

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

300 991

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:
H01J 37/28 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



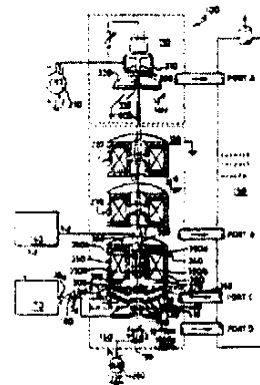
ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2003-3170**
(22) Přihlášeno: **19.04.2002**
(30) Právo přednosti: **20.04.2001 GB 2001/0109704**
(40) Zveřejněno: **14.04.2004**
(**Věstník č. 4/2004**)
(47) Uděleno: **26.08.2009**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **07.10.2009**
(**Věstník č. 40/2009**)
(86) PCT číslo: **PCT/GB2002/001901**
(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 2002/086942**

(56) Relevantní dokumenty:
US 5828064; US 5250808.

- (73) Majitel patentu:
Carl Zeiss SMT Limited, Cambridge, GB
- (72) Původce:
Dean Michael Frank, Waterbeach, GB
Martin Giles Adam Edward, Newmarket, GB
- (74) Zástupce:
KOREJZOVÁ & SPOL., v.o.s., JUDr. Zdeňka
Korejzová, advokátka, Korunní 104/E, Praha 10, 10100
- (54) Název vynálezu:
Přestavitelný řádkovací elektronový mikroskop

- (57) Anotace:
Přestavitelný řádkovací elektronový mikroskop (100) zahrnující elektronový optický sloupec (120), komoru (140) pro vzorky, a detektor (550), přičemž uvedený elektronový optický sloupec zahrnuje sestavu (110) elektronové trysky, elektronový optický systém de-finující optickou osu a zahrnující systém čoček (220, 230, 240), který tvoří elektronový paprsek (600) z elektronů vyzářovaných uvedenou sestavou elektronové trysky, a vychylovač (390a, 390b), který řádkuje uvedený elektronový paprsek (600) přes vzorek, přičemž uvedený systém čoček zahrnuje čočku (240) objektivu zahrnující pólový nástavec na straně trysky a pólový nástavec (360) na straně vzorku, nosný prvek (700), který je uspořádán ve vrtání v uvedeném pólovém nástavci (360) na straně vzorku. Čočka (240) objektivu dále zahrnuje první aperturový nosný prvek (500) a druhý aperturový nosný prvek (520), přičemž uvedené první a druhý aperturový nosný prvek (500, 520) jsou vyjimatelně uspořádány v nebo na uvedeném nosném prvku (700), takže uvedený elektronový optický systém může být provozován s žádným, s jedním nebo se dvěma aperturovými nosnými prvky (500, 520) uspořádanými v nebo na uvedeném nosném prvku (700), přičemž uvedený první aperturový nosný prvek (500) je při použití uspořádán v nebo na uvedeném nosném prvku (700) tak, že jeho apertura (750) je umístěna na optické ose a mezi elektronovou tryskou a uvedeným pólovým nástavcem (360) na straně vzorku.



CZ 300991 B6

Přestavitelný řádkovací elektronový mikroskop

Oblast techniky

5

Vynález se týká přestavitelného řádkového elektronového mikroskopu zahrnujícího elektronový optický sloupec, komoru pro vzorky, a detektor, který je citlivý na vyzařování od vzorku v odezvě na jeho řádkované ozařování elektronovým paprskem, přičemž uvedený elektronový optický sloupec zahrnuje sestavu elektronové trysky, elektronový optický systém definující optickou osu a zahrnující systém čoček, který tvoří elektronový paprsek z elektronů vyzařovaných uvedenou sestavou elektronové trysky, a vychylovač, který řádkuje uvedený elektronový paprsek přes vzorek, přičemž uvedený systém čoček zahrnuje čočku objektivu zahrnující pólový nástavec na straně trysky a pólový nástavec na straně vzorku, nosný prvek, který je uspořádán ve vrtání v uvedeném pólovém nástavci na straně vzorku.

15

Dosavadní stav techniky

Předkládaný vynález se tedy týká řádkovacích elektronových mikroskopů (SEM) a zejména, ale ne výhradně, řádkovacích elektronových mikroskopů schopných činnosti jako řádkovací elektronové mikroskopy pracující za podmínek okolního prostředí (ESEM) a také jako běžné vysokovakuové SEM pracující za podmínek vysokého vakua.

20

ESEM se odlišují od vysokovakuových SEM tím, že jsou schopné pozorovat vzorky udržované při tlacích větších než řádově 100 Pa.

25

US patent 5 250 808 je známo upravit běžný řádkovací elektronový mikroskop (SEM) pro snímání vzorků udržovaných při zvýšeném tlaku, například při atmosférickém tlaku o velikosti v podstatě 1000 mBar, 760 Torr, 101,3 kPa. Takový upravený SEM zahrnuje elektronovou trysku pro vytváření elektronového paprsku, jednu nebo více elektromagnetických čoček s přidruženými vychylovači elektronového paprsku pro zmenšení (odstranění zvětšení či rozšíření) a řádkování elektronového paprsku, vzorkovou komoru pro uložení vzorku určeného k pozorování řádkováním zmenšeným (zúženým) elektronovým paprskem přes něj, vakuový čerpací systém pro vyprázdnění zařízení pro vytvoření vakua uvnitř zařízení, jednu nebo více elektronových snímacích sestav pro detekci sekundárních a zpětně rozptýlených (odražených) elektronů vyzařovaných ze vzorku v odezvě na jeho bombardování či ostřelování řádkovaným zmenšeným (zúženým) elektronovým paprskem, a elektronický řídicí systém pro řízení SEM, přičemž řídicí systém zahrnuje jeden nebo více obrazových displejů. Upravený SEM navíc zahrnuje v elektromagnetické čočce nejbližší u komory, jmenovitě čočce objektivu, skupinu diferenciálně čerpaných membrán (clon). Každá membrána v sobě obsahuje otvor (aperturu), skrz který může procházet elektronový paprsek. Membrány jsou zkonstruovány pro nainstalování trvale do upraveného SEM. Membrány definují alespoň dva vnitřní průchody, které jsou propojeny s vakuovými čerpacími porty SEM. Především ale upravený SEM není zkonstruován tak, aby fungoval s odstraněnou jeho skupinou diferenciálně čerpaných membrán.

30

35

40

45

Začlenění membrán a udržování vzorku při zvýšeném tlaku zavádí problémy do činnosti upraveného SEM.

50

Takové problémy jsou způsobené například rozptylem elektronů ve vysokotlakých oblastech obklopujících vzorek, což má za následek rozmazání elektronové sondy. Navíc začlenění diferenciálně čerpaných membrán způsobuje omezení pracovních vzdáleností delší čočky objektivu a tudíž zvýšenou sférickou aberaci (kulovou vadu) elektronové sondy. Navíc v extrémních případech mohou být diferenciálně čerpané membrány omezujícím faktorem polohu elektronového paprsku, což může způsobit, že bude problematické optické seřízení mikroskopu a že omezí dostupný proud elektronové sondy.

55

Podstata vynálezu

Podle vynálezu je navržen představitelný řádkovací elektronový mikroskop v úvodu uvedeného typu, jehož podstata spočívá v tom, že čočka objektivu dále zahrnuje první aperturový nosný prvek a druhý aperturový nosný prvek, přičemž uvedené první a druhý aperturový nosný prvek jsou vyjímately uspořádány v nebo na uvedeném nosném prvku, takže uvedený elektronový optický systém může být provozován s žádným, s jedním nebo se dvěma aperturovými nosnými prvky uspořádanými v nebo na uvedeném nosném prvku, přičemž uvedený první aperturový nosný prvek je při použití uspořádán na optické ose a mezi elektronovou tryskou a uvedeným pólovým nástavcem na straně vzorku.

Mikroskop podle vynálezu výhodně obsahuje mezilehlou tlakovou dutinu mezi elektronovým optickým sloupcem a komorou, přičemž tato komora je v plynovém propojení přes nosný prvek s elektronovým optickým sloupcem.

Výhodně čočka objektivu obsahuje spodní destičku pro definování mezilehlé dutiny mezi spodním pólovým nástavcem čočky objektivu a spodní destičkou.

Výhodně první apertura slouží pro v podstatě plynovou izolaci elektronového optického sloupce od mezilehlé tlakové dutiny, přičemž druhý aperturový nosný prvek obsahuje druhou aperturu, sloužící pro v podstatě plynovou izolaci komory od mezilehlé tlakové dutiny.

Mikroskop podle vynálezu výhodně obsahuje vakuové čerpadlo pro diferenciální vyčerpání elektronového optického sloupce, mezilehlé tlakové dutiny a komory.

Výhodně jsou nosný prvek a aperturové nosné prvky vyrobeny ze v podstatě neferromagnetických materiálů.

Výhodně je nosný prvek vyroben z materiálu nepodobajícím se materiálu aperturových nosných prvků.

Výhodně jsou materiály nosného prvku a aperturových prvků dostatečně odlišné od vyloučení, při použití, vakuového svaření jednoho nebo více aperturových prvků s nosným prvkem.

Výhodně je nosný prvek vyroben ze slitiny berylliové mědi a aperturové nosné prvky jsou vyrobeny ze slitiny fosforového bronzu.

Výhodně jsou aperturové nosné prvky vyjímately uchyceny v nosném prvku prostřednictvím spolupracujících šroubových závitů.

Výhodně aperturové nosné prvky mají povrchy tvaru komolého kužele pro vyrovnání s odpovídajícími spolupracujícími povrchy tvaru komolého kužele nosného prvku, čímž se zajišťují přesné prostorové vyrovnání aperturových prvků k čočce objektivu.

Výhodně povrch tvaru komolého kužele prvního aperturového prvku leží pod úhlem v rozsahu od 10° do 15° vzhledem k centrální podélné ose tohoto prvního prvku.

Výhodně povrch tvaru komolého kužele prvního aperturového prvku leží pod úhlem v podstatě 12° vzhledem k centrální podélné ose tohoto prvního aperturového nosného prvku.

Výhodně povrch tvaru komolého kužele druhého aperturového nosného prvku leží pod úhlem v rozsahu od 15° do 30° vzhledem k centrální podélné ose tohoto druhého aperturového nosného prvku.

