

PŘÍHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2003 - 368

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **29.06.2001**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **07.07.2000 31.05.2001**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **2000/10032599 2001/10126698**

(33) Země priority: **DE DE**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **18.06.2003**
(Věstník č. 6/2003)

(86) PCT číslo: **PCT/EP01/07431**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO02/005309**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. C1. ⁷;

H 01 J 37/244

(71) Přihlašovatel:

**LEO ELEKTRONENMIKROSKOPIE GMBH,
Oberkochen, DE;**

(72) Původce:

**Gnauck Peter, Reutlingen, DE;
Drexel Volker, Königsbronn, DE;
Bate David, Cambridge, GB;
Essers Erik, Karlsruhe, DE;**

(74) Zástupce:

Matějka Jan JUDr., Národní 32, Praha, 11000;

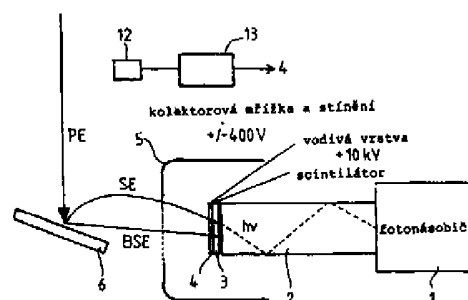
(54) Název přihlášky vynálezu:

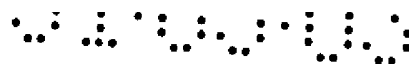
**Detektor oblastí s měnícím se tlakem, přístroj
vyzařující korpuskulární záření a způsob
dokazování existence produktů vzájemného
působení v tomto přístroji**

(57) Anotace:

Detektor je určen pro elektronové mikroskopy, zejména rastrové elektronové mikroskopy, a je používán v komoře pro vzorek (6) elektronového mikroskopu za různých tlakových podmínek. Detektor je upraven jak pro detekování elektronů, tak i pro detekování světla. Detektor obsahuje detektor (1) světla a scintilátor (3) zapojený před detektorem (1) světla. Scintilátor (3) sestává ze scintilačního materiálu prostupného pro viditelné světlo. Scintilátor (3), který je prostupný pro viditelné světlo, může být navíc opatřen vrstvou (4) prostupnou pro viditelné světlo. Detektor je vhodný pro detekování elektronů ve vysokém vakuu a pro detekování světla při vysokých tlacích v komoře pro vzorek (6) jako výsledek použití různých potenciálů. Přístroj vyzařující korpuskulární záření, zejména rastrový elektronový mikroskop, je proveden s komorou pro vzorek (6), jejíž tlak je proměnný, s elektronovým optickým systémem pro vytváření zaostřeného paprsku elektronů (PE) a s uvedeným detektorem. U způsobu dokazování existence produktů vzájemného působení v přístroji vyzařujícím korpuskulární záření za podmínek měnícího se tlaku se světlo vzniklé za podmínek

vysokého vakua při nárazu produktů vzájemného působení na scintilátor (3) a světlo vzniklé při okolním tlaku nebo za podmínek mírného vakua vzájemným působením produktů vzniklých vzájemným působením s molekulami plynu detekují tímtež detektorem (1) světla a následně vyhodnocují.





01-3366-02-Ma

PV 2003-368

Detektor oblastí s měnícím se tlakem, přístroj vyzařující korpuskulární záření a způsob dokazování existence produktů vzájemného působení v tomto přístroji

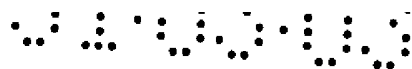
Oblast techniky

Vynález se týká detektoru produktů vzniklých v přístroji vyzařujícím korpuskulární záření interakcí neboli vzájemným působením primárního paprsku se zkoumaným vzorkem, zejména elektronů zpětného rozptylu a sekundárních elektronů.

Dosavadní stav techniky

Obvykle se pro dokazování přítomnosti sekundárních elektronů nebo elektronů zpětného rozptylu používají v rastrových elektronových mikroskopech takzvané Everhard-Thornleyovy detektory (ETD), u nichž se sekundární elektrony uvolněné na povrchu vzorku nebo elektrony zpětného rozptylu odsávají od vzorku odsávací mřížkou k detektoru a následně se urychlí na scintilátor, který má vysokonapěťový potenciál o hodnotě přibližně 10 kV. Nárazem elektronů, které mají vysokou kinetickou energii, na scintilátor vznikají fotony, které se transparentním světlovodem vedou do detektoru světla, například do fotonásobiče.

Takové Everhard-Thornleyovy detektory však nejsou použitelné při měnících se tlacích plynů v oblasti detektoru, zejména tehdy, když tlak v okolí detektoru je větší než 10^{-3} hPa, protože zvýšenou vodivostí zbytkového plynu způsobuje vysoké napětí přiváděné na scintilátor přeskoky.

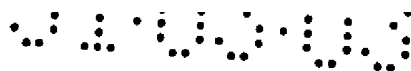


Při tlacích nad 10^{-3} hPa v komoře pro vzorek neboli preparát se pro nepřímou detekci sekundárních elektronů uvolněných z primárního paprsku obvykle na elektrodu přivede odsávací potenciál o velikosti až 400 V, aby se uvolněné sekundární elektrony urychlily ve směru od vzorku. Přitom nárazy sekundárních elektronů způsobí vznik plynové kaskády. V této plynové kaskádě vznikají další, terciární, elektrony a scintilačními efekty přidavně i fotony. Zjišťování signálu se potom provede buď měřením proudu elektronů nebo detekcí fotonů. Příslušné principy detekce jsou popsány například ve spisech US 4,785,182 a WO 98/22971.

Přístroje, které jsou dimenzovány pro provoz za měnících se tlakových poměrů v komoře pro preparát, pomocí nichž je tedy možné provádět zkoumání vzorků v elektronových mikroskopech jak při vysokém vakuu, tak i při takzvaných okolních podmínkách, při nichž tlak v komoře pro preparát je vyšší než 10^{-3} hPa, musí mít pro různé režimy provozu různé detektory.

