

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **19.04.2002**
(32) Datum podání prioritní přihlášky: **20.04.2001**
(31) Číslo prioritní přihlášky: **2001/0109704**
(33) Země priority: **GB**
(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu:
(Věstník č: 4/2004)
(86) PCT číslo: **PCT/GB2002/001901**
(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 2002/086942**

(21) Číslo dokumentu:

2003-3170

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.⁷ :
H 01 J 37/28

(71) Přihlašovatel:

LEO ELECTRON MICROSCOPY LIMITED,
Cambridge, GB

(72) Původce:

Dean Michael Frank, Waterbeach, GB
Martin Giles Adam Edward, Newmarket, GB

(74) Zástupce:

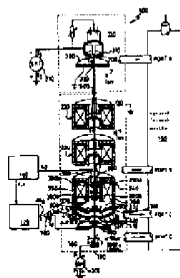
Korejzová Zdeňka JUDr., Spálená 29, Praha 1, 11000

(54) Název přihlášky vynálezu:

Přestavitelný řádkovací elektronový mikroskop

(57) Anotace:

Přestavitelný řádkovací elektronový mikroskop (100) zahrnuje elektronové optické prostředky pro generování elektronové sondy a pro řádkování sondy přes vzorek; a detekční prostředky pro detekci vyzařování od vzorku v odezvě na jeho řádkované ozařování elektronovou sondou. Přestavitelný řádkovací elektronový mikroskop (100) dále obsahuje aperturové prostředky (500, 520) pro alespoň částečné plynové izolování elektronových optických prostředků od vzorku, což umožňuje přestavitelnému řádkovacímu elektronovému mikroskopu (100), aby byl přestavitelný jako řádkovací elektronový mikroskop pracující za podmínek vysokého vakua a jako řádkovací elektronový mikroskop pracující za podmínek okolního prostředí, přičemž aperturové prostředky (500, 520) jsou přestavitelné pro začlenění žádných apertur, jedné apertury a množství apertur.



CZ 2003 - 3170 A3



Přestavitelný řádkovací elektronový mikroskop

Oblast techniky

Předkládaný vynález se týká řádkovacích elektronových mikroskopů (SEM). Zejména, ale ne výhradně, se předkládaný
5 vynález týká 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.

Dosavadní stav techniky

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

15 Z US patentu č. 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
20 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
25 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
30 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 nejblíže u komory, jmenovitě čočce objektivu, skupinu diferenciálně čerpaných membrán (clon).
5 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
10 upravený SEM není zkonstruován tak, aby fungoval s odstraněnou jeho skupinou diferenciálně čerpaných membrán.

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

15 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
20 extrémních případech mohou být diferenciálně čerpané membrány omezujícím faktorem poloúhlu elektronového paprsku, což může způsobit, že bude problematické optické seřízení mikroskopu a že omezí dostupný proud elektronové sondy.

25 Podstata vynálezu

Podle předkládaného vynálezu je navržen přestavitelný řádkovací elektronový mikroskop zahrnující:

(a) elektronové optické prostředky pro generování elektronového paprsku, pro zmenšení (zúžení) elektronového
30 paprsku pro vytvoření elektronové sondy, a pro řádkování



sondy přes vzorek;

(b) detekční prostředky pro detekci vyzařování od vzorku v odezvě na jeho řádkované ozařování elektronovou sondou a pro generování odpovídajícího detekovaného signálu indikujícího velikost vyzařování;

přičemž podstata vynálezu spočívá v tom, že tento mikroskop dále obsahuje aperturové prostředky pro alespoň částečně plynové izolování elektronových optických prostředků od vzorku, což umožňuje mikroskopu, aby byl přestavitelný jako řádkovací elektronový mikroskop pracující za podmínek vysokého vakua a jako řádkovací elektronový mikroskop pracující za podmínek okolního prostředí, přičemž aperturové prostředky jsou přestavitelné pro začlenění žádných apertur, jedné apertury a množství apertur.

Tento přestavitelný mikroskop poskytuje tu výhodu, že je možné jej nastavovat ve stupních mezi fungováním jako vysokovakuový SEM a jako ESEM.

Předkladatelé vynálezu tedy shledali, že je výhodné zkonstruovat řádkovací elektronový mikroskop tak, aby byl selektivně přestavitelný ve stupních mezi fungováním jako ESEM a také jako běžnější SEM pracující při vysokém vakuu o hodnotě řádově 10^{-6} Torr nebo lepší.

Aperturové prostředky výhodně zahrnují nosný prvek uchycený v čočce objektivu elektronových optických prostředků, přičemž tento nosný prvek zahrnuje znaky pro přestavitelné umístění v sobě jednoho nebo více aperturových nosných prvků. Nosný prvek tak může poskytovat vhodný a robustní prostředek pro uložení jednoho nebo více aperturových prvků při přestavování mikroskopu, čímž se

Je výhodné snižovat tlak ve stupních při provozování mikroskopu, jako je ESEM. Mezi elektronovými optickými prostředky a komorou přijímající vzorek je tedy výhodně začleněna mezilehlá tlaková dutina, přičemž komora je v plynovém propojení přes nosný prvek s elektronovými optickými prostředky.

Výhodně, aby se vyloučila nutnost manipulace s drobounkými clonami obsahujícími apertury, jsou použity aperturové nosné prvky, které jsou výhodně dimenzovány pro manipulaci rukou. Mikroskop tudíž výhodně zahrnuje první a druhý aperturový nosný prvek, přičemž první prvek obsahuje první aperturu, sloužící pro v podstatě plynovou izolaci elektronových optických prostředků od mezilehlé tlakové dutiny, a druhý prvek obsahuje druhou aperturu, sloužící pro v podstatě plynovou izolaci komory od mezilehlé tlakové dutiny.

30

Je výhodné vyloučit deformace či zkreslení magnetického pole čočky objektivu, zaostřující elektronový paprsek, když jsou instalovány aperturové nosné prvky. Nosný prvek a aperturové prvky jsou tudíž výhodně vyrobeny ze v podstatě neferromagnetických materiálů.

Nosný prvek je výhodně vyroben z materiálu nepodobajícímu se materiálu aperturových prvků, aby se tak vyloučil potenciální výskyt vakuového svaření mezi nimi. Zvláště výhodně je nosný prvek vyroben ze slitiny berylliové mědi a aperturové prvky jsou vyrobeny ze slitiny fosforového bronzu.

Aby se umožnilo časté přestavování mikroskopu, je výhodné, když jsou aperturové prvky spolehlivě uchyceny v nosném prvku i po mnoha přestaveních. Aperturové prvky jsou tudíž výhodně vyjímatelně uchyceny v nosném prvku prostřednictvím spolupracujících šroubových závitů.

