

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

298 912

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2006-721**
(22) Přihlášeno: **16.11.2006**
(40) Zveřejněno: **12.03.2008**
(Věstník č. 3/2008)
(47) Uděleno: **30.01.2008**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **12.03.2008**
(Věstník č. 11/2008)

(13) Druh dokumentu: **B6**

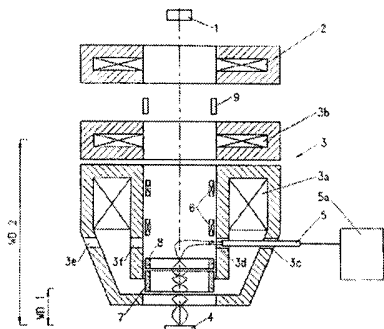
(51) Int. Cl.:
H01J 37/26 (2006.01)
H01J 37/244 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:
US 5578822; EP 1642313.
TESCAN, s.r.o.; Jacka M., Zadražil M., Lopour F.; 7.6.2006.

(73) Majitel patentu:
Tescan, s. r. o., Brno, CZ
(72) Původce:
Jiruše Jaroslav Ing. Ph.D., Blansko, CZ
Lopour Filip Ing. Ph.D., Brno, CZ
(74) Zástupce:
Ing. Hana Dušková, patentový zástupce, Travná 1285,
Praha 14 - Kyje, 19800

(54) Název vynálezu:
Rastrovací elektronový mikroskop

(57) Anotace:
Rastrovací elektronový mikroskop obsahuje zdroj primárních elektronů, prostředky pro urychlení primárních elektronů na požadovanou kinetickou energii, magnetický objektiv (3) mající optickou osu, rastrovací systém (6) pro rastrování svazku primárních elektronů po vzorku a detektor (5) sekundárních elektronů. Magnetický objektiv (3) se skládá z první dvoupólové čočky (3a) umístěné blíže k měřenému vzorku (4) a ležící od tohoto vzorku (4) v první pracovní vzdálenosti (WD1), a ze druhé, na společné optické ose ležící, dvoupólové čočky (3b) s druhou pracovní vzdáleností (WD2) od vzorku (4). Detektor (5) sekundárních elektronů je umístěn mezi touto první dvoupólovou čočkou (3a) a druhou dvoupólovou čočkou (3b).



CZ 298912 B6

Rastrovací elektronový mikroskop

Oblast techniky

5

Předkládaný vynález se týká oblasti rastrovací elektronové mikroskopie s vysokým rozlišením a velkým zorným polem.

10 Dosavadní stav techniky

Jednou z metod, jak zvýšit rozlišovací schopnost rastrovacího elektronového mikroskopu, je zmenšit pracovní vzdálenost mezi objektivem a vzorkem. Ta je v konvenční konstrukci mikroskopu limitována tím, že detektor sekundárních elektronů se nachází vedle objektivu a vzorku, výškově zpravidla mezi nimi. Při příliš malé pracovní vzdálenosti již detektor nemá dostatečný signál.

Uvedený nedostatek překonávají známá řešení tím, že umísťují detektor sekundárních elektronů buď přímo do objektivu, nebo nad něj. To umožňuje zkrátit pracovní vzdálenost bez ztráty signálu. Kupříkladu patent US 4 831 266 či patent US 5 387 793 popisují taková řešení s jednoduchou čočkou konvenčního tvaru či jednoduchou imersní čočkou. Obě tato uspořádání však neumožňují pracovat v různých módech zobrazení, viz dále. Druhé uvedené řešení má navíc nevýhodu ve velkém omezení zorného pole, neboť rastrovací cívkou se nacházejí až nad objektivem a detekčním zařízením, takže úhel rastrování je malý.

25

Naproti tomu v konvenčních mikroskopech při použití objektivu složeného ze dvou čoček lze používat více zobrazovacích módů, např. zobrazení první čočkou pro vysoké rozlišení, zobrazení druhou čočkou pro velkou hloubku ostrosti a velké zorné pole či kombinaci obou. Takové konvenční mikroskopy například vyrábí již řadu let firma Tescan. Jak už bylo zmíněno, jejich nevýhodou je úbytek signálu na krátkých pracovních vzdálenostech.

30

Skloubit oba přístupy se snaží řešení v patentu US 6 894 277, které používá dvojí čočky v objektivu a detektor sekundárních elektronů umístěný nad objektivem, takže může pracovat na malých pracovních vzdálenostech a přitom střídá rozdílná zobrazení první a druhou čočkou, případně je kombinovat. Toto uspořádání má ovšem nevýhodu poměrně malého zorného pole, protože rastrovací cívkou se nacházejí nad oběma čočkami objektivu, takže úhel rastrování je malý. Dále má nevýhodu v tom, že pro funkci zařízení je nutné mít vzorek na záporném potenciálu, což omezuje použití mikroskopu.

