který je tvořen komorou vzorku, jež je oddělena od pólového nástavce mikroskopu clonou pro průchod svazku primárních elektronů a v níž se nachází držák vzorku a alespoň jedna detekční elektroda. Podstata detektoru spočívá v tom, že plochá detekční elektroda obklopuje vzorek v
35 podstatě v rovině vzorku nebo pod ní, přičemž aktivní strana detekční elektrody je nasměrována proti svazku přichozích primárních elektronů.

40 Za účelem obrácení dráhy sekundárních elektronů směrem k této elektrodě je s výhodou detekční elektrodě předřazena alespoň jedna s ní rovnoběžná retardační elektroda v podobě mřížky, na níž je nezávisle přivedeno řízené záporné napětí.

45 K eliminaci elektronů zpětně odražených od kovových částí komory vzorku může být retardační elektrodě předřazena odsávací elektroda, na níž je přivedeno kladné nebo záporné napětí, umístěná v bezprostřední blízkosti pólového nástavce mikroskopu.

Ve výhodném provedení je tato odsávací elektroda tvořena vodivou vrstvou na spodní straně děleného scintilačního monokrystalu, v němž je clonou s otvorem o malém průměru vytvořen průchod pro svazek primárních elektronů.

50 K posílení účinků retardační elektrody je výhodné instalovat prstencovou elektrodu obklopující vzorek, jejíž poloha vůči vzorku je stavitelná a na níž je přivedeno řízené kladné nebo záporné napětí.

55 Držák vzorku může být tvořen válcovou elektrodou s možností uzemnění nebo připojení řízeného kladného nebo záporného napětí.

5 Signál pocházející od sekundárních elektronů detekovaný na detekční elektrodě může být v určitých případech zesílen prodloužením délky dráhy elektronů v plynném prostředí. Pro tento účel je držák vzorku obklopen magnetickým obvodem umožňujícím vytvořit v okolí vzorku magnetické

10 pole s proměnnou intenzitou, otevřené do komory vzorku.
 Detekční elektroda může být konstruována jako dělená, a to dělená na kruhové výseče z nichž každá je napojena na samostatný vyhodnocovací obvod anebo dělená na mezikruží. To u sekundárních elektronů dává možnost jejich detekce v závislosti na energii a směru šíření.

15 Poloha detekční elektrody vůči rovině vzorku může být nastavitelná.

Přehled obrázků na výkresech

15 Vynález bude dále objasněn pomocí výkresu, na němž obr. 1 představuje schematicky příkladné provedení ionizačního detektoru environmentálního rastrovacího elektronového mikroskopu, ve kterém držák vzorku není opatřen magnetickým obvodem, zatímco součástí provedení podle obr. 2 tento magnetický obvod je.

20

Příklady provedení vynálezu

25 Ionizační detektor environmentálního rastrovacího elektronového mikroskopu je tvořen komorou 1 vzorku, která je oddělena clonou 2 pro průchod svazku 3 primárních elektronů od pólového nástavce 4 mikroskopu. Součástí nástavce 4 je i diferenciálně čerpaná komora 5. V komoře 1 vzorku se nachází válcový držák 6 vzorku, který obklopuje plochá detekční elektroda 7 realizovaná jako rotačně symetrická se středem symetrie ve středu držáku 6 vzorku. Rovina této detekční elektrody 7 se nachází v podstatě v rovině nebo v jiném provedení pod rovinou vzorku. Přitom

30

35 aktivní strana detekční elektrody 7 je nasměrována proti svazku 3 přichozích primárních elektronů.
 Za účelem obrácení dráhy sekundárních elektronů směrem na detekční elektrodu 7 jsou detekční elektrody 7 předřazeny ve směru toku primárních elektronů s ní rovnoběžné retardační elektrody 8 v podobě mřížek, na něž je nezávisle přivedeno řízené záporné napětí. V popisovaných příkladech je retardační elektrodě 8 předřazena odsávací elektroda 9, na níž je přivedeno kladné napětí. Ta je umístěna v bezprostřední blízkosti pólového nástavce 4 mikroskopu. Slouží k eliminaci elektronů zpětně odražených od kovových částí komory 1 vzorku. Je provedena jako vodivá vrstva na spodní straně děleného scintilačního monokrystalu 10, v němž je clona 2 pro průchod

