

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 2018-221
(22) Přihlášeno: 11.05.2018
(30) Právo přednosti:
11.05.2017 DE 102017208005.1
(40) Zveřejněno: 27.02.2019
(Věstník č. 9/2019)
(47) Uděleno: 09.09.2021
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: 20.10.2021
(Věstník č. 42/2021)

H01J 37/147 (2006.01)
H01J 37/09 (2006.01)
H01J 37/10 (2006.01)
H01J 37/26 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:
CZ EP 2711967 T3; US 2014/0367586 A1; WO 2014/043557 A.

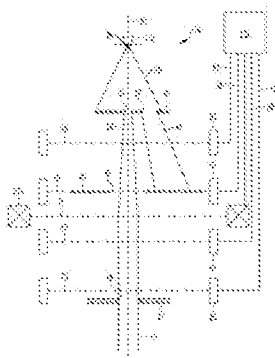
(73) Majitel patentu:
Carl Zeiss Microscopy GmbH, 07745 Jena, DE

(72) Původce:
Volker Drexel, 89551 Königsbrunn, DE
Bernd Hafner, 73453 Abtsgmünd, DE

(74) Zástupce:
KANIA, SEDLÁK, SMOLA, s.r.o., Mendlovo
náměstí 907/1a, 603 00 Brno, Staré Brno

(54) Název vynálezu:
**Zdroj částic sloužící ke generování svazku
částic a částicově optické zařízení**

(57) Anotace:
Zdroj částic sloužící ke generování svazku (51) částic zahrnuje ovládací zařízení (11a), emitor (17a) částic, první destičku (31), první odchylovač (53) a druhou destičku (43) s otvorem (45). První destička má menší otvor (33), za nímž je tvořen první svazek (39), a větší otvor (37), za nímž je tvořen druhý svazek (41). Ovládací zařízení (11a) v prvním provozním režimu nastavuje úhel vychýlení odchylovače tak, že částice prvního svazku pronikají otvorem (45) ve druhé destičce a tvoří svazek (51) částic generovaný zdrojem částic, a ve druhém provozním režimu nastavuje úhel vychýlení tak, že částice druhého svazku (41) pronikají otvorem (45) ve druhé destičce (43) a tvoří svazek (51) částic generovaný zdrojem částic.



Zdroj částic sloužící ke generování svazku částic a částicově optické zařízení

Oblast techniky

5

Vynález se týká zdroje částic sloužícího ke generování svazku částic a částicově optického zařízení. Vynález se zejména týká zdroje částic sloužícího ke generování svazku nabitých částic k provozu částicově optického zařízení, jako například elektronového mikroskopu, iontového mikroskopu nebo litografického zařízení. Vynález se dále týká částicově optického zařízení, které zahrnuje takový zdroj částic.

10

Dosavadní stav techniky

Například u rastrovacího elektronového mikroskopu se používá zdroj částic, který generuje svazek elektronů, který je zaostřen na povrch zkoumaného objektu, přičemž místo zaostření, tzn. místo, v němž elektrony dopadají na objekt, je vychylováním svazku elektronů postupně rastrováno přes povrch objektu. Ohnisko na každém místě zůstane po takovou dobu, která je dostatečná pro detekci požadovaného počtu událostí, které jsou iniciovány elektrony dopadajícími na objekt. Tyto události mohou být například sekundární elektrony, rentgenové záření nebo jiné druhy událostí vyvolané elektronem dopadajícím na objekt. Detekované události přiřazené různým místům objektu reprezentují elektronově mikroskopický obraz objektu. Pro pořízení obrazu s požadovaným kontrastem je nutné detekovat dostatečný počet událostí, a proto musí na každé místo na objektu dopadnout minimální počet elektronů. Tento minimální počet závisí na vlastnostech objektu, druhu detekované události, šumu detektorů a jiných komponentů a na dalších faktorech.

Ve smyslu zvyšování výkonnosti při pořizování elektronově mikroskopických obrazů je proto žádoucí, aby svazek částic směřující na objekt vykazoval co možná nejvyšší proud svazku. Zvýšení proudu svazku však u daného rastrovacího elektronového mikroskopu vede k tomu, že průměr ohniska svazku, které lze vytvořit na povrchu objektu prostřednictvím rastrovacího elektronového mikroskopu, se zvětšuje, protože nabitě částice ve svazku spolu vzájemně interagují. Průměrem ohniska svazku je omezena rozlišovací schopnost rastrovacího elektronového mikroskopu. Ve smyslu zvyšování rozlišovací schopnosti je proto na druhou stranu žádoucí proud svazku redukovat.

35

U daného rastrovacího elektronového mikroskopu proto lze výkonnost zvýšit na úkor rozlišení nebo lze zvýšit rozlišení na úkor výkonnosti.