35

Patent US 5 578 822 používá rovněž dvojí čočky v objektivu, ale první je jednopólová a druhá dvoupólová. Jednopólová čočka ovšem přináší problémy při zobrazování magnetických vzorků, protože její magnetické pole dosahuje až na vzorek a je jím deformováno. Dále kvůli tvaru magnetického pole tato jednopólová čočka umožňuje detekci sekundárních elektronů pouze z malého zorného pole, v patentu je zmíněna šířka 0,1 mm, což omezuje případné kombinované současné použití obou čoček objektivu pro zobrazení s velkým zorným polem.

45

Podstata vynálezu

50 Výše uvedené nedostatky odstraňuje rastrovací elektronový mikroskop obsahující zdroj primárních elektronů, prostředky pro urychlení primárních elektronů na požadovanou kinetickou energii, magnetický objektiv mající optickou osu, rastrovací systém pro rastrování svazku primárních elektronů po vzorku a detektor sekundárních elektronů podle předkládaného řešení. Podstatou nového řešení je, že magnetický objektiv se skládá z první dvoupólové čočky umístěné blíže

k měřenému vzorku a ležící od tohoto vzorku v první pracovní vzdálenosti a ze druhé, na společné optické ose ležící, dvoupólové čočky s druhou pracovní vzdáleností od vzorku. Detektor sekundárních elektronů je zde umístěn mezi touto první dvoupólovou čočkou a druhou dvoupólovou čočkou.

5

V jednom možném provedení jsou v pólových nástavcích první dvoupólové čočky vytvořeny na sebe navazující otvory pro uložení detektoru sekundárních elektronů. Ve vnějším pólovém nástavci je vytvořen první otvor a ve vnitřním pólovém nástavci je vytvořen druhý otvor.

10

Ve výhodném provedení jsou pak v pólových nástavcích první dvoupólové čočky vytvořeny další otvory, a to tak, že ve vnějším pólovém nástavci je vytvořen alespoň jeden třetí otvor a ve vnitřním pólovém nástavci je vytvořen alespoň jeden na něj navazující čtvrtý otvor. Třetí otvory jsou stejného tvaru a velikosti jako první otvor a jejich počet je včetně prvního otvoru n . Čtvrté otvory jsou stejného tvaru a velikosti jako druhý otvor a jejich počet včetně druhého otvoru je m , přičemž n a m jsou sudá čísla. Všechny otvory ve vnějším pólovém nástavci, jakož i všechny otvory ve vnitřním pólovém nástavci jsou symetricky rozmístěné okolo optické osy objektivu.

15

V dalším možném provedení je rastrovací systém umístěn mezi první dvoupólovou čočkou a druhou dvoupólovou čočkou magnetického objektivu a s výhodou může ležet nad detektorem sekundárních elektronů.

20

V jiném provedení je v magnetickém objektivu umístěna extrakční elektroda, která je připojena na zdroj kladného, s výhodou měnitelného, napětí. Napětí na pólových nástavcích magnetického objektivu je nulové. Nad extrakční elektrodou může být umístěna alespoň jedna retardační elektroda, která je spojena se zdrojem nízkého záporného napětí nebo může mít tvar clony a je uzemněná. V tomto druhém případě lze nad retardační elektrodou umístit uzemněnou stínící objímku.

25

V dalším možném provedení je nad rovinou druhého otvoru umístěn terč, který má otvor pro průchod primárních elektronů.

30

Je také možné mezi extrakční elektrodou a rovinu druhého otvoru umístit zařízení pro vytvoření zkříženého magnetického a elektrostatického pole, s výhodou nastavitelného, kolmého na optickou osu objektivu.

35

Ve všech těchto modifikacích je rovněž možné umístit před detektorem (5) sekundárních elektronů deflektor, například mřížku nebo deflekční elektrodu, kde tento deflektor je připojený na zdroj kladného napětí.

40

Dále je možné vložit do alespoň jedné z dvojic sobě příslušejícího třetího otvoru a čtvrtého otvoru detektor zpětně odražených elektronů a/nebo detektor katodoluminiscence a/nebo detektor rentgenového záření. Tyto detektory mohou být vysouvány do oblasti optické osy či vsouvány za stěnu vnitřního pólového nástavce.

45

V ještě dalším provedení mají první dvoupólová čočka a druhá dvoupólová čočka spojené magnetické obvody.

Ve všech provedeních může být vzorek připojen na zdroj záporného napětí.