Ze spisu JP 11096956 A je známý detektor pro rastrové elektronové mikroskopy, u něhož stejný detektor světla slouží jak pro dokazování přítomnosti katodové luminiscence, tak i pro dokazování přítomnosti elektronů zpětného rozptylu. Za tím účelem má tento detektor scintilátor připojený ke světlovodu, jehož konec je konvexně vytvarován a pozrcadlen. Elektrony zpětného rozptylu pronikají do zrcadlové vrstvy a ve scintilátoru vytvářejí světelné záblesky, které jsou zjišťovány detektorem světla. Naproti tomu katodová luminiscence se od zrcadlového povrchu scintilátoru zaostřuje na jinou vstupní plochu světla světlovodu.

Nevýhodou tohoto detektoru však je, že scintilátor musí být uspořádán mezi vzorkem a čočkou objektivu rastrového elektronového



mikroskopu, takže mezi čočkou objektivu a vzorkem musí existovat příslušně velký pracovní odstup. V důsledku tím vznikajícího rozptylu elektronů na molekulách plynu není tento detektor vhodný pro použití při vysokých tlacích v komoře pro preparát. Kromě toho scintilátor ruší při naklonění vzorku.

Ve spise DE 40 09 692 A1 je popsán Everhard-Thornleyův detektor, jehož povrch je opatřen kovovou mřížkou. Tato kovová mřížka slouží mimo jiné k zabránění nabití povrchu nevodivého scintilátoru. O použití detektoru při různých tlacích v komoře pro preparát zde není nic uvedeno.

Úkolem vynálezu proto je vytvořit detektor, který bude použitelný jak za podmínek vysokého vakua, tak i při vysokých tlacích v komoře pro preparát elektronového mikroskopu.

Podstata vynálezu

Uvedený úkol splňuje detektor oblastí s měnícím se tlakem v komoře pro vzorek přístroje vyzařujícího korpuskulární záření, podle vynálezu, jehož podstatou je, že detektor je dimenzován jak pro detekování elektronů, tak i pro detekování světla.

Další výhodná provedení vyplývají ze znaků závislých patentových nároků.

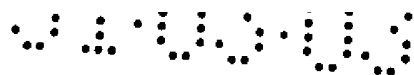
Detektor podle vynálezu je dimenzován jak pro dokazování přítomnosti elektronů, tak i pro dokazování přítomnosti světla. Dokazování přítomnosti elektronů se přitom provádí nepřímo pomocí fotonů vznikajících ve scintilátoru, které se potom zjišťují detektorem světla.



Do scintilátoru se podle výhodného příkladného provedení přivádí vysokonapěťový potenciál, přičemž scintilátor je vytvořen jako prostupný pro světlo v určité spektrální oblasti, s výhodou v oblasti viditelného spektra. Pro napájení scintilátoru vysokonapěťovým potenciálem může být scintilátor opatřen elektricky vodivou vrstvou ve tvaru mřížky nebo pásů. Alternativně může být na scintilátoru upravena elektricky vodivá vrstva prostupná pro viditelné světlo.

Detektor by měl dále obsahovat kolektorovou mřížku, která je uspořádána na straně scintilátoru odvrácené od detektoru světla, a která je rovněž napájena určitým potenciálem. Scintilátor a kolektorová mřížka by přitom měly být napájeny regulovatelnými napětími nezávisle na sobě.

Způsob činnosti příslušného detektoru za podmínek vysokého vakua je analogický se způsobem činnosti Everhard-Thornleyova detektoru. Scintilátor je za tím účelem za podmínek vysokého vakua napájen potenciálem o velikosti přibližně 10 kV (mezi 5 kV a 15 kV), takže elektrony, které mají vysokou energii, dopadající na scintilátor vytvářejí fotony, které jsou potom následně zjišťovány detektorem světla. Při tlacích v komoře pro preparát vyšších než 10^{-3} hPa se buď do kolektorové mřížky nebo do scintilátoru nebo do obou přivádí nízký potenciál v rozsahu od 50 V do 1000 V, s výhodou od 100 V do 500 V, takže sekundární elektrony, uvolněné ze vzorku primárními elektrony, nebo elektrony zpětného rozptylu vytvářejí plynovou kaskádu se scintilačními efekty na dráze od vzorku neboli preparátu ke scintilátoru, respektive kolektorové mřížce. Fotony vytvářené v plynové kaskádě a prošlé transparentní vrstvou na scintilátoru jsou potom detekovány detektorem světla. Hodnota napětí přiváděného do scintilátoru nebo do kolektorové mřížky je přitom závislá na zvoleném tlaku v komoře pro preparát a na geometrických faktorech.



Změnou napětí na kolektorové mřížce je přídavně možné provádět rozlišování mezi sekundárními elektrony a elektrony zpětně rozptýlenými na vzorku. Má-li jak kolektorová mřížka, tak i scintilátor stejný potenciál jako vzorek, nevznikne žádná plynová kaskáda a světelný signál prošlý transparentním scintilátorem a detekovaný detektorem světla je signálem, který pochází výlučně z elektronů zpětných rozptýlených na vzorku.

Podle dalšího výhodného provedení detektor obsahuje světlovod. Tento světlovod může přitom sám sestávat ze scintilačního materiálu. Takový světlovod přitom slouží k účinnému vedení fotonů vytvářených ve scintilátoru k detektoru světla.

Podle dalšího výhodného provedení je kolektorová elektroda vytvořena jako jehlová elektroda nebo jako tenké dráty. Kromě toho mohou být použity další elektrody, které ve tvaru hrnce obklopují scintilátor a kolektorovou elektrodu a tím ve svém vnitřku vytvářejí detekční komoru, která je s komorou pro vzorek spojena pouze malým otvorem.

