

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

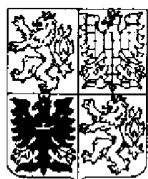
2000 - 890

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. ⁷:

H 01 J 37/244

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **14.09.1998**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **13.09.1997**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **1997/9719417**

(33) Země priority: **GB**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **15.11.2000**
(Věstník č. 11/2000)

(86) PCT číslo: **PCT/GB98/02720**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO99/14785**

(71) Přihlašovatel:

UNIVERSITY OF YORK, Heslington, GB;
SHIMADZU RESEARCH LABORATORY (EUROPE)
LTD., Manchester, GB;

(72) Původce:

El Gomati Mohamed Mochar, Osbaldwick, GB;
Frank Luděk, Brno, CZ;
Mullerová Ilona, Brno, CZ;

(74) Zástupce:

PATENTSERVIS PRAHA a.s., Jivenská 1, Praha 4,
14000;

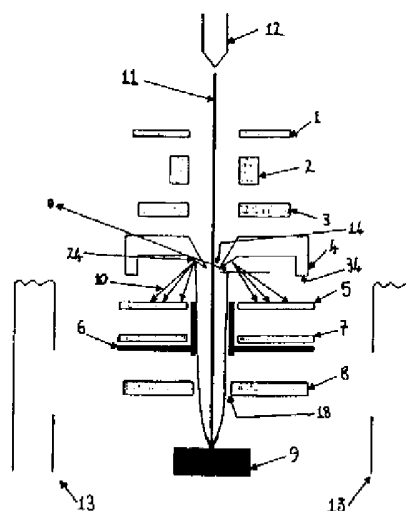
(54) Název přihlášky vynálezu:

Elektronový detektor

(57) Anotace:

Katodová čočka vytvořená mezi elektrodou elektronového děla (8) a vzorkem (9). Elektronová sonda (11) vytvořená jako část elektronové kolony a zaostřená čočkami (1, 2 a 3) a skenována elektrodami (12) deflektoru/stigmátoru. Její elektronový paprsek je zpomalován v poli katodové čočky a jeho konečná hodnota dopadové energie je vhodně nastavitelná pomocí záporného předpětí vzorku. Emitované sekundární elektrony jsou znovu urychlovány uvnitř stejného pole a vlivem stejnoměrnosti tohoto pole zvyšují svoji axiální rychlost pouze tak, že se kolimují do úzkého signálního paprsku. kolimovaný signální paprsek většinou prochází otvorem (18) elektrody (8) a vstupuje do děla a finální čočky, sestávající z centrální uzemněné elektrody (6) obklopené dvěma uzemněnými elektrodami (7, 8). Signální paprsek se přiblíží ke speciální zrcadlové elektrodě (4), jejíž pole zpomaluje a vychyluje zmíněné elektrony dále od osy a vrací je zpět směrem k vzorku (9). Elektrony se v poli finální čočky znovu urychlují a dopadají na kanálový-deskový elektronový násobič (5), přičemž signální elektronový paprsek po zesílení dopadá na kolektor (7), který může být rozdělen do několika vhodných částí sloužících multikanálové detekci. Detektor může mít malé rozměry a velkou rozlišovací schopnost a může

se používat v mikroskopech a jiných zařízeních.





Elektronové detektory

Oblast techniky

Vynález se týká elektronových detektorů, zvláště se týká, ale nikoliv pouze, elektronových detektorů používaných v elektronových mikroskopech.

Dosavadní stav techniky

V oboru je známý způsob používání zaostřeného svazku elektronu, známého pod názvem elektronová sonda, který dopadá na pozorovaný vzorek. Sonda je snímána a pozorována nad pozorovacím polem nastavitelných rozměrů, přičemž signální elektrony emitované ze vzorku, a dále detektované, jsou zaslány do CRT monitoru (cathode-ray tube – katodový monitor), kde jsou pozorovány synchronně s elektronovou sondou, čímž se na obrazovce monitoru vytváří obraz, a to se zvětšením daným poměrem velikostí obou snímaných polí.