50

Uvedené uspořádání má výhodu v tom, že umožňuje pracovat na malé pracovní vzdálenosti při různých módech zobrazení a vzorek se nemusí nabíjet záporně. Například lze zobrazovat první čočkou bližší ke vzorku na velmi malých pracovních vzdálenostech pro vysoké rozlišení; dále lze zobrazovat druhou čočkou na větší pracovní vzdálenosti pro větší zorné pole a větší hloubku ostrosti; dále lze kombinovat zobrazení obou, například druhou čočkou zaostřit na nekonečno (rovnoběžný svazek) a první zaostřit na vzorek; apod.

Dále má toto uspořádání výhodu v tom, že rastry jsou umístěny mezi oběma čočkami, tj. blíže ke vzorku a zvětšuje se tak zorné pole.

5

Přehled obrázků na výkresech

Obr. 1 ukazuje možné provedení mikroskopu podle tohoto řešení.

Obr. 2 ukazuje další možné provedení mikroskopu.

10 Obr. 3 ukazuje ještě další možné provedení mikroskopu.

Obr. 4 ukazuje ještě další možné provedení mikroskopu.

Příklady provedení vynálezu

15

Na obr. 1 je schematický řez rastrovacím elektronovým mikroskopem, kde zdroj 1 emituje primární elektrony urychlené na kinetickou energii typicky 0,5 - 50 keV, které procházejí přes kondenzor 2 a magnetickým objektivem 3 jsou fokusovány na vzorek 4. Zdroj 1 může být například autoemisní či termoemisní tryska a kondenzor 2 může mít libovolný příhodný tvar. Další součástí rastrovacího elektronového mikroskopu je rastrovací systém 6, který zajišťuje rastrování primárního elektronového svazku po povrchu vzorku. Může se například sestávat, jak je uvedeno na obr. 1, ze dvou pater rastrovacích cívek. V uváděném příkladě jsou ještě mezi kondenzor 2 a magnetický objektiv 3 jsou zařazeny stigmátory 9 sloužící ke korekci aberací. Tyto stigmátory 9 se mohou nacházet i v jiné vhodné poloze, např. uvnitř magnetického objektivu 3.

20

25

Magnetický objektiv 3 se skládá z první dvoupólové čočky 3a, jejíž střed má od vzorku 4 první pracovní vzdálenost WD1, a z druhé dvoupólové čočky 3b, jejíž střed má od vzorku 4 druhou pracovní vzdálenost WD2. Obě čočky jsou konvenčního tvaru, tedy jak bylo uvedeno jsou dvoupólové. Dvě čočky umožňují pracovat v různých módech zobrazení. Například lze zobrazovat první dvoupólovou čočkou 3a na velmi malých pracovních vzdálenostech pro vysoké rozlišení; dále lze zobrazovat druhou dvoupólovou čočkou 3b na větší pracovní vzdálenosti pro větší zorné pole a větší hloubku ostrosti; dále lze kombinovat zobrazení obou, například druhou dvoupólovou čočkou 3b zaostřit na nekonečno (rovnoběžný svazek) a první zaostřit na vzorek; apod.

30

35

Pro lepší detekci sekundárních elektronů se v magnetickém objektivu 3 nachází extrakční elektroda 7, která je připojena na zdroj kladného, s výhodou měnitelného, napětí. Bývá umístěna nad vnějším pólem první dvoupólové čočky 3a, může být buď celá nad čočkou 3a, nebo ji i překrývat a částečně zasahovat do mezery mezi jejími pólovými nástavci. Sekundární elektrony emitované ze vzorku 4 po dopadu svazku primárních elektronů jsou vtahovány dovnitř magnetického objektivu 3 pomocí extrakční elektrody 7. Magnetický objektiv 3 i vzorek 4 jsou uzemněné a extrakční elektroda 7 má kladné napětí stovky voltů, například 300 V. Na vzorek 4 lze připojit i záporné napětí, ale způsob detekce sekundárních elektronů popsaný dále se nezmění. Pokud je aktivováno zobrazení první dvoupólovou čočkou 3a, jsou sekundární elektrony po vstupu do mezery mezi pólovými nástavci první dvoupólové čočky 3a fokusovány jejím magnetickým polem a spirálním pohybem postupují vzhůru podél optické osy. Detektor 5 sekundárních elektronů je umístěn z boku a prostrčen prvním otvorem 3c a druhým otvorem 3d, vytvořenými v pólových nástavcích první dvoupólové čočky 3a. Detektor 5 se může například skládat ze scintilačního krystalu, světlovodu a fotonásobiče. Na konec detektoru 5 na scintilační krystal je přivedeno kladné napětí, okolo 10 kV, které přitahuje sekundární elektrony na detektor 5, jak je schematicky vyznačeno na obr. 1. Signál z detektoru 5 se zpracovává a zobrazuje na koncovém zařízení 5a, jako například obrazovka CRT (Cathode Ray Tube).