U typického rastrovacího elektronového mikroskopu je maximální velikost proudu svazku určena velikostí průřezové plochy otvoru definujícího svazek v anodové cloně. Zvětšování průřezové plochy otvoru vede ke zvýšení maximálního možného proudu svazku. Pro typický rastrovací elektronový mikroskop jsou proto k dostání anodové clony s různě velkými otvory, aby bylo možné výměnou anodových clon měnit maximální proud svazku. Výměna anodových clon, které jsou za provozu rastrovacího elektronového mikroskopu umístěny ve vakuu, je však náročný proces, který zabere mnoho času. Proto se v laboratořích často používají dva rastrovací elektronové mikroskopy, eventuálně dokonce stejné konstrukce, které se liší generovaným proudem svazku, aby bylo možné zkoumat vzorky volitelně při velkém proudu svazku s vysokou výkonností a při malém proudu paprsku s vysokým rozlišením. Je zjevné, že pořízení dvou rastrovacích elektronových mikroskopů pouze za tím účelem, aby bylo možné provádět zkoumání pomocí dvou různých proudů svazku, je považováno za neuspokojivé.

50

Nejbližší stav techniky představuje EP 2711967 A1.

55

Podstata vynálezu

Úkolem tohoto vynálezu je navrhnout systém svazku částic a zdroj částic, které umožní relativně snadnou změnu maximálního možného proudu svazku.

5

Podle formy provedení vynálezu zahrnuje zdroj částic sloužící ke generování svazku částic ovládací zařízení, emitore částic, první destičku s alespoň dvěma otvory, první odchylovač a druhou destičku s jedním otvorem. Emitore částic je konfigurován tak, aby generoval divergentní svazek nabitých částic. Nabité částice mohou být například elektrony nebo ionty. Divergentní svazek nabitých částic generovaný emitorem částic dopadne na první destičku a alespoň dva otvory v první destičce. Alespoň dva otvory se liší svojí průřezovou plochou. První z alespoň dvou otvorů v první destičce má menší průřezovou plochu než druhý z alespoň dvou otvorů v první destičce. Otvory mohou mít kruhový tvar, což však není nutné. Jeden nebo několik otvorů může například mít tvar, který odpovídá části mezikruží. Několik takových otvorů může společně vytvořit průřezovou plochu, která se přibližuje průřezové ploše mezikruží. Průřezová plocha druhého otvoru může být například více než 1,2krát, více než 1,5krát, více než dvakrát, více než pětkrát a více než desetkrát větší než průřezová plocha prvního otvoru. Částice divergentního svazku mohou pronikat první destičkou otvory v první destičce. Otvory jsou uspořádány ve vzájemných rozestupech tak, že v trajektorii svazku částic je za první destičkou vytvořeno několik vzájemně oddělených svazků částic, přičemž průřezová plocha každého jednotlivého otvoru určuje také průřez svazku částic vytvořeného tímto otvorem. Za předpokladu, že hustota částic v divergentním svazku dopadajícím na první destičku v oblasti otvorů je v podstatě konstantní, se pak například proudy svazků, které jsou tvořeny dvěma otvory, jejichž průřezové plochy se například liší o činitel 2, liší rovněž o dvojnásobek.

25

Svazky částic vytvořené otvory v první destičce dopadají na druhou destičku. Ve druhé destičce se nachází otvor, kterým mohou částice pronikat druhou destičkou. První odchylovač je umístěn v trajektorii svazku mezi první destičkou a druhou destičkou. První odchylovač připravuje pole vychylující částice. Toto pole může být například elektrické nebo magnetické dipólové pole. Toto vychylující pole působí na částice svazku částic pronikajícího odchylovačem prostřednictvím rozšířené oblasti ve směru svazku. Rozšíření vychylujícího pole je podmíněno konstrukčními okrajovými podmínkami odchylovače, jako například geometrie cívek nezbytných k vytvoření magnetického dipólového pole. Vychylující pole má, pozorováno ve směru svazku, maximum na určitém místě a toto místo lze definovat jako hlavní rovinu odchylovače. Hlavní rovina prvního odchylovače je proto umístěna mezi první destičkou a druhou destičkou.

35

První odchylovač vychyluje částice svazku částic pronikajícího odchylovačem. Ovládací zařízení je konfigurováno k nastavování velikosti tohoto vychýlení, například nastavením proudu, který je přiváděn do cívek odchylovače tak, aby došlo k vytvoření vychylujícího magnetického pole.

40

Ovládací zařízení má první a druhý provozní režim. V prvním provozním režimu nastaví ovládací zařízení vychýlení tak, že částice prvního svazku pronikají otvorem ve druhé destičce a částice druhého svazku dopadají na druhou destičku, aniž by jí pronikaly. V závislosti na velikosti a umístění průřezové plochy otvoru ve druhé destičce pronikají veškeré částice prvního svazku nebo část těchto částic první destičkou a v prvním provozním režimu vytvářejí svazek částic generovaný zdrojem částic.

45

Ve druhém provozním režimu nastaví ovládací zařízení vychýlení tak, že částice druhého svazku pronikají otvorem ve druhé destičce a částice prvního svazku dopadají na druhou destičku, aniž by jí pronikaly. Část částic nebo veškeré částice druhého svazku tak pronikají otvorem ve druhé destičce a ve druhém provozním režimu vytvářejí svazek částic generovaný zdrojem částic. Protože se proud svazku prvního a druhého svazku vzájemně liší, generuje zdroj částic v prvním provozním režimu svazek částic s prvním proudem svazku a ve druhém provozním režimu svazek částic s druhým proudem svazku, který je větší než první proud svazku. Přepínání mezi prvním provozním režimem a druhým provozním režimem se provádí změnou prvního úhlu

55

vychýlení, který generuje první odchylovač. Tak lze v částicově optickém zařízení, které využívá tento zdroj částic, měnit proud svazku pouhým přepínáním provozního režimu pomocí ovládacího zařízení, aniž by bylo nutné vyměňovat anodové clony.