Ze všech možných signálů vybuzených elektronovou sondou, jsou nejdůležitější tzv. Augerovy elektrony. Jsou uvolňovány z atomů, které byly původně ionizovány ve vnitřní slupce elektronem z elektronové sondy, přičemž uprázdňené místo je zaplněno jiným elektronem z některé vnější slupky stejného atomu, ale dokonce i jiného atomu, přičemž rozdíl energie je vyslán do jednoho nadbytečného elektronu, který atom opouští s vlastní charakteristickou energií. Následkem toho lze při analýze energií signálních elektronů rozpoznat povrch základní struktury. Pomocí jemně zaostřené elektronové sondy lze dosáhnout i prostorového rozlišení. Analýza energie se provádí elektronovým spektrometrem, to znamená speciálním uspořádáním elektrostatického nebo magnetického pole, nebo kombinací polí, což zajišťuje prostorové rozptýlení elektronových drah podle jejich energie, takže stíněním pomocí vhodných otvorů lze odfiltrovat pouze úzké energetické okénko, nebo je alternativně možná i paralelní detekce všech emitovaných elektronů.

Mezi možnými konfiguracemi spektrometru, který používá sériovou (vícenásobnou) detekci, se nejvíce používá tzv. válcovitý zrcadlový analyzátor (CMA). Sestává ze dvou souosých válců, z nichž vnější má záporné předpětí, takže vycházející elektrony ze specifikovaného vstupního místa na ose válce, prochází vhodnou štěrbínou stěny vnitřního válce a odrážejí se zpět přes druhou štěrbínu a koncový malý otvor, opět na osu válce ve



výchozím místě, takže prochází pouze ty elektrony, které propadají dovnitř energetického okénka.

Pro provedení operace SAM (Scanning Auger Microscopy – Augerova řádkovací mikroskopie), to znamená pro dosažení elementární povrchové analýzy s vysokým prostorovým rozlišením, je dovnitř vnitřního válce CMA koaxiálně umístěno elektronové dělo za účelem ozáření vzorku umístěného v ose zařízení kolmo, nebo se sklonem vůči této ose ve vstupním místě, přičemž by to mělo být vysoce kvalitní elektronové dělo s velmi jemně zaostřenou elektronovou sondou a se zařízením ke skenování sondy uvnitř snímaného pole. Takové důmyslné elektronové dělo, skenovací kolona, je běžně vybaveno špičkovou katodou s jediným krystalem studené emise a jednou nebo dvěma elektronovými čočkami. Je velmi důležité, aby skenovací kolona licovala uvnitř velmi omezeného prostoru obklopeného válcem spektrometru tak, aby se dovnitř nemusel zavádět žádný mechanický akční prvek, světlovod či podobné spojovací prvky. Veškeré spojení s venkovním prostředím musí být pouze elektrické, přičemž skenovací koloně není dovoleno vytvářet ve svém okolí elektromagnetická pole, která by ovlivňovala činnost spektrometru.

Augerův elektron se rozpozná podle pevné hodnoty vlastní energie, takže může být zjištěn pouze tehdy, když nedochází k žádnému dalšímu rozptylování, které způsobuje změnu energie. Znamená to, že pouze Augerovy elektrony uvolněné z několika nejvyšších vrstev atomu u povrchu vzorku, mohou být příčinou signálu, přičemž spolehlivě se může zmapovat elementární struktura, a to pouze takové ultratenké povrchové vrstvy. Nicméně, typická elektronová sonda může pronikat mnohem hlouběji do vzorku, přičemž velký počet vzbuzených elektronů se odráží zpět z povrchu s různými hodnotami energie, které většinou stačí k vzbuzení dalších Augerových elektronů. V mnoha případech je vzorek do hloubky heterogenní, čímž se zpět odrážené elektrony mění místně, a to společně s množstvím dalších Augerových elektronů, přičemž heterogenita směrem do hloubky vzorku se promítá neopodstatněně do elementárního mapování povrchu. K potlačení vlivu tohoto signálu musí být k dispozici jiný na hloubku citlivý signál. Druhým velmi důležitým problémem spojeným s mapováním podle Augera, je podíl povrchové topografie na elementárním mapování. Opět platí, že mapování by mělo být v souladu s jiným mikroskopickým signálem zobrazujícím reliéf povrchu.