Při vysokých tlacích v okolí detektoru může být současně se světelným signálem zjišťována přítomnost i proudu elektronů na odsávací mřížce a/nebo na scintilátoru opatřeným elektricky vodivou vrstvou.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude dále blíže objasněn na příkladných provedeních podle přiložených výkresů, na nichž

obr. 1 znázorňuje principiální skicu detektoru podle vynálezu v řezu při provozu ve vysokém vakuu,



obr. 2 detektor podle vynálezu z obr. 1 při provozu v oblasti tlaků nad 10^{-3} hPa,

obr. 3 další příkladné provedení detektoru podle vynálezu při provozu v oblasti tlaků nad 10^{-3} hPa a

obr. 4 třetí příkladné provedení detektoru podle vynálezu.

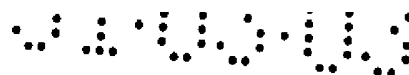
Příklady provedení vynálezu

Detektor podle vynálezu, znázorněný na obr. 1, obsahuje detektor 1 světla, například ve formě fotonásobiče nebo Avalancheovy fotodiody, přičemž před detektorem 1 světla je zařazen světlovod 2 a na čelní straně světlovodu 2 odvrácené od detektoru 1 světla je uspořádán scintilátor 3.

Na tomto místě je nutno poukázat na skutečnost, že světlovodu 2 není nutně zapotřebí, přičemž scintilátor 3 může být i přímo umístěn před detektorem 1 světla. V tomto případě by ovšem musel být detektor 1 světla uspořádán uvnitř komory pro preparát elektronového mikroskopu, zatímco se světlovodem 2 může být detektor 1 světla uspořádán mimo komoru pro preparát, protože světlo vytvořené ve scintilátoru 3 uvnitř komory pro preparát je světlovodem 2 vedeno do detektoru 1 světla.

Dále je na tomto místě nutno poukázat na skutečnost, že světlovod 2 sám může být vytvořen i jako scintilátor, takže je možno upustit od zvláštní vrstvy scintilátoru 3.

Scintilátor 3 sestává z materiálu transparentního pro viditelné světlo, například z běžného plastového scintilátoru. Na straně odvrácené od detektoru 1 světla je scintilátor 3 opatřen elektricky vodivou vrstvou 4 prostupnou pro viditelné světlo. Protože tato elektricky vodivá vrstva 4 může být navíc vytvořena i jako obvyklá



kovová vrstva, která je na čelní ploše světlovodu 2 umístěna ve tvaru mříže nebo pásů, nebo jako tenká kovová fólie, například z titanu nebo zlata, o tloušťce v rozsahu od 5 nm do 30 nm, s výhodou o tloušťce v rozsahu od 3 nm do 30 nm. Alternativně přichází v úvahu i prostupná vrstva s elektricky vodivým materiálem prostupným pro světlo, například s ITO.

Jednotka vytvořená ze světlovodu 2, scintilátoru 3 a z transparentní elektricky vodivé vrstvy 4 je v odstupu obklopena kolektorovou mřížkou 5.

V komoře pro vzorek je uspořádáno čidlo 12 tlaku, které měří tlak v této komoře pro vzorek a prostřednictvím regulační jednotky 13 reguluje přívod potenciálu do scintilátoru 3 a/nebo kolektorové mřížky 5 v závislosti na tlaku v této komoře.

Za podmínek vysokého vakua, tedy při tlacích v komoře pro preparát nižších než je okolní tlak, který se pohybuje v rozsahu od 10^{-3} hPa do 10^{-2} hPa, je scintilátor 3, respektive pro světlo prostupná elektricky vodivá vrstva 4 scintilátoru 3, napájen potenciálem v rozsahu od 5 kV do 15 kV. Kolektorová mřížka 5 je, podle toho, zda mají být detekovány elektrony BSE zpětně rozptýlené na vzorku 6 nebo sekundární elektrony SE vytvářené na vzorku 6, napájena potenciálem asi 400 V s opačnou polaritou. Má-li se provádět zjišťování přítomnosti pouze zpětně rozptýlených elektronů BSE, napájí se kolektorová mřížka 5 potenciálem záporným vůči vzorku 6. Tímto záporným potenciálem jsou sekundární elektrony, které vystupují ze vzorku 6 pouze s malou energií o velikosti několika elektronvoltů, kolektorovou mřížkou 5 odděleny od scintilátoru 3. Na scintilátor 3 proto dopadají pouze elektrony, které v důsledku své vysoké kinetické energie mohou překonat opačný potenciál kolektorové mřížky 5. Těmito elektrony jsou elektrony zpětně



rozptýlené na vzorku 6. Tyto zpětně rozptýlené elektrony se mezi kolektorovou mřížkou 5 a scintilátorem 3 urychlují na potenciál scintilátoru 3 a v důsledku své vysoké energie vytvářejí ve scintilátoru 3 fotony, které jsou světlovodem 2 vedeny do detektoru 1 světla, kde jsou zjišťovány.

Je-li zapotřebí zjišťovat přítomnost sekundárních elektronů SE uvolněných primárními elektrony PE ze vzorku 6, přivádí se na kolektorovou mřížku 5 potenciál, který je vůči potenciálu vzorku 6 kladný. Tímto kladným potenciálem kolektorové mřížky 5 jsou sekundární elektrony uvolněné ze vzorku 6 odsávány a následně mezi kolektorovou mřížkou 5 a scintilátorem 3 urychlovány na potenciál scintilátoru 3. V tomto případě uvolňují i urychlené sekundární elektrony v důsledku své vysoké kinetické energie ve scintilátoru 3 fotony, které jsou potom zjišťovány detektorem 1 světla. Při potenciálu kolektorové mřížky 5, který je kladný vůči potenciálu vzorku 6, sice na scintilátor 3 dopadají i elektrony zpětně rozptýlené na vzorku 6, avšak ze všech elektronů zpětně rozptýlených na vzorku 6 se zjišťuje jen velmi malý prostorový úhlový rozsah, zatímco sekundární elektrony jsou v důsledku své malé kinetické energie při výstupu ze vzorku 6 zjišťovány téměř nezávisle na směru svého výstupu. Z tohoto důvodu je signál detekovaný detektorem 1 světla při potenciálu kolektorové mřížky 5, který je kladný vůči potenciálu vzorku 6, primárně určen sekundárními elektrony vystupujícími ze vzorku 6, zatímco elektrony zpětně rozptýlené na vzorku 6 způsobují pouze poměrně malé pozadí tohoto signálu.