40

45 svazku 3 primárních elektronů. K posílení účinků retardační elektrody 8 je dále kolem vzorku instalována prstencová elektroda 11, jejíž svislá poloha vůči vzorku je stavitelná a na níž je přivedeno řízené kladné nebo záporné napětí. Držák 6 vzorku je tvořen válcovou elektrodou s možností uzemnění nebo připojení řízeného kladného nebo záporného napětí. Detekční elektroda 7 může být konstruována jako dělená; v příkladných provedeních je dělená na soustředná mezikruží, z nichž každé je připojeno na zvláštní předzesilovač detektoru. V jiném provedení přichází v úvahu dělení detekční elektrody na kruhové výseče, z nichž každá je rovněž připojena na samostatný předzesilovač detektoru.

50 V provedení podle obr. 2 je ještě navíc k zesílení detekovaného signálu sekundárních elektronů dopadajících na detekční elektrodu 7 držák 6 vzorku obklopen magnetickým obvodem 12 s řízenou intenzitou elektromagnetického pole otevřeného do komory 1 vzorku.

55 Světelný signál ze scintilačního monokrystalu se vede k vyhodnocení světlovody 13. Šipkami je znázorněno čerpání vzduchu z diferenciálně čerpané komory 5 a z komory 1 vzorku. Elektrody 7, 8, 9, 11 a držák 6 vzorku jsou připojeny na samostatné zdroje V napětí, odsávací elektrodě 9 je

předřazen předzesilovač A. V důsledku dopadu svazku 3 primárních elektronů na vzorek dochází k emisi elektronů $\ominus$ ze vzorku. Jsou to jednak zpětně odražené elektrony $\ominus$, jednak sekundární elektrony $\ominus$. Jejich nárazem na atomy nebo molekuly G plynu dochází k ionizaci a vznikají další elektrony $\ominus$ a kladné ionty $\oplus$, jak je naznačeno na obou obrázcích. Pokud je zapnut magnetický obvod – viz obr. 2 – dochází ke spirálovému tvarování dráhy sekundárních elektronů $\ominus$, tím se jejich dráha prodlužuje a ionizační efekt posiluje.

Detekční elektroda 7 je připojena na kladný potenciál plovoucího zdroje s volitelnou úrovní kladného napětí řádově stovek voltů a na předzesilovač A detektoru, jenž vyhodnocuje změny proudového toku touto elektrodou 7. Změny proudového toku jsou základní proměnnou ve funkci jasové modulace obrazu. Detekční elektroda 7 může být konstruována jako dělená, a to na kruhové výseče nebo na soustředná mezikruží s různým průměrem. V případě dělení na kruhové výseče lze studovat rozložení signálu sekundárních elektronů $\ominus$ dle prostorového úhlu a v případě soustředných mezikruží – více elektrod s různým průměrem – lze současně nebo samostatně zaznamenat energiově separované signály elektronů.