- 5 Podle příkladových forem provedení připravuje první odchylovač elektrické a/nebo magnetické dipólové pole, aby došlo k vychýlení prvního svazku a druhého svazku společně o první úhel vychýlení.

- 10 Podle příkladových forem provedení zahrnuje zdroj částic druhý odchylovač, který je v trajektorii svazku umístěn za prvním odchylovačem a je konfigurován k tomu, aby vychyloval částice prvního a druhého svazku o nastavitelný druhý úhel vychýlení. Druhý odchylovač je v tomto smyslu zase umístěn za prvním odchylovačem tak, že hlavní rovina druhého odchylovače je v trajektorii svazku umístěna za hlavní rovinou prvního odchylovače. Podle zde uvedených příkladových forem provedení je ovládací zařízení dále konfigurováno k tomu, aby nastavovalo
- 15 druhý úhel vychýlení druhého odchylovače v prvním provozním režimu tak, že generovaný svazek částic směřuje předem určeným směrem, a aby druhý úhel vychýlení druhého odchylovače ve druhém provozním režimu nastavovalo tak, že generovaný svazek částic směřuje stejným předem určeným směrem. Podle příkladových forem provedení je ovládací zařízení dále konfigurováno k tomu, aby nastavovalo první a druhý úhel vychýlení tak, že rozdíl mezi druhým
- 20 úhlem vychýlení v prvním provozním režimu a druhým úhlem vychýlení ve druhém provozním režimu je roven rozdílu mezi prvním úhlem vychýlení v prvním provozním režimu a prvním úhlem vychýlení ve druhém provozním režimu.

- 25 Podle příkladových forem provedení připravuje první odchylovač elektrické a/nebo magnetické zaostřovací čočkové pole pro společné zaostření prvního svazku a druhého svazku.

- Podle příkladových forem provedení je druhý odchylovač, pozorováno ve směru trajektorie svazku, umístěn v malé vzdálenosti od druhé destičky. Například je vzdálenost mezi hlavní rovinou druhého odchylovače a povrchu druhé destičky přivráceného k emitoru částic menší než
- 30 5 mm. Hlavní rovina druhého odchylovače se přitom, pozorováno ve směru trajektorie paprsku, může nacházet před nebo za povrchem druhé destičky přivráceným k emitoru částic.

- Podle příkladových forem provedení zdroj částic dále zahrnuje částicově optickou čočku s hlavní rovinou, která je umístěna v trajektorii svazku za první destičkou. Částicově optická čočka může
- 35 být generována například magnetickým polem, které je zase generováno jednou nebo několika cívkami, jimiž prochází elektrický proud. Geometrie cívek určuje průběh generovaného zaostřovacího magnetického pole podél trajektorie svazku. Hlavní rovinu částicově optické čočky lze určit podle běžné definice pro čočky v optice. Hlavní rovina částicově optické čočky se nachází v trajektorii svazku za první destičkou a může se nacházet především mezi první
- 40 destičkou a druhou destičkou nebo i v trajektorii svazku za druhou destičkou.

- Podle příkladových forem provedení zdroj částic dále zahrnuje třetí destičku, která je umístěna v trajektorii svazku za druhou destičkou a za hlavní rovinou částicově optické čočky a která vykazuje čtvrtý otvor, kterým částice generovaného svazku částic pronikají třetí destičkou. Tato
- 45 třetí destička může mít i několik čtvrtých otvorů, které se liší svým průměrem. Svazek lze volitelně zaměřit na jeden z několika čtvrtých otvorů tak, aby byly v trajektorii svazku za třetí destičkou generovány svazky o různých průměrech. Navíc lze třetí destičku například pomocí aktuátoru přesunovat relativně ke zbývajícím komponentům zdroje částic, nebo lze svazek prostřednictvím deflektorů vychýlit tak, že dopadá na vybraný z několika čtvrtých otvorů.

- 50 Ovládací zařízení může být dále konfigurováno k tomu, aby nastavovalo lomivou sílu částicově optické čočky tak, aby generovaný svazek částic vykazoval ohnisko svazku na takovém místě, které, pozorováno ve směru trajektorie svazku, má od povrchu třetí destičky přivráceného k emitoru částic vzdálenost, která je menší než 5 mm. Ohnisko svazku se přitom může nacházet
- 55 v trajektorii svazku před nebo za třetí destičkou.

Alespoň jeden otvor ve třetí destičce lze při použití zdroje částic v částicově optickém systému použít jako aperturní clonu systému. Dále lze částicově optickou čočku při použití zdroje částic v částicově optickém systému použít jako kondenzorovou čočku.

5

Podle příkladových forem provedení je průřezová plocha třetího otvoru ve druhé destičce větší než průřezová plocha prvního otvoru v první destičce. Přitom je možné, aby v prvním provozním režimu veškeré částice prvního divergentního svazku pronikaly otvorem ve druhé destičce.

10

Podle příkladových forem provedení je zdroj částic konfigurován tak, že ve druhém provozním režimu veškeré částice druhého divergentního svazku pronikají třetím otvorem ve druhé destičce.

