

PATENTOVÝ SPIS

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLUVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2000-3401**
(22) Přihlášeno: **18.09.2000**
(30) Právo přednosti: **22.09.1999 DE 19945344**
(40) Zveřejněno: **16.05.2001**
(Věstník č. 5/2001)
(47) Uděleno: **19.11.2009**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **30.12.2009**
(Věstník č. 52/2009)

(11) Číslo dokumentu:

301 269

(13) Druh dokumentu: **B6**

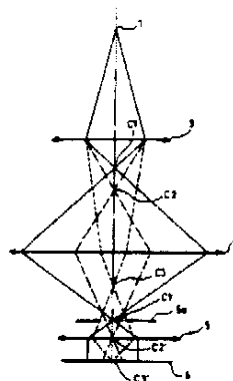
(51) Int. Cl.:
H01J 37/04 (2006.01)
H01J 37/26 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:
EP 0352552 B; US 4306149 A; US 5373158 A.

(73) Majitel patentu:
Carl Zeiss NTS GmbH, Oberkochen, Baden-
Württemberg, DE
(72) Původce:
Benner Gerd Dr., Aalen, DE
(74) Zástupce:
Čermák Hořejš Matějka a spol., JUDr. Jan Matějka,
advokát, Národní 32, Praha 1, 11000

(54) Název vynálezu:
**Způsob provozu částicově optického
osvětlovacího a zobrazovacího systému a
částicově optický osvětlovací a zobrazovací
systém pro provádění tohoto způsobu**

(57) Anotace:
Způsob provozu částicově optického osvětlovacího a zobrazovacího systému s kondenzorovou objektivovou čočkou (5) s jedním polem, s dvěma kondenzorovými čočkami (3, 4) upravenými mezi zdrojem (1) částic a touto kondenzorovou objektivovou čočkou (5) s jedním polem, a s vícečočkovým zobrazovacím systémem (7, 8), zařazeným za kondenzorovou objektivovou čočkou (5) s jedním polem, se provádí tak, že pro změnu osvětlené oblasti v provozu prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli v provozu TEM, se mění výhradně buzení kondenzorové čočky (3) sousedící se zdrojem (1) částic a buzení kondenzorové čočky (4) sousedící s kondenzorovou objektivovou čočkou (5) s jedním polem se udržuje konstantní. Částicově optický osvětlovací a zobrazovací systém obsahuje prostředky pro provádění tohoto způsobu.



CZ 301269 B6

Způsob provozu částicově optického osvětlovacího a zobrazovacího systému a částicově optický osvětlovací a zobrazovací systém pro provádění tohoto způsobu

5 Oblast techniky

Vynález se týká způsobu provozu částicově optického osvětlovacího a zobrazovacího systému s kondenzorovou objektivovou čočkou s jedním polem, s dvěma kondenzorovými čočkami upravenými mezi zdrojem částic a touto kondenzorovou objektivovou čočkou s jedním polem, a s vícečočkovým zobrazovacím systémem, zařazeným za kondenzorovou objektivovou čočkou s jedním polem, jakož i částicově optického osvětlovacího a zobrazovacího systému pro provádění tohoto způsobu.

15 Dosavadní stav techniky

Moderní elektronové mikroskopy jsou většinou vybaveny tzv. kondenzorovou objektivovou čočkou s jedním polem (dále také čočka KOE - Kondensor-Objektiv-Einfeldlinse) podle Riecka a Rusky, jak je tato čočka známá např. z DE-PS 875555. Kondenzorové objektivové čočky s jedním polem se liší od běžných objektivů tím, že preparát je umístěn uprostřed mezery pólového nástavce. Umístění preparátu v maximu magnetického pole vede oproti běžným objektivům ke zmenšeným chybovým koeficientům obrazu. Kromě toho se podstatně zjednoduší realizace mimostředních úhloměrů a tyčových propustí a oproti běžným objektivům je k dispozici větší pracovní prostor k naklonění preparátu a k umístění detektorů, např. pro rentgenové záření vyzařované preparátem nebo k detekci zpět rozptýlených elektronů. Kondenzorové objektivové čočky s jedním polem kromě toho poskytují pro bodovou analýzu a pro provoz řádkového prozařujícího elektronového mikroskopu (tzv. provoz STEM - scanning transmission elektron microscope) možnost realizovat velmi malé elektronové sondy.

U osvětlovacích zařízení pro kondenzorové objektivové čočky s jedním polem se dosud vycházelo z toho, že v provozu prozařujícího elektronového mikroskopu (neboli provozu TEM - transmission elektron microscope) je naléhavě žádoucí zobrazení křížení zdroje částic v zadní ohniskové rovině kondenzorové objektivové čočky s jedním polem, aby se zamezilo rušivému šikmému osvětlení preparátu v oblastech mimo osu. Odpovídající osvětlovací systém, který vystačí jen se dvěma kondenzorovými čočkami, je známý např. z US-A 3 560 781. Aby se zde umožnily požadované rozdílné apertury osvětlení při různě velkých zvětšeních, jsou pólové nástavce kondenzorové čočky bezprostředně následující zdroj částic vyměnitelné, aby se dosáhlo různých měřítek pro zobrazení křížení zdroje částic dosažené první kondenzorovou čočkou. Druhá kondenzorová čočka je provozována vždy se stejným stálým buzením, aby se vždy zobrazil obraz křížení vytvořený první kondenzorovou čočkou v ohniskové rovině na straně osvětlení kondenzorové objektivové čočky s jedním polem. Avšak zde navržená výměna pólových nástavců není v důsledku požadované přesnosti v praxi vhodná pro sériový přístroj.