- Výhodně povrch tvaru komolého kužele druhého aperturového nosného prvku leží pod úhlem v podstatě 20° vzhledem k centrální podélné ose tohoto druhého prvku.
- 5 Výhodně první aperturový nosný prvek obsahuje první aperturu pro přenos elektronového paprsku, který má průměr v rozsahu od 100 μm do 400 μm .
- Výhodně má první apertura průměr v podstatě 200 μm .
- Výhodně má první apertura hloubku v rozsahu od 0,5 mm do 1,5 mm.
- 10 Výhodně druhý aperturový nosný prvek obsahuje druhou aperturu pro přenos elektronového paprsku, která má průměr v rozsahu od 200 μm do 800 μm .
- Výhodně má druhá apertura průměr v podstatě 500 μm .
- 15 Výhodně je clona, obsahující druhou aperturu, uchycena v poloze v druhém aperturovém prvku prostřednictvím rozpěrného pojistného kroužku.
- Výhodně je druhá apertura vytvořena v cloně, která je výhodně vyrobena z alespoň jednoho z prvků platiny a molybdenu.
- 20 Výhodně druhý aperturový nosný prvek obsahuje množství radiálních otvorů pro plynové propojení vnitřních oblastí tohoto druhého prvku s mezilehlou tlakovou dutinou.
- Výhodně je množství otvorů úhlově rovnoměrně rozmístěno.
- 25 Výhodně množství otvorů zahrnuje osm otvorů.
- Výhodně každý z množství otvorů má průměr v rozsahu od 0,8 mm do 1,1 mm.
- 30 Výhodně každý z množství otvorů má průměr v podstatě 1 mm.
- Výhodně je nosný prvek uchycen v čočce objektivu prostřednictvím uložení za studena.
- 35 Výhodně první aperturový nosný prvek obsahuje drážku pro záběr s nástrojem při instalování nebo vyjímání prvního prvku do respektive z nosného prvku.
- Výhodně druhý aperturový nosný prvek zahrnuje množství plošek na svém vnějším povrchu pro záběr s nástrojem při instalování nebo vyjímání druhého prvku do respektive z nosného prvku.
- 40 Výhodně má detektor podobu prstencového detektoru upevněného ke spodní destičce a majícího detekční povrch orientovaný směrem ke vzorku.
- Výhodně je spodní destička vyrobena z alespoň jednoho z hliníku a duralu.
- 45 Výhodně detektor zahrnuje alespoň jeden prostředek z fotodiody citlivé na elektrony, mikrokanálové destičky, kombinace scintilátoru a fotonásobiče, a elektricky izolované vodivé destičky.
- Výhodně elektronový optický sloupec zahrnuje jeden nebo více z termionického elektronového emitoru s wolframovým drátkem, termionického elektronového emitoru s hexaboridem lanthanitým, a emitoru s tepelným polem, pro generování elektronového paprsku pro použití při vytváření paprsku.
- 50 Výhodně nosný prvek zahrnuje první povrch tvaru komolého kužele, vyrovnaný s optickou osou a druhý povrch tvaru komolého kužele, vyrovnaný s optickou osou, přičemž první aperturový
- 55

5 nosný prvek má povrch tvaru komolého kužele, spolupracující s prvním povrchem tvaru komolého kužele nosného prvku, a druhý aperturový nosný prvek má povrch tvaru komolého kužele, spolupracující s druhým povrchem tvaru komolého kužele nosného prvku, přičemž první a druhý povrch tvaru komolého kužele nosného prvku definují otvor podél optické osy a tento otvor se rozšiřuje ve směru od elektronové trysky ke vzorku.

Výhodně je nosný prvek trvale upevněn k čočce objektivu.

10 Výhodně první aperturový nosný prvek obsahuje nekruhově symetrický spodní útvar pro umožnění komplementárnímu nástroji záběr s tímto prvkem pro umožnění tomuto prvku našroubování do nebo vyšroubování z nosného prvku.

15 Výhodně v prvním uspořádání nosný prvek nepřijímá žádný aperturový nosný prvek, v druhém uspořádání nosný prvek přijímá pouze první aperturový nosný prvek, a nosný prvek přijímá jak první tak i druhý aperturový nosný prvek ve třetím uspořádání mikroskopu.

Níže budou podrobněji popsána příkladná provedení vynálezu, pouze prostřednictvím příkladu a ve spojení s odkazy na připojené výkresy.

20

Přehled obrázků na výkresech

- 25 Obr. 1 znázorňuje schematický náčrtek přestavitelného SEM podle předkládaného vynálezu, přičemž tento přestavitelný SEM obsahuje čočku objektivu zahrnující vyjímatelné aperturové prvky;
- obr. 2 znázorňuje zvětšený pohled v příčném řezu ne vyjímatelné prvky čočky objektivu, ilustrované na obr. 1;
- Obr. 3 znázorňuje perspektivní pohled v částečném řezu na vyjímatelné prvky ilustrované na obr. 2;
- 30 Obr. 4 znázorňuje perspektivní pohled v částečném řezu na spodní magnetický pólový nástavec čočky objektivu s instalovanými vyjímatelnými prvky;
- Obr. 5 znázorňuje pohled v příčném řezu na horní aperturový prvek čočky objektivu;
- Obr. 6 znázorňuje pohled v příčném řezu na spodní aperturový prvek čočky objektivu; a
- 35 Obr. 7 znázorňuje pohled v příčném řezu na nosný prvek pro uchycení horního a spodního prvku uvnitř čočky objektivu.

Příklady provedení vynálezu

40 Běžné SEM jsou omezeny tím problémem, že jejich vzorky musí být udržovány při vysokém vakuu o hodnotě tlaku řádově 10^{-6} Torr nebo menší. Pokud jsou použity vyšší pracovní tlaky, například o hodnotě 10^{-4} Torr, může dojít k elektrickému průrazu v jejich elektronových tryskách a rozptyl elektronového paprsku působením vzduchových molekul podél jejich elektronových optických sloupců má za následek značné rozšíření sond vytvářených na jejich vzorcích. Navíc

45 snížena provozní životnost elektronových emitorek, používaných v jejich tryskách, narůstá, jak stopový kyslík v jejich sloupcích reaguje s emitory.

Navíc vzorky v běžných SEM vyžadují speciální přípravu před pozorováním. Vlhkost musí být odstraněna ze vzorků a musí být na ně nanesen tenký potah vodivého materiálu, například 50 100 angströmů silná vrstva naprašovaného hliníku, pro zabránění nabití vzorku, když je vystaven elektronovému ozařování. Pro určité hydratované vzorky, například vzorky biologických kání, může takováto příprava zakrýt znaky, které mají být pozorovány, a může zabránit v pozorování probíhajících biologických procesů v takovýchto běžných SEM.

Proto byly v nedávné době vyvinuty řádkovací elektronové mikroskopy (ESEM) pracující za
podmínek okolního prostředí, jak je například popsáno v US patentu 5 250 808 začleněném tímto
do tohoto popisu prostřednictvím odkazu, které umožňují, aby vzorky byly udržovány při zvýše-
ném tlaku, například při atmosférickém tlaku, zatímco elektronové optické sloupce těchto ESEM
5 jsou provozovány při vysokém vakuu, například při tlacích řádově 10^{-5} až 10^{-6} Torr. ESEM se
odlišuje od běžných SEM tím že obsahují skupinu diferenciálně čerpaných membrán či clon
zajišťujících přidružené apertury v oblasti jejich čoček objektivu, přičemž tyto apertury zajišťují
pouze plynové spojení mezi komorami a sloupci těchto ESEM. V každém takovém ESEM pro-
chází ESEM elektronový paprskem od ESEM sloupce skrz apertury clon do ESEM komory.

Předkladatelé vynálezu shledali, že ačkoliv ESEM poskytují výhodu v tom, že jejich vzorky
mohou být udržovány v průběhu pozorování při zvýšeném tlaku, mají tyto ESEM určité nevýho-
dy ve srovnání s běžnými SEM. Například začlenění výše zmiňované skupiny diferenciálně čer-
paných clon má za následek, že v čočkách objektivu ESEM se vytvoří snížený stupeň zmenšený
v důsledku delších pracovních vzdáleností, což má dále za následek větší průměr sond. Navíc
kulová aberace čočky objektivu se zvětšuje s tím, jak se zvětšuje pracovní vzdálenost čočky
objektivu, což má za následek další rozmazání (zvětšení či rozšíření) sondy. Předkladatelé vyná-
lezu dále nahlédli, že je výhodné zkonstruovat SEM tak, aby byl přestavitelný pro fungování jak
20 jako vysokovakuový SEM tak i jako ESEM. Navíc předkladatelé vynálezu rovněž dále nahlédli,
že je vysoce žádoucí, aby bylo možné postupně přepínat mezi pracovními režimy jako SEM a
ESEM.

Na obr. 1 je obecně ilustrován přestavitelný řádkovací elektronový mikroskop 100 (RSEM) podle
25 předkládaného vynálezu. Tento RSEM 100 zahrnuje sestavu 110 elektronové trysky, elektronový
optický sloupec 120, diferenciální čerpací oblast 130 ohraničenou jednou nebo více vyjimatel-
nými clonami, z nichž každá zajišťuje přidruženou aperturu, komoru 140 pro vzorky a vakuový
čerpací systém 150. RSEM 100 dále zahrnuje snímací jednotku 140 a obrazový displej 170
s přidruženým signálovým zesilovačem 180. Komora 140 obsahuje vzorek 190 namontovaný na
30 elektronicky izolovaný podložce (není znázorněna). RSEM 100 dále zahrnuje generátor 200
předpětí pro přiložení předpětíového potenciálu (napětí) na vzorek 190 a napětíový zdroj 210
extra vysokého napětí (EHT) pro přiložení předpětíového potenciálu na sestavu 110 elektronové
trysky.

35 Sloupec 120 zahrnuje horní elektromagnetickou zmenšovací čočku 220, spodní elektromagnetic-
kou zmenšovací čočku 230 a nakonec elektromagnetickou čočku 240 objektivu, vzdálenou od
sestavy 110 trysky a blízkou komoře 140. Zmenšovací čočky 220, 230 mají běžnou konstrukci,
přičemž každá čočka zahrnuje cívkové vinutí elektromagnetu a magnetický obvod z měkké oceli
nebo měkkého železa. Ve v podstatě centrální oblasti každé z čoček 220, 230 je v magnetickém
40 obvodu vytvořena mezera, přes kterou může být prostřednictvím procházejícího proudu skrz
cívkové vinutí vytvářeno magnetické pole zaměřující elektronový paprsek.