15

Podle příkladových forem provedení nevykazuje zdroj částic podél trajektorie svazku žádný odchylovač, jehož hlavní rovina by byla umístěna mezi emitorem částic a první destičkou. Stejně tak zdroj částic, podle příkladových forem provedení, nevykazuje žádnou částicově optickou čočku, která by připravovala magnetické pole pro zaostřovací svazek částic a jejíž hlavní rovina, pozorováno podél trajektorie svazku, by byla umístěna mezi emitorem částic a první destičkou.

20

Formy provedení vynálezu dále přinášejí částicově optické zařízení, které zahrnuje zdroj částic podle jedné z předchozích vysvětlených forem provedení a částicově optickou čočku, která je konfigurována k tomu, aby svazek částic generovaný zdrojem částic zaměřovala na objekt. Částicově optickým zařízením může být například elektronový mikroskop, iontový mikroskop, generátor iontů sloužící k modifikování objektů, například iontovým leptáním, litografické zařízení, které pracuje s elektrony nebo ionty nebo podobné.

25

Objasnění výkresů

Vynález je dále blíže objasněn pomocí výkresů. Obrázky přitom zobrazují následující:

30

obr. 1 schematické znázornění systému svazku částic;

obr. 2 zdroj částic použitelný v systému svazku částic z obr. 1 v prvním provozním režimu;

35

obr. 3 zdroj částic z obr. 2 ve druhém provozním režimu;

obr. 4 destička s otvory použitelná ve zdroji částic z obr. 2 a 3;

obr. 5 zdroj částic použitelný v systému svazku částic z obr. 1 v prvním provozním režimu;

40

obr. 6 zdroj částic z obr. 5 ve druhém provozním režimu;

obr. 7 destička s otvory použitelná ve zdroji částic z obr. 2 a 3, a obr. 5 a 6;

45

obr. 8 další destička s otvorem použitelná ve zdroji částic; a

obr. 9 zdroj částic, v němž lze použít otvor zobrazený na obr. 8.

50

Příklady uskutečnění vynálezu

Obr. 1 zobrazuje systém svazku částic podle jedné z příkladových forem provedení. Systém 1 svazku částic zahrnuje zdroj 3 částic, který generuje svazek 5 částic. Svazek 5 částic vycházející ze zdroje 3 částic může být například nasměrován na objekt 7, který je umístěn na stolku 8 mikroskopu. Částice svazku 5 částic dopadající na objekt 7 způsobují události, které jsou

55

detekovány detektorem 9, který v závislosti na detekovaných událostech vysílá detekční signály do ovládacího zařízení 11. Svazek 5 částic lze zaostřit čočkou 13 objektivu na povrchu objektu 7. Odchylovač 15, který je ovládacím zařízením 11 kontrolován prostřednictvím ovládacího vedení 60, vychyluje svazek 5 částic pronikající odchylovačem 15 o nastavitelný úhel vychýlení tak, že

5 svazek 5 částic lze v rámci pole objektu zaměřit na libovolná místa na povrchu objektu 7. Především tak ovládací zařízení může svazek 5 částic rastrovat přes povrch objektu 7 a pro místa na povrchu objektu 7, na která je právě směřován svazek 5 částic, uložit přiřazené detekční signály. Tyto uložené signály reprezentují elektronově mikroskopický obraz rastrované části povrchu objektu 7. Ovládací zařízení 11 kontroluje elektrické potenciály různých komponentů

10 systému 1 svazku částic. V následujícím textu se předpokládá, že potenciál uzemnění pro popis různých potenciálů je obvyklý referenční potenciál a že stolek 8 mikroskopu je ovládacím zařízením 11 prostřednictvím vedení 62 nebo jiného elektrického spojení udržován na referenčním potenciálu.

15 Zdroj 3 částic zahrnuje emititor 17 částic, který může být zkonstruován například jako Schottkyho emititor, který generuje elektrony pomocí tepelné emise podporované působením pole. Emititor 17 částic je kontrolován ovládacím zařízením 11 prostřednictvím ovládacího vedení 63 a udržován na potenciálu, jehož hodnota se může například nacházet v rozmezí $-0,02$ kV a -30 kV. Zdroj 3 částic dále zahrnuje supresorovou elektrodu 19, která je ovládacím zařízením 11 prostřednictvím

20 ovládacího vedení 64 udržována na potenciálu, který může mít například hodnotu $+300$ V pod potenciálem emititoru 17 částic. Zdroj 3 částic dále zahrnuje extrakční elektrodu 21 pro extrahování nabitých částic z emititoru 17 částic, které tvoří svazek 5 částic. Extrakční elektroda 21 je ovládacím zařízením 11 prostřednictvím ovládacího vedení 65 udržována na potenciálu, který může mít například hodnotu 2 až 4 kV nad potenciálem emititoru 17 částic. Zdroj 3 částic

25 dále zahrnuje anodu 23, která má otvor 25 a ovládacím zařízením 11 je prostřednictvím ovládacího vedení 66 udržována na potenciálu, který může mít hodnotu například $+8$ kV. Rozdíl potenciálů mezi emitorem 17 částic a anodou 23 určuje kinetickou energii částic svazku 5, které pronikají otvorem 25 v anodě 23. K anodě 23 se může připojit trubice 75 pro vedení svazku, která sahá až ke stolku mikroskopu a pro svazek 5 tvoří trajektorii driftu bez pole.