40

45

50

5 Sekundární elektrony emitované vzorkem 4 mají kinetickou energii v jednotkách či nejvýše desítkách eV. Při průchodu extrakční elektrodou 7 jsou urychleny jejím napětím a poté opět vlivem uzemněných stěn magnetického objektivu 3 zpomaleny na svou původní kinetickou energii. Naproti druhému otvoru 3d s detektorem 5 pocítí sekundární elektrony jeho napětí a jsou urychleny směrem k detektoru 5. Intenzitu pole detektoru 5 lze regulovat vzdáleností konce detektoru 5 od optické osy nebo velikostí jeho napětí. V případě, že geometrické rozměry magnetického objektivu 3 neumožňují dostatečnou vzdálenost mezi extrakční elektrodou 7 a detektorem 5, tj. že na optické ose v místě naproti detektoru 5 by pole od extrakční elektrody 7 bylo příliš silné, je možné ještě mezi extrakční elektrodu 7 a rovinu druhého otvoru 3d vložit retardační elektrodu 8, která odstíní extrakční elektrodu 7, např. použitím záporného nízkého napětí nebo zúžením vnitřního průměru, avšak tak, aby se neomezilo rastrování primárním svazkem po vzorku 4; v tom případě může být retardační elektroda 8 i uzemněná a bude mít tvar clony.

15 První a druhý otvor 3c a 3d v pólových nástavcích, který slouží pro detektor 5 sekundárních elektronů, způsobuje rotační nesouměrnost magnetického toku magnetickým objektivem 3 a tudíž i optické vady v obraze. Z konstrukčních důvodů může mít otvor 3c jinou velikost než otvor 3d a oba mohou být v poněkud odlišné výšce. Pro vykompenzování optických vad na zanedbatelnou část je možné do pólových nástavců první dvoupólové čočky 3a magnetického objektivu 3 vyvrtat další otvory, a to tak, že ve vnějším pólovém nástavci je vytvořen alespoň jeden třetí otvor 3e a ve vnitřním pólovém nástavci je vytvořen alespoň jeden na něj navazující čtvrtý otvor 3f. Třetí otvory 3e jsou stejného tvaru a velikosti jako první otvor 3c a jejich počet včetně prvního otvoru 3c je n . Čtvrté otvory 3f jsou analogicky stejného tvaru a velikosti jako druhý otvor 3d a jejich počet včetně druhého otvoru 3d je m . Platí, že n a m jsou sudá čísla a všechny otvory 3c, 3e ve vnějším pólovém nástavci, jakož i všechny otvory 3d, 3f ve vnitřním pólovém nástavci jsou symetricky rozmístěné okolo optické osy magnetického objektivu 3. Dále je také možné v tomto případě sudého počtu symetricky rozložených otvorů využít některý z přidávaných otvorů pro další detektory signálů emitovaných ze vzorku 4, například detektor zpětně odražených elektronů, detektor katodoluminiscence, detektor rentgenova záření apod., které jsou umístěny na výsuvném zařízení. Během funkce detektoru 5 sekundárních elektronů jsou tyto další detektory v zasunuté poloze a nevyčnívají z vnitřního pólu první dvoupólové čočky 3a. V případě jejich použití jsou vysunuty do oblasti optické osy a detektor 5 sekundárních elektronů je vypnut. Tato možnost má tu výhodu, že umožňuje pořizovat signály ze sekundárních či zpětně odražených elektronů či katodoluminiscence či rentgenova záření na stejné pracovní vzdálenosti.

35 Napětí na extrakční elektrodě 7 je možno využít i pro další zvýšení rozlišovací schopnosti mikroskopu, zejména pro nižší hodnoty kinetické energie primárních elektronů. V tom případě se namísto původního extrakčního napětí 300 V použije vysoké napětí okolo, např. 1 až 10 kV. Pokud je například na extrakční elektrodě 7 napětí 3 kV a primární elektrony mají kinetickou energii 1 keV při vstupu do magnetického objektivu 3, tak jsou primární elektrony urychleny a procházejí mezerou mezi pólovými nástavci s energií 4 keV. Tím jsou optické vady zobrazení nižší a rozlišení mikroskopu je vyšší než kdyby primární elektrony procházely mezerou mezi pólovými nástavci s energií pouze 1 keV. Při průchodu vnějším, tedy spodním, pólovým nástavcem jsou primární elektrony opět zpomaleny a na vzorek 4 dopadají se svou původní energií 1 keV. Optimální napětí na extrakční elektrodě 7 se liší pro různé kinetické energie primárních elektronů. S rostoucí energií je ovšem stále menší rozdíl mezi rozlišovací schopností mikroskopu bez použití anebo s použitím vysokého napětí na extrakční elektrodě 7. Efekt zpomalení primárních elektronů při dopadu na vzorek lze ještě zvýraznit tím, že se na vzorek 4 přivede záporné napětí okolo (-1)-(-10) kV. V tom případě může elektroda 7 sahat až po konec vnějšího (spodního) pólového nástavce, protože primární elektrony jsou zpomalovány napětím na vzorku 4.