Nyní bude popsáno vzájemné propojení částí uvnitř RSEM 100.

45 Sestava 110 trysky, sloupec 120, diferenciální oblast 130 a komora 140 jsou smontovány
v sekvenci dohromady jako vertikálně orientovaný stoh, jak je znázorněno, mající sestavu 110
trysky a vršku stohu a komoru 140 u spodku stohu. Sestava 110 trysky a sloupec 120 jsou spřa-
ženy pro účely vyčerpání a jsou spojeny prostřednictvím portů A respektive B s čerpacím systé-
mem 150. Sestava 110 trysky a sloupec 120 jsou spřaženy pro účely vyčerpání a jsou spojeny
50 prostřednictvím portů A respektive B s čerpacím systémem 150. Sestava 110 trysky je elektricky
spojena ve svojí katodě se zápornou vývodovou svorkou T₁ EHT zdroje 210. Kladná vývodová
svorka T₂ zdroje 210 je spojena se zemním potenciálem tohoto RSEM 100. EHT zdroj 220 je
zkonstruován pro zajištění dodání výstupního napětí (potenciálu), které může být měněno
v rozsahu od 500 volt do 30 kV.

55

Sestava 110 trysky výhodně využívá elektronový emitör 300 s wolframovým drátkem. Sestava 110 ale alternativně samozřejmě může využívat odporově zahříváný nebo elektronovým bombardováním zahříváný elektronový emitör s krystaly hexaboridu lanthanitého (LaB_6) namísto emitöru 300 s wolframovým drátkem. Sestava 110 rovněž obsahuje Wehneltovu elektrodu 310 pro použití při řízení elektronového vyzařování ze sestavy 110. Navíc sestava 110 dále zahrnuje anodovou elektrodu 320 na v podstatě zemním potenciálu, přičemž tato anodová elektroda 320 obsahuje centrální otvor 330, skrz který se elektronový paprsek 600, vyzařovaný z emitöru 300, šíří ke sloupci 120. Při činnosti je elektrodový paprsek 600 zaměřen anodovou a Wehneltovou elektrodou 320 respektive 310 na přechod C_0 v malé vzdálenosti pod emitörem 300, přičemž tato malá vzdálenost je řádově 3 až 20 mm.

Vakuový port A je spojen přímo se sestavou 110 trysky pro zajištění, že zde během činnosti bude vytvořeno vysoké vakuum o hodnotě řádově 10^{-6} Torr nebo lepší. Takové vysoké vakuum je žádoucí pro vyloučení nebezpečí elektrického průrazu mezi výše zmiňovanými Wehneltovou a anodovou elektrodou 310 respektive 320 a rovněž pro zajištění rozšířeného rozpětí pracovní životnosti emitöru 300.

Čočka 240 objektivu zahrnuje cívkové vinutí 350 magnetu a magnetický obvod v podobě pólového nástavce 360, ovládatelné pro generování magnetického pole zaměřujícího elektronový paprsek v oblasti 370 mezery čočky 240. V centrálním vrtání čočky 240 je namontována krycí trubice 380 obklopená dvěma sadami před-čočkových vychylovačů 390a, 390b, které mohou vychylovat paprsek podél os x a y přes vzorek 190, jak je ilustrováno na obr. 1. Vychylovače 390a, 390b, jsou spojeny se snímací jednotkou 160, přičemž tato snímací jednotka 160 je rovněž spojena s displejem 170.

Čočka 240 dále zahrnuje spodní destičku 400 z nezelezného materiálu, například z duralu nebo hliníku, která je integrální součástí čočky 240 objektivu. Spodní destička 400 je upevněna ke spodní části pólového nástavce 360, jak je ilustrováno na obr. 5. Spodní destička 400 a spodní část pólového nástavce 360 definují mezilehlou tlakovou dutinu 410, která je sprážená s portem C vakuového čerpacího systému 150 pro účely vyčerpání.

Sloupec 120 je plynově sprážen s dutinou 410 výhradně přes první aperturu v horním prvním aperturovém nosném prvku 500. Jak bude vysvětleno později, horní první aperturový nosný prvek 500 může být vyjmut operátorem pro určité režimy činnosti RSEM 100.

Podobně je dutina 410 plynově sprážená s komorou 140 výhradně přes druhou aperturu ve spodním druhém aperturovém nosném prvku 520. Tento spodní druhý aperturový nosný prvek 520 může být rovněž operátorem vyjmut pro určité režimy činnosti RSEM 100.

Elektronový detektor 550 je namontován pod spodní destičkou 400. Signálový výstup z detektoru 550 je spojen se vstupem zesilovače 280, jehož výstup je sprážen se vstupem displeje 170, modulujícím jas. Vzorek 190 je elektricky spojen se zápornou vývodovou svorkou P_1 generátoru 200 předpětí a odpovídající kladná vývodová svorka P_2 generátoru 200 předpětí je spojena s portem D vakuového čerpacího systému 150 pro alespoň částečné vyčerpání komory 140. Generátor 200 předpětí může být provozován pro vytváření elektrického pole mezi vzorkem 190 a detektorem 550 pro urychlování elektronů uvolňovaných ze vzorku 190 během snímaného ozařování elektronovou sondou směrem k detektoru 550.

Nyní bude podrobněji popsána činnost RSEM 100, když tento RSEM 100 obsahuje horní respektive spodní aperturový nosný prvek 500, 520.

Operátor tohoto RSEM 100 odvětrá komoru 140 na atmosférický tlak, otevře vstupní dvířka komory 140 a vloží vzorek 190 na izolovanou nastavitelnou podložku v RSEM 100, operátor přitom zajistí, že vzorek 190 je elektricky spojen se svorkou P_1 generátoru 200 předpětí. Operátor potom uzavře vstupní dvířka a nastaví čerpací systém 150, aby vyčerpá komoru 140 na tlak o

hodnotě v podstatě 4000 Pa nebo menší. Čerpací systém 150 rovněž vyčerpává dutinu 410 na tlak v rozsahu od 1 do 400 Pa, vnitřní oblast sloupce 120 na tlak řádově 10^{-5} až 10^{-6} Torr, a vnitřní oblast sestavy 110 trysky na tlak v rozsahu od 10^{-6} až 10^{-7} Torr.

5 Operátor potom zapojí EHT zdroj 210, aby přiváděl EHT potenciál na emitor 300. Dále operátor aplikuje ohřev na emitor 300 pro emitování termionických elektronů z emitoru, které jsou zaměřovány elektrostatickým polem vytvářeným mezi Wehneltovou elektrodou 310 a anodovou elektrodou 320 pro vytvoření elektronového paprsku 600 zaměřeného na přechod C_0 . Operátor potom napájí horní čočkou 220 s magnetizačním proudem pro vytvoření magnetického pole pro
10 zaostření elektronového paprsku 600 šířícího skrz tuto čočku a pro vytvoření prvního zmenšeného přechodového obrazu C_1 . Podobně operátor napájí spodní čočku 230 s magnetizačním proudem pro vytvoření magnetického pole pro zaostření elektronového paprsku 600 šířícího se skrz tuto čočku a pro vytvoření druhého zmenšeného přechodového obrazu C_2 . Operátor rovněž napájí čočku 240 objektivu s magnetizačním proudem pro vytvoření zaostřovacího magnetického pole
15 v oblasti 370 mezery. Elektronový paprsek 600 se šíří od druhého obrazu C_2 skrz krycí trubici 380 kolem první sady vychylovačů 390a, které vychylují paprsek 600, a potom dále dolů skrz krycí trubici 380 k druhé sadě vychylovačů 390b, které dále vychylují paprsek 600. První a druhé vychylovače 390a a 390b jsou tedy v kombinaci schopné vychylovat a říčně přemísťovat paprsek 600, jak tento paprsek 600 prochází skrz centrální oblast trubce 380. Paprsek 600 se potom šíří za
20 spodní konec trubice 380 skrz oblast zaostřovacího magnetického pole čočky 240 a potom do apertury horního aperturového nosného prvku 500, skrz kterou prochází. Paprsek 600 potom pokračuje v šíření k apertuře spodního aperturového nosného prvku 520 a prochází skrz ní, aby vstupoval do komory 140 a nakonec vytvořil jemně zaostřenou elektronovou sondu na vzorku 190. Tato sonda vyvolává vytváření rozptýlených a sekundárních elektronů na vzorku 190, které
25 jsou odpuzovány přepětovým potenciálem (napětím) vytvářeným generátorem 200 předpětí, aby dopadaly na detektor 550 a dávaly tak vzniknout signálu S_d . Signál S_d prochází k zesilovači 180, ve kterém je zesílen pro vytvoření odpovídajícího zesíleného signálu AS_d . Tento zesílený signál AS_d je spřažen se vstupem modulujícím jas displeje 170. Jak je displej 170 synchronizován pro účely snímání se snímací jednotkou 160, která dále ovládá vychylovače 390a, 390b, vytváří se
30 zvětšený obraz vzorku 190 na displeji 170, který může operátor pozorovat.

Pro dosažení vhodné flexibility a pro umožnění RSEM 100, aby poskytoval nejlepší charakteristiky jak vysokovakuového SEM tak i ESEM, předkladatelé vynálezu shledali, že je značně
35 výhodné vytvořit horní a spodní aperturové nosné prvky 500, 520 jako selektivně vyjímatelné. V prvním režimu činnosti jsou tedy jak horní tak i spodní aperturový nosný prvek 500, 520 instalovány, což umožňuje komoře 140, aby byla provozována při tlacích o hodnotě až 4000 Pa, přičemž jak horní tak spodní aperturový nosný prvek 500, 520 fungují jako tlakové přechody uvnitř RSEM 100. V druhém režimu činnosti je instalován pouze horní aperturový nosný prvek 500, což umožňuje komoře 140, aby byla provozována při tlacích o hodnotě až 300 Pa; přičemž
40 horní aperturový nosný prvek 500 funguje jako tlakový přechod uvnitř RSEM 100. V třetím režimu činnosti jsou vyjmuty oba prvky, tedy jak horní tak i spodní aperturový nosný prvek 500, 520, což umožňuje RSEM 100, aby byl provozován jako běžný SEM, u kterého je komora 140 provozována při jmenovitém tlaku vysokého vakua o hodnotě řádově 10^{-6} Torr. Je možný rovněž čtvrtý režim činnosti, ve kterém je instalován pouze spodní aperturový prvek 520, ačkoliv před-
45 kladatelé vynálezu nepředpokládají, že tento režim by mohl být využíván často.