30 V trajektorii svazku za anodou 23 je umístěna kondenzorová čočka 27 pro kolimaci svazku 5 částic.

35 Detaily jedné z forem provedení zdroje částic, který je použitelný v systému svazku částic z obr. 1, jsou v následujícím textu objasněny pomocí obr. 2 až 3. Obr. 2 zobrazuje ve schematickém znázornění trajektorii svazku a komponenty zdroje 3a částic. Zdroj 3a částic zahrnuje ovládací zařízení 11a a emititor 17a částic. Emititor 17a částic je poháněn z ovládacího zařízení 11a, tzn. že ovládací zařízení 11a přivádí do emititoru 17a částic například proud tak, aby jej zahřálo, a do emititoru 17a částic přivádí vhodný potenciál, například vysokonapěťový potenciál. Pro extrakci

40 částic z emititoru 17a částic může mít zdroj 3a částic supresorové a extrakční elektrody, které však na obr. 2 nejsou znázorněny. Částice extrahované z emititoru 17a částic tvoří divergentní svazek 29 nabitých částic. Vhodným uspořádáním emititoru 17a částic a elektrod, jako například extrakčních a supresorových elektrod, a přiložením vhodných elektrických potenciálů k těmto elektrodám lze dosáhnout toho, že divergentní svazek 29 částic zdánlivě vychází z bodového

45 virtuálního zdroje 28.

Divergentní svazek 29 dopadá na první destičku 31, která je na obr. 2 znázorněna v průřezu a na obr. 4 je znázorněna v pohledu shora. Destička 31 má první středový otvor 33, jehož střed je umístěn na optické ose 35 zdroje 3a částic. První destička 31 má dále druhý otvor 37, jehož střed

50 je umístěn ve vzdálenosti r od optické osy 35.

Částice divergentního svazku 29 z jedné části dopadají na povrch první destičky 31 přivrácený k emititoru 17a částic a z druhé části pronikají první destičkou 31 otvory 33 a 37. Částice divergentního svazku 29 pronikající otvory 33 a 37 tvoří v trajektorii svazku za první destičkou

55 první svazek 39, resp. druhý svazek 41. Svazek 39 částic pronikajících prvním otvorem 33 v

první destičce 31 vykazuje menší průřez svazku než svazek 41, který je tvořen částicemi pronikajícími druhým otvorem 37, protože průřezové plochy otvorů 33 a 37 se liší. Jako příklad se předpokládá, že průřezová plocha druhého otvoru 37 je pětikrát větší než průřezová plocha prvního otvoru 33. Za předpokladu, že proud na částicích, které pronikají otvory 33 a 37, je úměrný průřezovým plochám těchto otvorů, je proud svazku 41 pětikrát větší než proud svazku 39.

V trajektorii svazku za první destičkou 31 je umístěna druhá destička 43, která má otvor 45, jehož střed je umístěn na optické ose 35. Průřezová plocha otvoru 45 je podstatně větší než průřezová plocha otvoru 33, takže veškeré částice svazku 39 pronikají otvorem 45.

Protože svazek 29 dopadající na destičku 31 je divergentní, je i svazek 39 tvořený otvorem 33 divergentní. Pro kolimaci tohoto svazku je k dispozici částicově optická čočka 27a jako kondenzorová čočka. V nastavení objasněném pomocí obr. 2 je částicově optická čočka 27a nabuzená tak, že svazek 39 je po průniku čočkou 27a v podstatě paralelně kolimovaný a proniká aperturní clonou, která je tvořena třetí destičkou 47, která má otvor 49, jehož střed se zase nachází na optické ose 35 zdroje 3a částic. Nabuzení čočky 27 je dále nastaveno tak, že průřez svazku 39 v rovině třetí destičky 47 je poněkud větší než průřezová plocha otvoru 49, takže ne všechny částice svazku 39 mohou pronikat třetí destičkou 47 otvorem 49 a průřezová plocha otvoru 49 definuje průřez svazku 51 částic pronikajícího třetí destičkou 47, který je svazkem částic vydávaným zdrojem 3a částic.

Zdroj 3a částic objasněný pomocí obr. 2 tak generuje svazek 51 částic ze svazku 39, který, v porovnání se svazkem 41, vykazuje menší proud svazku. Svazek 41 dopadá na povrch destičky 43, aniž by pronikal jejím otvorem 45. Provozní režim zdroje 3a částic zobrazený na obr. 2, v němž je svazek 51 částic generovaný zdrojem částic tvořen svazkem 39 s menším proudem svazku, je prvním provozním režimem zdroje 3a částic. Druhý provozní režim zdroje 3a částic je dále objasněn pomocí obr. 3.

Zdroj 3a částic zahrnuje první odchylovač 53, jehož hlavní rovina 55 je umístěna v trajektorii svazku mezi první destičkou 31 a druhou destičkou 43. Zatímco v prvním provozním režimu (srov. obr. 2) pronikají svazky 39 a 41 odchylovačem 53, aniž by byly vychýleny, je odchylovač 53 ve druhém provozním režimu ovládacím zařízením 11a prostřednictvím ovládacího vedení 67 nabuzen tak, že svazky 39 a 41 vychýlí vždy o úhel vychýlení α . Odchylovač 53 je k tomuto účelu konfigurován tak, že v části prostoru, kterou pronikají svazky 39 a 41, poskytuje magnetické dipólové pole, elektrické dipólové pole nebo kombinaci magnetického dipólového pole a elektrického dipólového pole. Síla poskytnutého dipólového pole, která je kontrolována ovládacím zařízením 11a, určuje úhel vychýlení α , který se projeví u obou svazků 39 a 41, když pronikají odchylovačem 53. Velikost úhlu vychýlení α a jeho orientace ve směru obvodu kolem optické osy 35 jsou zvoleny tak, že svazek 39 dopadá na povrch druhé destičky 43, aniž by pronikal jejím otvorem 45, a že částice svazku 41 všechny nebo alespoň z velké části pronikají otvorem 45 v destičce 43.