Elektrostatické pole v komoře 1 vzorku spoluvytvářejí separační elektrody, které lze dělit na elektrody retardační, odsávací a prstencovou 8, 9 a 11, viz obr. 1. Z důvodu minimalizace vlivu sekundárních elektronů $\ominus$ vznikajících po dopadu zpětně odražených elektronů na kovové části mikroskopu na detekovaný signál, je vhodné elektrody 8, 9 a 11 pokryt minimálně 50 μm vrstvou uhlíku. Prstencová elektroda 11 je umístěna mezi detekční elektrodou 7 a vzorkem a není s nimi vodivě spojena. Poloha prstencové elektrody 11 může být libovolně měněna v ose Z, což umožňuje její nastavení do pozic nad rovinou vzorku, v rovině vzorku nebo pod rovinou vzorku. Kladné nebo záporné napětí – řádově jednotky až desítky voltů – je na elektrodu 11 přivedeno z nezávislého zdroje napětí. Retardační elektroda 8 může být tvořena jednou nebo dvěma mřížkami, které jsou umístěny v prostoru mezi vzorkem a pólovým nástavcem 4 objektivu mikroskopu. Retardační elektroda 8 je vodivě izolována od země mikroskopu i od ostatních elektrod a je na ni přivedeno záporné napětí v řádu jednotek až desítek voltů. V konfiguraci detektoru na obr. 1, je odsávací elektroda 9 realizována tenkou vodivou vrstvou nanesenou na povrch děleného scintilačního monokrystalu 10, který je současně použit jako tlak omezující clona diferenciálně čerpané komory 5 a jako součást scintilátorově-fotonásobičové varianty detektorů zpětně odražených elektronů. Odsávací elektrodu 9 lze však realizovat i jako samostatnou vodivě oddělenou elektrodu umístěnou nad retardační elektrodou 8 a velmi těsně pod pólovým nástavcem 4, případně pod diferenciálně čerpanou 5 komorou mikroskopu. Tato elektroda 8 je připojena na zdroj kladného či záporného napětí v řádu jednotek až desítek voltů. V nejjednodušším případě, kdy není zapojena elektroda detekční a prstencová 7, 11 a retardační elektroda 8 není přítomna, lze spojit odsávací elektrodu 8 s předzesilovačem A a zdrojem kladného napětí V a vytvořit tak základní variantu ionizačního detektoru, v literatuře popsanou jako environmental secondary detector (ESD).

Držák 6 vzorku je umístěn ve středu rotační symetrie detektorového systému a je tvořen válcovou elektrodou. Ta může být vodivě spojena se zemí mikroskopu a plnit funkci zemního systému vzorku, nebo může být plovoucí a pak ji lze připojit na kladné nebo záporné napětí zdroje. Součástí držáku 6 vzorku je také otevřený magnetický obvod 12 vytvářející směrované elektromagnetické pole s dostatečnou intenzitou, viz obr. 2.

Detektor je vybaven výše popsaným systémem elektrod jejichž schématické rozmístění je na obr. 1. V závislosti na konkrétní konfiguraci detektoru nemusí být všechny elektrody použity a lišit se mohou i velikosti či polarity napětí na ně přivedené.

V základní konfiguraci využívá detektor pouze elektrodu detekční 7, prstencovou 11 a odsávací 9, přičemž odsávací elektroda 9 nahrazuje pro tento případ funkci retardační elektrody 8. Po dopadu svazku 3 primárních elektronů na vzorek, jsou ze vzorku emitovány signální sekundární elektrony $\ominus$ v celém energiovém spektru až do energie primárních elektronů.