Když je vyjmutý spodní aperturový prvek 520, čočka 240 objektivu je schopná provozu s kratší pracovní vzdáleností, což má za následek zmenšenou kulovou varu (sférickou aberaci) čočky objektivu a tudíž menší sondu pro snímání vzorku 190. Taková kratší pracovní vzdálenost vyžaduje, aby čočka 240 objektivu byla napájena s větším magnetizačním proudem ve srovnání
50 s činností RSEM 100 s nainstalovanými oběma aperturovými nosnými prvky 500, 520.

Předkladatelé vynálezu zkonstruovali horní aperturový nosný prvek 500 pro zajištění apertury pro RSEM 100, která má výhodně průměr v podstatě 200 μm , ačkoliv mohou být výhodně pou-
55 žity také apertury mající průměr v rozsahu od 100 do 400 μm . Podobně předkladatelé vynálezu

zkonstruovali spodní aperturový nosný prvek 520 pro zajištění apertury pro RSEM 100, která má výhodně průměr v podstatě 500 μm , ačkoliv mohou být výhodně použity také apertury mající průměr v rozsahu od 200 do 800 μm .

5 Je jasné patrné, že prostřednictvím modifikování průměrů apertur v horním respektive spodním nosném prvku 500, 520, může být modifikován tlak, při kterém může být provozována komora 140. Navíc předkladatelé vynálezu zkonstruovali proudové regulátory čoček (nejsou znázorněny), poskytující magnetizační proudy do čoček 220, 230, 240, který je proměnlivý ovládním operátora, takže čočka 240 objektivu může být provozována s kratší pracovní vzdáleností, když
10 spodní aperturový nosný prvek 520 není nainstalován, což umožňuje čočku 240 objektivu, aby vytvořila elektronovou sondu mající zmenšenou kulovou vadu, přičemž apertura v horním aperturovém nosném prvku 500 zajišťuje pro sloupec 120 omezení omezující poloúhel elektronového paprsku.

15 Dále je rovněž zcela jasné patrné, že vzorek 190 může být namontován, pokud je to žádoucí, na kryogenně chlazený povrch, když je pozorován, což snižuje tlak pak jakýchkoliv tekutých komponentů vzorku 190. V této souvislosti termoelektrický prvek, pracující podle Seebeckova (termoelektrického) jevu, je výhodně namontován v komoře 140 pro nesení a chlazení vzorku 190.

20 Krycí trubice 380 je výhodně vyrobena z dielektrického materiálu, například z vlákniny zpevněného pryskyřicového polymeru, a potažena na svém vnitřním povrchu tenkou vodivou fólií nebo naprášenou kovovou vrstvou pro snížení indukce vířivých proudů, když jsou vychylovače 390a, 390b buzeny vysokofrekvenčními snímacími signály, například snímacími signály majícími harmonické složky až do několika stovek kHz.

25 Detektor 550 může být jedním nebo více z následujících prvků: mikrokanálková destička, jednoduchá na koncích izolovaná vodivá destička, mělká planární diodová struktura nebo scintilační struktura vlákniny opticky spřažena s fotonásobičkou.

30 Z předcházejícího popisu by mělo být zcela zřejmé, že horní a spodní aperturový nosný prvek 500, 520 jsou významnými znaky RSEM 100. Tyto prvky 500, 520 budou nyní poněkud podrobněji vysvětleny ve spojení s odkazy na obr. 2.

35 Na obr. 2 je část čočky 240 objektivu ilustrována ve větším detailu v pohledu v bokorysu v příčném řezu. Na obrázku je znázorněn horní první aperturový nosný prvek 500, spodní druhý aperturový nosný prvek 520, pólový nástavec 360, spodní destička 400 a nosný prvek 700. Aperturové nosné prvky 500, 520 a nosný prvek 700 mají obecně válcový tvar.

40 Pólový nástavec 360 zahrnuje centrální vrtání, která má honované a lapované vnitřní povrchy, ve kterých toto vrtání přichází do kontaktu s nosným prvkem 700. Vrtání je vytvořeno s vysokým stupněm kruhovosti, aby se omezil astigmatismus čočky 240 objektivu na co nejmenší míru. Nosný prvek 700 je držen prostřednictvím uložení za studena do vrtání. Jinými slovy je nosný prvek 700 vytvořen tak, aby měl vnější průměr zabírající s vrtáním, který je o několik mikrometrů větší než vnitřní průměr vrtání. Při montování nosného prvku 700 do vrtání je nosný prvek
45 700 nasunut ve zchlazeném a smrštěném stavu do vrtání, které je v zahřátém roztaženém stavu. Nosný prvek 700 a vrtání jsou potom ponechány, aby dosáhly vzájemně podobné teploty, přičemž je nosný prvek 700 pevně uchycen uvnitř vrtání. Nosný prvek 700 je tudíž zkonstruován tak, aby byl trvalou součástí čočky 240 objektivu, a aby tedy nebyl operátorem vyjímatelný z této čočky.

50 Nosný prvek 700 je výhodně vyroben ze slitiny berylliové mědi, zatímco horní a spodní aperturový prvek jsou výhodně vyrobeny ze slitiny fosforového bronzu. Předkladatelé vynálezu shledali, že mohou být použity i další materiály, například nemagnetické materiály mající poměrnou permeabilitu v podstatě stejnou jako nemagnetická nerezová ocel. Výhodně jsou aperturové

nosné prvky 500, 520 vyrobeny z materiálu, který je odlišný od nosného prvku 700 pro vyloučení nebezpečí, že se aperturové nosné prvky 500, 520 vakuově svaří s nosným prvkem 700.

5 Nosný prvek 700 zahrnuje prstencovou přírubu 710 pro zajištění, že je v přesném záběru s pólovým nástavcem 360, když je uložen za studena do čočky 240 během výroby. Do vnějšího povrchu nosného prvku 700 je vytvořeno prstencové vybrání 720 pro odhalení přesně vytvořené, vnitřní spodní hrany centrálního vrtání pólového nástavce 360.

10 Horní aperturový nosný prvek 500 je vyjímatelně uchycen uvnitř nosného prvku 700 prostřednictvím spolupracujících šroubových závitů 720 vytvořených na horním vnitřním povrchu nosného prvku 700 a na horním vnějším povrchu horního aperturového nosného prvku 500, jak je ilustrováno na obr. 3. Navíc nosný prvek 700 a horní aperturový nosný prvek 500 obsahují spolupracující povrchy 730 tvaru komolého kužele, umístěné níže pod závity 720, přičemž tyto povrchy 730 převážně zajišťují příčné vyrovnání horního aperturového nosného prvku 500 uvnitř nosného
15 prvku 700 a tudíž uvnitř vrtání čočky objektivu. V oblasti závitů 720 má horní prvek vnitřní vrtání 740 o průměru v podstatě 1,5 mm, a výhodně o průměru v rozsahu od 1,45 do 1,55 mm. V oblasti povrchů 730 o tvaru komolého kužele horní aperturový nosný prvek 500 obsahuje jemně vrtaný otvor vytvářející první aperturu 750 čočky 240 objektivu. Tento jemný otvor či
20 apertura 750 má výhodně průměr v podstatě 200 μ , výhodně v rozsahu od 150 do 250 μ m. Navíc má tato apertura 750 hloubku v podstatě 1 mm, výhodně v rozsahu od 1,5 mm do 0,5 mm. Apertura 750 může být vytvořena prostřednictvím jednoho nebo více z následujících postupů: elektrokrovní obrábění, iontového frézování, laserovou ablací, chemicky podporovaným foto-leptáním a mechanickým vrtáním s použitím jemného vrtacího bitu. Do spodního konce aperturového
25 nosného prvku 500, vzdáleného od závitu 720, je vytvořena drážka pro záběr s nástrojem, jako je šroubovák, dodávaným s RSEM 100 pro umožnění operátorovi, aby vyjmul horní aperturový nosný prvek 500 z nosného prvku 700 prostřednictvím komory 140 zajišťující přístup.

30 Apertura 750 je vytvořena relativně dlouhá pro zajištění značného odporu proti průtoku plynu přítomného v komoře 140 při provozování při tlacích dosahujících 4000 Pa, když je nainstalován spodní aperturový nosný prvek 520, a při tlacích dosahujících 300 Pa, když spodní aperturový nosný prvek 520 již byl vyjmut.

35 Spodní aperturový nosný prvek 520 obsahuje centrální vrtání 800 o průměru v podstatě 2,5 mm, výhodně o průměru v rozsahu od 2,2 mm do 2,7 mm. Spodní aperturový nosný prvek 520 rovněž obsahuje šroubový závit 810 na svém horním vnějším povrchu pro spolupráci s odpovídajícími závity vytvořenými na vnitřním přivráceném povrchu nosného prvku 700. Dále níže pod závity 810 spodní aperturový nosný prvek 520 zahrnuje povrch 820 tvaru komolého kužele pro spolupracující záběr s odpovídajícím povrchem vytvořeným na nosném prvkem 700. Tyto povrchy 820 slouží pro přesné definování příčné a vertikální polohy druhé apertury uvnitř čočky 240 objektivu. Ještě níže na spodním aperturovém nosném prvkem 520 je příčně do tohoto druhého aperturového nosného prvku 520 vytvořeno osm úhlově rovnoměrně rozmístěných otvorů, jako je například otvor 830 o průměru v podstatě 1 mm, výhodně o průměru v rozsahu od 0,8 mm do 1,1 mm. Tyto otvory 830 jsou uspořádány pro vyrovnání s dutinou 410, když je spodní aperturový nosný prvek 520 instalován do nosného prvku 700. Ještě níže na spodním aperturovém nosném prvkem
45 520 je vytvořeno vybrání pro uložení Vitonova O-kroužku 840, který je zkonstruován pro zajištění vakuového utěsnění mezi spodním aperturovým nosným prvkem 520 a spodní destičkou 400, což způsobuje, že plynové spojení z komory 140 do dutiny 410 je možné pouze přes druhou aperturu 850, když je spodní aperturový nosný prvek 520 nainstalován do nosného prvku 700. U
50 spodního konce spodního aperturového nosného prvku 700. U spodního konce spodního aperturového nosného prvku 520, vzdáleného od závitu 810, se vrtání 800 rozšiřuje pro vytvoření opěrné hrany pro platinovou nebo molybdenovou clonu 560, v které je vytvořena apertura 850, přičemž tato clona 860 je udržována v poloze prostřednictvím rozpěrného pojistného kroužku 870. Do vnějšího povrchu spodního aperturového nosného prvku 520 jsou vytvořeny dvě plošky pro záběr s nástrojem, jako je klíč, pro umožnění operátorovi vyjmout nebo nainstalovat spodní aperturový nosný prvek 520 z respektive do nosného prvku 700. Výhodně tento nástroj typu klíče

obsahuje rohatku pro zabránění operátorovi, aby utáhl spodní aperturový nosný prvek 520 nadměrně a tím potenciálně přetrhl aperturový nosný prvek 520 v blízkosti otvorů 830.