Navíc je žádoucí přesné souosé vyrovnání aperturových prvků pro vyloučení aberací (odchylek) při vytváření sondy. Aperturové prvky tudíž výhodně mají povrchy tvaru komolého kužele pro vyrovnání s odpovídajícími spolupracujícími povrchy tvaru komolého kužele nosného prvku, čímž se zajišťuje 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 centrální podélného ose prvního prvku. Zvláště výhodně povrch tvaru komolého kužele prvního aperturového prvku leží pod úhlem v podstatě 12° vzhledem centrální podélného ose prvního prvku.

Podobně povrch tvaru komolého kužele druhého aperturového prvku leží výhodně pod úhlem v rozsahu od 15° do 30° vzhledem centrální podélného ose druhého prvku. Zvláště výhodně povrch tvaru komolého kužele druhého aperturového prvku leží pod úhlem v podstatě 20° vzhledem centrální podélného ose druhého prvku.

Předkladatelé vynálezu shledali, že volba vhodných velikostí apertur pro provoz mikroskopu jako ESEM není přímá. Výhodně, jako kompromis mezi odolností pro průtok plynu a přenosem elektronového paprsku, první prvek obsahuje první aperturu pro přenos elektronového paprsku, která má průměr v rozsahu od $100\ \mu\text{m}$ do $400\ \mu\text{m}$. Zvláště výhodně má první apertura průměr v podstatě $200\ \mu\text{m}$. Podobně první apertura může výhodně mít hloubku v rozsahu od $0,5\ \text{mm}$ do $1,5\ \text{mm}$. Zvláště výhodně má první apertura hloubku v podstatě $1\ \text{mm}$. Hloubky větší než $1,5\ \text{mm}$ začínají být obtížně vyrobitelné, zatímco hloubky menší než $0,5\ \text{mm}$ poskytují neodpovídající odolnost pro průtok plynu.

Podobně druhý aperturový prvek obsahuje výhodně druhou aperturu pro přenos elektronového paprsku, která má průměr v rozsahu od $200\ \mu\text{m}$ do $800\ \mu\text{m}$. Zvláště výhodně má druhá apertura průměr v podstatě $500\ \mu\text{m}$. Výhodně je clona či membrána obsahující druhou aperturu uchycena v poloze v druhém aperturovém prvku prostřednictvím rozpěrného pojistného kroužku. Navíc tato clona obsahující druhou aperturu je výhodně vyrobena z alespoň jednoho z prvků platiny a molybdenu. Platina a molybden jsou mechanicky stabilními materiály, které jsou kompatibilní s vysokovakuovými zařízeními.

5

10

15

25

30

nástrojem při instalování nebo vyjímání druhého prvku do respektive z nosného prvku.

Aby se nějak podstatně nerušil magnetický obvod čočky objektivu, je žádoucí, aby spodní destička, definující mezilehlou tlakovou dutinu, byla z ne-železného materiálu. Spodní destička je tudíž výhodně vyrobena z alespoň jednoho z hliníku a duralu. Oba tyto materiály jsou neferromagnetické. Dural je slitina hliníku a mědi.

V mikroskopu zpětně rozptýlené (odražené) a sekundární elektronové záření ze vzorku v odezvě na bombardování elektronovou sondou poskytuje různé informace týkající se povahy vzorku. Mikroskop tudíž výhodně obsahuje více než jen jeden typ detektoru pro detekci vyzařovaných elektronů. Zvláště výhodně detekční prostředky zahrnují alespoň jeden z fotodiody citlivé na elektrony, mikrokanálové destičky, kombinace scintilátoru a fotonásobiče, a elektricky izolované vodivé destičky.

S odpovídajícím vyčerpáním může být uvnitř elektronových optických prostředků dosaženo vysokého vakua o hodnotě 10^{-6} Torr nebo nižšího tlaku. Takové vakuum umožňuje mikroskopu, aby využil množství různých typů elektronových zdrojů. Zvláště výhodně elektronové optické prostředky zahrnují 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 sondy.

5

10

15

20

25

30

Obr.7 znázorňuje pohled v příčném řezu na nosný prvek pro uchycení horního a spodního prvku uvnitř čočky objektivu.

Příklady provedení vynálezu

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 rozptýl elektronového paprsku působením vzduchových molekul podél jejich elektronových optických sloupců má za následek značné rozšíření sond vytvářených na jejich vzorcích. Navíc snížena provozní životnost elektronových emitorů, 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 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 č. 5 250 808 začleněném tímto do tohoto popisu prostřednictvím odkazu, které umožňují, aby vzorky byly udržovány při zvýšeném tlaku, například při atmosférickém tlaku, zatímco elektronové optické sloupce těchto ESEM jsou provozovány při vysokém

vakuu, například při tlacích řádově 10^{-5} až 10^{-6} Torr. ESEM se odlišují 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 prochází 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 nevýhody ve srovnání s běžnými SEM. Například začlenění výše zmiňované skupiny diferenciálně čerpaných clon má za následek, že v čočkách objektivu ESEM se vytvoří snížený stupeň zmenšení 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 vynálezu dále nahlédli, že je výhodné zkonstruovat SEM tak, aby byl přestavitelný pro fungování jak 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 předkládaného vynálezu. Tento RSEM 100 zahrnuje sestavu 110 elektronové trysky, elektronový optický sloupec 120, diferenciální čerpací oblast 130 ohraničenou jednou nebo více



vyjímatelnými 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 elektricky izolované podložce (není znázorněna). RSEM 100 dále zahrnuje generátor 200 předpětí pro přiložení předpětového potenciálu (napětí) na vzorek 190 a napěťový zdroj 210 extra vysokého napětí (EHT) pro přiložení předpětového potenciálu na sestavu 110 elektronové trysky.

Sloupec 120 zahrnuje horní elektromagnetickou zmenšovací čočku 220, spodní elektromagnetickou 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 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.

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 na vršku stohu a komoru 140 u spodku stohu. Sestava 110 trysky a sloupec 120 jsou spřaženy pro účely vyčerpání a jsou spojeny 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.

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 C₀ 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 360, ovladatelné 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 neželezného materiálu, například z duralu nebo hliníku, která je integrální součástí čočky 240 objektivu. Spodní destička 400 je upevněna ke spodní části magnetického obvodu 360, jak je ilustrováno na obr. 5. Spodní destička 400 a spodní část obvodu 360 definují mezilehlou tlakovou dutinu 410, která je spřažena s portem C vakuového čerpacího systému 150 pro účely vyčerpání.

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

Podobně je dutina 410 plynově spřažena s komorou 140 výhradně přes druhou aperturu ve spodním aperturovém nosném prvku 520. Tento spodní 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 spřažen se vstupem displeje 170, modulujícím jas. Vzorek 190 je elektricky spojen se zápornou vývodovou svorkou P₁ generátoru 200



předpětí a odpovídající kladná vývodová svorka P_2 generátoru 200 předpětí je spojena se zemním potenciálem RSEM 100. Komora 140 je spřažena 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 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.