- Vysoko energiové zpětně odražené elektrony šířící se velkou rychlostí po přímých drahách směrem od vzorku v prostorovém úhlu 0 až 180 sr nemohou dopadnout na detekční elektrodu 7 vzhledem k její poloze a nemohou být přitaženy ani elektrostatickým polem detekční elektrody 7 na níž je přivedeno kladné napětí v řádu stovek voltů. Tím je vyloučena přítomnost zpětně odražených elektronů v detekovaném signálu. Zpětně odražené elektrony proto pokračují po přímých drahách směrem ke scintilačnímu monokrystalu 10, jako základnímu prvku scintilátorově-fotónásobičové varianty detektoru zpětně odražených elektronů. Díky této konfiguraci je výhodné kombinovat popisovaný detektor s detektorem zpětně odražených elektronů.
- 10 Nízkoenergiové sekundární elektrony $\ominus$ s energií do 50eV vystupující ze vzorku v prostorovém úhlu 0 až 180 sr, jsou odkláněny elektrostatickým polem odsávací elektrody 9, na níž je záporné napětí, a prstencové elektrody 11, na níž je kladné napětí, směrem do prostoru nad detekční elektrodou 7.
- 15 V případě, že na prstencovou elektrodu 11 bude přivedeno záporné napětí, může být elektroda 11 použita k řízení rekombinačních procesů mezi elektrony a kladnými ionty $\oplus$ tím, že bude zachycovat kladné ionty $\oplus$ a redukovat tím jejich počet. To se pozitivně projeví v úrovni detekovaného signálu.
- 20 Sekundární elektrony $\ominus$ nacházející se v prostoru nad detekční elektrodou 7 jsou přitaženy silným elektrostatickým polem této elektrody 7. Výsledný tvar dráhy sekundárních elektronů $\ominus$ je závislý na jejich energii a na intenzitě elektrostatických polí elektrod detektoru. V závislosti na nich může být jejich dráha prodloužena nebo zkrácena. Díky tomuto efektu je možné detekované elektrony energiově filtrovat. Elektrony jejichž energie je větší než požadovaná se pohybují po
- 25 málo zakřivených drahách a dopadnou tak na vzdálenější segment detekční elektrody 7, tj. segment s větším průměrem, nebo na ni nedopadnou vůbec. Naopak elektrony s požadovanou energií jsou fokusovány na vnitřní segment detekční elektrody 7, tj. segment s menším průměrem.
- 30 Prodloužení drah sekundárních elektronů $\ominus$ při zachování krátké pracovní vzdálenosti vzorku od pólového nástavce 4 mikroskopu umožňuje maximalizovat efekt lavinového násobení sekundárních elektronů $\ominus$ v prostoru mezi vzorkem a detekční elektrodou 7. Současně je minimalizován rozptyl primárních elektronů na jejich krátké dráze od pólového nástavce 4 směrem ke vzorku.
- 35 Přivedení záporného napětí na vzorek může dále zvýšit detekční účinnost tohoto detektoru. Nízkoenergiové sekundární elektrony $\ominus$ s energií kolem 5eV nemají dostatečnou energii pro ionizační proces, díky kterému vzniká po interakci sekundárního elektronu s molekulou nebo atomem plynu další elektron a kladný iont $\oplus$. Záporný potenciál na vzorku umožní zvýšit energii těchto nízkoenergiových elektronů, optimalizovat ionizační proces a zvýšit počet detekovatelných sekundárních elektronů $\ominus$. Detektor je proto schopen detekovat energiově selektivní signál
- 40 sekundárních elektronů $\ominus$ s velmi vysokou účinností.
- 45 Detektor ve variantě s retardační elektrodou 8 je optimalizovaná varianta detektoru umožňující minimalizovat vliv sekundárních elektronů $\ominus$ vznikajících po dopadu zpětně odražených elektronů na kovové části mikroskopu nebo detektorů a elektronů vznikajících jako výsledek interakce zpětně odražených elektronů s molekulami a atomy plynu v detekovaném signálu. Vysoko energiové zpětně odražené elektrony nejsou ovlivněny elektrostatickým polem retardační elektrody 8 na níž je přivedeno záporné napětí. Tyto elektrony mřížkou procházejí a dopadají na scintilační monokrystal 10 na jehož povrchu je tenká vodivá vrstva odsávací elektrody s kladným napětím. Sekundární elektrony $\ominus$, které vzniknou po dopadu zpětně odražených elektronů na
- 50 kovové části mikroskopu nebo elektrod, jsou přitaženy odsávací elektrodou 9 a nemohou dopadnout na elektrodu detekční 7. Zpětně odražené elektrony jejichž energie je snížena po průchodu prostředím vysokého tlaku komory 1 vzorku mikroskopu a elektrostatickým polem retardační mřížky, produkují v oblasti nad retardační elektrodou 8 zvýšené množství sekundárních elektronů $\ominus$. Tyto elektrony vznikají v důsledku interakce zpětně odražených elektronů s molekulami a
- 55 atomy plynů a jejich přítomnost v detekovaném signálu je nežádoucí. Proto jsou zachyceny elek-