Na obr. 3 je znázorněn perspektivní pohled v příčném řezu na nosný prvek 700 a aperturové nosné prvky 500, 520 namontované do čočky 240 objektivu. Rovněž je znázorněn detektor 550 upevněný ke spodnímu povrchu spodní destičky 400. Na obr. 4 je znázorněn perspektivní pohled v příčném řezu na spodní pólový nástavec 360 magnetického obvodu nainstalovaného do komory 140 se spodní destičkou 400 namontovanou na pólový nástavec 360. Navíc nosný prvek 700 a jeho aperturové nosné prvky 500, 520 jsou znázorněny v nainstalované poloze. Z obr. 4 by mělo být zcela zřejmé, že nosný prvek 700 a aperturové nosné prvky 500, 520 jsou relativně malé ve srovnání s rozměry RSEM 100, ačkoliv jejich funkce je důležitá pro celkový výkon tohoto RSEM 100.

Na obr. 5 je znázorněn horní aperturový nosný prvek 500 v pohledu v příčném řezu. Tento prvek 500 zahrnuje drážku 900 pro záběr s nástrojem typu šroubovák, jak bylo zmiňováno výše. Povrch 730 ve tvaru komolého kužele je vytvořen s úhlem o velikosti v podstatě 12° vzhledem k centrální ose A–B symetrie, výhodně v rozsahu od 10° do 15° . Do aperturového nosného prvku 500 je rovněž vytvořeno vybrání 910, protože není proveditelné vytvořit závit 720 přesně až tam, kde začíná povrch ve tvaru komolého kužele. Mělo by být zcela zřejmé, že přesné souosé vyrovnání apertury 750 s povrchem ve tvaru komolého kužele je výhodné a může být dosaženo během výroby bez nutnosti uvolňovat horní aperturový nosný prvek 500 se záběru s upínacím sklíčidlem při současném vytváření těchto znaků, protože jak apertura 750 tak i povrch 730 jsou v podstatě na jednom konci aperturového nosného prvku 500. Jak je vysvětleno v předcházejícím popisu, horní aperturový nosný prvek 500 je výhodně vyroben ze slitiny fosforového bronzu, protože tento materiál se dobře obrábí, je mechanicky stabilní a pevný a je neferromagnetický. Navíc je relativně neporézní ve srovnání s hliníkem, přičemž porozita je určitým hlediskem při provozu RSEM 100 ve vysokovakuovém režimu s jeho komorou 140, sestavou 110 trysky a sloupcem 120 na tlaku o hodnotě v podstatě 10^{-7} Torr.

Dále na obr. 6 je v pohledu v příčném řezu znázorněn spodní aperturový nosný prvek 520. Aperturový nosný prvek 520 obsahuje vybrání 1000 pro uložení O–kroužku 840 a vybrání pro podržení clony 860 a jejího přidruženého rozpěrného pojistného kroužku 870. Vybrání 1010 odděluje závit 810 od povrchu 820 tvaru komolého kužele. Povrch 820 tvaru komolého kužele leží pod úhlem o velikosti v podstatě 20° vzhledem k ose C–D symetrie aperturového nosného prvku 520, výhodně pod úhlem v rozsahu od 15° do 30° . Jak bylo vysvětleno v předcházejícím popisu, spodní aperturový nosný prvek 520 je výhodně vyroben ze slitiny fosforového bronzu.

Nakonec na obr. 7 je v pohledu v příčném řezu znázorněn nosný prvek 700. Mělo by být zcela zřejmé, že všechny kritické povrchy nosného prvku 700, jmenovitě povrchy 730 a 820 tvaru komolého kužele a vnější povrch 1020 pro interakci s vrtáním pólového nástavce 360 čočky 240 objektivu, mohou být vytvořeny bez nutnosti vyjmout nosný prvek 700 z upínacího sklíčidla, což napomáhá zajištění přesné souososti těchto povrchů 730, 820 a 1020. Prostřednictvím těchto technik vytváření jsou první a druhá apertura horního respektive spodního aperturového nosného prvku 500, 520 přesně souosé s vrtáním čočky 240 objektivu, což je důležité pro vyloučení aberací sondy, jako například astigmatismu.

Mělo by být zcela zřejmé, že na výše popsaném RSEM 100 mohou být provedeny změny a modifikace, aniž by přitom byl opuštěn rozsah vynálezu.

Ačkoliv je RSEM 100 popsán v předcházejícím popisu jako obsahující až dva individuálně vyjímatelné aperturové nosné prvky 500, 520 je předkladateli vynálezu zjištěno, že nosný prvek 700 může být modifikován pro začlenění více než jen dvou aperturových prvků, například tedy tří individuálně vyjímatelných aperturových prvků, z nichž každý obsahuje přidruženou aperturu.

Podobně vytvoření apertury 750 v horním aperturovém nosném prvku 500 je náročnou obráběcí úlohou. Předkladatelé vynálezu shledali, že apertura 750 může být alternativně realizována prostřednictvím použití stohu clon majících vzájemně vyrovnané centrální apertury.

5 Když je použito více než jen dvou aperturových prvků, bylo předkladateli vynálezu zjištěno, že RSEM 100 může být vytvořen s více než jen jednou diferenciálně čerpanou oblastí 130, což umožňuje komoře 140, aby byla provozována při tlacích překračujících hodnotu 4000 Pa při pozorování vzorků prostřednictvím ozařování elektronovou sondou.

10 Ačkoliv je sestava 110 trysky popsána v předcházejícím popisu jako využívající zahřívání emitor 300 s wolframovým drátkem nebo krystaly hexaboridu lanthanitého, předkladatelé vynálezu zjistili, že takováto sestava 110 trysky může alternativně využívat emitoru s termionickým polem, ačkoliv se předpokládá, že v tomto případě by bylo vyžadováno zjištění přídavného iontového čerpadla v čerpacím portu A pro zajištění, že při činnosti bude v sestavě 110 trysky zajištěno
15 odpovídající vakuum.

Navíc aby se zajistily výhody kratší pracovní vzdálenosti čočky objektivu a aby se tedy takto dosáhlo zmenšené kulové vady, předkladatelé vynálezu zjistili, že nosný prvek 700 a jeho přidružené aperturové prvky 500, 520 mohou být namontovány dále výše na čočce 240 objektivu.
20 Taková modifikace má ale za následek omezenou přístupnost k aperturovým nosným prvkům 500, 520 z komory 140 a indukce vířivých proudů 700 z před-čočkových vychylovačů 390a, 390b by způsobila, že tato modifikace by byla celkově nezajímavá.

Obrábění nosného prvku 700 a aperturových nosných prvků 500, 520 je náročnou obráběcí operací, protože tolerance musí být udržovány v rozsahu mikrometru na dosedajících površích a čelech, například na površích 730, 820 tvaru komolého kužele. Předkladatelé vynálezu zjistili, že techniky formování a odlévání by mohly být použity pro snížení výrobních nákladů, například použitím výlisků z vodivých polymerů pro aperturové nosné prvky 500, 520.

30

PATENTOVÉ NÁROKY

35

1. Přestavitelný řádkovací elektronový mikroskop (100) zahrnující:

elektronový optický sloupec (120), komoru (140) pro vzorky, a detektor (550), který je citlivý na vyzařování od vzorku v odezvě na jeho řádkované ozařování elektronovým paprskem (600),
příčemž uvedený elektronový optický sloupec zahrnuje:

40

sestavu (110) elektronové trysky,

elektronový optický systém definující optickou osu a zahrnující systém čoček (220, 230, 240), který tvoří elektronový paprsek (600) z elektronů vyzařovaných uvedenou sestavou elektronové trysky, a vychylovač (390a, 390b), který řádkuje uvedený elektronový paprsek (600) přes vzorek,

45

příčemž uvedený systém čoček zahrnuje čočku (240) objektivu zahrnující pólový nástavec na straně trysky a pólový nástavec (360) na straně vzorku, nosný prvek (700), který je uspořádán ve vrtání v uvedeném pólovém nástavci (360) na straně vzorku, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že