V US-A 3 560 781 bylo dále již alternativně k výměně pólového nástavce první kondenzorové čočky navrženo měnit buzení obou kondenzorových čoček k nastavení různých apertur osvětlení. Také při takovém provozu osvětlovacího systému je však velikost osvětleného pole na preparátu určena výlučně velikostí clony kondenzoru. Změna velikosti pole je proto možná jen mechanickou výměnou clony kondenzoru.

50 Z DE-C 28 22 242 je znám tzv. objektiv s dvojitou čočkou, u které je další mezera čoček na straně kondenzoru ve feromagnetickém obvodu. Pomocí této stále buzené pomocné čočky je vytvořena clona kondenzoru v ohniskové rovině na straně kondenzoru kondenzorové objektivové čočky s jedním polem. V tomto systému se dá změnou buzení druhé kondenzorové čočky měnit

apertura osvětlení. Nevýhodné je však to, že v provozu řádkového prozařujícího elektronového mikroskopu (STEM) musí být pole pomocné čočky kompenzováno dodatečnou cívkou.

5 Z US-A 4 633 085 je známý další osvětlovací systém, jehož funkce dalekosáhle odpovídá funkci osvětlovacího systému DE-C 28 22 242. V US-A 4 633 085 je pomocná čočka realizována jen čočkou s výpustí vzduchu umístěnou bezprostředně před objektivem.

10 I když osvětlovací systémy z DE-A 28 22 242 a US-A 4 633 085 mají vždy tři kondenzorové čočky, nedovolují tyto systémy žádné nezávislé nastavení jak osvětleného pole, tak také apertury osvětlení.

15 Z US-A 5 013 913 je známý osvětlovací systém, u kterého apertura osvětlení a osvětlené pole jsou nastavitelné na sobě nezávisle. Tento systém obsahuje tři kondenzorové čočky, které zobrazují křížení zdroje částic s měnitelným zvětšením vždy v ohniskové rovině na straně zdroje kondenzorové objektivové čočky s jedním polem. Velikost obrazu křížení přitom definuje apertura osvětlení. Velikost osvětleného pole je určena velikostí clony kondenzoru, která se dá měnit elektronově optickým výběrem vhodné clony z clony s více otvory. Tento osvětlovací systém umožňuje vždy optimální osvětlení preparátu; tato výhoda je však vykoupěna relativně složitým provedením.

20

Podstata vynálezu

25 Cílem předloženého vynálezu je vytvořit způsob provozu částicově optického osvětlovacího a zobrazovacího systému, jakož i jednoduchý osvětlovací systém pro kondenzorovou objektivovou čočku s jedním polem, který umožňuje spojitou změnu velikosti osvětleného pole a u kterého dochází se zmenšením osvětleného pole ke zvětšení apertury osvětlení.

30 Uvedený cíl splňuje způsob provozu částicově optického osvětlovacího a zobrazovacího systému s kondenzorovou objektivovou čočkou s jedním polem, s dvěma kondenzorovými čočkami upravenými mezi zdrojem částic a touto kondenzorovou objektivovou čočkou s jedním polem, a s vícečočkovým zobrazovacím systémem, zařazeným za kondenzorovou objektivovou čočku s jedním polem, podle vynálezu, jehož podstatou je, že pro změnu osvětlené oblasti v provozu prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli v provozu TEM, se mění výhradně buzení kondenzorové čočky sousedící se zdrojem částic a buzení kondenzorové čočky sousedící s kondenzorovou objektivovou čočkou s jedním polem se udržuje konstantní.

35 Podle výhodného provedení způsobu podle vynálezu se buzení kondenzorové čočky sousedící s kondenzorovou objektivovou čočkou s jedním polem udržuje konstantní při takovém buzení, že obraz křížení vytvořený při maximálním buzení kondenzorové čočky sousedící se zdrojem částic se zobrazí druhou kondenzorovou čočkou v ohniskové rovině na straně zdroje kondenzorové objektivové čočky s jedním polem.

40 Kondenzorová čočka sousedící s kondenzorovou objektivovou čočkou s jedním polem se s výhodou budí tak, že měřítko zobrazení kondenzorové čočky sousedící s kondenzorovou objektivovou čočkou s jedním polem je větší než 1:3.

50 Pro vytvoření osvětlených polí s průměrem menším než 0,5 μm a aperturou větší než 5 mrad se buzení obou kondenzorových čoček mění s výhodou tak, že zdroj částic se zobrazí v reálném nebo virtuálním mezizobrazení v rovině obrazu na straně zdroje kondenzorové objektivové čočky s jedním polem.

Při provozu prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli provozu TEM, vzniknou s výhodou nezávisle na velikosti osvětleného pole vždy dva meziobrazy zdroje částic, přičemž druhé mezi-

obrazy leží podle velikosti osvětleného pole mezi ohniskovou rovinou na straně zdroje kondenzorové objektivové čočky s jedním polem a rovinou preparátu.

5 Uvedený cíl dále splňuje částicově optický osvětlovací a zobrazovací systém s kondenzorovou objektivovou čočkou s jedním polem, s alespoň dvěma kondenzorovými čočkami upravenými mezi zdrojem částic a touto kondenzorovou objektivovou čočkou s jedním polem, a s vícečočkovým zobrazovacím systémem, zařazeným za kondenzorovou objektivovou čočkou s jedním polem, pro provádění způsobu podle vynálezu, přičemž podstatou vynálezu je, že částicově
10 optický osvětlovací a zobrazovací systém obsahuje prostředky, které pro změnu osvětlené oblasti v provozu prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli v provozu TEM, mění výhradně buzení kondenzorové čočky sousedící se zdrojem částic a buzení kondenzorové čočky sousedící s kondenzorovou objektivovou čočkou s jedním polem udržují konstantní.