50 V případě, že se používá zobrazení druhou dvoupólovou čočkou 3b, není třeba optimalizovat napětí na extrakční elektrodě 7 podle energie primárních elektronů a stačí používat pouze nízká napětí pro vtažení sekundárních elektronů do magnetického objektivu 3.

V případě, že se používá zobrazení kombinací první i druhé dvoupólové čočky 3a a 3b, může být napětí na extrakční elektrodě 7 optimalizováno podle buzení první dvoupólové čočky 3a.

Je výhodné, pokud celý detekční systém sekundárních elektronů, tj. extrakční elektroda 7, případná retardační elektroda 8 a detektor 5, se nacházejí pod rastrovacím systémem 6. Rastrovací systém 6 je totiž nastaven tak, aby vychyloval primární elektronový svazek o energii řádově keV. Naproti tomu sekundární elektrony mají energii v jednotkách či desítkách eV, takže by při průchodu týmiž rastry byly vychylovány mnohem více od optické osy, což by přineslo nemalé technické problémy při jejich detekci. Vychylovat sekundární elektrony směrem k detektoru 5 ještě pod rastrovacím systémem 6, kde jsou soustředěny relativně blízko optické osy, je technicky výhodné. Lze ovšem vynález použít i v opačném uspořádání detektoru 5 nad rastrovacím systémem 6.

Na obr. 2 je druhý příklad provedení. Tentokrát je vynechána část mikroskopu na objektivem, tedy zdroj elektronů a kondenzory. Magnetický objektiv 3 se opět sestává z první dvoupólové čočky 3a na první pracovní vzdálenosti WD1 a z druhé dvoupólové čočky 3b na druhé pracovní vzdálenosti WD2, které tentokrát mají spojené magnetické obvody. V tomto případě je vynechána retardační elektroda 8. Svazek primárních elektronů je opět magnetickým objektivem 3 fokusován na vzorek 4 a rastrovací systém 6 zajišťuje jeho řádkování po povrchu vzorku 4. Vlastnosti zobrazení jsou stejné, jak je popsáno v předešlém příkladu.

Sekundární elektrony jsou opět vtahovány dovnitř magnetického objektivu 3 a urychleny pomocí extrakční elektrody 7. Tentokrát však dopadají na terč 10, kde emitují terciální elektrony, které jsou zachyceny detektorem 5, jehož signál je zobrazen na koncovém zařízení 5a. Povrch terče 10 je z vhodného materiálu, který má dostatečně vysokou emisivitu elektronů. Vhodné jsou těžší prvky s atomovým číslem vyšším než 20.

Jak je vidět z tohoto příkladu, první respektive druhý otvor 3c respektive 3d pro detektor 5 sekundárních elektronů může být vyvrtán i v šikmé části kuželů pólových nástavců a nemusí být zcela souosé.

Doposud uvedené příklady provedení mají teoretickou nevýhodu v tom, že pole detektoru 5 dosahuje na optickou osu a způsobuje tedy optické vady svazku primárních elektronů. Tyto optické vady lze v praxi udržet na zanedbatelné úrovni, protože pole detektoru 5 v okolí optické osy stačí mít pouze tak silné, aby vychýlilo sekundární elektrony o energii v jednotkách eV, takže vychýlení primárních elektronů s energií v tisících eV bude malé. Na obr. 3 je příklad dalšího provedení, který tuto teoretickou nevýhodu řeší. Mezi extrakční elektrodou 7 a rovinou druhého otvoru 3d je vloženo zařízení 11 pro vytvoření zkříženého nastavitelného magnetického a elektrostatického pole, kolmého na optickou osu magnetického objektivu 3, tzv. Wienův filtr. Elektrostatické pole je kolmé na magnetické a velikostně nastaveno tak, aby pro danou rychlost primárních elektronů byla elektrická síla stejně velká, ale opačného směru, jako magnetická síla. Svazek primárních elektronů tedy není Wienovým filtrem ohýbán. Naproti tomu sekundární elektrony emitované ze vzorku 4 se pohybují v opačném směru a tak elektrická i magnetická síla na ně působící jsou ve shodném směru a vychylují sekundární elektrony do detektoru 5. Oproti předchozím příkladům provedení tedy v tomto případě nemusí pole detektoru 5 dosahovat podstatným způsobem až na optickou osu. Mezi Wienovým filtrem a extrakční elektrodou 7 je opět možné sekundární elektrony zpomalit retardační elektrodou 8, takže Wienův filtr může produkovat slabší pole na odklon sekundárních elektronů směrem k detektoru 5.