Zdroj 3a částic dále zahrnuje druhý odchylovač 57, jehož hlavní rovina 59 je umístěna ve vzdálenosti ve směru svazku od hlavní roviny 55 odchylovače 53, kontrolovaný ovládacím zařízením 11a prostřednictvím ovládacího vedení 68. Druhý odchylovač 57 rovněž poskytuje magnetické a/nebo elektrické dipólové pole a je ovládacím zařízením 11a nabuzen tak, že vychyluje svazek 41 o druhý úhel vychýlení β , který je vyměřen tak, že svazek 41 je po vychýlení pomocí druhého odchylovače 57 orientován stejným směrem jako svazek 51 v prvním provozním režimu, tzn. v příkladu objasněném pomocí obr. 2 a 3 podél optické osy 35. Jiné směry jsou možné.

Ve druhém provozním režimu je čočka 27a ovládacím zařízením 11a nabuzena silněji než v prvním provozním režimu, aby svazek 41, který v porovnání se svazkem 39 vykazuje větší průřez svazku, po proniknutí druhou destičkou 43 jejím otvorem 45 mohl z velké části proniknout i

otvorem 49 ve třetí destičce 47. I zde je nabuzení čočky 27a nastaveno tak, aby část částic svazku 41 nepronikala otvorem 49 ve třetí destičce 47, takže průřezová plocha tohoto otvoru 49 definuje průřez svazku 51 částic generovaného zdrojem 3a částic ve druhém provozním režimu.

- 5 Ve formě provedení objasněné pomocí obr. 2 a 3 se hlavní rovina 59 druhého odchylovače 57 překrývá s rovinou druhé destičky 43. To však není nutné. Hlavní rovina 59 druhého odchylovače 57 může být v trajektorii svazku umístěna před nebo za druhou destičkou 43.

- 10 Zdroj 3a částic dále zahrnuje třetí odchylovač 61 s hlavní rovinou 63, kontrolovaný ovládacím zařízením 11a prostřednictvím ovládacího vedení 69, a čtvrtý odchylovač 65 s hlavní rovinou 73 kontrolovaný ovládacím zařízením 11a prostřednictvím ovládacího vedení 70. Hlavní roviny 63 a 73 třetího, resp. čtvrtého odchylovače 61, 65 jsou umístěny podél trajektorie svazku ve vzájemné vzdálenosti. Každý z odchylovačů 61 a 65 může poskytovat magnetické a/nebo elektrické dipólové pole, odchylovače jsou kontrolovány ovládacím zařízením 11a a lze je použít k
15 vychylování částic svazků, které jimi procházejí, tak, že svazek 51 částic generovaný zdrojem 3a částic probíhá přesně ve směru optické osy 35 a je také vystředěn přesně na této ose.

- V příkladu objasněném pomocí obr. 2 a 3 jsou hlavní roviny 63 a 73 třetího, resp. čtvrtého odchylovače 61, 65 v trajektorii paprsku umístěny před třetí destičkou 47. Jiná uspořádání jsou
20 možná. Obě hlavní roviny 63 a 73 mohou být umístěny v trajektorii paprsku za destičkou 47, a destička 47 může být umístěna také v trajektorii svazku mezi oběma hlavními rovinami 63 a 73.

- Hlavní rovina 71 čočky 27a je podle příkladu objasněného pomocí obr. 2 a 3 v trajektorii paprsku umístěna za druhou destičkou 43. Nemusí to být takto, jak je objasněno v dalším textu u jedné z
25 forem provedení objasněných pomocí obr. 5 a 6. Zdroj 3b částic zobrazený na obr. 5 a 6 má konstrukci, která je velmi podobná zdroji částic objasněnému pomocí obr. 2 až 4. Zdroj 3b částic tak zahrnuje emitör 17b částic, který emituje divergentní svazek 29b, který dopadá na první destičku 31b, která má malý otvor 33b, jehož střed je umístěn na optické ose 35b zdroje 3b částic. První destička 31b dále zahrnuje druhý otvor 37b, jehož střed je umístěn v určité vzdálenosti od
30 optické osy 35b. V trajektorii svazku za první destičkou 31b generují částice divergentního svazku 29b pronikající otvory 33b a 37b svazky 39b a 41b.

- V prvním provozním režimu zobrazeném na obr. 5 proniká svazek 39b otvorem 45b ve druhé destičce 43b a tvoří svazek 51b částic generovaný zdrojem 3b částic v prvním provozním režimu.
35

Hlavní rovina 71b částicově optické čočky 27b sloužící ke kolimaci svazku 39b leží mezi první destičkou 31b a druhou destičkou 43b.