15 S výhodou jsou upraveny právě dvě kondenzorové čočky.

V ohniskové rovině na straně zdroje kondenzorové objektivové čočky s jedním polem je s výhodou upravena předřazená clona. Tato předřazená clona je s výhodou vyměnitelná.

20 Konečně je s výhodou v oblasti hlavní roviny kondenzorové čočky sousedící s kondenzorovou objektivovou čočkou s jedním polem upravena aperturní clona.

Částicově optický osvětlovací a zobrazovací systém podle vynálezu tedy má kondenzorovou objektivovou čočku s jedním polem, dvě kondenzorové čočky mezi zdrojem částic a kondenzorovou objektivovou čočkou s jedním polem a vícečočkový zobrazovací systém zapojený za kondenzorovou objektivovou čočkou s jedním polem. Při provozu prozařujícího elektronového
25 mikroskopu, neboli provozu TEM se změna osvětleného pole v rovině preparátu mění výlučně buzením kondenzorové čočky sousedící se zdrojem částic. Buzení kondenzorové čočky sousedící s kondenzorovou objektivovou čočkou s jedním polem je při provozu prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli provozu TEM, nezávisle na velikosti nastaveného osvětleného pole stále.

30 Provozem prozařujícího elektronového mikroskopu (TEM) se přitom rozumí takové osvětlovací podmínky, při kterých je buď průměr osvětleného pole v rovině preparátu $\geq 0,5 \mu\text{m}$, nebo apertura osvětlení $\leq 5 \text{ mrad}$.

35 Podle vynálezu se pozná, že osvětlovacím systémem obsahujícím jen dvě kondenzorové čočky i při kondenzorové objektivové čočce s jedním polem se výhradně změnou buzení kondenzorové čočky na straně zdroje při provozu prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli provozu TEM, dají realizovat potřebné apertury a velikosti osvětleného pole. Osvětlovací a zobrazovací systém podle vynálezu má proto s výhodou přesně dvě kondenzorové čočky.

40 Při nastavení maximálního průměru osvětleného pole by kondenzorová čočka na straně zdroje měla být poměrně silně nabuzena, takže zobrazí křížení zdroje částic asi 20 až 50 krát zmenšené. Buzení kondenzorové čočky na straně objektivu by potom mělo být nastaveno tak, že tato druhá kondenzorová čočka zobrazí křížení vytvořené kondenzorovou čočkou na straně zdroje asi
45 v měřítku 1:1 v rovině ohniska na straně kondenzoru kondenzorové objektivové čočky s jedním polem. Při maximálním průměru osvětleného pole vyplývá tím osově paralelní, koherentní osvětlení preparátu, takže při tomto nastavení nevzniká žádné šikmé osvětlení oblastí vzdálených od osy.

50 K nastavení menších průměrů osvětleného pole je účelné zmenšit buzení kondenzorové čočky na straně zdroje částic, takže obraz křížení vytvořený kondenzorovou čočkou na straně zdroje se přiblíží podél optické osy směrem ke kondenzoru na straně objektivu. Nejmenšího osvětleného pole se potom dosáhne, když obě kondenzorové čočky společně zobrazí křížení zdroje částic v rovině konjugované k rovině preparátu vztahující se ke kondenzorové objektivové čočce s jed-

ním polem mezi druhou kondenzorovou čočkou a kondenzorovou objektivovou čočkou s jedním polem. Kondenzorová objektivová čočka s jedním polem zobrazí potom toto mezikřížení na preparátu. Při menších průměrech osvětleného pole to potom ovšem vede k šikmému osvětlení oblasti preparátu mimo osu. Protože však šikmé osvětlení se s menším stávajícím průměrem osvětleného pole zvětšuje, neprojevuje se toto příliš rušivě.

Aby při dvoustupňovém kondenzoru byla při provozu prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli provozu TEM, realizovatelná celková obvykle potřebná oblast různých průměrů pole, mělo by stále měřítko zobrazení kondenzorové čočky na straně objektivu být větší než 1:3, s výhodou leží mezi 1:1 a 1:3. Při maximálním průměru osvětleného pole maximální zmenšení obrazu křížení druhou kondenzorovou čočkou o 1/3.

Aby se při malých průměrech osvětleného pole omezila apertura osvětlení, měla by být v ohniskové rovině na straně zdroje kondenzorové objektivové čočky s jedním polem předřazená clona. Tato předřazená clona by měla být vyměnitelná, aby při bodovém osvětlení byly dosažitelné větší apertury osvětlení.

Podle výše popsaného průběhu paprsků jsou nejmenší dosažitelné průměry osvětleného pole v oblasti od 1 μm . K nastavení menších průměrů osvětleného pole jsou obě kondenzorové čočky, v tzv. bodovém provozu nebo v provozu řádkového prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli v provozu STEM, provozovány se spojitě měnitelnou ohniskovou vzdáleností (Zoom), přičemž obě kondenzorové čočky vždy zobrazí křížení zdroje částic ve vstupní zobrazovací rovině na kondenzorové straně objektivové čočky s jedním polem. Kondenzorová objektivová čočka s jedním polem zobrazí potom tam vznikající meziobraz křížení zdroje částic ještě jednou zmenšený na preparátu. Rozdílnými buzeními obou kondenzorových čoček se potom dá měnit velikost bodu.