Při činnosti detektoru při vysokých tlacích v komoře (obr. 2) má scintilátor 3 stejný potenciál jako vzorek 6. Kolektorová mřížka 5 je současně napájena potenciálem v rozsahu od 0 do +400 V, proměnným vůči potenciálu vzorku 6. V případě, že je zapotřebí zjišťovat pouze přítomnost elektronů zpětně rozptýlených na vzorku



6, napájí se kolektorová mřížka 5 stejným potenciálem jako vzorek 6. Elektrony zpětného rozptylu, které byly zpětně rozptýleny na vzorku 6 a v důsledku úhlu svého zpětného rozptylu dopadají na scintilátor 3, opět ve scintilátoru 3 vytvářejí, stejně jako při činnosti za podmínek vysokého vakua, v důsledku své relativně vysoké kinetické energie fotony, které jsou potom zjišťovány detektorem 1 světla. Je-li naopak zapotřebí zjišťovat přítomnost sekundárních elektronů, napájí se kolektorová mřížka 5 potenciálem, který je kladný vůči potenciálu vzorku 6. Sekundární elektrony vystupující ze vzorku 6 jsou potom urychlovány směrem ke kolektorové mřížce 5 a svými nárazy do atomů plynu na této dráze vytvářejí známou plynovou kaskádu a současně fotony vznikající s touto plynovou kaskádou. Tyto fotony procházejí elektricky vodivou vrstvou 4, která je prostupná pro viditelné světlo, potom scintilátorem 3 rovněž prostupným pro viditelné světlo, načež jsou vedeny světlovodem 2 do detektoru 1 světla. Přídavně nebo alternativně ke zjišťování vytvářených fotonů se při tomto režimu činnosti pro získání signálu použijí i elektrony vytvářené plynovou kaskádou zachycené kolektorovou mřížkou 5, respektive elektricky vodivou vrstvou 4.

Přepínání napájení scintilátoru 3 potenciálem se provádí automaticky regulační jednotkou 13 v závislosti na tlaku v komoře pro vzorek 6 zjištěném čidlem 12 tlaku. Překročí-li tlak v této komoře předem nastavený spínací tlak, vypne se automaticky potenciál scintilátoru 3 nebo se potenciál scintilátoru 3 sníží tak, aby byl vyloučen vznik napěťových přeskoků. Klesne-li tlak v komoře pod spínací tlak, do scintilátoru 3 se opět přivádí jeho předem nastavený potenciál.

Detektor znázorněný na obr. 3 má v principu stejné provedení jako detektor znázorněný na obr. 1. Proto jsou komponenty na obr. 3, které odpovídají komponentám na obr. 1, opatřeny stejnými

vztahovými značkami. Pokud se týká podrobného popisu těchto komponent a činnosti tohoto detektoru ve vysokém vakuu, uvádí se odkaz na výše uvedený popis k obr. 1.

U příkladného provedení podle obr. 3 je přídavně ke zdroji 8 napětí pro napájení kolektorové mřížky 5 potenciálem a ke zdroji 9 napětí pro nastavování proměnného potenciálu vzorku 6 uspořádán další zdroj 7 napětí, kterým může být elektricky vodivá vrstva 4 scintilátoru 3 napájena potenciálem U_5 , který je vůči kolektorové mřížce 5 kladný. Potenciál elektricky vodivé vrstvy 4 je přitom vůči kolektorové mřížce 5 proměnný. Přívodem tohoto přídavného napětí mezi elektricky vodivou vrstvou 4 scintilátoru 3 a kolektorovou mřížkou 5 se mezi kolektorovou mřížkou 5 a scintilátorem 3 vytvoří další plynová kaskáda. Pro vytvoření signálu se může opět detekovat jak světelný signál detekovaný detektorem 1 světla, tak i proud elektronů dopadající na kolektorovou mřížku 5 a/nebo elektricky vodivou vrstvu 4, k čemuž je ke kolektorové mřížce 5 připojen první zesilovač 10 proudu a k elektricky vodivé vrstvě 4 druhý zesilovač 11 proudu. Změnou napětí kolektorové mřížky 5 vůči potenciálu vzorku 6 na jedné straně a napětí mezi elektricky vodivou vrstvou 4 a kolektorovou mřížkou 5 je možno oproti příkladnému provedení podle obr. 1 a 2 se zvýšenou přesností rozlišovat mezi signály vytvářenými sekundárními elektrony a signálem vytvářeným elektrony zpětného rozptylu.

U tohoto příkladného provedení je zejména rovněž možné napájet kolektorovou mřížku 5 potenciálem kladným vůči potenciálu vzorku 6 pouze mírně a elektricky vodivou vrstvu 4 scintilátoru 3 napájet potenciálem kladným vůči kolektorové mřížce 5 silně tak, že sekundární elektrony vystupující ze vzorku 6 jsou sice účinně odsávány potenciálem kolektorové mřížky 5, avšak mezi vzorkem 6 a kolektorovou mřížkou 5 ještě nevznikne žádná plynová kaskáda

s násobením sekundárních elektronů s tím spojeným, nýbrž plynová kaskáda vznikne nejprve mezi kolektorovou mřížkou 5 a scintilátorem 3. Protože plynová kaskáda je tím lokalizována do blízkosti scintilátoru 3 a fotony vznikající při vytvoření plynové kaskády vznikají v tomto lokalizovaném prostoru, provádí se zjišťování přítomnosti fotonů s vyšší účinností. Dále je možné oddělenou regulací tlaku mezi kolektorovou mřížkou 5 a scintilátorem 3, například vytvořením kolektorové mřížky 5 ve tvaru hrnce s relativně malým otvorem přivráceným ke vzorku 6, který tvoří takzvanou „clonu mezi tlakovými stupni“, a cíleným vstupem plynu do vnitřku tohoto hrnce, nastavit mezi kolektorovou mřížkou 5 a scintilátorem 3 tlak odlišný od tlaku v komoře a až do určitého stupně nezávislý. Z toho potom vyplývá vytvoření kaskády nezávislé na tlaku v komoře až do tohoto stupně a odpovídající nezávislé zesílení sekundárních fotonů a neutronů. Těmito opatřeními je rovněž možné dosáhnout znásobení sekundárních elektronů i tehdy, když je tlak v komoře pro preparát příliš nízký i pro vytvoření plynové kaskády.