5 trostatickým polem odsávací elektrody 9, jejíž účinnost je umocněna elektrostatickým polem retardační elektrody 8, na níž je přivedeno záporné napětí. Elektrostatické pole retardační elektrody 8 také přitahuje vznikající kladné ionty $\oplus$ jejichž přítomnost snižuje množství detekovatelných sekundárních elektronů $\ominus$ v detektoru. Detekce sekundárních elektronů $\ominus$ probíhá stejným způsobem jako bylo popsáno v případě detektoru bez retardační elektrody 8.

10 Detekovaný signál sekundárních elektronů $\ominus$ dopadajících na detekční elektrodu 7 může být ještě zesílen účinky elektromagnetického pole z otevřeného magnetického obvodu 12. viz obr. 2. Elektromagnetické pole s dostatečnou intenzitou způsobuje spirálový pohyb sekundárních elektronů $\ominus$, jejichž vektor rychlosti svírá s vektorem magnetické indukce nenulový, v ideálním případě pravý úhel. Díky tomu je dráha sekundárních elektronů $\ominus$ směrem od vzorku k detekční elektrodě 7 ještě více prodloužena. Prodloužení dráhy elektronů má za následek zvýšení počtu srážek elektronů s molekulami a atomy plynů a tím i zvýšení účinnosti lavinového násobení elektronů dopadajících na detekční elektrodu 7.

PATENTOVÉ NÁROKY

20 1. Ionizační detektor environmentálního rastrovacího elektronového mikroskopu, který je tvořen komorou (1) vzorku, jež je oddělena od pólového nástavce (4) mikroskopu clonou (2) pro průchod svazku (3) primárních elektronů a v níž se nachází držák (6) vzorku a alespoň jedna detekční elektroda (7), **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že plochá detekční elektroda (7) obklopuje vzorek v podstatě v rovině vzorku nebo pod ní, přičemž aktivní strana detekční elektrody (7) je nasměrována proti svazku (3) přichozích primárních elektronů.

30 2. Detektor podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že detekční elektrodě (7) je předřazena alespoň jedna s ní rovnoběžná retardační elektroda (8), která má podobu mřížky, na níž je nezávisle přivedeno řízené záporné napětí.

35 3. Detektor podle nároku 1 nebo 2, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že retardační elektrodě (8) je předřazena odsávací elektroda (9), na níž je přivedeno kladné nebo záporné napětí, umístěná v bezprostřední blízkosti pólového nástavce (4) mikroskopu.

40 4. Detektor podle nároku 3, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že odsávací elektroda (9) tvoří vodivou vrstvu na spodní straně děleného scintilačního monokrystalu (10), v němž je proveden průchod pro svazek (3) primárních elektronů.

5. Detektor podle nároků 1 až 4, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že je opatřen prstencovou elektrodou (11) obklopující vzorek, jejíž poloha vůči vzorku je stavitelná a na níž je přivedeno řízené kladné nebo záporné napětí.

45 6. Detektor podle nároků 1 až 5, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že držák (6) vzorku je tvořen válcovou elektrodou s možností uzemnění nebo připojení řízeného kladného nebo záporného napětí.

50 7. Detektor podle nároků 1 až 6, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že držák (6) vzorku je obklopen magnetickým obvodem (12) s řízenou intenzitou elektromagnetického pole otevřeného do komory (1) vzorku.

55 8. Detektor podle nároků 1 až 7, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že detekční elektroda (7) je konstruována jako dělená na kruhové výseče, z nichž každá je napojena na samostatný vyhodnocovací obvod.