U osvětlovacího a zobrazovací systému podle vynálezu je v důsledku toho pro kondenzorovou čočku na straně objektivu při provozu prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli provozu TEM, nastavitelná jediná hodnota buzení.

Přehled obrázků na výkresech

Dále budou popsány podrobnosti vynálezu pomocí příkladu provedení znázorněného na obrázcích, které jednotlivě znázorňují:

obr. 1 řez elektronovým mikroskopem podle vynálezu podél optické osy,

obr. 2 průběhy paprsků v osvětlovacím průběhu paprsků v elektronovém mikroskopu podle obr. 1 při provozu prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli provozu TEM,

obr. 3 průběhy paprsků v osvětlovacím průběhu paprsků v elektronovém mikroskopu podle obr. 1 při provozu řádkového prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli provozu STEM.

Příklady provedení vynálezu

Elektronový mikroskop na obr. 1 má zdroj 1 částic s následujícím urychlovacím stupněm 2 pro elektrony vystupující ze zdroje 1 částic. K formování záření na straně osvětlení elektronových paprsků vyzařovaných ze zdroje 1 částic je opatřen kondenzorový systém skládající se ze dvou kondenzorových čoček 3, 4, provedených jako magnetické čočky. Za oběma kondenzorovými čočkami 3, 4 následuje kondenzorová objektivová čočka 5 s jedním polem. Držák preparátu 6 je v kondenzorové objektivové čočce 5 s jedním polem uspořádán ve výši pólového nástavce a tím

- v maximu magnetického pole kondenzorové objektivové čočky 5 s jedním polem. Poněkud na straně zdroje mezery pólového nástavce kondenzorové objektivové čočky 5 s jedním polem jsou další cívký 9, které slouží jako vychylovací systém při provozu řádkového prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli provozu STEM. V ohniskové rovině na kondenzorové straně kondenzorové objektivové čočky 5 s jedním polem je uspořádána mechanicky vyměnitelná předřazená clona 5a. Na základě krátké ohniskové vzdálenosti jen 3 až 4 mm kondenzorové objektivové čočky 5 s jedním polem odpovídá poloha předřazené clony 5a rovněž přibližně poloze mezery pólového nástavce kondenzorové objektivové čočky 5 s jedním polem.
- 10 Kondenzorovou objektivovou čočku 5 s jedním polem následuje vícestupňový systém z magnetických čoček 7, 8, které slouží ke zvětšenému zobrazení preparátu na detektoru 10. Ze zobrazovacího systému jsou na obr. 1 znázorněny jen dvě magnetické čočky 7, 8; tento zobrazovací systém se však bude zpravidla skládat ze tří nebo čtyř magnetických čoček.
- 15 Na obr. 1 jsou dále znázorněny potřebné řídicí a napájecí jednotky 11, 12, 13, 14, 15 a 16 jednotlivých elektronově optických součástí. Přitom se jedná o proudové a napěťové zdroje, které jsou řízeny počítačem, který není znázorněn.
- 20 Ve výšce mezery pólového nástavce kondenzorové čočky 4 na straně objektivu může být volitelně vložena clona 4a apertury kondenzoru. Tato clona 4a apertury kondenzoru je potřebná jen při provozu EDX ("energy dispersive x-rays" = „energeticky rozptýlené rentgenové záření“). Při provozu EDX by pak měla být předřazená clona z průběhu paprsků odstraněna, protože jinak by byl rušivým zářením spuštěným předřazenou clonou vlastní měřený signál překryt. V tomto případě slouží clona 4a apertury kondenzoru k omezení apertury osvětlení.
- 25 Kondenzorová objektivová čočka 5 s jedním polem má obvyklým způsobem stále předem dané buzení nezávisle na nastaveném zvětšení zobrazení, takže chyby obrazu jsou malé. V důsledku toho dodává také napájecí zdroj 14 pro kondenzorovou objektivovou čočku 5 s jedním polem jak v provozu prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli provozu TEM, tak také v provozu řádkového prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli provozu STEM, vždy stejný stálý budící proud. Aby se dosáhlo při provozu řádkového prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli provozu STEM, jenom optimálně malých elektronových sond v rovině preparátu, může se buzení kondenzorové objektivové čočky 5 s jedním polem nepatrně měnit.
- 30 V provozu prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli v provozu TEM, následuje změna měřítka zobrazení preparátu na detektoru 10 změnou buzení zobrazovacích stupňů, neboli magnetických čoček vícečočkového zobrazovacího systému 7, 8, zapojených za kondenzorovou objektivovou čočkou 5 s jedním polem. K přizpůsobení pole osvětleného na preparátu na pole preparátu zobrazené zobrazovacími stupni, neboli magnetickými čočkami vícečočkového zobrazovacího systému 7, 8, je v průběhu osvětlovacích paprsků měnitelné buzení první kondenzorové čočky 3 následující za zdrojem 1 částic. Buzení druhé kondenzorové čočky 4, sousedící s kondenzorovou objektivovou čočkou 5 s jedním polem, zůstává naproti tomu při provozu prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli provozu TEM, stále a mění se jen při provozu řádkového prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli provozu STEM.
- 45 Vždy realizované průběhy paprsků v průběhu osvětlovacích paprsků k osvětlení různě velkých osvětlených polí v rovině preparátu 6 jsou znázorněny na obr. 2. K nastavení maximálního osvětleného pole, tedy osvětleného pole s maximálním průměrem, je kondenzorová čočka 3 na straně zdroje silně nabuzena, takže tato kondenzorová čočka 3 vytvoří silně zmenšený, reálný obraz C1 křížení zdroje částic. Měřítka zobrazení tohoto zmenšeného zobrazení obrazu C1 křížení je asi 1:20 až 1:50. Kondenzorová čočka 4 na straně objektivu zobrazí tento zmenšený obraz C1 křížení vytvořený první kondenzorovou čočkou 3 reálně v ohniskové rovině na straně zdroje kondenzorové objektivové čočky 5 s jedním polem, takže tam vznikne další zobrazení jako druhý meziobraz C1' křížení. Měřítka zobrazení tohoto druhého meziobrazu C1' křížení je přitom asi 1:1.
- 50

Na základě působení pole před kondenzorovou objektivovou čočkou 5 s jedním polem následuje osvětlení v rovině preparátu 6 paprsky rovnoběžnými s osou, jak je u kondenzorové objektivové čočky 5 s jedním polem obvyklé.