Obecně se v elektronové mikroskopii projevuje snaha snížit energii elektronů v elektronové sondě. Důvody spočívají ve snaze dosáhnout vyššího sekundárního elektronového signálu (jehož maximum se nachází někde mezi několika stovkami eV a několika málo keV), dále v dosažení sníženého nabíjení nevodivého vzorku (následkem



celkového zisku emitovaných elektronů blíží se hodnotám vyjádřeným řádově v jednotkách, takže pouze malá část z nich se rozptýlí do vzorku), a v dosažení lepší rozlišitelnosti drobných výstupků a hřebenů reliéfu (vlivem menšího interakčního objemu a kratší hloubce pronikání elektronové sondy). Nicméně platí, že není možné pracovat se známými sondami pod hodnotami několika stovek eV, a to vlivem hlavních překážek zahrnujících zhoršení extrakce elektronů z katodového děla, a následně nižšího proudu elektronové sondy, dále vlivem delší vlnové délky elektronů a relativně vyšší fluktuaci energie elektronové sondy (což způsobuje zvětšení rozměru skvrny vlivem zvyšující se difrakci a chromatické aberaci), a dále zvyšujícího se vlivu rušivého elektromagnetického pole střídavého proudu, které deformuje geometrii elektronové sondy. Takzvané nízkonapěťové mikroskopy pracující s hodnotami energie elektronové sondy v rozmezí 200 až 500 eV, jsou v současné době vysoce atraktivní a jdou dobře na odbyt. Nicméně je dobře známo, že pod tímto rozsahem energie vyjádřené v desítkách a jednotkách eV, se objevují nové extrémně zajímavé kontrasty, které zviditelňují povrch krystalografické struktury, stejně tak struktura energetického pásma nad úrovní vakua, a dále tvar potenciálního valu a jeho změny.

Jediný dosud známý způsob realizace mikroskopie s velmi nízkou energií, v rozmezí desítek až jednotek eV, je použití katodové čočky. Katodová čočka je kritickou složkou emisního elektronového mikroskopu (EEM) u kterého sám vzorek emituje elektrony, které po nutném urychlení prochází projekčním elektronovým-optickým systémem, který vytváří zvětšený obraz emitujícího povrchu. V principu je katodová čočka elektrostatickou čočkou sestávající ze dvou elektrod: tj. katody, kterou je povrch vzorku, a vhodně tvarované anody s centrálním otvorem. Axiální rovnoměrné elektromagnetické pole, vytvořené mezi nimi, je většinou produktem vysoce záporného předpětí na vzorku /katodě, které zde urychluje emitované elektrony. Nerovnoměrná (neuniformní) část pole proniká otvorem anody, vytváří divergentní čočku, která se kombinuje s konvergentní čočkou do EEM čočky objektivu. Po dlouhou dobu se souhlasilo s tím, že taková kombinace má velmi malou hodnotu koeficientu aberace, takže i při malých energiích se široký paprsek emitovaných elektronů může kolimovat do snímaného svazku.

V posledních třiceti letech bylo učiněno mnoho pokusů využít katodovou čočku rovněž v obráceném směru, a to pro zpomalení elektronové sondy v bezprostřední vzdálenosti nad povrchem vzorku. Žádný z těchto pokusů však nedosáhl významnějšího úspěchu a nebyly zveřejněny žádné obrázky snímané při velmi nízké úrovni energie. Významnou výjimkou je takzvaný nízkenergetický elektronový mikroskop (Low Energy Electron Microscope – LEEM), vynalezený před 35 léty a úspěšně realizovaný v osmdesátých letech [E. Bauer, Rep.



Progr. Phys. 57 (1994), 895]. Není to skenovací zařízení, ale EEM s emisí vzorku buzenou dopadem koherentní rovinné elektronové vlny. Katodovou čočkou se prochází dvakrát, nejprve zpomalenou elektronovou vlnou, a dále emitovanými elektrony v opačném směru. Činnost LEEMu odhaluje již zmíněné atraktivní rysy velmi nízkého rozsahu energie pro studie povrchu. Nástroje LEEMu, které jsou ve světě k dispozici pouze v několika laboratořích, mají velké rozměry a obsahují jak elektrostatické, tak i magnetické čočky, které jsou nezbytné pro detekci signálu LEEMu. Mluví to ve prospěch skanovací verze LEEM (SLEEM), která je schopná produkovat podobné výsledky pomocí jednoduššího přístroje.

V oblasti konstrukce SLEEMu a jeho činnosti byl nedávno učiněn značný pokrok, a to na základě zlepšené teorie týkající se katodové čočky [M. Lenc, I. Müllerová, Ultramicroscopy 45 (1992), 159]. Byly publikovány první série skenovaných mikrogramů, které ukazují na konsistentní kvalitu v celém energetickém rozsahu od několika desítek keV až k jednotkám eV. Později byl promyšlen i způsob adaptace prodávajícího standardního skanovacího elektronového mikroskopu (SEM) na mikroskop SLEEM [I. Müllerová, L. Frank, Scanning 15 (1993) 193]. V zjednodušeném popisu lze tuto adaptaci charakterizovat tak, že se vzorek odizoluje a vytvoří se na něm předpětí, přičemž se nad vzorek zavede anoda. Hlavním problémem je přizpůsobení detekčního systému celé konfiguraci. Základním zařízením je stále plný systém SEM s obvyklými magnetickými čočkami a cívkami.