50

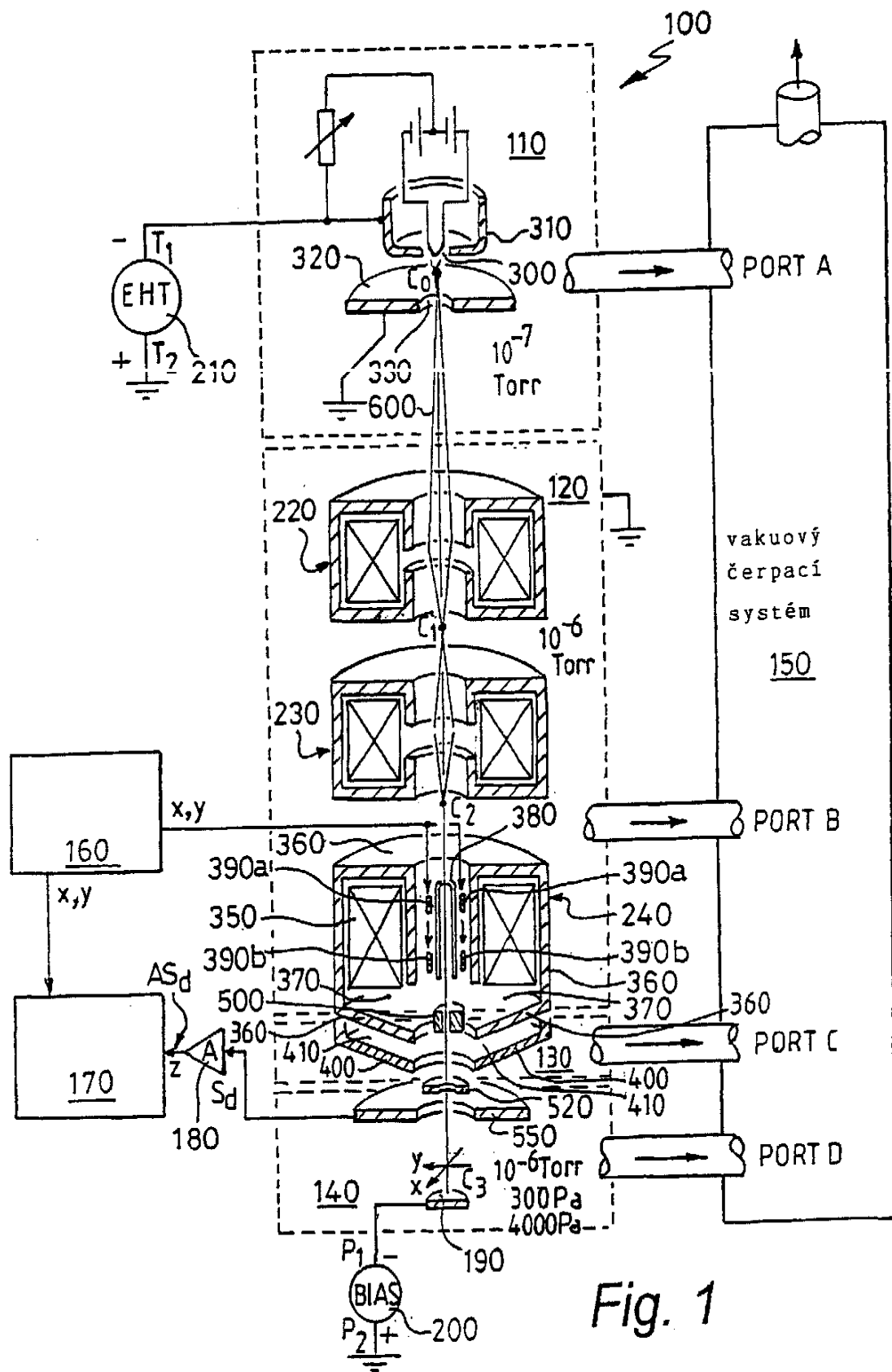
čočka (240) objektivu dále zahrnuje první aperturový nosný prvek (500) a druhý aperturový nosný prvek (520), příčemž uvedené první a druhý aperturový nosný prvek (500, 520) jsou vyjimatelně uspořádány v nebo na uvedeném nosném prvku (700), takže uvedený elektronový optický systém může být provozován s žádným, s jedním nebo se dvěma aperturovými nosnými prvky (500, 520) uspořádanými v nebo na uvedeném nosném prvku (700), příčemž uvedený první aperturový nosný prvek (500) je při použití uspořádán v nebo na uvedeném nosném prvku (700) tak, že jeho apertura (750) je umístěna na optické ose a mezi elektronovou tryskou a uvedeným pólovým nástavcem (360) na straně vzorku.

2. Mikroskop (100) podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že obsahuje mezilehlou tlakovou dutinu (410) mezi elektronovým optickým sloupcem (120) a komorou (140), přičemž tato komora (140) je v plynovém propojení přes nosný prvek (700) s elektronovým optickým sloupcem (120).
- 5 3. Mikroskop (100) podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že čočka (240) objektivu obsahuje spodní destičku (400) pro definování mezilehlé dutiny (410) mezi spodním pólovým nástavcem čočky (240) objektivu a spodní destičkou (400).
- 10 4. Mikroskop (100) podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že první apertura (750) slouží pro v podstatě plynovou izolaci elektronového optického sloupce (120) od mezilehlé tlakové dutiny (410), přičemž druhý aperturový nosný prvek (520) obsahuje druhou aperturu (850), sloužící pro v podstatě plynovou izolaci komory (140) od mezilehlé tlakové dutiny (410).
- 15 5. Mikroskop (100) podle kteréhokoliv z nároků 2 až 4, **vyznačující se tím**, že obsahuje vakuové čerpadlo pro diferenciální vyčerpávání elektronového optického sloupce (120), mezilehlé tlakové dutiny (410) a komory (140).
- 20 6. Mikroskop podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že nosný prvek (700) a aperturové nosné prvky (500, 520) jsou vyrobeny ze v podstatě neferromagnetických materiálů.
- 25 7. Mikroskop podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že nosný prvek (700) je vyroben z materiálu nepodobajícimu se materiálu aperturových nosných prvků (500, 520).
- 30 8. Mikroskop podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že materiály nosného prvku (700) a aperturových prvků (500, 520) jsou dostatečně odlišné pro vyloučení, při použití, vakuového svaření jednoho nebo více aperturových prvků (500, 520) s nosným prvkem (700).
- 35 9. Mikroskop (100) podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že nosný prvek (700) je vyroben ze slitiny berylliové mědi a aperturové nosné prvky (500, 520) jsou vyrobeny ze slitiny fosforového bronzu.
- 40 10. Mikroskop (100) podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že aperturové nosné prvky (500, 520) jsou vyjímatelně uchyceny v nosném prvkem (700) prostřednictvím spolupracujících šroubových závitů.
- 45 11. Mikroskop (100) podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že aperturové nosné prvky (500, 520) mají povrchy (730, 820) tvaru komolého kužele pro vyrovnání s odpovídajícími spolupracujícími povrchy tvaru komolého kužele nosného prvku (700), čímž se zajišťuje přesné prostorové vyrovnání aperturových prvků (500, 520) k čočce (240) objektivu.
- 50 12. Mikroskop (100) podle nároku 11, **vyznačující se tím**, že povrch (730) tvaru komolého kužele prvního aperturového prvku (500) leží pod úhlem v rozsahu od 10° do 15° vzhledem k centrální podélné ose tohoto prvního prvku (500).
- 55 13. Mikroskop (100) podle nároku 12, **vyznačující se tím**, že povrch (730) tvaru komolého kužele prvního aperturového prvku (500) leží pod úhlem v podstatě 12° vzhledem k centrální podélné ose tohoto prvního aperturového nosného prvku (500).
14. Mikroskop (100) podle kteréhokoliv z nároků 11 až 13, **vyznačující se tím**, že povrch (820) tvaru komolého kužele druhého aperturového nosného prvku (520) leží pod úhlem

v rozsahu od 15° do 30° vzhledem k centrální podélné ose tohoto druhého aperturového nosného prvku (520).

- 5 15. Mikroskop (100) podle nároku 14, **vyznačující se tím**, že povrch (820) tvaru komolého kužele druhého aperturového nosného prvku (520) leží pod úhlem v podstatě 20° vzhledem k centrální podélné ose tohoto druhého prvku (520).
- 10 16. Mikroskop (100) podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že první aperturový nosný prvek (500) obsahuje první aperturu (750) pro přenos elektronového paprsku (600), která má průměr v rozsahu od 100 μm do 400 μm.
- 15 17. Mikroskop (100) podle nároku 16, **vyznačující se tím**, že první apertura (750) má průměr v podstatě 200 μm.
18. Mikroskop (100) podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že první apertura (750) má hloubku v rozsahu od 0,5 mm do 1,5 mm.
- 20 19. Mikroskop (100) podle nároku 18, **vyznačující se tím**, že první apertura (750) má hloubku v podstatě 1 mm.
- 20 20. Mikroskop (100) podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že druhý aperturový nosný prvek (520) obsahuje druhou aperturu (850) pro přenos elektronového paprsku (600), která má průměr v rozsahu od 200 μm do 800 μm.
- 25 21. Mikroskop (100) podle nároku 20, **vyznačující se tím**, že druhá apertura (850) má průměr v podstatě 500 μm.
- 30 22. Mikroskop (100) podle nároku 20, **vyznačující se tím**, že clona (860), obsahující druhou aperturu (850), je uchycena v poloze v druhém aperturovém prvku (520) prostřednictvím rozpěrného pojistného kroužku.
- 35 23. Mikroskop (100) podle nároku 20, **vyznačující se tím**, že druhá apertura (850) je vytvořena v cloně (860), která je výhodně vyrobena z alespoň jednoho z prvků platiny a molybdenu.
- 40 24. Mikroskop (100) podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že druhý aperturový nosný prvek (520) obsahuje množství radiálních otvorů pro plynové propojení vnitřní oblasti tohoto druhého prvku (520) s mezilehlou tlakovou dutinou (410).
- 45 25. Mikroskop (100) podle nároku 24, **vyznačující se tím**, že množství otvorů (830) je úhlově rovnoměrně rozmístěno.
26. Mikroskop (100) podle nároku 24 nebo 25, **vyznačující se tím**, že množství otvorů (830) zahrnuje osm otvorů (830).
- 50 27. Mikroskop (100) podle kteréhokoliv z nároků 24 až 26, **vyznačující se tím**, že každý z množství otvorů (830) má průměr v rozsahu od 0,8 mm do 1,1 mm.
28. Mikroskop (100) podle nároku 27, **vyznačující se tím**, že každý z množství otvorů (830) má průměr v podstatě 1 mm.
- 55 29. Mikroskop (100) podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že nosný prvek (700) je uchycen v čočce (240) objektivu prostřednictvím uložení za studena.