5 K nastavení menších osvětlených polí se jenom zmenší buzení kondenzorové čočky 3 na straně zdroje, zatímco buzení kondenzorové čočky 4 na straně objektivu a přirozeně buzení kondenzorové objektivové čočky 5 s jedním polem zůstává stálé. Obraz C2 křížení vytvořený kondenzorovou čočkou 3 na straně zdroje se přitom posune vždy podle zeslabení kondenzorové čočky 3 na straně zdroje směrem ke kondenzorové čočce 4 na straně objektivu, což má za následek, že také
10 druhý meziobraz C2' jako zobrazení obrazu C2 křížení vytvořený kondenzorovou čočkou 4 na straně objektivu se posune směrem ke kondenzorové objektivové čočce 5 s jedním polem. V rovině preparátu 6 z toho plyne osvětlení menšího osvětleného pole divergentními paprsky částic.

15 Minimálního pole osvětlení se dosáhne, když buzení kondenzorové čočky 3 na straně zdroje je zeslabeno tak, že obě kondenzorové čočky 3, 4 vytvoří společně jen nepatrný zmenšený obraz C3 křížení zdroje částic, a to v rovině konjugované k rovině preparátu 6 vztahené ke kondenzorové objektivové čočce 5 s jedním polem. Tato rovina obrazu C3 křížení je rovinou obrazu na vstupní straně kondenzorové objektivové čočky 5 s jedním polem, takže kondenzorová objektivová
20 čočka 5 s jedním polem vytvoří zmenšený druhý meziobraz C3' obrazu C3 křížení v rovině preparátu 6.

Jak lze seznat z obr. 2, jsou v osvětlovacím a zobrazovacím systému podle vynálezu při provozu prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli v provozu TEM, vytvořeny vždy dva meziobrazy, přičemž druhý meziobraz C1', C2', C3' křížení vzniká mezi ohniskovou rovinou na straně
25 zdroje kondenzorové objektivové čočky 5 s jedním polem a rovinou preparátu 6. Přitom vytvořené druhé meziobrazy C1', C3' křížení v ohniskové rovině kondenzorové objektivové čočky 5 s jedním polem a v rovině preparátu 6 kondenzorové objektivové čočky 5 s jedním polem vždy znázorňují mezí nastavení pro maximální případně minimální průměr osvětleného pole.

30 Jak lze dále seznat z obr. 2, předřazená clona 5a umístěná v ohniskové rovině na straně zdroje kondenzorové objektivové čočky 5 s jedním polem působí na omezení apertury jen při velmi malých průměrech osvětleného pole. Průměr otevření této předřazené clony 5a by měl být volen podle ohniskové vzdálenosti kondenzorové objektivové čočky 5 s jedním polem tak, že maximální
35 apertura osvětlení při minimálním osvětleném poli je asi 2,5 až 3 mrad. Při větších průměrech osvětleného pole klesá apertura osvětlení a v extrémním případě osvětlení rovnoběžného s osou je minimální s hodnotou pod 0,1 mrad. Při nastavení minimálního průměru osvětleného pole způsobí obě kondenzorové čočky 3, 4 společně jen velmi slabé zmenšené zobrazení zdroje 1 částic v obrazu C3 křížení. Nicméně následujícím zobrazením tohoto obrazu C3 křížení kondenzorovou
40 objektivovou čočkou 5 s jedním polem se dá dosáhnout minimálního osvětleného pole s průměrem asi 1 μ m.

V provozu řádkového prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli v provozu STEM, jsou obě kondenzorové čočky 3, 4 provozovány jako systém se spojitě měnitelnou ohniskovou vzdáleností (Zoom). Na obr. 3 je znázorněn průběh paprsků při nejmenším možném průměru bodu.
45 V tomto případě je kondenzorová čočka 3 na straně zdroje nastavena na své maximální buzení, které odpovídá buzení při maximálním průměru osvětleného pole v provozu prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli v provozu TEM. Kondenzorová čočka 3 na straně zdroje vytváří v důsledku toho 1:30 krát zmenšený obraz C4 křížení zdroje 1 částic. Kondenzorová čočka 4 na straně objektivu je v tomto případě nabuzena tak silně, že zobrazí obraz C4 křížení vytvořený
50 kondenzorovou čočkou 3 na straně zdroje v měřítku zobrazení asi 1:5 v rovině konjugované k rovině preparátu 6 roviny obrazu na vstupní straně kondenzorové objektivové čočky 5 s jedním polem. V této konjugované rovině vznikne v důsledku toho další meziobraz C4' křížení. Tento další meziobraz C4' křížení je kondenzorovou objektivovou čočkou 5 s jedním polem zobrazen

v rovině preparátu 6, takže tam vznikne další obraz C4'' křížení. Při nezměněném buzení kondenzorové objektivové čočky 5 s jedním polem se dají tímto způsobem omezit minimální velikosti sond asi na 7 nm. Nepatrnou změnou buzení kondenzorové objektivové čočky 5 s jedním polem se dá dosáhnout minimálního rozměru bodu o průměru 2,5 nm.