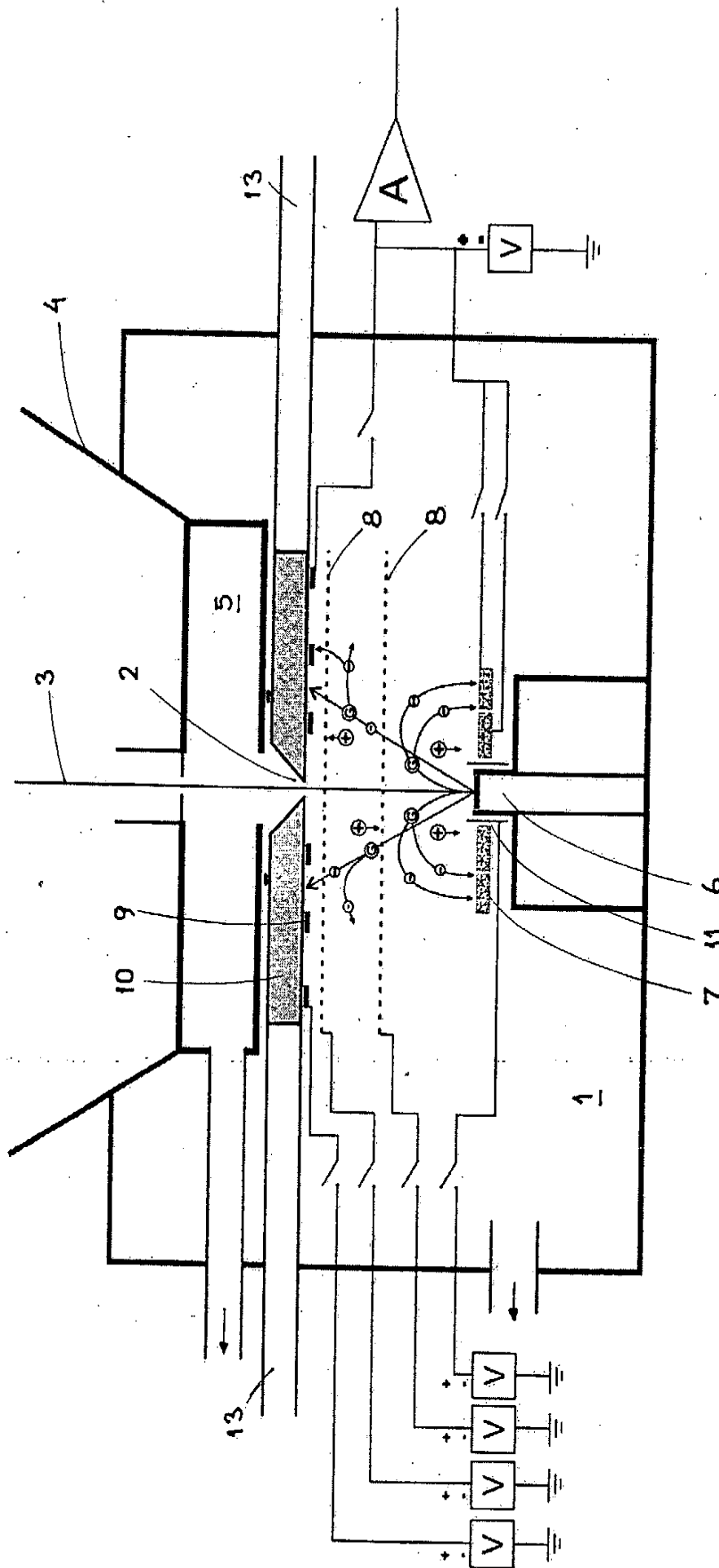
9. Detektor podle nároků 1 až 8, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že detekční elektroda (7) je konstruována jako dělená na mezikruží, z nichž každé je napojeno na samostatný vyhodnocovací obvod.