Na obr. 4 je další příklad provedení. Tentokrát je retardační elektroda 8, na kterou je přivedeno záporné napětí anebo je uzemněná, umístěna nad rovinou detektoru 5. Sekundární elektrony emitované ze vzorku 4 a urychlené extrakční elektrodou 7 jsou zbržděny retardační elektrodou 8 v oblasti roviny druhého otvoru 3d a přitáhnuty polem detektoru 5. Na obr. 4 je nakreslen i jiný způsob regulace intenzity pole detektoru 5 v okolí optické osy než pouhou změnou vzdálenosti

čela detektoru 5 od optické osy nebo jeho napětí, a sice přidáním deflektoru 12, na který je přivedeno vhodné kladné regulační napětí, např. okolo 200 V. Deflektor 12 může být např. mřížka nebo elektroda tvaru objímky. Aby pole retardační elektrody 8 nezasahovalo nežádoucím způsobem do rastrovacího systému 6, může být odstíněno uzemněnou objímkou 13. V tomto příkladu je také vidět, že tvar magnetického objektivu 3 není omezen na kuželový, tj. může být válcový a vinutí cívky první dvoupólové čočky 3a lze vsunout pod detektor 5 sekundárních elektronů.

Uvedené příklady použití jsou pouze ilustrativní a lze je různě kombinovat, např. lze tvar magnetického objektivu 3 z jednoho příkladu použít v jiném příkladu apod.

Průmyslová využitelnost

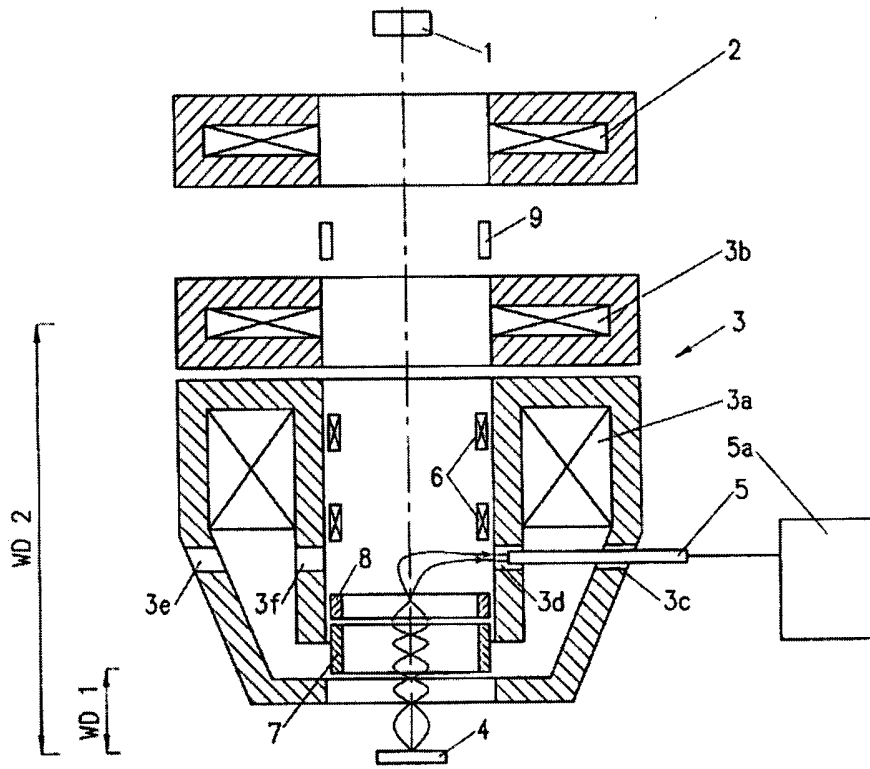
Mikroskop podle tohoto vynálezu lze využít všude tam, kde je třeba sledovat vzorky s vysokým rozlišením a velkým zorným polem, např. v oblasti studia materiálů, kontroly kvality integrovaných obvodů, průmyslu polovodičů, lékařství, biologie, nanotechnologie, vědeckých aplikací či základního výzkumu.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