Jestliže se mají nastavit větší průměry bodu, které jsou mezi minimálními hodnotami asi 7 nm, popřípadě 2,5 nm, a 1 μ m, potom se buzení obou kondenzorových čoček 3, 4 může měnit tak, že stále tvoří systém se spojitě měnitelnou ohniskovou vzdáleností (Zoom) zobrazující zdroj 1 částic v rovině obrazu na straně zdroje kondenzorové objektivové čočky 5 s jedním polem.

Aby se při bodovém osvětlení, tedy při provozu řádkového prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli provozu STEM, dosáhlo maximálního proudu sond, je oproti provozu prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli provozu TEM, zapotřebí výměny předřazené clony na průměr asi 100 až 200 μ m, z čehož plynou apertury osvětlení v rozsahu 5 až 20 mrad. Pro detekci rentgenového záření, tedy v provozu EDX, vyzařovaného preparátem může být předřazená clona buď z berylia, nebo může být v blízkosti hlavní roviny kondenzorové čočky 4 na straně objektivu upravena clona 4a kondenzoru.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob provozu částicově optického osvětlovacího a zobrazovacího systému s kondenzorovou objektivovou čočkou (5) s jedním polem, s dvěma kondenzorovými čočkami (3, 4) upravenými mezi zdrojem (1) částic a touto kondenzorovou objektivovou čočkou (5) s jedním polem, a s vícečočkovým zobrazovacím systémem (7, 8), zařazeným za kondenzorovou objektivovou čočkou (5) s jedním polem, **vyznačující se tím**, že pro změnu osvětlené oblasti v provozu prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli v provozu TEM, se mění výhradně buzení kondenzorové čočky (3) sousedící se zdrojem (1) částic a buzení kondenzorové čočky (4) sousedící s kondenzorovou objektivovou čočkou (5) s jedním polem se udržuje konstantní.

2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že buzení kondenzorové čočky (4) sousedící s kondenzorovou objektivovou čočkou (5) s jedním polem se udržuje konstantní při takovém buzení, že obraz (C1) křížení vytvořený při maximálním buzení kondenzorové čočky (3) sousedící se zdrojem (1) částic se zobrazí druhou kondenzorovou čočkou (4) v ohniskové rovině na straně zdroje kondenzorové objektivové čočky (5) s jedním polem.

3. Způsob podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že kondenzorová čočka (4) sousedící s kondenzorovou objektivovou čočkou (5) s jedním polem se budí tak, že měřítko zobrazení kondenzorové čočky (4) sousedící s kondenzorovou objektivovou čočkou (5) s jedním polem je větší než 1:3.

4. Způsob podle jednoho z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že kondenzorová čočka (3) sousedící se zdrojem (1) částic při maximálním buzení kondenzorové čočky (3) sousedící se zdrojem (1) částic zobrazí zdroj (1) částic ve zmenšeném měřítku zobrazení menším než 1:20.

5. Způsob podle jednoho z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že pro vytvoření osvětlených polí s průměrem menším než 0,5 μ m a aperturou větší než 5 mrad se buzení obou kondenzorových čoček (3, 4) mění tak, že zdroj (1) částic se zobrazí v reálném nebo virtuálním

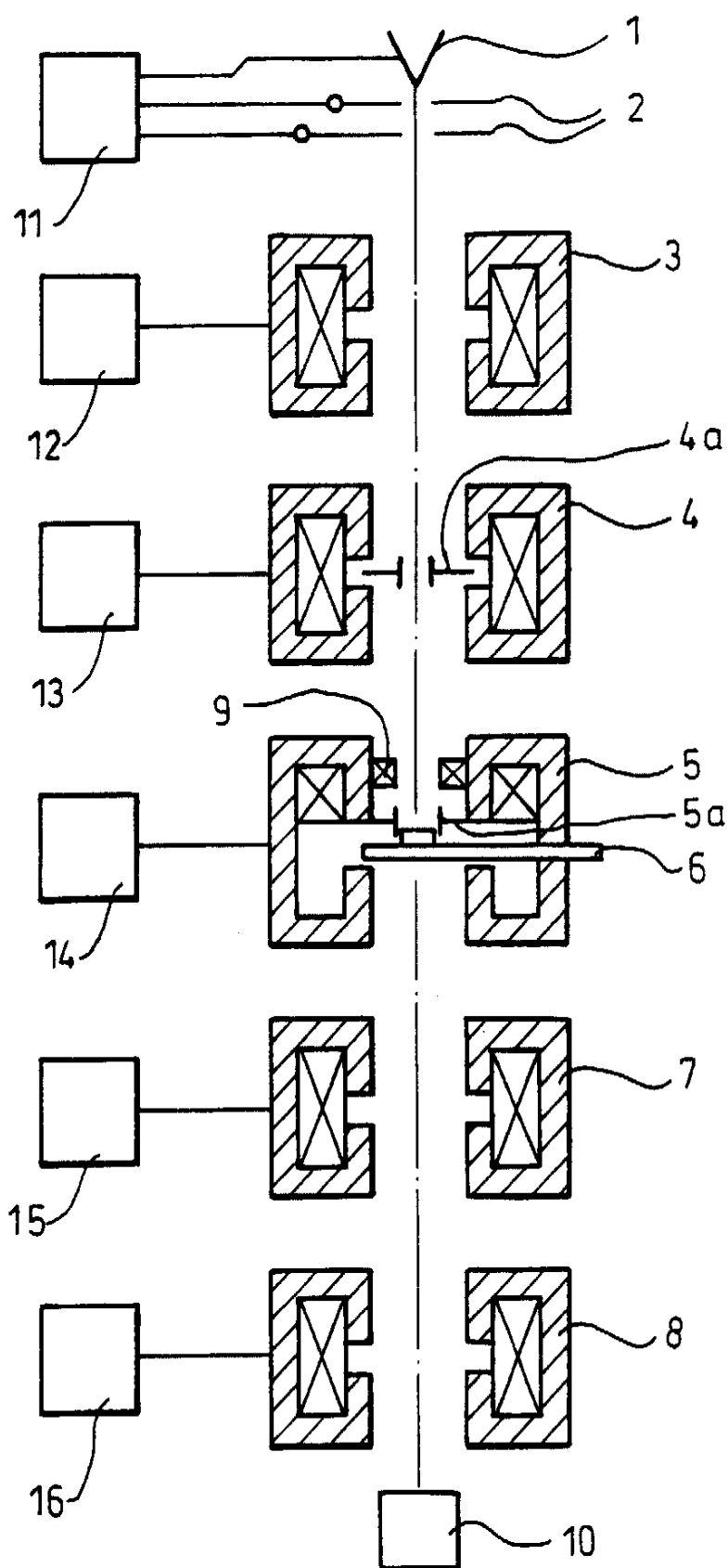
mezizobrazení v rovině obrazu na straně zdroje kondenzorové objektivové čočky (5) s jedním polem.