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 čočku 220 s magnetizačním proudem pro vytvoření magnetického pole pro 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

5 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 v oblasti 370 mezery. Elektronový paprsek 600 se šíří od druhého obrazu C_2 skrz

10 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 příčně přemísťovat paprsek

15 600, jak tento paprsek 600 prochází skrz centrální oblast trubice 380. Paprsek 600 se potom šíří za spodní konec trubice 380 skrz oblast zaostřovacího magnetického pole čočky 240 a potom do apertury horního aperturového prvku 500, skrz kterou prochází. Paprsek 600 potom pokračuje v šíření k

20 apertuře spodního aperturového 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 jsou odpuzovány přepětovým potenciálem

25 (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

30 je displej 170 synchronizován pro účely snímání se snímací



jednotkou 160, která dále ovládá vychylovače 390a, 390b, vytváří se zvětšený obraz vzorku 190 na displeji 170, který může operátor pozorovat.

5 Pro dosažení vhodné flexibility a pro umožnění RSEM
10 100, aby poskytoval nejlepší charakteristiky jak
vysokovakuového SEM tak i ESEM, předkladatelé vynálezu
shledali, že je značně výhodné vytvořit horní a spodní
aperturové prvky 500, 520 jako selektivně vyjímatelné. V
15 prvním režimu činnosti jsou tedy jak horní tak i spodní
aperturový prvek 500, 520 instalovány, což umožňuje komoře
140, aby byla provozována při tlacích o hodnotě až 4000 Pa,
přičemž jak horní tak spodní aperturový prvek 500, 520
fungují jako tlakové přechody uvnitř RSEM 100. V druhém
20 režimu činnosti je instalován pouze horní aperturový prvek
500, což umožňuje komoře 140, aby byla provozována při
tlacích o hodnotě až 300 Pa; přičemž horní aperturový prvek
500 funguje jako tlakový přechod uvnitř RSEM 100. V třetím
25 režimu činnosti jsou vyjmuty oba prvky, tedy jak horní tak i
spodní aperturový 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 předkladatelé vynálezu nepředpokládají, že tento
30 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 vadu
(sférickou aberaci) čočky objektivu a tudíž menší sondu pro
35 snímání vzorku 190. Taková kratší pracovní vzdálenost



vyžaduje, aby čočka 240 objektivu byla napájena s větším magnetizačním proudem ve srovnání s činností RSEM 100 s nainstalovanými oběma aperturovými prvky 500, 520.

5 Předkladatelé vynálezu zkonstruovali horní aperturový prvek 500 pro zajištění apertury pro RSEM 100, která má výhodně průměr v podstatě $200\ \mu\text{m}$, ačkoliv mohou být výhodně použity také apertury mající průměr v rozsahu od 100 do 400 μm . Podobně předkladatelé vynálezu zkonstruovali spodní aperturový prvek 520 pro zajištění apertury pro RSEM 100,
10 která má výhodně průměr v podstatě $500\ \mu\text{m}$, ačkoliv mohou být výhodně použity také apertury mající průměr v rozsahu od 200 do $800\ \mu\text{m}$.

Je jasné patrné, že prostřednictvím modifikování průměrů apertur v horním respektive spodním prvku 500, 520,
15 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 ovládáním operátora, takže čočka 240 objektivu
20 může být provozována s kratší pracovní vzdáleností, když spodní aperturový prvek 520 není nainstalován, což umožňuje čočce 240 objektivu, aby vytvořila elektronovou sondu mající zmenšenou kulovou vadu, přičemž apertura v horním aperturovém prvku 500 zajišťuje pro sloupec 120 omezení omezující
25 polouhel elektronového paprsku.

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 par jakýchkoliv
30 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.

5 Krycí trubice 380 je výhodně vyrobena z dielektrického materiálu, například z vlákny 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.

10 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 vlákny opticky spřažena s fotonásobičkou.

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

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

25 Magnetický obvod 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

30



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 700 zasunut 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.

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

Nosný prvek 700 zahrnuje prstencovou přírubu 710 pro zajištění, že je v přesném záběru s magnetickým obvodem 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 obvodu 360.

Horní aperturový 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 prvku 500, jak je ilustrováno na obr. 3. Navíc nosný prvek 700 a horní aperturový prvek 500 obsahují spolupracující povrchy 730 tvaru komolého kužele, umístěné níže pod závity 720, přičemž tyto povrchy 730 převážně zajišťují příčné vyrovnaní horního prvku 500 uvnitř nosného 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 kuželu horní aperturový prvek 500 obsahuje jemně vrtaný otvor 750 vytvářející první aperturu čočky 240 objektivu. Tento jemný otvor 750 má výhodně průměr v podstatě 200 μ , výhodně v rozsahu od 150 do 250 μ m. Navíc má tento jemný otvor 750 hloubku v podstatě 1 mm, výhodně v rozsahu od 1,5 mm do 0,5 mm. Otvor 750 může být vytvořen prostřednictvím jednoho nebo více z následujících postupů: elektrojiskrového obrábění, iontového frézování, laserovou ablací, chemicky podporovaným foto-leptáním a mechanickým vrtáním s použitím jemného vrtacího bitu. Do spodního konce 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 prvek 500 z nosného prvku 700 prostřednictvím komory 140 zajišťující přístup.

Jemný otvor 750 je vytvořen relativně dlouhý pro zajištění značného odporu proti průtoku plynu přítomného v komoře 140 při provozování při tlacích dosahujících 4000 Pa, když je nainstalován spodní aperturový prvek 520, a při



tlacích dosahujících 300 Pa, když spodní aperturový prvek 520 již byl vyjmut.

5 Spodní aperturový 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 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 prvek 520 zahrnuje povrch 820 tvaru komolého kužele pro spolupracující záběr s odpovídajícím povrchem vytvořeným na nosném prvku 700. Tyto povrchy 820 slouží pro přesné definování příčné a vertikální polohy druhé apertury uvnitř čočky 240 objektivu. Ještě níže na spodním prvku 520 je příčně do tohoto druhého prvku 520 vytvořeno osm úhlově 10 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 vyrovnaní s dutinou 410, když je spodní prvek 520 instalován do nosného prvku 700. Ještě níže na spodním prvku 520 je vytvořeno vybrání pro uložení Vitonova O-kroužku 840, který je 15 zkonstruován pro zajištění vakuového utěsnění mezi spodním 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 prvek 520 nainstalován do nosného prvku 700. U spodního konce spodního prvku 520, vzdáleného od závitů 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 20 pojistného kroužku 870. Do vnějšího povrchu spodního prvku 25 30

520 jsou vytvořeny dvě plošky pro záběr s nástrojem, jako je klíč, pro umožnění operátorovi vyjmout nebo nainstalovat spodní prvek 520 z respektive do nosného prvku 700. Výhodně tento nástroj typu klíče obsahuje rohatku pro zabránění operátorovi, aby utáhl spodní prvek 520 nadměrně a tím potenciálně přetrhl prvek 520 v blízkosti otvorů 830.