Signál SLEEMu, který dodává informaci o vzorku s citlivostí v hloubce vzorku, která je podobná povrchové citlivosti SAM, představuje ideální alternativu pro doplňkové snímací zařízení, které je nutné pro řešení kritických problémů SAMu, tak jak byly již popsány. Na druhé straně, obrázky SLEEMu skutečných heterogenních, polykrystalických a podobných vzorků jsou často plné kontrastů, jejichž přímočará interpretace je velmi obtížná, dokonce nemožná, jestliže nejsou k dispozici další informace, zvláště ty, které se týkají elementárního složení povrchu snímaného SAMem. SAM i SLEEM jsou velmi výhodné systémy pro kombinování v původní podobě v zařízení s vysokou hodnotou vakua, které by ke splnění požadavků, kladených na skenovací kolonu Augerovy mikrosondy na základě systému CMA, potřebovalo SLEEM kolonu, to znamená miniaturní čistě elektrostatickou SLEEM kolonu s integrovaným detekčním systémem v kompaktní konstrukci.

Žádný princip detekce, který by vyhovoval podmínkám zatím nebyl navržen, proto je cílem tohoto vynálezu poskytnout zařízení, které by takové principy realizovalo.



Náhradní listy

Podstata vynálezu

Podle jednoho aspektu tohoto vynálezu se poskytuje elektronový detektor, který zahrnuje:

urychlovací desku sloužící k urychlení elektronů emitovaných ze vzorku, kde deska zahrnuje otvor, kterým zmíněné elektrony prochází,

vychylovací elektrodu uspořádanou k vychylování elektronů, které prošly zmíněným otvorem,

kolektor upravený ke sběru elektronů vychýlených zmíněnou vychylovací elektrodou,

vychylovací elektroda je uspořádána tak, aby vychylovala zmíněné elektrony emisí sekundárních elektronů, a to v odpovědi na dopad zmíněných elektronů na vychylovací povrch vychylovací elektrody

Přednost se dává tomu, aby vychylovací elektroda měla na vychylovacím povrchu materiál násobiče elektronů, který by vychyloval zmíněné elektrony emitované ze vzorku tak, že zmíněný materiál násobiče použité vychýlené elektrony násobí.

Přednost se dává tomu, aby zmíněný detektor měl hlavní osu, a aby zmíněná vychylovací elektroda byla uspořádána tak, aby zmíněné elektrony vychylovala radiálně směrem ven od zmíněné hlavní osy.

Vychylovací elektroda zahrnuje vychylovací desku s otvorem, který má menší průměr než otvor v urychlovací desce.

Elektronový detektor může dále zahrnovat ozařovací prostředek, který slouží k ozaření vzorku s cílem vyvolat emisí zmíněných elektronů ze vzorku.

Ozařovací prostředek je uspořádán tak, aby vytvářel ozařovací paprsek, který by procházel zmíněnými otvory v urychlovací a vychylovací desce.

Elektronový detektor může zahrnovat prostředek k zaostřování zmíněného ozařovacího paprsku.

Přednost se dává tomu, aby ozařovací prostředek zahrnoval elektronové dělo.

Přednost se dává i tomu, aby zmíněná urychlovací deska a zmíněný vzorek vytvářely katodovou čočku.

Elektronový detektor, podle toho co bylo uvedeno, je rotačně symetrický okolo osy symetrie.



Elektronový detektor dále zahrnuje prostředek k nastavení předpětí vzorku.

Vynález se dále týká elektronového mikroskopu, který je opatřen elektronovým detektorem podle kteréhokoliv předchozího aspektu tohoto vynálezu.

Přednost se dává tomu, aby byl zmíněný detektor symetricky namontován na hlavní ose takového mikroskopu.

Přehled obrázků na výkrese

Pro lepší pochopení vynálezu, a rovněž z důvodu ukázat jakým způsobem může být vynález efektivně realizován, obracíme pozornost na příklad provedení zobrazeném na

obr. 1, který znázorňuje příklad elektronového detektoru, podle jednoho provedení tohoto vynálezu, umístěného ve skenovacím nízkoenergetickém elektronovém mikroskopu.