- 5 6. Způsob podle jednoho z nároků 1 až 5, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že při provozu prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli provozu TEM, vzniknou nezávisle na velikosti osvětleného pole vždy dva meziobrazy zdroje (1) částic, přičemž druhé meziobrazy (C1', C2', C3') leží podle velikosti osvětleného pole mezi ohniskovou rovinou na straně zdroje kondenzorové objektivové čočky (5) s jedním polem a rovinou preparátu (6).
- 10 7. Částicově optický osvětlovací a zobrazovací systém s kondenzorovou objektivovou čočkou (5) s jedním polem, s alespoň dvěma kondenzorovými čočkami (3, 4) upravenými mezi zdrojem (1) částic a touto kondenzorovou objektivovou čočkou (5) s jedním polem, a s vícečočkovým zobrazovacím systémem (7, 8), zařazeným za kondenzorovou objektivovou čočkou (5) s jedním polem, pro provádění způsobu podle jednoho z nároků 1 až 6, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že
- 15 obsahuje prostředky, které pro změnu osvětlené oblasti v provozu prozařujícího elektronového mikroskopu, neboli v provozu TEM, mění výhradně buzení kondenzorové čočky (3) sousedící se zdrojem (1) částic a buzení kondenzorové čočky (4) sousedící s kondenzorovou objektivovou čočkou (5) s jedním polem udržují konstantní.
- 20 8. Částicově optický osvětlovací a zobrazovací systém podle nároku 7, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že jsou upraveny právě dvě kondenzorové čočky (3, 4).
9. Částicově optický osvětlovací a zobrazovací systém podle jednoho z nároků 7 nebo 8, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že v ohniskové rovině na straně zdroje kondenzorové objektivové
- 25 čočky (5) s jedním polem je upravena předřazená clona (5a).
10. Částicově optický osvětlovací a zobrazovací systém podle nároku 9, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že předřazená clona (5a) je vyměnitelná.
- 30 11. Částicově optický osvětlovací a zobrazovací systém podle jednoho z nároků 7 až 10, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že v oblasti hlavní roviny kondenzorové čočky (4) sousedící s kondenzorovou objektivovou čočkou (5) s jedním polem je upravena aperturní clona (4a).