Příkladné provedení znázorněné na obr. 4 je podobné provedení podle obr. 3, avšak ve směru ke vzorku 6, tedy ke straně odvrácené od detektoru světla, se kuželovitě zužuje do špičky. Obsahuje světlovod 34, na který je ze strany vzorku 6 nasazen scintilátor 30. Scintilátor 30 je na straně vzorku 6 opatřen elektrodou 26 prostupnou pro světlo, která je opět vytvořena buď jako tenká kovová vrstva nebo jako mřížka.

Ve středovém prohloubení 27 je v čelní ploše scintilátoru 30 přivrácené ke vzorku 6 umístěna jehlová elektroda 24 uspořádaný ve směru ke vzorku 6, která na straně ke vzorku 6 vybíhá do špičky. Toto prohloubení 27 přitom slouží výlučně k elektrické izolaci jehlové elektrody 24 vůči elektrodě 26 scintilátoru 30.

Vně je na světlovodu 34 umístěna střední elektroda 22, která jehlovou elektrodou 24 obklopuje ve tvaru hrnce a na straně směrem ke vzorku 6 se kuželovitě zužuje, takže na její straně přivrácené ke vzorku 6 je vytvořen otvor 23, jehož průměr je v rozsahu od 0,5 do 5 mm a slouží pro vstup elektronů. Střední elektroda 22 je uvnitř pozrcadlena.

Podle zvláštního vytvoření tohoto příkladného provedení je vnitřní střední elektroda 22 ještě obklopena další vnější elektrodou 20, která se ve směru k vzorku 6 rovněž kuželovitě zužuje do špičky a na této straně přivrácené ke vzorku 6 tvoří rovněž vstupní otvor 21. Mezi touto vnější elektrodou 20 a střední elektrodou 22 je prostřednictvím vstupu 19 plynu možno nastavit přívod plynu a jeho tlak do tohoto meziprostoru částečně nezávisle na plynu a tlaku v komoře pro vzorek 6. Když v detekční komoře, tedy v meziprostoru mezi střední elektrodou 22 a vnější elektrodou 20, panuje poněkud vyšší tlak než v komoře pro vzorek 6, má to tu výhodu, že plyn neustále difundující z komory pro vzorek 6 do detekční komory je stále opět z detekční komory vyplachován.

Vnější elektroda 20 slouží jednak k odstínění vysokonapětového potenciálu, který při provozu za podmínek vysokého vakua existuje na elektrodě 26 scintilátoru 30, vůči paprsku primárních paprsků PE. Vnější elektroda 20 dále slouží k přitahování sekundárních elektronů od vzorku 6 ke vstupnímu otvoru 21. Do špičky se sbíhajícím provedením vnější elektrody 20 se udržuje na co nejmenší hodnotě nežádoucí příspěvek k signálu způsobený sekundárními elektrony, které jsou vytvářeny elektrony zpětného rozptylu v plynu v komoře pro vzorek 6, protože vstupním otvorem 21 projdou jen takové sekundární elektrony, které se nacházejí v nepřilíš velké vzdálenosti od tohoto vstupního otvoru 21, to znamená, že slabé vzdálené pole vnější elektrody 20 sbíhající se do



špičky slouží k tomu, aby vstupním otvorem 21 prošly pouze sekundární elektrony z úzce omezeného objemu.

Potenciál U1 vnější elektrody 20 by měl být nastavitelný kladně vůči vzorku 6 v rozsahu od 0 do 500 V. Silně kladný potenciál vyšší než 200 V má tu výhodu, že se tím v komoře pro vzorek 6 vytvoří plynová kaskáda, která se sbíhá ke vstupnímu otvoru 21 vnější elektrody 20. Tím vzroste účinnost detekce, neboť do detekční komory se dostane víc elektronů. Kromě toho elektrony, které vstupují do detekční komory, a to zejména při nepřiliš vysokém tlaku plynu, mají vyšší střední kinetickou energii, takže se příčnou komponentou elektrického pole, kolmou k ose otáčení detektoru, která elektrony tlačí zevnitř na vnější elektrodu 20, nechají méně ovlivňovat. Při mírném kladném potenciálu, nižším než 50 V, který je kladný vůči vzorku 6, je možno nastavit příznivý průběh elektrického pole, při němž jsou sekundární elektrony při průchodu nebo po průchodu vstupním otvorem 21 méně tlačeny k vnější elektrodě 20, nebo dokonce vůbec ne.

Pro zmenšení nepřímého podílu na signálu, který elektrony zpětného rozptylu dodávají prostřednictvím sekundárních elektronů, které vznikají srážkou elektronů zpětného rozptylu s pólovým nástavcem 28 čočky objektivu, je výhodné, když potenciál vzorku 6 je mírně, to znamená asi o 50 V, záporný vůči potenciálu pólového nástavce 28. Pomocí síťové elektrody, která má potenciál rovnající se potenciálu vzorku 6 (nebo jiný potenciál, který je bližší k potenciálu vzorku 6 než k potenciálu pólového nástavce 28), je možno mezi vzorkem 6 a pólovým nástavcem 28 dosáhnout toho, že prostor bezprostředně pod pólovým nástavcem 28 nemá téměř žádné pole a odsávání sekundárních elektronů další vnější elektrodou 20 není nijak zhoršováno.