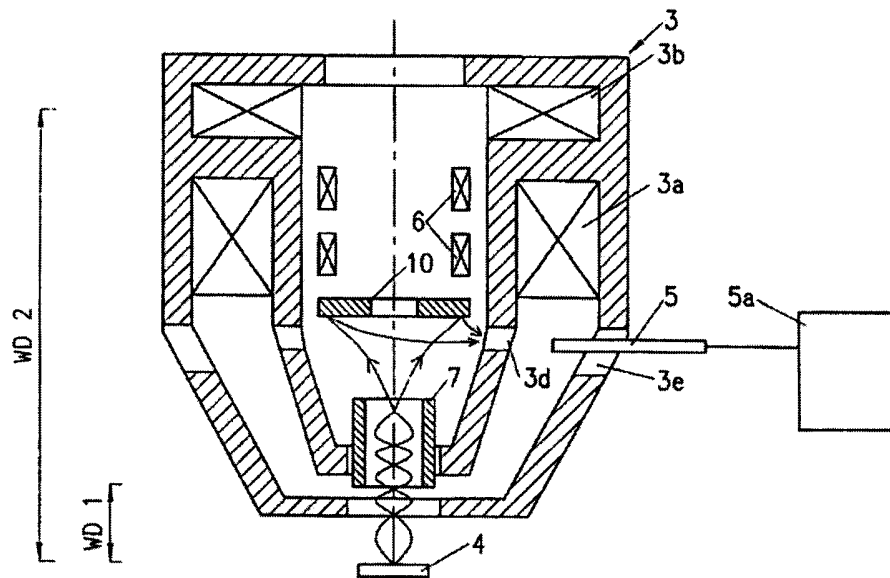
1. Rastrovací elektronový mikroskop obsahující zdroj primárních elektronů, prostředky pro urychlení primárních elektronů na požadovanou kinetickou energii, magnetický objektiv mající optickou osu, rastrovací systém pro rastrování svazku primárních elektronů po vzorku a detektor sekundárních elektronů, **vyznačující se tím**, že magnetický objektiv (3) se skládá z první dvoupólové čočky (3a) umístěné blíže k měřenému vzorku (4) a ležící od tohoto vzorku (4) v první pracovní vzdálenosti (WD1), a ze druhé, na společné optické ose ležící, dvoupólové čočky (3b) s druhou pracovní vzdáleností (WD2) od vzorku (4) a detektor (5) sekundárních elektronů je umístěn mezi touto první dvoupólovou čočkou (3a) a druhou dvoupólovou čočkou (3b).
2. Rastrovací elektronový mikroskop podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že v pólových nástavcích první dvoupólové čočky (3a) jsou vytvořeny na sebe navazující otvory pro uložení detektoru (5) sekundárních elektronů, a to ve vnějším pólovém nástavci první otvor (3c) a ve vnitřním pólovém nástavci druhý otvor (3d).
3. Rastrovací elektronový mikroskop podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že v pólových nástavcích první dvoupólové čočky (3a) jsou vytvořeny další otvory, a to tak, že ve vnějším pólovém nástavci je vytvořen alespoň jeden třetí otvor (3e) a ve vnitřním pólovém nástavci je vytvořen alespoň jeden na něj navazující čtvrtý otvor (3f), kde třetí otvory (3e) jsou stejného tvaru a velikosti jako první otvor (3c), jejich počet je včetně prvního otvoru (3c) n a čtvrté otvory (3f) jsou stejného tvaru a velikosti jako druhý otvor (3d) a jejich počet včetně druhého otvoru (3d) je m , přičemž n a m jsou sudá čísla a všechny otvory (3c, 3e) ve vnějším pólovém nástavci, jakož i všechny otvory (3d, 3f) ve vnitřním pólovém nástavci jsou symetricky rozmístěné okolo optické osy objektivu.
4. Rastrovací elektronový mikroskop podle kteréhokoli z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že rastrovací systém (6) je umístěn mezi první dvoupólovou čočkou (3a) a druhou dvoupólovou čočkou (3b) magnetického objektivu (3).