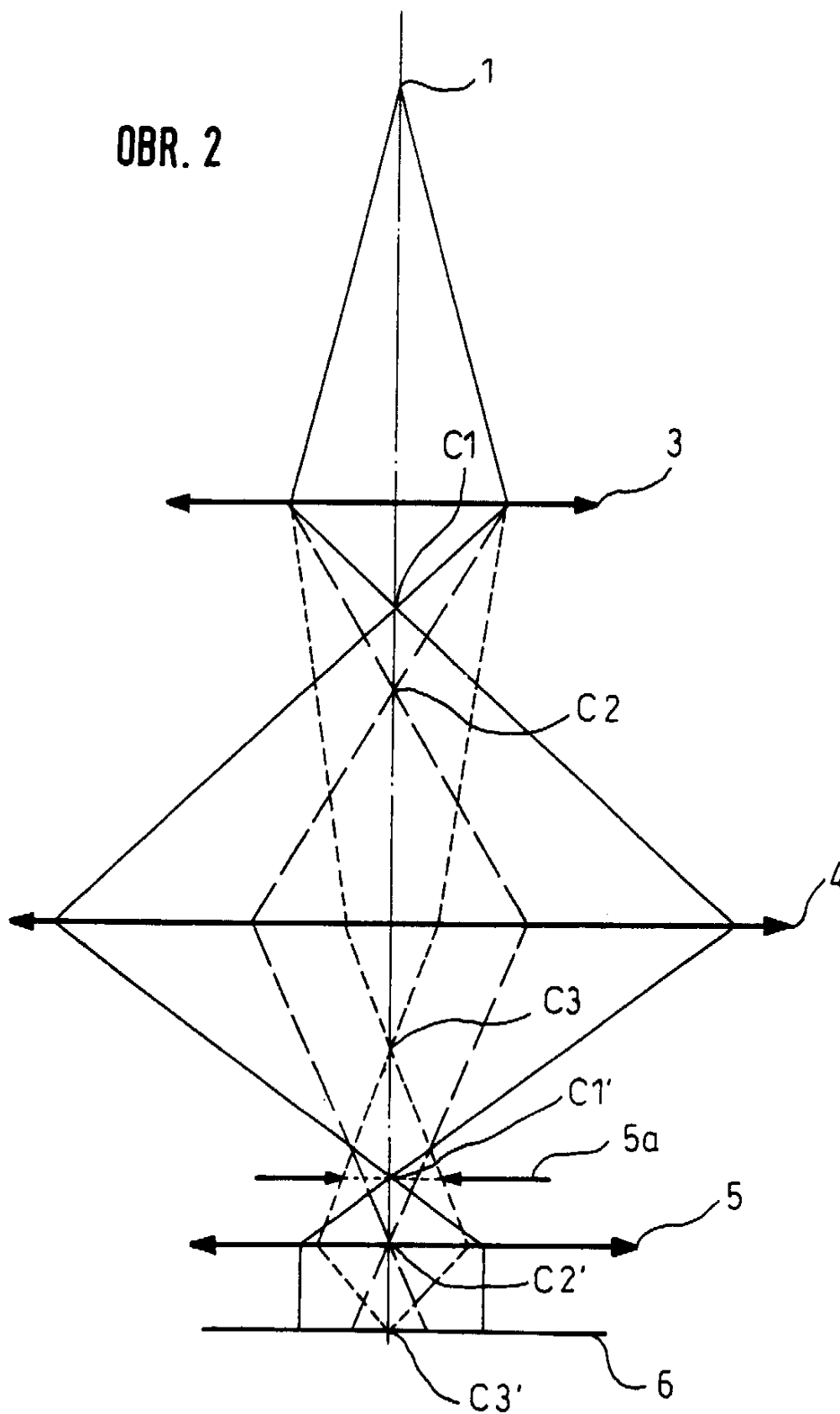
35

3 výkresy

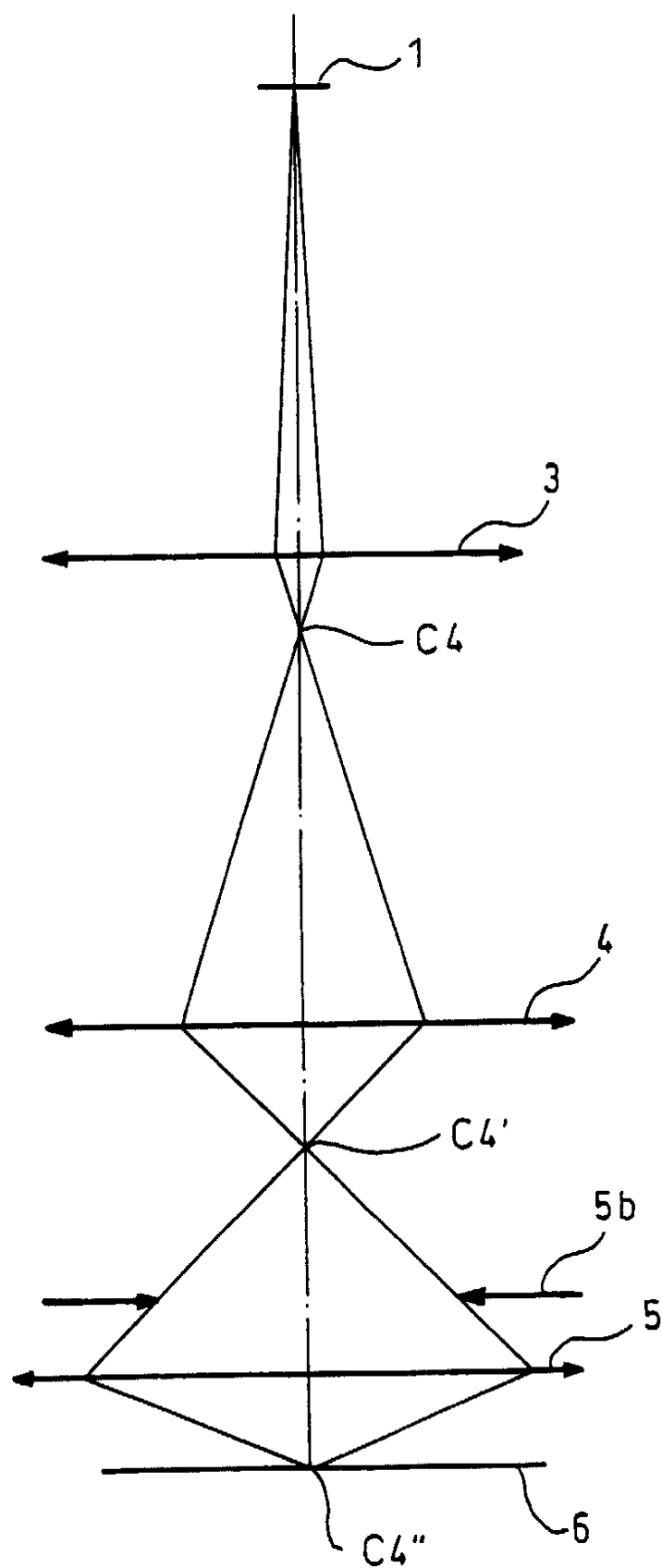
OBR. 1



OBR. 2



OBR. 3



Konec dokumentu