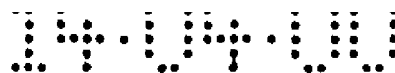
Příklady provedení vynálezu

Zobrazený elektronový detektor pracuje na základě elektronové kolony s emisním polem a větším počtem čoček, přičemž finální čočka je upravena k začlenění se do detektoru. Mezi elektrodou elektronového děla 8 a vzorkem 9 se nachází katodová čočka. Elektronová sonda 11 vytvořená sondou elektronové kolony a vhodně zaostřená čočkami 1, 2 a 3 a snímána vhodnou deflektorovou/ stigmatorovou elektrodou 2, je zpomalena uvnitř pole katodové čočky a její konečná dopadová energie je nastavitelná záporným předpětím vzorku. Emitované sekundární elektrony jsou znovu urychleny uvnitř stejného pole, přičemž vlivem rovnoměrnosti tohoto pole emitované sekundární elektrony zvyšují svoji axiální rychlost pouze tak, že jsou kolimovány do úzkého signálního paprsku. Kolimovaný signální paprsek může většinou projít otvorem 18 elektrody 8, kde vstupuje do elektronové trysky a finální čočky, která sestává z centrálně uzemněné elektrody 6 obklopené dvěma uzemněnými elektrodami 7 a 8. Signální paprsek se přiblíží ke speciální zrcadlové elektrodě 4, jejíž pole zpomalí a vychýlí elektrony mimo osu a vrátí je zpět směrem ke vzorku. Elektrony se dále urychlují v poli finální čočky a dopadají na kanálového/deskového elektronového násobiče 5, přičemž signální elektronový paprsek po zesílení dopadá na kolektor 7, který může být rozdělen na vhodné části pro vícekanálovou detekci.



Obr. 1 znázorňuje finální čočku /díl detektoru, která je důležitou stránkou tohoto provedení.

Koncová čočka je připevněna k sondě 11 vytvářející část kolony, která je v jedné verzi vytvořena elektronovým dělem na bázi (tip cathode- překlápěcí ?) katody se špičkou emisního pole 12 a jednou elektrostatickou čočkou, a to za účelem výroby předem zaostřené elektronové sondy. Díl čočka /detektor sestává z uzemněné elektrody 1, jako prvního prvku finální čočky, a dále ze sestavy desek 2 stigmátoru/deflektoru. Posledně jmenované jsou umístěny okolo optické osy (u jedné verze je jich osm) a jsou opatřeny předpětím pomocí kombinace střídavého a stejnosměrného napětí, přičemž jsou nastaveny tak, že staticky vychylují elektronovou sondu a vyrovnávají ji. Vytváří válcovitou čočku s možností otáčení



okolo osy (za účelem korekce astigmatické chyby kolony), a nakonec skenují elektronovou sondu napříč skenovaného pole.

Podél optické osy se nachází centrální zaostřovací elektroda 3 se záporným předpětím, která je součástí koncové čočky, přičemž předpětí ovládá délku zaostření a umožňuje zaostřit elektronovou sondu na povrch vzorku 9. Po zaostřovací elektrodě 3 následuje nejdůležitější část detektoru, to je zrcadlová elektroda 4. Tvar této elektrody je velmi důležitý a sestává z malého centrálního otvoru/vývrtu 14, v jedné verzi s průměrem několika desetin milimetru, dále z kužele 24 skloněného k horizontále pod úhlem θ a po obvodě zdviženým lemem 34. Úhel θ je důležitý pro funkci zrcadlové elektrody 4, ale jeho hodnota se mění v poměrně širokém rozsahu, virtuálně v celkovém rozsahu od 0 do $\Pi/2$, a to podle napětí a podle pracovní vzdálenosti kolony. Zrcadlová elektroda 4 má rovněž záporné předpětí s nastavitelným potenciálem.