Na obr. 3 je znázorněn perspektivní pohled v příčném řezu na nosný prvek 700 a aperturové 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 magnetického obvodu 360 nainstalovaného do komory 140 se spodní destičkou 400 namontovanou na pólový nástavec. Navíc nosný prvek 700 a jeho aperturové prvky 500, 520 jsou znázorněny v nainstalované poloze. Z obr. 4 by mělo být zcela zřejmé, že nosný prvek 700 a aperturové 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 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 kuželu je vytvořen s úhlem o velikosti v podstatě 12° vzhledem k centrální ose A-B symetrie, výhodně v rozsahu od 10° do 15° . Do prvku 500 je rovněž vytvořeno vybrání 910, protože není proveditelné vytvořit závit 720 přesně až tam, kde začíná povrch ve tvaru komolého kuželu. Mělo by být zcela zřejmé, že přesné souosé vyrovnaní otvoru 750 s povrchem ve tvaru komolého kuželu je výhodné a může být dosaženo během výroby bez nutnosti uvolňovat horní prvek 500

se záběru s upínacím sklíčidlem při současném vytváření těchto znaků, protože jak otvor 750 tak i povrch 730 jsou v podstatě na jednom konci prvku 500. Jak je vysvětleno v předcházejícím popisu, horní 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 prvek 520. 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 kuželu. Povrch 820 tvaru komolého kuželu leží pod úhlem o velikosti v podstatě 20° vzhledem k ose C-D symetrie prvku 520, výhodně pod úhlem v rozsahu od 15° do 30° . Jak bylo vysvětleno v předcházejícím popisu, spodní 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 kuželu a vnější povrch 1020 pro interakci s vrtáním magnetického obvodu 360 čočky 240 objektivu, mohou být vytvořeny bez nutnosti vyjmutou 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 prvku 500, 520 přesně souosé s vrtáním čočky 240 objektivu, což je důležité pro vyloučení aberací sondy, jako například astigmatismu.

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

10 Ačkoliv je RSEM 100 popsán v předcházejícím popisu jako obsahující až dva individuálně vyjímately aperturové 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 vyjímately aperturových prvků, z nichž každý obsahuje přidruženou aperturu.

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

20 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
25 prostřednictvím ozařování elektronovou sondou.

30 Ačkoliv je sestava 110 trysky popsána v předcházejícím popisu jako využívající zahřívavý 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 zajištění přidavného iontového čerpadla v čerpacím portu A pro zajištění, že při činnosti bude v sestavě 110 trysky zajištěno odpovídající vakuum.

5 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. 10 Taková modifikace má ale za následek omezenou přístupnost k aperturovým 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.

15 Obrábění nosného prvku 700 a aperturových prvků 500, 520 je náročnou obráběcí operací, protože tolerance musí být udržovány v rozsahu mikrometrů na dosedajících površích a čelech, například na površích 730, 820 tvaru komolého kuželu. Předkladatelé vynálezu zjistili, že techniky formování a 20 odlévání by mohly být použity pro snížení výrobních nákladů, například použitím výlisků z vodivých polymerů pro aperturové prvky 500, 520.

Zastupuje :

25

30

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Přestavitelný řádkovací elektronový mikroskop
zahrnující:

5 (a) elektronové optické prostředky pro generování
elektronové sondy a pro řádkování sondy přes vzorek;

 (b) detekční prostředky pro detekci vyzařování od
vzorku v odezvě na jeho řádkované ozařování elektronovou
sondou;

10 **vyznačující se tím, že** tento mikroskop dále obsahuje
aperturové prostředky pro alespoň částečně plynové izolování
elektronových optických prostředků od vzorku, což umožňuje
mikroskopu, aby byl přestavitelný jako řádkovací elektronový
mikroskop pracující za podmínek vysokého vakua a jako
15 řádkovací elektronový mikroskop pracující za podmínek
okolního prostředí, přičemž aperturové prostředky jsou
přestavitelné pro začlenění žádných apertur, jedné apertury a
množství apertur.

20 2. Mikroskop podle nároku 1, **vyznačující se tím, že**
aperturové prostředky zahrnují nosný prvek v čočce objektivu
elektronových optických prostředků, přičemž tento nosný prvek
zahrnuje znaky pro přestavitelné umístění v sobě jednoho nebo
více aperturových nosných prvků.

25 3. Mikroskop podle nároku 2, **vyznačující se tím, že** mezi
elektronovými optickými prostředky a komorou přijímající
vzorek je začleněna mezilehlá tlaková dutina, přičemž tato
komora je v plynovém propojení přes nosný prvek s
elektronovými optickými prostředky.

30 4. Mikroskop podle nároku 3, **vyznačující se tím, že** čočka
objektivu obsahuje spodní destičku pro definování mezilehlé

dutiny mezi spodním pólovým nástavcem čočky objektivu a spodní destičkou.

5. Mikroskop podle nároku 4, **vyznačující se tím, že** aperturové prostředky zahrnují první a druhý aperturový nosný prvek, přičemž první prvek obsahuje první aperturu, sloužící pro v podstatě plynovou izolaci elektronových optických prostředků od mezilehlé tlakové dutiny, a druhý prvek obsahuje druhou aperturu, sloužící pro v podstatě plynovou izolaci komory od mezilehlé tlakové dutiny.

6. Mikroskop podle nároku 3, 4 nebo 5, **vyznačující se tím, že** obsahuje vakuové čerpací prostředky pro diferenciální vyčerpávání elektronových optických prostředků, mezilehlé tlakové dutiny a komory.

7. Mikroskop podle nároku 5 nebo 6, **vyznačující se tím, že** nosný prvek a aperturové nosné prvky jsou vyrobeny ze v podstatě neferromagnetických materiálů.

8. Mikroskop podle nároku 5, 6 nebo 7, **vyznačující se tím, že** nosný prvek je vyroben z materiálu nepodobajícimu se materiálu aperturových prvků.

9. Mikroskop podle nároku 8, **vyznačující se tím, že** materiály nosného prvku a aperturových prvků jsou dostatečně odlišné pro vyloučení při použití vakuového svaření jednoho nebo více aperturových prvků s nosným prvkem.

10. Mikroskop podle nároku 7, 8 nebo 9, **vyznačující se tím, že** nosný prvek je vyroben ze slitiny berylliové mědi a aperturové nosné prvky jsou vyrobeny ze slitiny fosforového bronzu.



11. Mikroskop podle jednoho z nároků 5 až 10, **vyznačující se tím, že** aperturové prvky jsou vyjímately uchyceny v nosném prvku prostřednictvím spolupracujících šroubových závitů.

5 12. Mikroskop podle kteréhokoliv z nároků 5 až 11, **vyznačující se tím, že** aperturové nosné prvky mají povrchy tvaru komolého kužele pro vyrovnání s odpovídajícími spolupracujícími povrchy tvaru komolého kužele nosného prvku, čímž se zajišťuje přesné prostorové vyrovnání aperturových prvků k čočce objektivu.

10

13. Mikroskop podle nároku 12, **vyznačující se tím, že** povrch tvaru komolého kužele prvního aperturového prvku leží pod úhlem v rozsahu od 10° do 15° vzhledem centrální podélného ose prvního prvku.