Střední elektroda 22 slouží rovněž k udržování podílu sekundárních elektronů, které jsou tlačeny k vnější elektrodě 20, na malé hodnotě tím, že sekundární elektrony po vstupu do detekční komory jsou dále odchylovány do směru ke scintilátoru 30. Za tím účelem je potenciál střední elektrody 22 v rozsahu od 30 V do 500 V a je kladný vůči potenciálu vnější elektrody 20.

Pokud není vnější elektroda 20 přítomná, přejímá její úkoly zčásti samozřejmě střední elektroda 22.

Vnitřním pozrcadlením střední elektrody 22 se zvýší účinnost detekce fotonů tím, že fotony, které dopadnou na vnitřní plochu střední elektrody 22, jsou odráženy ke konci světlovodu 34. Podobný účinek má i vnitřní povlak střední elektrody 22, který rozptyluje a absorbuje mírné světlo, avšak s nižší účinností, protože pomocí pozrcadlení mohou být fotony usměrňovány ke světlovodu 34 cíleně.

Když je do jehlové elektrody 24 přiváděn rozdíl potenciálu vůči potenciálu okolí, vznikne na špičce jehlové elektrody 24 vysoká intenzita pole. Tím se dosáhne toho, že při vysokém tlaku plynu se velká část rozdílu potenciálu nachází na krátké dráze, takže součin tlaku vzduchu a této dráhy je možno nastavit na optimální hodnotu pro silnou plynovou kaskádu a plynová kaskáda vznikne především v detekční komoře. Při provozu s vysokým tlakem v komoře pro vzorek 6 slouží jehlová elektroda 24 jako kolektorová elektroda. Pomocí zesilovače proudu připojeného k jehlové elektrodě 24 je možno detekovat i proud sekundárních elektronů, takže potom je možno upustit od světlovodu 34 a detektoru světla, když má být detektor použit pouze při vysokých tlacích v komoře.

V principu stejného výsledku jako pomocí jehlové elektrody 24 je možno rovněž dosáhnout tehdy, když je místo jehlové elektrody 24



použita elektroda vytvořená z více tenkých drátů (tloušťka drátů je menší než 0,3 mm), které jsou nataženy rovnoběžně s elektrodou 26 scintilátoru 30, nebo síťová elektroda uspořádaná blízko před elektrodou 26 scintilátoru 30, a to ve vzdálenosti menší než 20 mm, s výhodou menší než 10 mm.

Při provozu s vysokým tlakem (vyšším než 500 Pa) v komoře pro vzorek 6 by měl být potenciál U3 jehlové elektrody 24 alespoň 200 V a kladný vůči potenciálu střední elektrody 22. Při středních tlacích v rozsahu od 1 Pa do 500 Pa by měl ležet potenciál jehlové elektrody 24 mezi potenciálem střední elektrody 22 a potenciálem elektrody 26 scintilátoru 30. Tím se dosáhne toho, že plynová kaskáda se poněkud rozšiřuje. Při provozu za podmínek vysokého vakua by měl potenciál jehlové elektrody 24 rovněž ležet mezi potenciálem střední elektrody 22 a potenciálem elektrody 26 scintilátoru 30, avšak měl by být shodný i s potenciálem jedné z obou elektrod 22, 26.

Potenciál U4 elektrody 26 scintilátoru 30 leží stejně jako u jiných příkladných provedení při provozu ve vysokém vakuu na vysokonapětovém potenciálu. Při středních tlacích v komoře by měla plynová kaskáda končit u jehlové elektrody 24. Při vysokém tlaku v komoře pro vzorek 6 leží potenciál elektrody 26 scintilátoru 30 mezi potenciálem jehlové elektrody 24 a potenciálem střední elektrody 22. Tím se dosáhne průběhu pole, který jednak napomáhá jako odsávací pole v otvoru střední elektrody 22 a jednak vede sekundární elektrony do blízkosti jehlové elektrody 24, kde jsou přitahovány kladným potenciálem jehlové elektrody 24.

Stejně jako u ostatních příkladných provedení slouží scintilátor 30 při provozu ve vysokém vakuu k vytváření fotonů, které jsou potom fotonásobičem zesilovány a detekovány.



Přívod plynu poskytuje při provozu ve vysokém vakuu možnost stejně jako při provozu s vysokým tlakem v komoře pro vzorek vytvoření plynové kaskády v detekční komoře. Kromě toho může být plyn detekční komory zvolen nezávisle na plynu v komoře pro vzorek, takže pro silnou plynovou kaskádu je možno zvolit plyn s vysokým faktorem zesílení pro znásobení sekundárních elektronů.



P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Detektor oblastí s měnícím se tlakem v komoře pro vzorek přístroje vyzařujícího korpuskulární záření, přičemž detektor je dimenzován jak pro detekování elektronů, tak i pro detekování světla.

2. Detektor podle nároku 1, přičemž detektor obsahuje scintilátor (3) napájený vysokonapěťovým potenciálem a detektor (1) světla, přičemž scintilátor (3) je alespoň částečně vytvořen prostupný pro světlo.

3. Detektor podle nároku 2, přičemž scintilátor (3) obsahuje elektricky vodivou vrstvu vytvořenou ve tvaru mříže nebo pásů.

4. Detektor podle nároku 2, přičemž scintilátor (3) obsahuje elektricky vodivou vrstvu propustnou pro světlo.

5. Detektor podle jednoho z nároků 1 až 4, přičemž je upraven světlovod (2).

6. Detektor podle nároku 5, přičemž světlovod (2) sestává se scintilačního materiálu.

7. Detektor podle jednoho z nároků 2 až 5, přičemž je upravena kolektorová elektroda (5) předřazená před scintilátorem.

8. Detektor podle nároku 7, přičemž scintilátor (3) a kolektorová elektroda (5) jsou napájeny regulovatelnými potenciály nezávisle na sobě.