Pole nad povrchem zrcadla působí tak, že zpomaluje přicházející elektrony a jeho radiální složky vychylují většinu elektronů od osy, a to kromě těch, které se pohybují přesně podél optické osy. Tím elektrony získávají dostatečnou vzdálenost od osy, a to před jejich dopadech na zrcadlový povrch. Poměrná část těchto signálních elektronů sklouzne po centrálním kuželi a dopadne na obvodový lem, a nebo někde mezi. Zrcadlová elektroda je tak intenzivně bombardována elektrony, jejichž energie závisí na použitém napětí. Vlivem tohoto bombardování zrcadlový povrch emituje sekundární (nebo v tomto případě terciární) signální elektrony 10 s energiemi dosahujícími hodnot pouze několika eV. U jedné verze je zisk elektronu zvýšen pomocí povrchu zrcadlové elektrody, který je potažen vhodným materiálem s vysokým sekundárním (terciárním) elektronovým ziskem. Pomalé sekundární (terciární) elektrony 10 se znovu urychlují směrem k hornímu povrchu elektronového kanálového/deskového násobiče 5 (deska sestávající ze slinutých velmi tenkých skleněných trubek, které jsou mírně skloněny vůči normále desky, a které jsou na vnitřních stranách potaženy materiálem s vysokým ziskem sekundárních elektronů).

Kanálový/deskový elektronový násobič (CP) požaduje aplikaci potenciálové rozdílu mezi svými povrchy, a to tak, aby jeho vstupní povrch měl vůči výstupnímu povrchu záporné předpětí. Nicméně, potenciál horního vstupního povrchu je méně záporný než je povrch zrcadla 4, takže pomalé elektrony 10, emitované ze zrcadlové elektrody 4, jsou urychlovány a jsou vlivem radiální složky pole nad kuželovitou částí zrcadla 4 dále odkloněny od osy, přičemž vliv obvodového lemu současně způsobuje, že elektrony nedosahují optimální vzdálenosti od osy, takže většinou dopadají na násobič 5. Po kanálovém/deskovém násobiči 5 následuje elektroda 6 nesoucí kolektor 7. Elektrodou 6 je uzemněná elektroda finální čočky a



je vytvarována takovým způsobem, že odstiňuje, u jedné verze s tenkostěnnou koaxiální trubicí, optickou osu od pole, a to vlivem potenciálního rozdílu násobiče 5, čímž je její vliv na elektronovou sondu je minimální, Kolektor 7 je zhotoven z izolačního materiálu na kterém se nachází segmenty, které mají za úkol třídit detekované signály podle azimutových úhlů, nebo podle radiálních vzdáleností detekovaných elektronů. Jak kolektor 7, tak i elektroda 6 jsou udržovány na hodnotě potenciálu země, přičemž výstupní spodní povrch násobiče 5 má o něco nižší záporný potenciál.

Celá sestava je uzavřena elektrodou 8, která slouží jako víčko kolony a má centrální otvor/vývrt. Elektroda 8 je opět uzemněna a slouží jako anoda katodové čočky, kdy katoda je tvořena vlastním vzorkem 9, a je připojena k stabilnímu nastavitelnému zdroji vysokého napětí záporného potenciálu, a přitom lehce přesahuje nominální hodnotu elektronového děla (s cílem poskytovat zrcadlové snímání nutné pro nastavení).

U jedné verze je celá sestava uložena do pouzdra děla, které má kuželovitý tvar licující s vnitřním tvarem dutého elektronového paprsku, přijatého zařízením CMA 13. Jednotlivé prvky jsou navzájem odizolovány, a to vzhledem k jejich předpětím. Izolační vložky jsou u jednoho provedení vyrobeny ze strojně opracovatelného sklo/ keramického materiálu, a zahrnují prvky, které jsou mechanicky předstředěny a elektricky spojeny se spojovacími kolíky u spodního konce elektronového děla tak, že celá kolona je jednoduše zasunuta do zásuvky, která je upevněna k CMA vnitřnímu válci naproti vzorku, ale mimo prostor přejížděný vystupujícím elektronovým paprskem CMA analyzátoru.

Zařízení je schopné pracovat i bez jakéhokoliv předpětí na vzorku 9. V tomto případě jsou zpět rozptylované elektrony detekovány jako signální elektrony, jmenovitě ty, které se vejdou do prostorového úhlu omezeného centrálním otvorem v elektrodě 8. Po projití otvorem dovnitř děla se elektrony chovají stejně jako znovu urychlené signální elektrony v režimu SLEEM, tak jak to již bylo popsáno. BSE zobrazovací signál je výrazně nižší než SLEEM zobrazovací signál, a to vlivem malého přejímacího úhlu.