15

14. Mikroskop podle nároku 12 nebo 13, **vyznačující se tím, že** povrch tvaru komolého kužele prvního aperturového prvku leží pod úhlem v podstatě 12° vzhledem centrální podélného ose prvního prvku.

20

15. Mikroskop podle kteréhokoli z nároků 12 až 14, **vyznačující se tím, že** povrch tvaru komolého kužele druhého aperturového prvku leží pod úhlem v rozsahu od 15° do 30° vzhledem centrální podélného ose druhého prvku.

25 16. Mikroskop podle kteréhokoliv z nároků 12 až 15, **vyznačující se tím, že** povrch tvaru komolého kužele druhého aperturového prvku leží pod úhlem v podstatě 20° vzhledem centrální podélného ose druhého prvku.

30 17. Mikroskop podle kteréhokoliv z nároků 5 až 16, **vyznačující se tím, že** první prvek obsahuje první aperturu



pro přenos elektronového paprsku, která má průměr v rozsahu od 100 μm do 400 μm .

18. Mikroskop podle nároku 17, **vyznačující se tím, že** první apertura má průměr v podstatě 200 μm .

19. Mikroskop podle kteréhokoliv z nároků 5 až 18, **vyznačující se tím, že** první apertura má hloubku v rozsahu od 0,5 mm do 1,5 mm.

20. Mikroskop podle nároku 19, **vyznačující se tím, že** první apertura má hloubku v podstatě 1 mm.

21. Mikroskop podle kteréhokoliv z nároků 5 až 20, **vyznačující se tím, že** druhý aperturový prvek obsahuje výhodně druhou aperturu pro přenos elektronového paprsku, která má průměr v rozsahu od 200 μm do 800 μm .

22. Mikroskop podle nároku 21, **vyznačující se tím, že** druhá apertura má průměr v podstatě 500 μm .

23. Mikroskop podle nároku 21 nebo 22, **vyznačující se tím, že** clona, obsahující druhou aperturu, je uchycena v poloze v druhém aperturovém prvku prostřednictvím rozpěrného pojistného kroužku.

24. Mikroskop podle nároku 21, 22 nebo 23, **vyznačující se tím, že** druhá apertura je vytvořena v cloně, která je výhodně vyrobena z alespoň jednoho z prvků platiny a molybdenu.

25. Mikroskop podle kteréhokoliv z nároků 5 až 24, **vyznačující se tím, že** druhý aperturový prvek obsahuje množství radiálních otvorů pro plynové propojení vnitřní oblasti druhého prvku s mezilehlou tlakovou dutinou.



26. Mikroskop podle nároku 25, **vyznačující se tím, že** množství otvorů je úhlově rovnoměrně rozmístěno.

27. Mikroskop podle nároku 25 nebo 26, **vyznačující se tím, že** množství otvorů zahrnuje osm otvorů.

28. Mikroskop podle nároku 25, 26 nebo 27, **vyznačující se tím, že** každý z množství otvorů má průměr v rozsahu od 0,8 mm do 1,1 mm.

29. Mikroskop podle nároku 28, **vyznačující se tím, že** každý z množství otvorů má průměr v podstatě 1 mm.

30. Mikroskop podle kteréhokoliv z nároků 2 až 29, **vyznačující se tím, že** nosný prvek je uchycen v čočce objektivu prostřednictvím uložení za studena.

31. Mikroskop podle kteréhokoliv z nároků 5 až 30, **vyznačující se tím, že** první aperturový prvek obsahuje drážkový znak pro záběr s nástrojem při instalování nebo vyjímání prvního prvku do respektive z nosného prvku.

32. Mikroskop podle kteréhokoliv z nároků 5 až 31, **vyznačující se tím, že** druhý aperturový prvek zahrnuje množství plošek na svém vnějším povrchu pro záběr s nástrojem při instalování nebo vyjímání druhého prvku do respektive z nosného prvku.

33. Mikroskop podle nároku 4, **vyznačující se tím, že** detekční prostředky mají podobu prstencového detektoru upevněného ke spodní destičce a majícího detekční povrch orientovaný směrem ke vzorku.

34. Mikroskop podle nároku 34, **vyznačující se tím, že** spodní destička je vyrobena z alespoň jednoho z hliníku a duralu.

5 35. Mikroskop podle nároku 4, **vyznačující se tím, že** detekční prostředky zahrnují alespoň jeden z fotodiody citlivé na elektrony, mikrokanálové destičky, kombinace scintilátoru a fotonásobiče, a elektricky izolované vodivé destičky.

10 36. Mikroskop podle kteréhokoliv z předcházejících nároků, **vyznačující se tím, že** elektronové optické prostředky zahrnují jeden nebo více z termionického elektronového emitoru s wolframovým drátkem, termionického elektronového emitoru s hexaboridem lanthanitým, a emitoru s tepelným
15 polem, pro generování elektronového paprsku pro použití při vytváření sondy.

Zastupuje :