30. Mikroskop (100) podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že první aperturový nosný prvek (500) obsahuje drážku (900) pro záběr s nástrojem při instalování nebo vyjímání prvního prvku (500) do respektive z nosného prvku (700).
- 5 31. Mikroskop (100) podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že druhý aperturový nosný prvek (520) zahrnuje množství plošek na svém vnějším povrchu pro záběr s nástrojem při instalování nebo vyjímání druhého prvku (520) do respektive z nosného prvku (700).
- 10 32. Mikroskop (100) podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že detektor (550) má podobu prstencového detektoru upevněného ke spodní destičce (400) a majícího detekční povrch orientovaný směrem ke vzorku.
- 15 33. Mikroskop (100) podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že spodní destička (400) je vyrobena z alespoň jednoho z hliníku a duralu.
- 20 34. Mikroskop (100) podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že detektor (550) zahrnuje alespoň jeden prostředek z fotodiody citlivé na elektrony, mikrokanálové destičky, kombinace scintilátoru a fotonásobiče, a elektricky izolované vodivé destičky.
- 25 35. Mikroskop (100) podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že elektronový optický sloupec (120) zahrnuje jeden nebo více z termionického elektronového emitru s wolframovým drátkem, termionického elektronového emitru s hexaboridem lanthanitým, a emitru s tepelným polem, pro generování elektronového paprsku pro použití při vytváření paprsku (600).
- 30 36. Mikroskop (100) podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že nosný prvek (700) zahrnuje první povrch tvaru komolého kužele, vyrovnaný s optickou osou a druhý povrch tvaru komolého kužele, vyrovnaný s optickou osou, přičemž první aperturový nosný prvek (500) má povrch (730) tvaru komolého kužele, spolupracující s prvním povrchem tvaru komolého kužele nosného prvku (700), a druhý aperturový nosný prvek (520) má povrch (820) tvaru komolého kužele, spolupracující s druhým povrchem tvaru komolého kužele nosného prvku (700), přičemž první a druhý povrch tvaru komolého kužele nosného prvku (700) definují otvor podél optické osy a tento otvor se rozšiřuje ve směru od elektronové trysky ke vzorku.
- 35 37. Mikroskop (100) podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že nosný prvek (700) je trvale upevněn k čočce (240) objektivu.
- 40 38. Mikroskop (100) podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že první aperturový nosný prvek (500) obsahuje nekruhově symetrický spodní útvar pro umožnění komplementárnímu nástroji záběr s tímto prvkem (500) pro umožnění tomuto prvkem (500) našroubování do nebo vyšroubování z nosného prvku (700).
- 45 39. Mikroskop (100) podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že v prvním uspořádání nosný prvek (700) nepřijímá žádný aperturový nosný prvek (500, 520), v druhém uspořádání nosný prvek (700) přijímá pouze první aperturový nosný prvek (500), a nosný prvek (700) přijímá jak první tak i druhý aperturový nosný prvek (500, 520) ve třetím uspořádání mikroskopu (100).
- 50