5

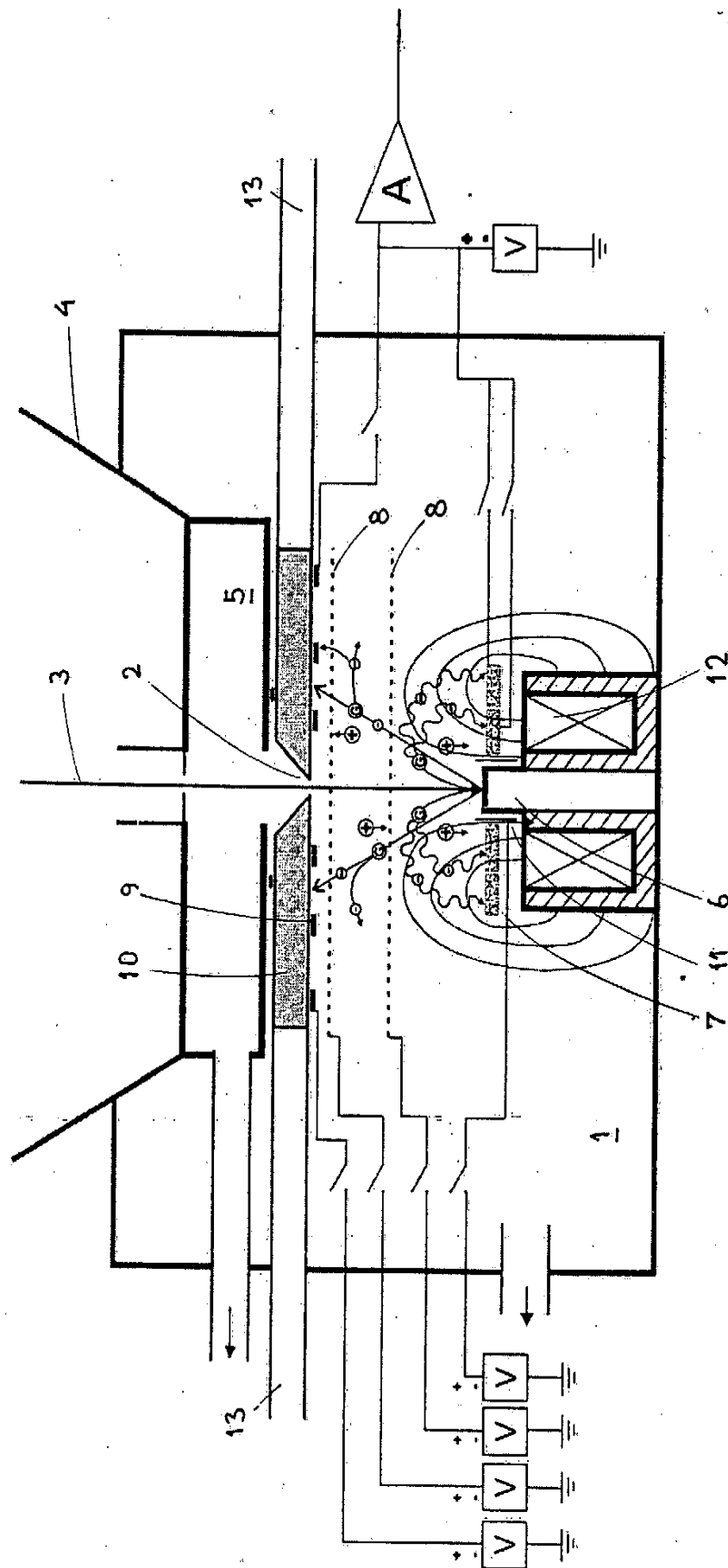
10. Detektor podle nároků 1 až 9, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že poloha detekční elektrody (7) vzhledem k rovině vzorku je nastavitelná.

10

2 výkresy



Obr. 1



Obr. 2