20

25

30

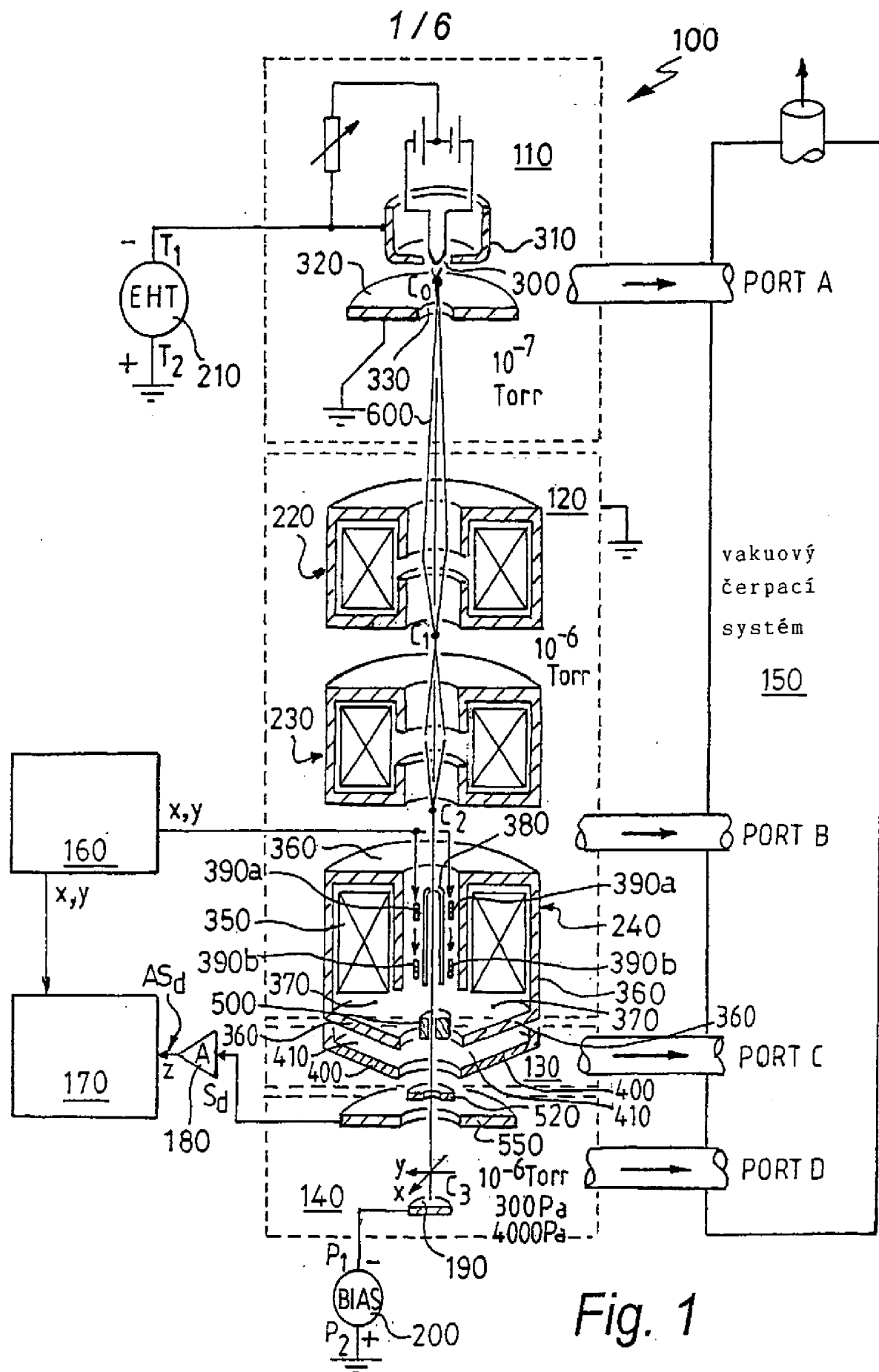


Fig. 1

2 / 6

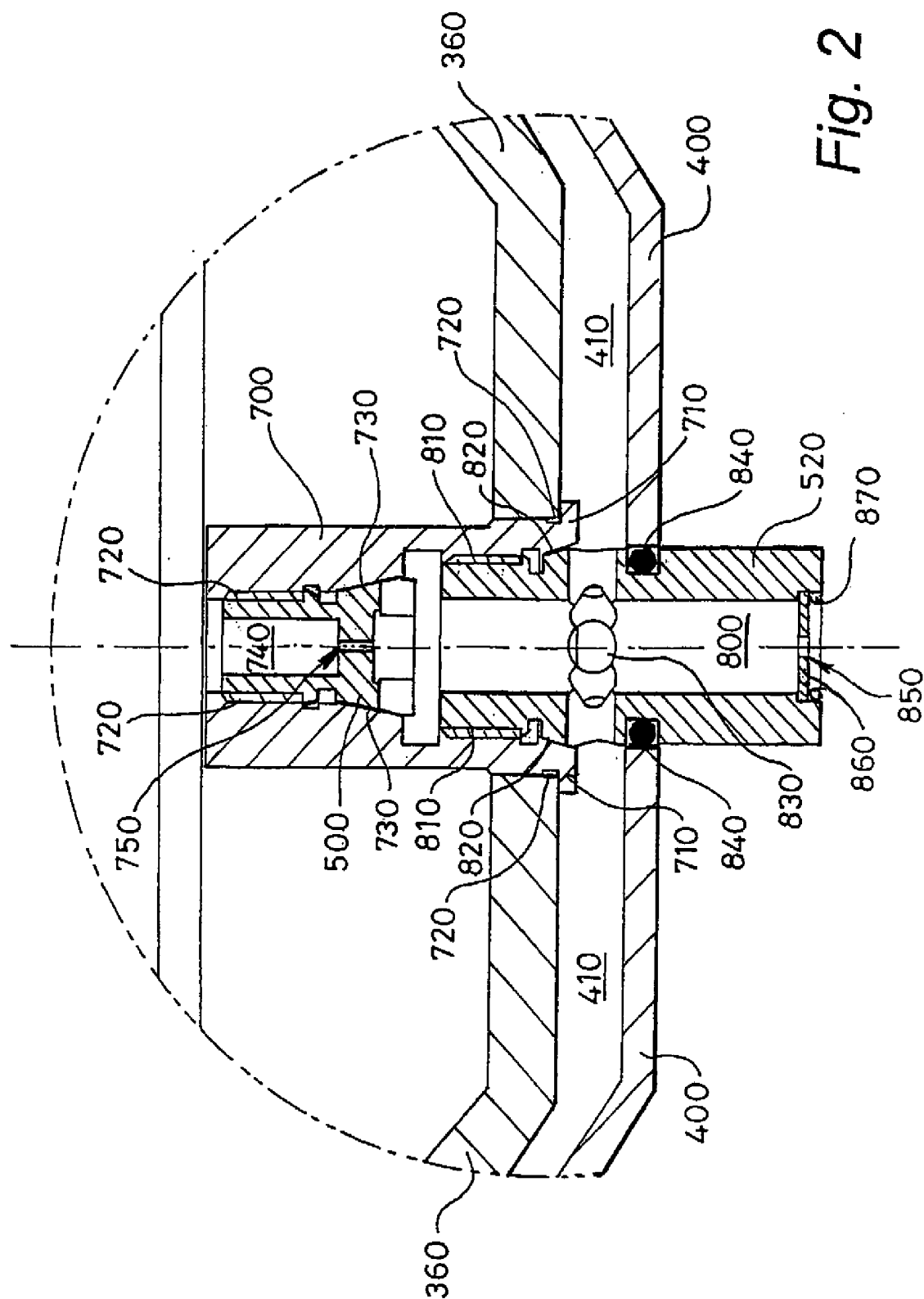