9. Detektor podle nároku 7 nebo 8, přičemž kolektorová elektroda (5) je napájena proměnným potenciálem, kladným vůči potenciálu vzorku.

10. Detektor podle jednoho z nároků 7 až 9, přičemž ke kolektorové elektrodě (5) a/nebo k vodivé vrstvě (4) scintilátoru (3) jsou připojeny zesilovače proudu.

11. Detektor podle jednoho z nároků 8 až 10, přičemž vodivá vrstva (4) scintilátoru (3) je napájena oproti kolektorové elektrodě (5) potenciálem, přičemž mezi kolektorovou elektrodou (5) a vodivou vrstvou (4) vznikne plynová kaskáda.

12. Detektor podle jednoho z nároků 1 až 11, přičemž na straně scintilátoru přivrácené ke vzorku je upravena jehlová elektroda (24) nebo elektroda z tenkých drátů.

13. Detektor podle jednoho z nároků 1 až 12, přičemž je upravena elektroda (20, 22) obklopující ve tvaru hrnce scintilátor, která se na straně odvrácené od scintilátoru kuželovitě sbíhá do špičky a na své straně odvrácené od scintilátoru obsahuje otvor (21, 23).

14. Přístroj vyzařující korpuskulární záření, zejména rastrový elektronový mikroskop, s komorou (29) pro vzorek, jejíž tlak je proměnný, s elektronovým optickým systémem pro vytváření zaostřeného paprsku elektronů (PE) a s detektorem podle jednoho z nároků 1 až 13.

15. Přístroj podle nároku 14, přičemž v komoře pro vzorek je uspořádáno čidlo (10) tlaku a napájení scintilátoru potenciálem je prováděno v závislosti na tlaku v komoře (29) pro vzorek.



16. Přístroj podle nároku 15, přičemž při tlacích v komoře pro vzorek nižších než je spínací tlak, a to v rozsahu od 10^{-3} hPa do 10^{-2} hPa, je scintilátor napájen potenciálem větším než 1 kV, který je kladným vůči potenciálu vzorku, a při tlacích v komoře pro vzorek vyšších než je spínací tlak je scintilátor napájen potenciálem nižším než 1 kV, s výhodou nižším než 0,5 kV, který je kladný vůči potenciálu vzorku.

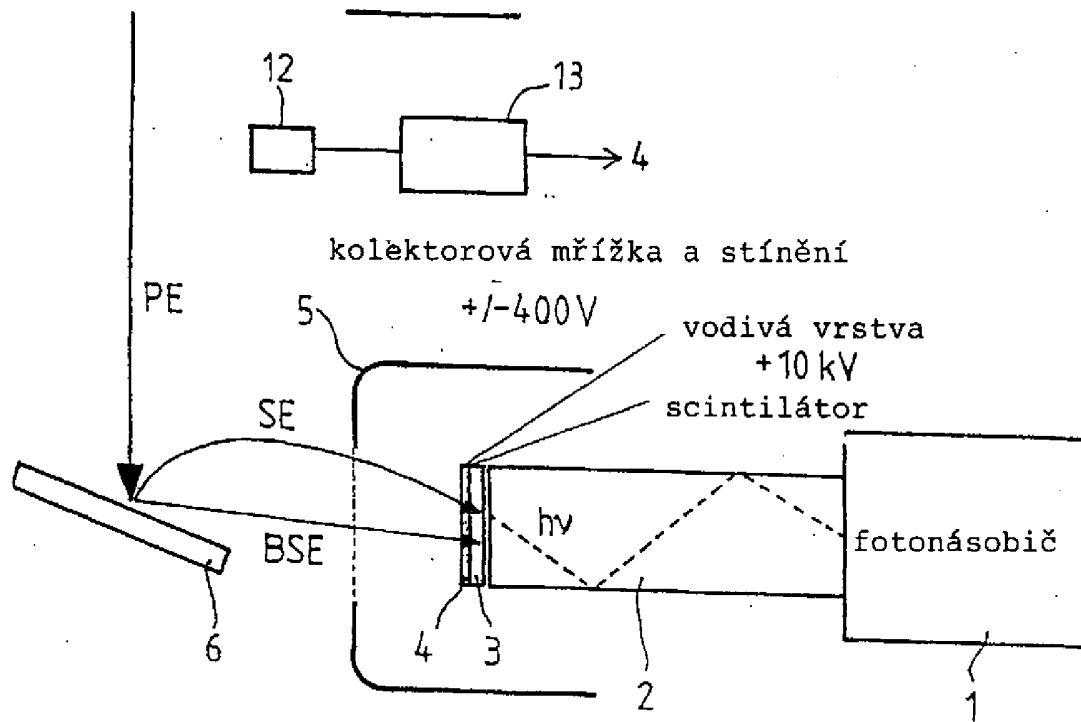
17. Přístroj podle nároku 15 nebo 16, přičemž znaménko potenciálu kolektorové elektrody je opačné.

18. Přístroj podle nároku 16 nebo 17, přičemž při tlacích v komoře pro vzorek vyšších než je spínací tlak je kolektorová elektroda napájena potenciálem v rozsahu od 0 do ± 400 V vůči potenciálu vzorku.