Popsaný způsob a zařízení zcela splňuje požadavky na skenovací kolonu vhodnou k práci uvnitř CMA spektrometru, nebo jiného podobného zařízení, které produkuje SAM přiřazování (mapování), a to tak, že je čistě elektrostatické a má kompaktní konstrukci a neprodukuje ve svém okolí žádné neopodstatněné magnetické pole, a je přitom, při excitaci a detekci signálních elektronů v režimu SLEEM, dostatečně efektivní, a kde elektronová sonda pracuje s energiemi od několika KeV až k nulové dopadové energii, při které je sonda odražená bezprostředně nad povrchem vzorku.



Náhradní list

Zařízení může rovněž pracovat v režimu BSE se vzorkem, který nemá předpětí. Dává to možnost poskytnutí elektronového mikroskopického zařízení s malou energií.

Ačkoliv je zobrazené provedení určeno pro elektronový mikroskop, alternativní zařízení může být využito pro jiné aplikace. Pro stimulaci emise elektronů ze vzorku se mohou využít i jiné prostředky než je elektronové dělo.

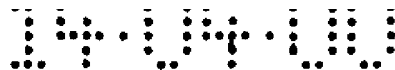
Ačkoliv se dává přednost tomu, tak jako u zobrazeného příkladu, aby vzorek 9 byl excitován ozařovacím paprskem procházejícím podél optické osy zařízení, může se použít i alternativní prostředek excitace vzorku. Vzorek může být například ozářen jedním nebo více paprsky, které dopadají k povrchu pod úhlem menším jak 90° . Zjistilo se, že zobrazený detektor, který detekuje elektrony s účinností v rozmezí od 80 % pro emitované elektrony s hodnotou 1 eV, 97% pro emitované elektrony s hodnotou 10 eV, 20 % pro emitované elektrony s hodnotou 100 eV, do 2 % pro emitované elektrony s hodnotou 1000 eV. Při použití elektronů s nízkou energií se rozlišovací schopnost kolony, u dříve navržených zařízení, zvyšuje řádově dvojnásobným zvětšením a větším, například z 5000 nm na 50 nm u jednoho provedení s hodnotami Cs ~150 mm a Cc ~ 50 mm

Detektor, podle tohoto vynálezu, by mohl být vhodný pro aplikace UHV, dále pro analýzu povrchu kombinovanou například s CMA, obecně pro aplikace SEM, zvláště je-li čočka elektrostatická nebo elektrostatická- magnetická, a pro aplikace s materiálem citlivým na radiaci. Jinou aplikací může být zobrazení nevodivých vzorků, například povrchů fotorezistních materiálů, přitom lze dosáhnout vysoké rozlišovací schopnosti i bez nábojového zobrazování (snímání) nevodivých povrchů, například těch, které kladou odpor při vhodně vybraných hodnotách energie.

Výraz „zemní potenciál“ (napětí) je v této přihlášce uveden k vyjádření odkazového potenciálu. Odborníkům v oboru je zřejmé, že ačkoliv tímto potenciálem může být nulový potenciál, není to vůbec podstatné, neboť může mít evidentně i jinou hodnotu než nulovou.

V tomto popisu je výraz absolutní orientace použit k vyjádření obvyklé orientace položek v normálních podmínkách, znázorněných na přiloženém výkresu. Takové položky mohou mít i jinou orientaci, a proto v kontextu s tímto popisem by měly být výrazy absolutní orientace, například „horní“, „spodní“, „levý“, „pravý“, „svislý“, „vodorovný“ atd., používány podle toho tak, aby zahrnovaly alternativní orientace.

V tomto popisu sloveso „zahrnovat“ má svůj slovníkový význam symbolizující zahrnování bez exkluzivity. Znamená to, že použitím výrazu „zahrnuje“ (nebo odvozených výrazů) jeden znak ,nebo více znaků nevylučujeme možnost zahrnutí dalších znaků.

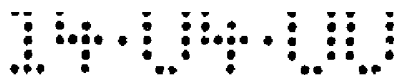


Čtenáře upozorňujeme na všechny dokumenty a listiny, které byly vydány současně s, a nebo před podáním této přihlášky, a které jsou podrobovány veřejnému zkoumání vzhledem k popisu této přihlášky, a rovněž upozorňujeme na obsah zmíněných dokumentů, které jsou uvedeny pro porovnání.

Všechny znaky uvedené v tomto popisu (včetně všech uvedených nároků a výkresu), a/nebo všechny kroky způsobu nebo postupu, tak jak byly uvedeny, se mohou různě kombinovat, kromě kombinací, kde alespoň některé z takových znaků a/nebo kroků jsou vzájemně exkluzivní.