- 40 Ve druhém provozním režimu zobrazeném na obr. 6 je odchylovač 53b svazku, který může poskytovat magnetické a/nebo elektrické dipólové pole a jehož hlavní rovina 55b je umístěna mezi první destičkou 31b a druhou destičkou 43b, nabuzen tak, že částice prvního svazku 39b jsou vychýleny o úhel α , takže dopadají na povrch druhé destičky 43b, aniž by pronikaly jejím otvorem 45b. Současně jsou částice druhého svazku 41b rovněž vychýleny o tento úhel takže pronikají otvorem 45b druhé destičky 43b a následně poskytují svazek 51b částic generovaný
45 zdrojem 3b částic. Zdroj 3b částic dále zahrnuje druhý odchylovač 57b, který může poskytovat magnetické a/nebo elektrické dipólové pole a jehož hlavní rovina 59b je v trajektorii svazku umístěna za hlavní rovinou 55b prvního odchylovače 53b. Druhý odchylovač 57b je ovládacím zařízením 11b nabuzen tak, že částice druhého svazku 41b jsou vychýleny o úhel β , který je vyměřen tak, že druhý svazek 41b po vychýlení probíhá druhým odchylovačem 57b rovnoběžně s
50 optickou osou 35b. Ve znázornění na obr. 5 a 6 je hlavní rovina 59b druhého odchylovače 57b umístěna nepatrně za druhou destičkou 43b. Je však také možné, že se hlavní rovina 59 překrývá s destičkou 43b, nebo že hlavní rovina 59b je v trajektorii svazku umístěna před destičkou 43b.

- Ve druhém provozním režimu zobrazeném na obr. 6 je svazek 51b částic generovaný zdrojem 3b částic poskytován částí svazku 41b pronikající otvorem 45b. Při dostatečně velkém otvoru 45b
55

prochází podstatná část svazku 41b otvorem 45b, takže svazek 51b částic generovaný ve druhém provozním režimu vykazuje podstatně větší proud svazku než svazek 51b částic, který je poskytován svazkem 39b a který je generován v prvním provozním režimu.

- 5 Zdroj 3b částic může dále zahrnovat třetí odchylovač 61b a čtvrtý odchylovač 65b, které mohou například poskytovat vždy magnetické a/nebo elektrické dipólové pole pro přesné vystředění generovaného svazku 51b částic na optické ose 35b.

10 Ve výše objasněných formách provedení jsou oba svazky 39 a 41 generovány první destičkou 31 zobrazenou na obr. 4. Přitom je menší otvor 33 vzhledem k optické ose zdroje částic vystředěný, zatímco větší otvor 37 je umístěn v určité vzdálenosti od této optické osy. To může mít následující výhodu: Pokud je malý proud svazku generovaný zdrojem částic v prvním provozním režimu používán k dosažení vysokého rozlišení, je umístění malého otvoru 33 na střed užitečné, protože částice tvořící generovaný svazek částic probíhají vždy v blízkosti optické osy, a proto
15 jsou především chromatické vady generovány pouze v malém rozsahu. U svazku 41, který proniká velkým otvorem 37, vznikají větší vychýlení částic i ve vzdálenosti od optické osy a z toho důvodu jsou chromatické vady generovány v relativně větším rozsahu. Tento svazek však není používán k dosažení co možná nejvyššího rozlišení.

20 Obr. 7 zobrazuje jednu z variant destičky 31 zobrazené na obr. 4. První destička 31c zobrazená na obr. 7 má rovněž malý otvor 33c a otvor 37c, který je v porovnání s otvorem 33c větší. Oba otvory 33c a 37c jsou umístěny ve vzdálenosti r od optické osy 35c. První destičku 31c lze používat ve všech dosud objasněných formách provedení zdroje částic.

25 Zatímco při použití destičky 31 zobrazené na obr. 4 v prvním provozním režimu není svazek 39 prvním odchylovačem 53 a druhým odchylovačem 57 vychylován, je při použití první destičky 31c zobrazené na obr. 7 nutné vychýlení obou svazků 39 a 41 v obou provozních režimech, takže svazek 39 v prvním provozním režimu proniká otvorem 45 ve druhé destičce 43 a ve druhém provozním režimu svazek pronikající otvorem 37c proniká otvorem 45 ve druhé destičce 43.

30 Ve výše objasněných příkladech provedení dopadá divergentní svazek nabitých částic generovaný emitorem částic na první destičku s alespoň dvěma otvory, které se liší z hlediska svých průřezových ploch. V trajektorii svazku za druhou destičkou jsou takto vytvořeny alespoň dva svazky různého průřezu. Odchylovač umístěný v trajektorii svazku za první destičkou je ovládacím zařízením volitelně nastaven tak, že v prvním provozním režimu svazek částic o
35 prvním průřezu svazku proniká otvorem ve druhé destičce umístěné v trajektorii svazku za odchylovačem nebo, ve druhém provozním režimu, proniká svazek o druhém průřezu otvorem ve druhé destičce. Ve výše popsaných formách provedení poskytuje tento odchylovač nastavitelné magnetické a/nebo elektrické dipólové pole. Nemusí to však být takto. Podle jiných forem provedení poskytuje tento odchylovač magnetické nebo elektrické vychylovací pole, které
40 vykazuje jinou souměrnost než souměrnost dipólového pole. V příkladové formě provedení popsané v dalším textu pomocí obr. 8 a 9 má tento odchylovač svazku takovou konfiguraci, že vychylovací pole je magnetickým a/nebo elektrickým zaostřovacím čočkovým polem, které je osově souměrné.