Fig. 2

3/6

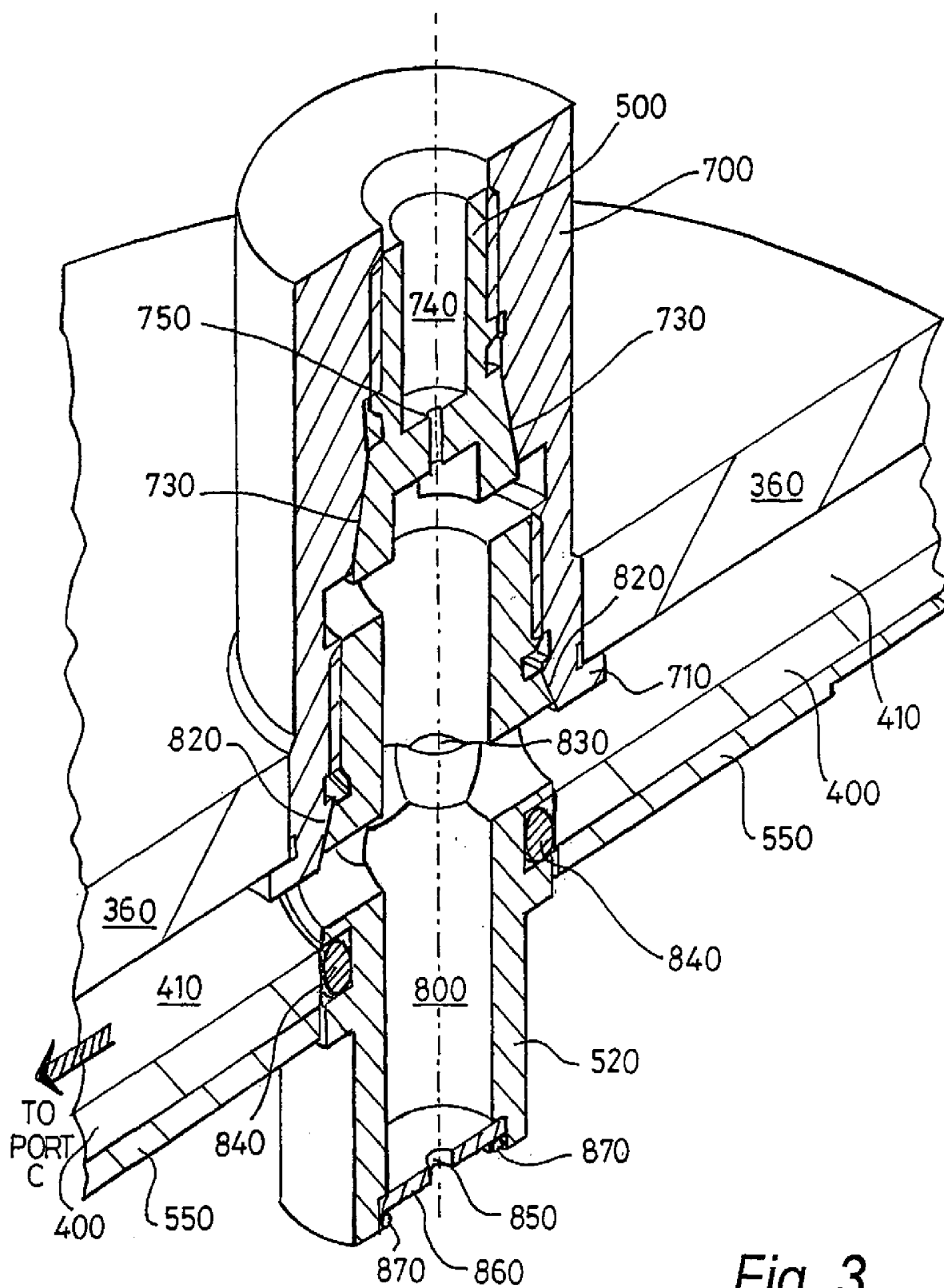
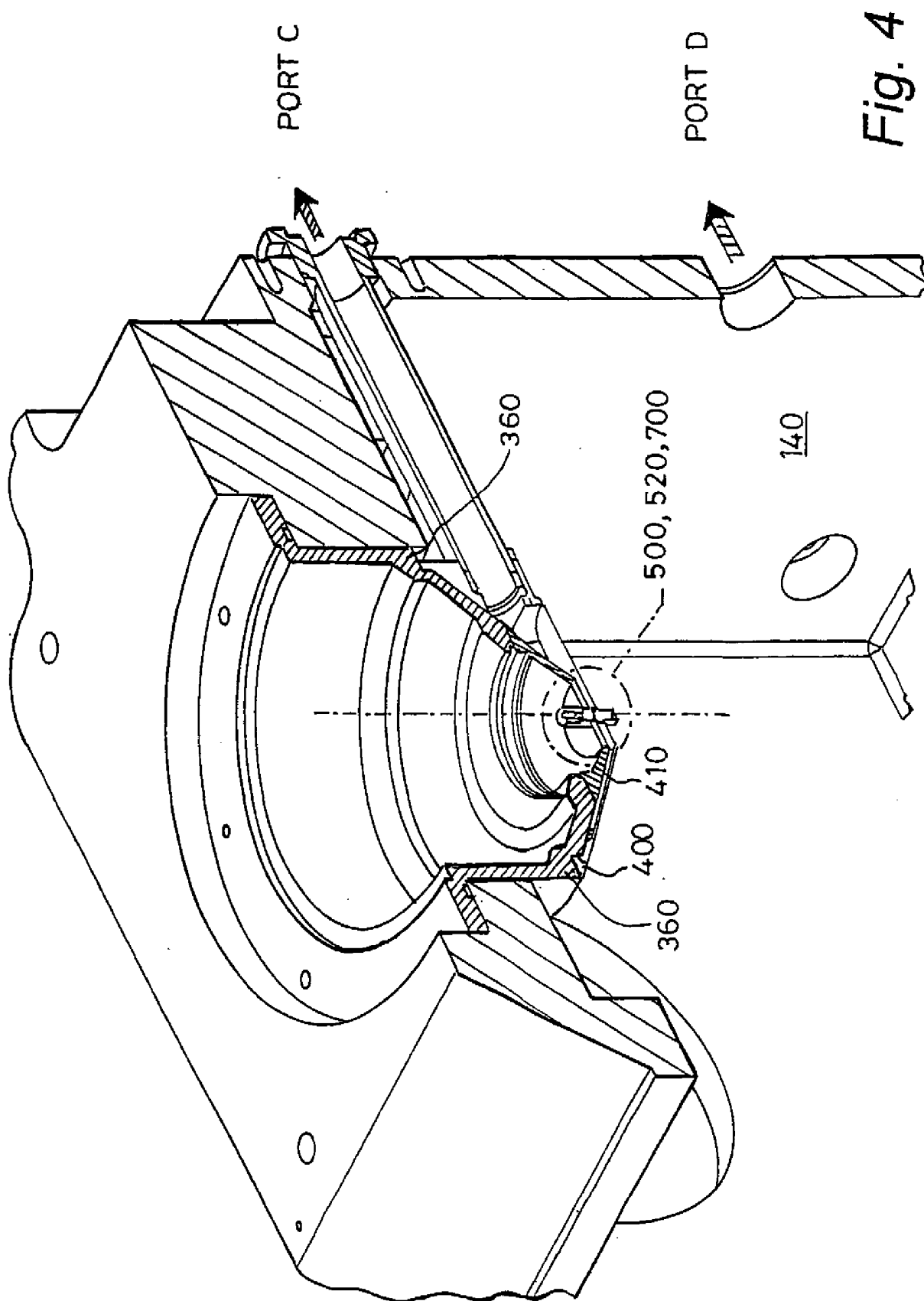