Každý znak uvedený v této přihlášce (včetně nároků a výkresu) lze nahradit alternativním znakem, který je schopný sloužit stejným způsobem, pokud není stanoveno jinak. Pokud není stanoveno jinak, každý uvedený znak je pouze jedním příkladem obecně použitelné série ekvivalentních nebo podobných znaků.

Vynález se neomezuje na detaily předchozích provedení. Vynález lze rozšířit na každou novost, nebo jakoukoliv kombinaci novosti znaků uvedených v popisu (včetně nároků, anotace a výkresu) nebo na novost (a její kombinaci) kroků takto uvedených způsobů a postupů.



PATENTOVÉ NÁROKY

(Náhradní listy)

1. Elektronový detektor zahrnuje:

urychlovací desku /8/ sloužící k urychlování elektronů emitovaných ze vzorku /9/, přičemž zmíněná deska /8/ zahrnuje otvor /18/, kterým zmíněné elektrony prochází,

vychylovací elektrodu /4/ uspořádanou tak, aby zmíněné elektrony, po průchodu zmíněným otvorem /8/, vychylovala,

kolektor /7/ uspořádaný tak, aby sbíral elektrony vychýlené vychylovací elektrodou, a který je charakteristický tím, že:

zmíněná vychylovací elektroda /4/ uspořádána tak, aby mohla vychylovat zmíněné elektrony pomocí emise sekundárních elektronů v odpovědi na dopad zmíněných elektronů na vychylovací povrch /24/ vychylovací elektrody.

2. Elektronový detektor podle nároku 1, v y z n a č u j í c í s e t í m , že vychylovací elektroda /4/ zahrnuje na svém vychylovacím povrchu /24/ povrchu materiál elektronového násobiče, sloužící k vychylování elektronů emitovaných ze vzorku /9/ tak, že zmíněný násobič vychýlené elektrony násobí.

3. Elektronový detektor podle nároku 1 nebo 2, v y z n a č u j í c í s e t í m , že zahrnuje hlavní osu, přičemž vychylovací elektroda /4/ je uspořádána tak, aby vychylovala zmíněné elektrony radiálně a směrem ven od zmíněné hlavní osy.

4. Elektronový detektor podle nároku 1, 2 nebo 3, v y z n a č u j í c í s e t í m , že vychylovací elektroda /4/ zahrnuje vychylovací desku s otvorem /14/, který má menší průměr než otvor ve zmíněné urychlovací desce /8/.

5. Elektronový detektor podle kteréhokoliv z předchozích nároků, v y z n a č u j í c í s e t í m , že zahrnuje ozařovací prostředek /12/ sloužící k ozařování vzorku /9/ za účelem vyvolání emise elektronů ze zmíněného vzorku /9/.



6. Elektronový detektor podle nároku 4 a 5, v y z n a č u j í c í s e t í m , že ozařovací prostředek /12/ slouží k vytvoření ozařovacího paprsku, který prochází zmíněnými otvory /18, 14/ v urychlovací a vychylovací desce /8, 4/.
7. Elektronový detektor podle nároku 5 nebo 6, v y z n a č u j í c í s e t í m , že zahrnuje prostředek /1, 2, 3/ k zaostření ozařovacího paprsku.
8. Elektronový detektor podle nároku 5, 5 nebo 7, v y z n a č u j í c í s e t í m , že ozařovací prostředek /12/ zahrnuje elektronové dělo.
9. Elektronový detektor podle nároku 8, v y z n a č u j í c í s e t í m , že zmíněná urychlovací deska /8/ a zmíněný vzorek /9/ tvoří katodovou čočku.
10. Elektronový detektor podle kteréhokoliv z předchozích nároků, v y z n a č u j í c í s e t í m , že je rotačně symetrický okolo osy symetrie.
11. Elektronový detektor podle kteréhokoliv z předchozích nároků, v y z n a č u j í c í s e t í m , že dále zahrnuje prostředek pro zavedení nastavitelného předpětí na vzorek /9/.
12. Elektronový detektor, tak jak byl popsán s odvoláním na přiložený výkres.
13. Elektronový mikroskop zahrnující elektronový detektor podle kteréhokoliv z předchozích nároků.
14. Elektronový mikroskop podle nároku 13, v y z n a č u j í c í s e t í m , že zmíněný detektor je namontován symetricky na hlavní ose mikroskopu.
15. Elektronový mikroskop, tak jak byl popsán s odvoláním na přiložený výkres.