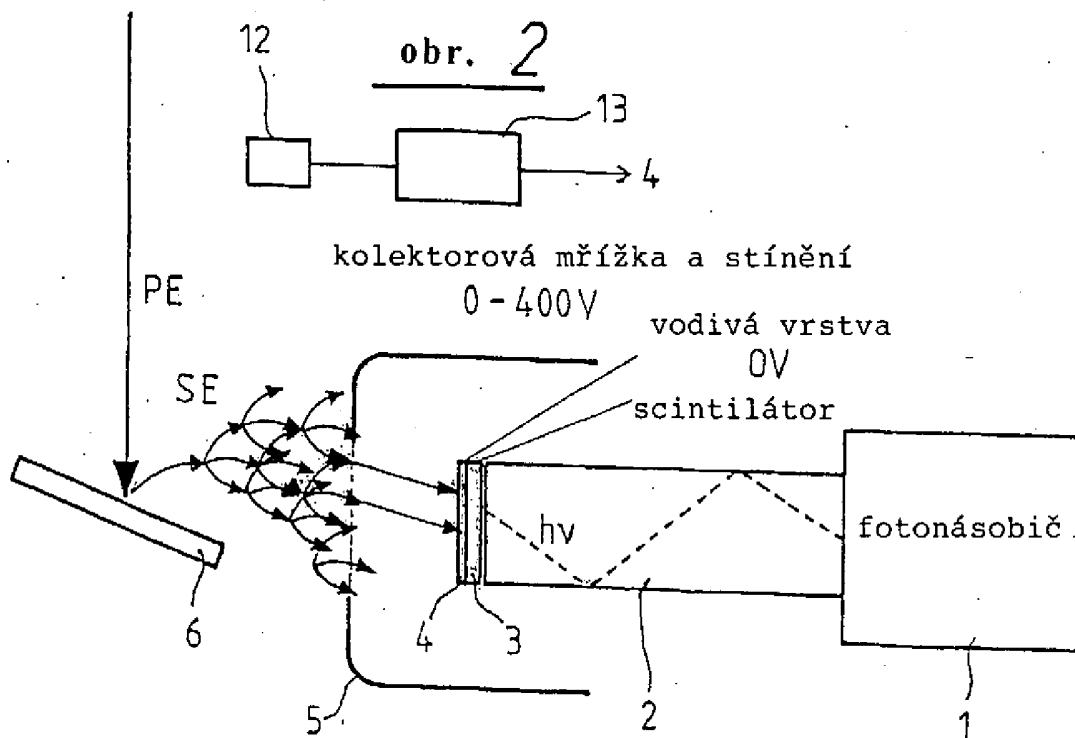
19. Způsob dokazování existence produktů vzájemného působení v přístroji vyzařujícím korpuskulární záření za podmínek měnícího se tlaku, přičemž světlo vzniklé za podmínek vysokého vakua při nárazu produktů vzájemného působení na scintilátor a světlo vzniklé při okolním tlaku nebo za podmínek mírného vakua vzájemným působením produktů vzniklých vzájemným působením s molekulami plynu se detekuje tímtež detektorem (1) světla a následně vyhodnocuje.

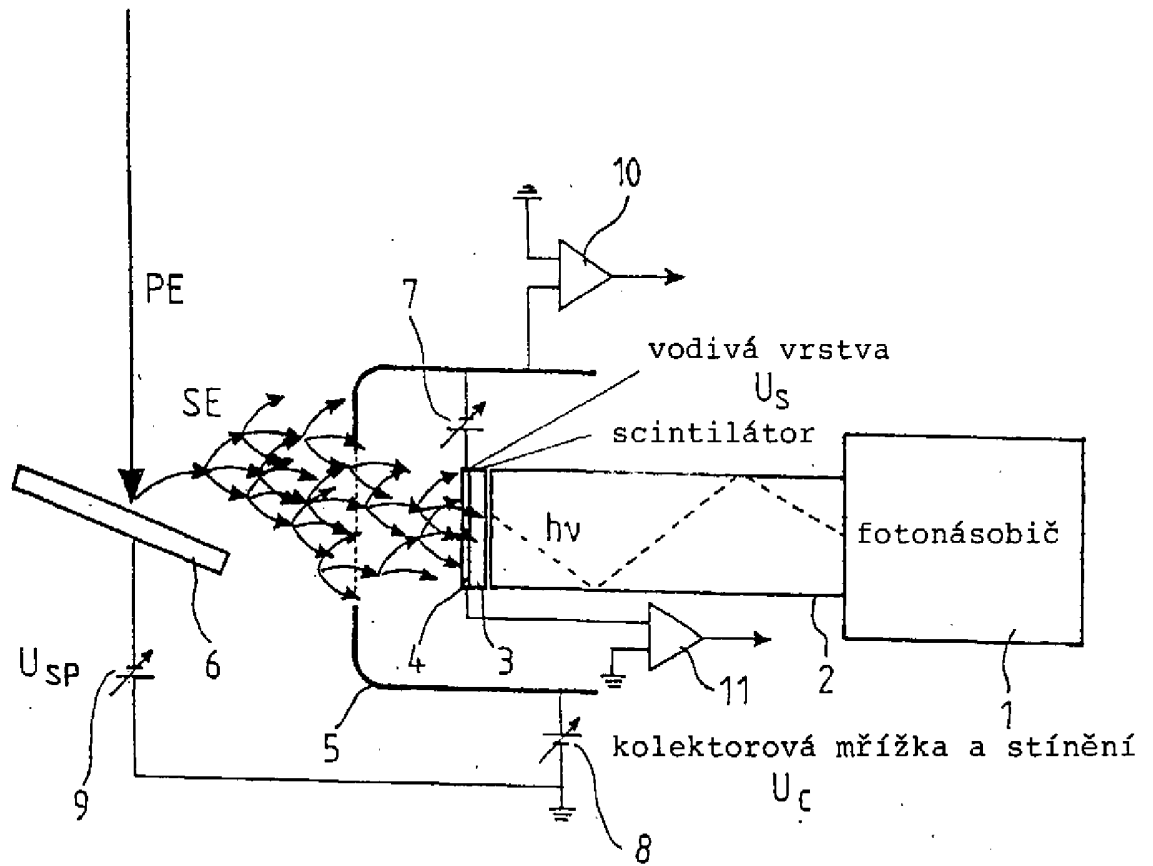
20. Způsob podle nároku 19, přičemž se použije detektor podle jednoho z nároků 1 až 13.

obr. 1



obr. 2



obr. 3

obr. 4