Fig. 3

4/6



5/6

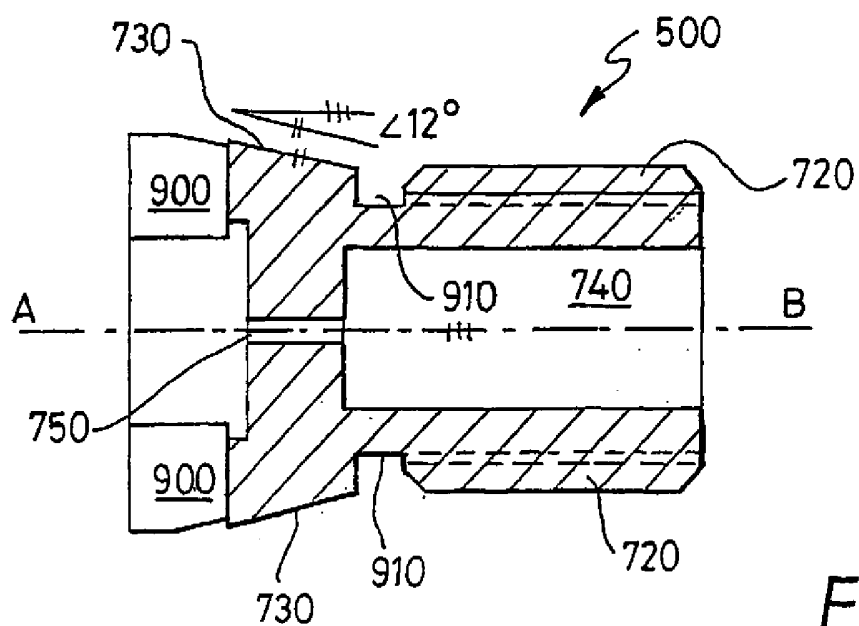


Fig. 5

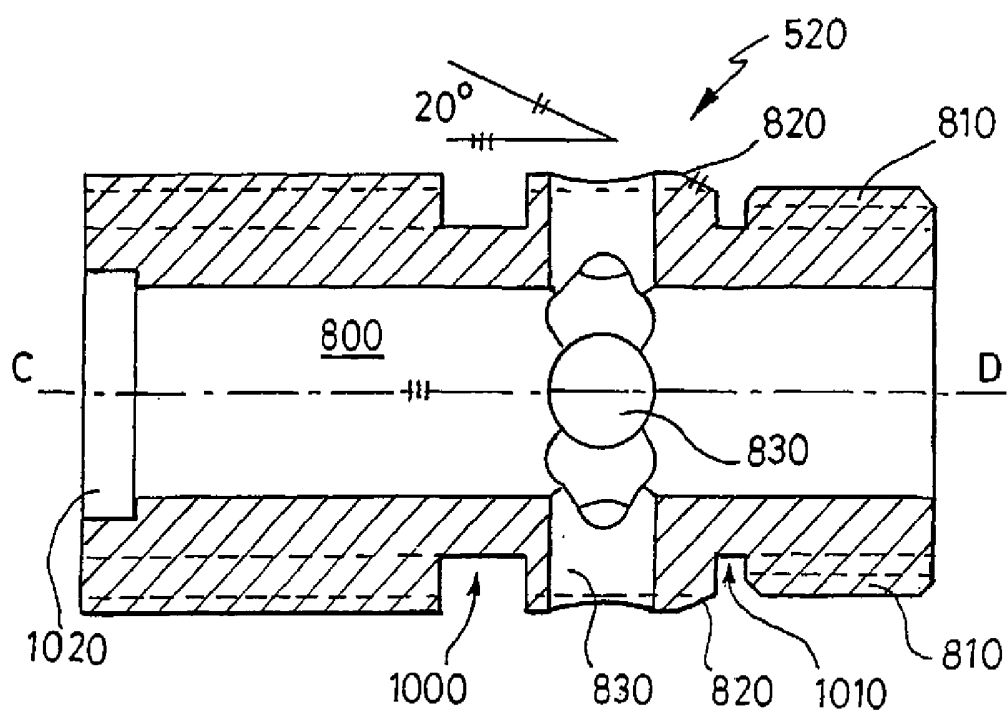
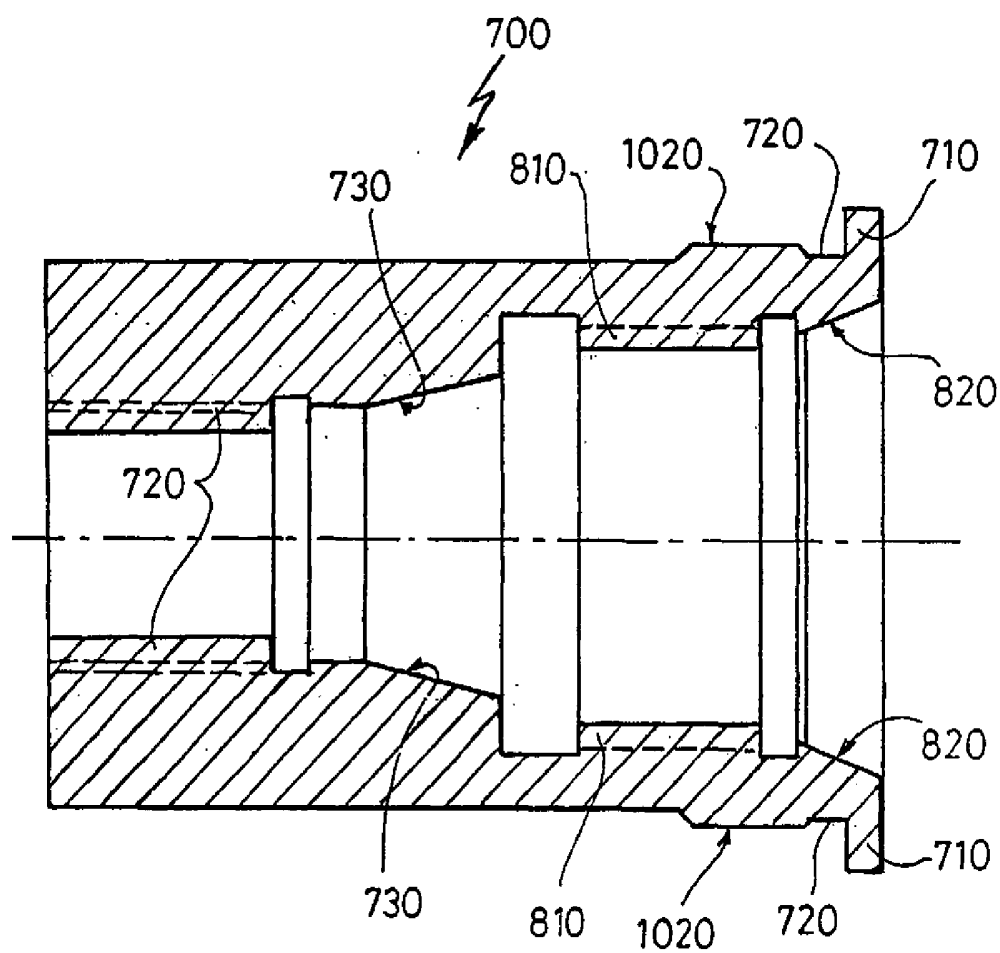


Fig. 6

6/6

*Fig. 7*