5. Rastrovací elektronový mikroskop podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že rastrovací systém (6) leží nad detektorem (5) sekundárních elektronů.
6. Rastrovací elektronový mikroskop podle kteréhokoli z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že v magnetickém objektivu (3) je umístěna extrakční elektroda (7) připojená na zdroj kladného, s výhodou měnitelného, napětí, přičemž napětí na pólových nastavcích magnetického objektivu (3) je nulové.
7. Rastrovací elektronový mikroskop podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že nad extrakční elektrodou (7) je umístěna alespoň jedna retardační elektroda (8).
8. Rastrovací elektronový mikroskop podle nároku 7, **vyznačující se tím**, že retardační elektroda (8) je spojena se zdrojem nízkého záporného napětí.
9. Rastrovací elektronový mikroskop podle nároku 7, **vyznačující se tím**, že retardační elektroda (8) má tvar clony a je uzemněná.
10. Rastrovací elektronový mikroskop podle nároku 8, **vyznačující se tím**, že nad retardační elektrodou (8) je umístěna uzemněná stínicí objímka (13).
11. Rastrovací elektronový mikroskop podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že nad rovinou druhého otvoru (3d) je umístěn terč (10), který má otvor pro průchod primárních elektronů.
12. Rastrovací elektronový mikroskop podle kteréhokoli z nároků 1 až 9, **vyznačující se tím**, že mezi extrakční elektrodou (7) a rovinou druhého otvoru (3d) je umístěno zařízení (11) pro vytvoření zkříženého magnetického a elektrostatického pole, s výhodou nastavitelného, kolmého na optickou osu objektivu.
13. Rastrovací elektronový mikroskop podle kteréhokoli z nároků 1 až 12, **vyznačující se tím**, že před detektorem (5) sekundárních elektronů je umístěn deflektor (12) připojený na zdroj kladného napětí.
14. Rastrovací elektronový mikroskop podle kteréhokoli z nároků 3 až 13, **vyznačující se tím**, že do alespoň jedné z dvojic sobě příslušejícího třetího otvoru (3e) a čtvrtého otvoru (3f), je vložen detektor zpětně odražených elektronů a/nebo detektor katodoluminiscence a/nebo detektor rentgenového záření.
15. Rastrovací elektronový mikroskop podle kteréhokoli z nároků 1 až 14, **vyznačující se tím**, že první dvoupólová čočka (3a) a druhá dvoupólová čočka (3b) mají spojené magnetické obvody.
16. Rastrovací elektronový mikroskop podle kteréhokoli z nároků 1 až 15, **vyznačující se tím**, že vzorek (4) je připojen na zdroj záporného napětí.

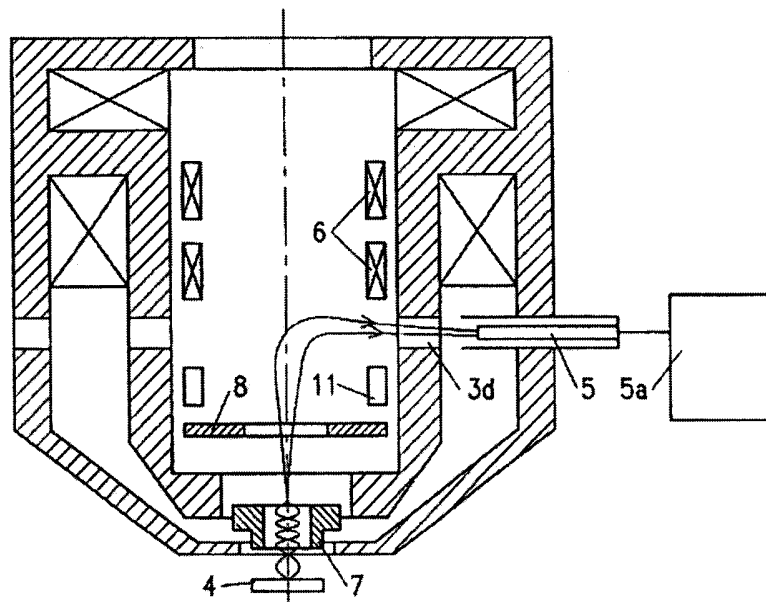
2 výkresy



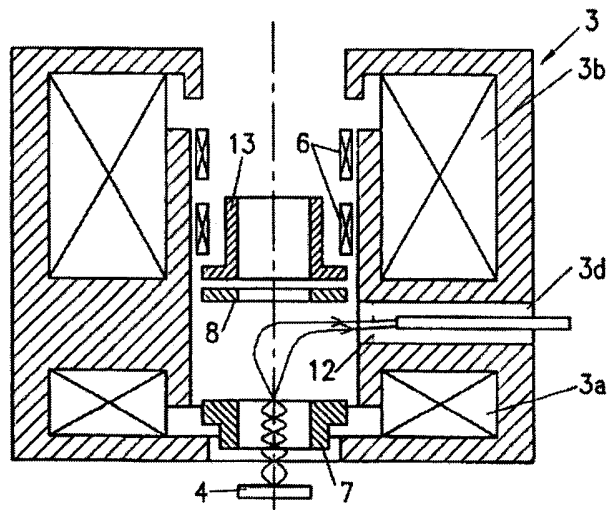
OBR.1



OBR.2



OBR.3



OBR.4

Konec dokumentu