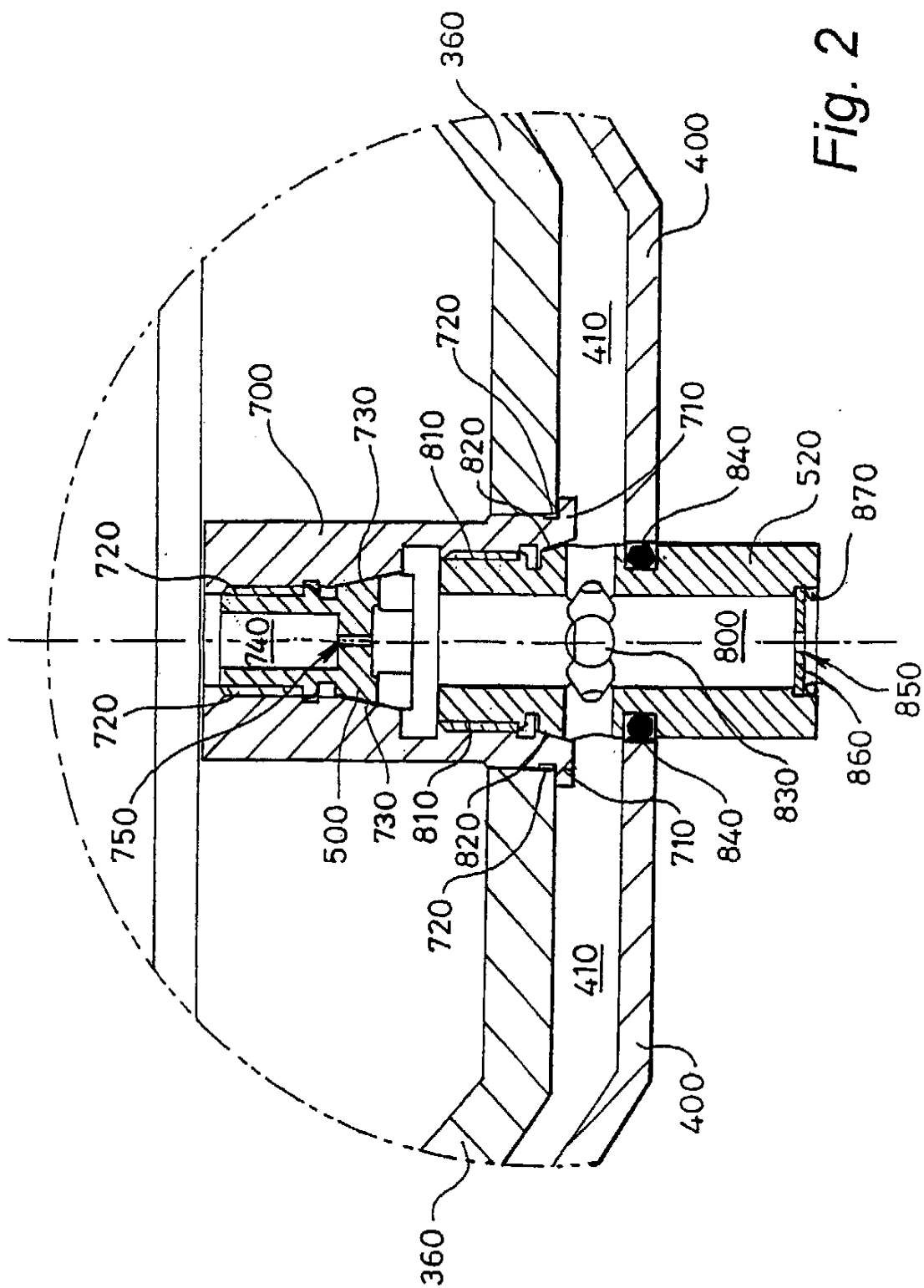


Fig. 2

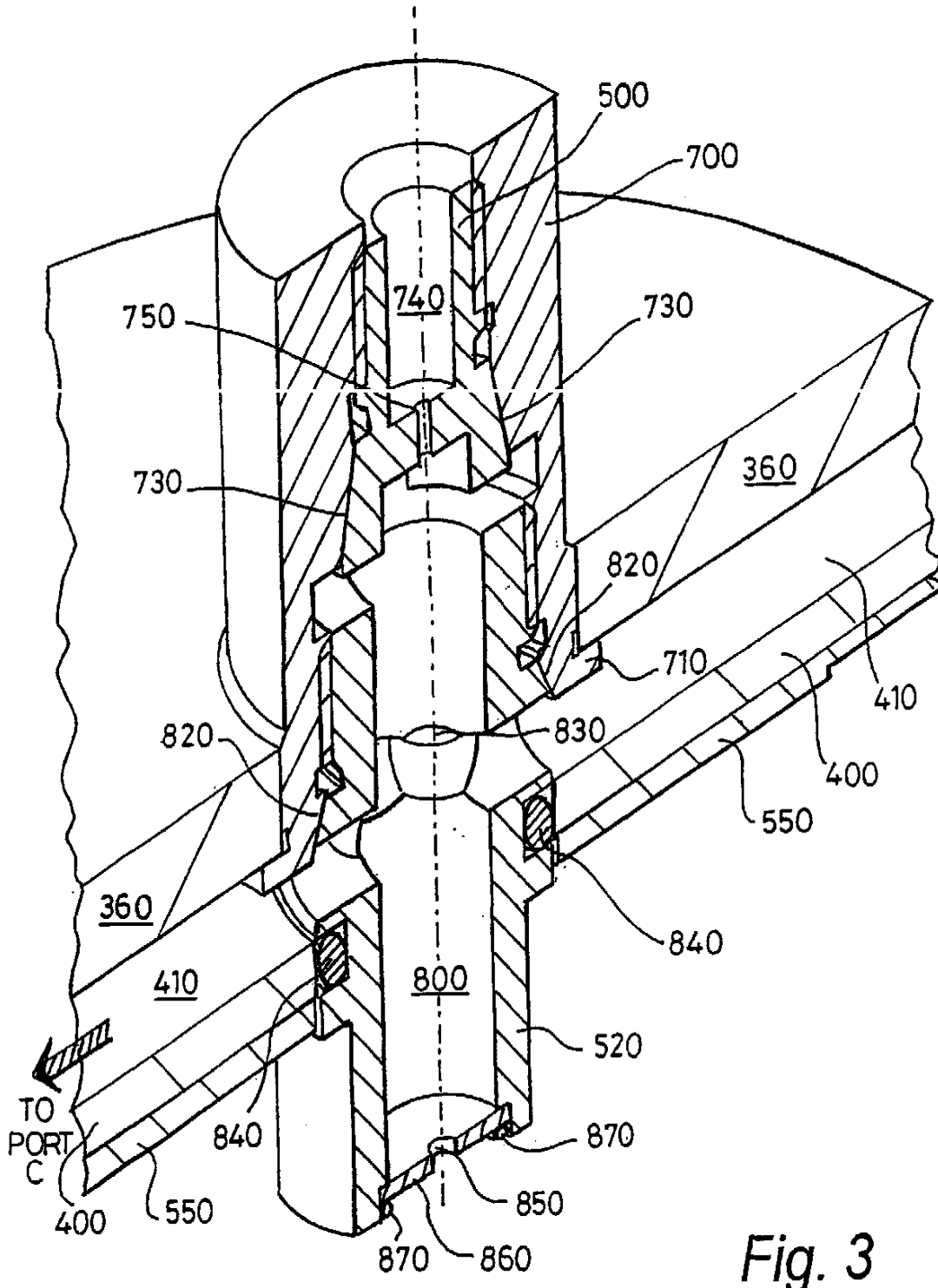


Fig. 3

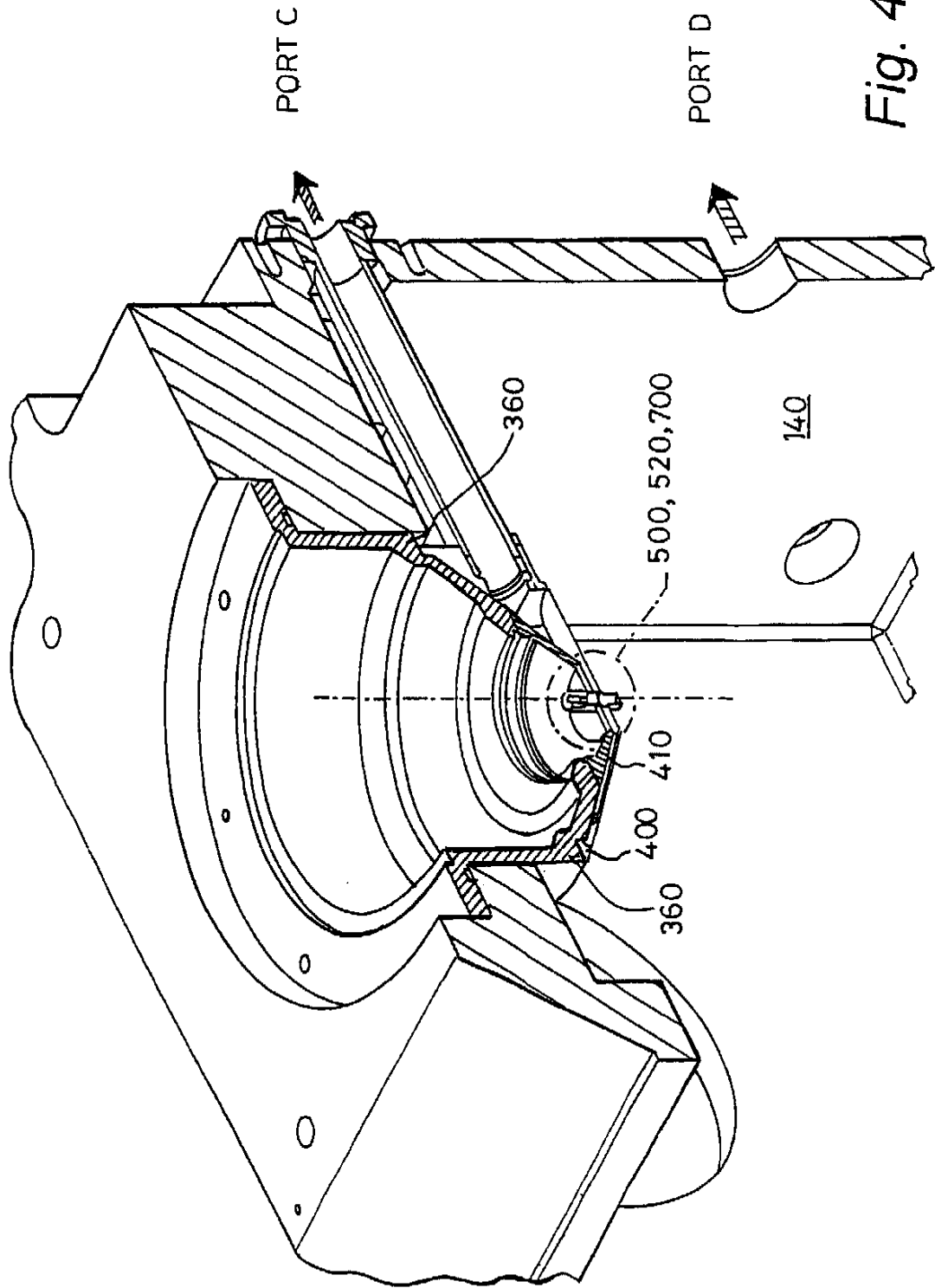


Fig. 4

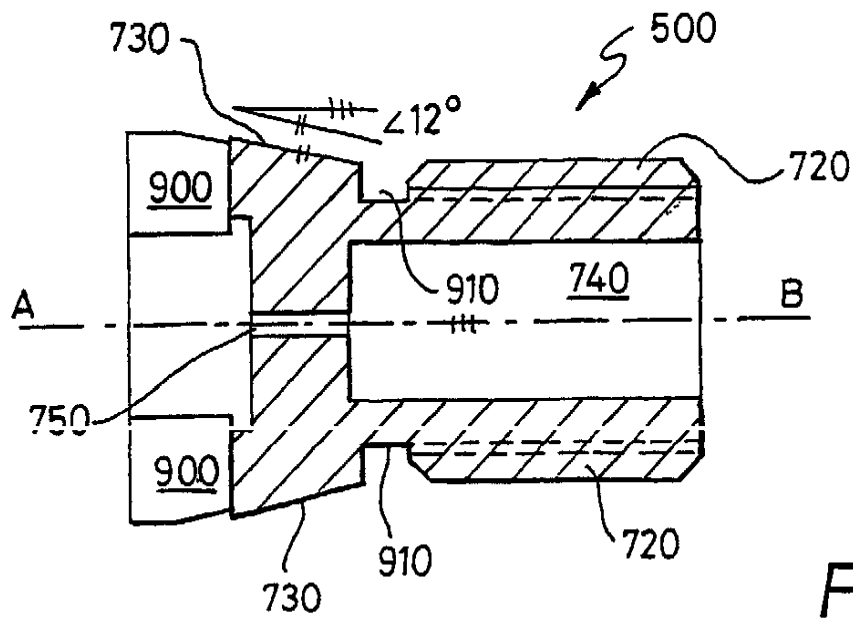


Fig. 5

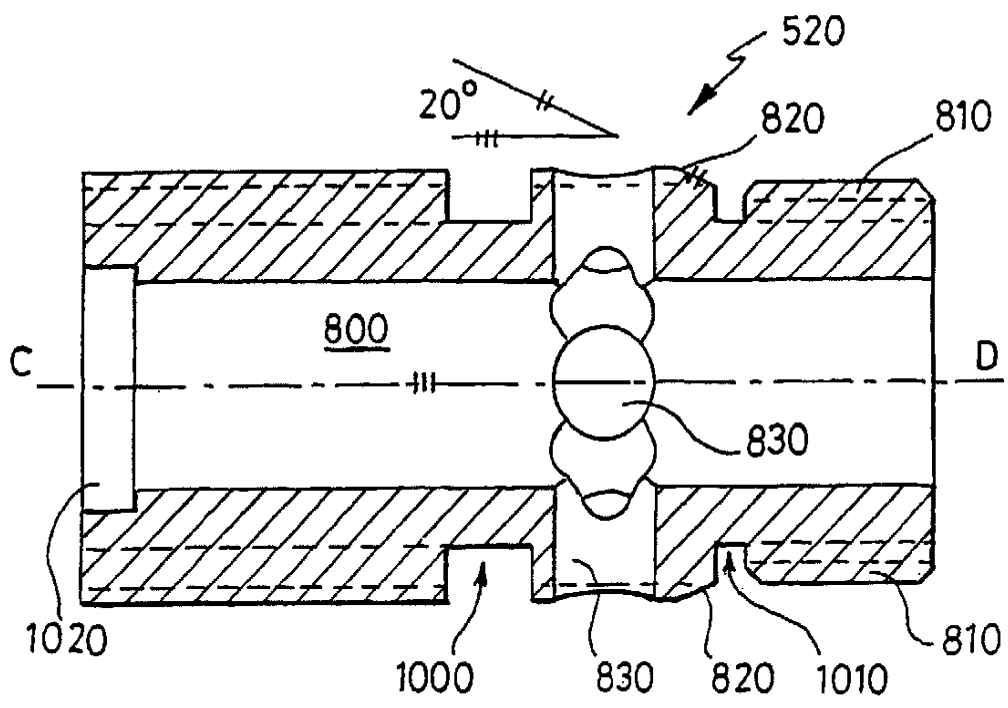


Fig. 6

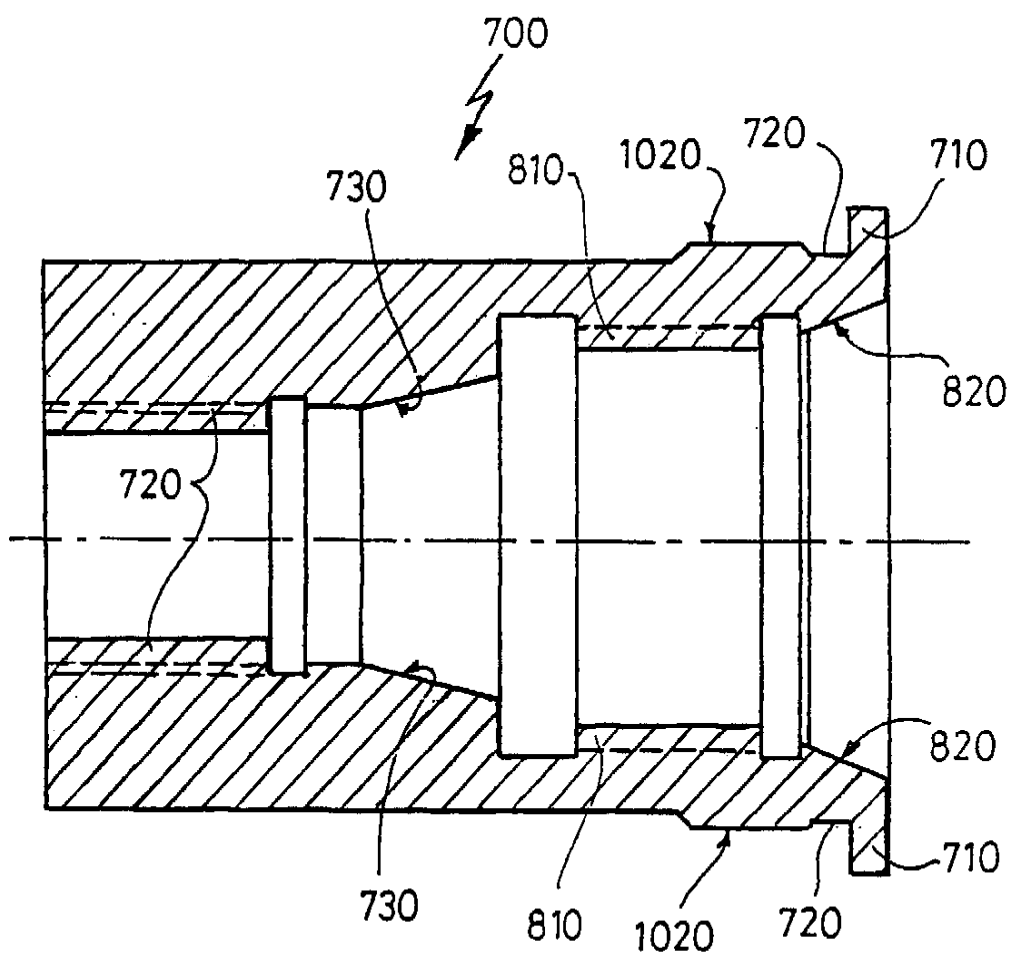


Fig. 7

Konec dokumentu