45 Forma provedení popsaná pomocí obr. 8 a 9 se od výše popsaných forem provedení dále liší tím, že první destička, na kterou dopadá divergentní svazek generovaný emitorem částic, má nejen jediný první otvor a jediný druhý otvor, které se liší z hlediska svých průřezových ploch, ale i několik prvních a/nebo druhých otvorů.

50 Obr. 8 zobrazuje pohled shora odpovídající obr. 4 a 7 na první destičku 31d zdroje 3d částic, který je na obr. 9 znázorněn schematicky. První destička 31d má středově umístěný první otvor 33d s malou průřezovou plochou, a má čtyři druhé otvory 37d, které v porovnání s prvním otvorem 33d mají vždy velkou průřezovou plochu. Čtyři druhé otvory 37d dále vykazují tvar,
55 který odpovídá části mezikruží, a jsou umístěny tak, že čtyři části mezikruží společně poskytují

průřezovou plochu, která se blíží průřezové ploše mezikruží.

5 Zdroj 3d částic zahrnuje emitör 17d částic, který emituje divergentní svazek, který dopadá na první destičku 31d. Částice divergentního svazku částic, které pronikají otvory 33d a 37d v destičce 31d, generují v trajektorii svazku za první destičkou 31d divergentní svazky 39d a 41d částic. Průřez svazku 39d částic je definován průřezovou plochou otvoru 33d v destičce 31d, a čtyři druhé otvory 37d v první destičce 31d generují čtyři svazky 41d částic, které společně mají průřez svazku, který se blíží průřezu mezikruží.

10 Zdroj 3d částic dále vykazuje kondenzorovou čočku 27d, která je kontrolována ovládacím zařízením 11d, pro přepínání zdroje 3d částic z prvního provozního režimu do druhého provozního režimu, jak je objasněno níže, takže kondenzorová čočka 27d má rovněž funkci odchylovače 53d pro přepínání zdroje 3d částic z prvního provozního režimu do druhého provozního režimu.

15 Kondenzorová čočka 27d, resp. odchylovač 53d může poskytovat elektrické a/nebo magnetické zaostřovací čočkové pole, které je souměrné s hlavní osou 35d.

20 V první provozním režimu je kondenzorová čočka 27d, resp. odchylovač 53d ovládacím zařízením 11d slabě nabuzen, takže svazky 41d jsou vychýleny relativně slabě a, jak je znázorněno na obr. 9 plnými čarami 41d', dopadají na druhou destičku 43d, aniž by pronikaly otvorem 45d ve druhé destičce 43d. Při tomto slabém nabuzení kondenzorové čočky 27d, resp. odchylovače 53d je však svazek 39d částic dostatečně kolimován, takže podstatná část částic svazku 39d částic proniká otvorem 45d ve druhé destičce 43d. Tyto částice svazku 39d tvoří
25 svazek 51d, který opouští zdroj 3d částic a poskytuje malý proud svazku v prvním provozním režimu.

Ve druhém provozním režimu je kondenzorová čočka 27d, resp. odchylovač 53d ovládacím zařízením 11d nabuzen silněji, takže svazky 41d jsou vychýleny tak silně, že jsou zaostřeny v blízkosti druhé destičky 43d a z velké části pronikají otvorem 45d ve druhé destičce 43d, jak je na obr. 9 znázorněno čárkovanými čarami 41d''. Částice svazků 41d'' pronikající otvorem 45d pak tvoří svazek 51d' částic opouštějící zdroj 3d částic s velkým proudem svazku ve druhém provozním režimu.

35 Zdroj 3d částic může dále zahrnovat první odchylovač 81 s hlavní rovinou 82, která je umístěna mezi první destičkou 31d a hlavní rovinou 71d kondenzorové čočky 27d, resp. odchylovače 53d. Dále může být instalován druhý odchylovač 83, jehož hlavní rovina 84 je umístěna mezi hlavní rovinou 82 prvního odchylovače 81 a hlavní rovinou 71d kondenzorové čočky 27, resp. odchylovače 53d. Oba odchylovače 81 a 83 mohou vždy poskytovat dipólová pole a mohou být
40 ovládány ovládacím zařízením 11d pro zaměření svazku 39d a svazků 41d tak, aby pronikaly hlavní rovinou 71d kondenzorové čočky 27d, resp. odchylovače 53d tak, aby byly zaměřeny souměrně s hlavní osou 35d, s níž je souměrné i zaostřovací čočkové pole, které je poskytováno kondenzorovou čočkou 27d, resp. odchylovačem 53d.

45 Zdroj 3d částic může dále zahrnovat třetí odchylovač 61d s hlavní rovinou 63d kontrolovaný ovládacím zařízením 11d a čtvrtý odchylovač 65d s hlavní rovinou 73d kontrolovaný ovládacím zařízením 11d, z nichž každý může poskytovat magnetické a/nebo elektrické dipólové pole a může být použit k vychýlení částic jimi pronikajícími svazky tak, že svazek 51d částic generovaný zdrojem 3d částic probíhá přesně ve směru osy 35d a který je na této ose i přesně
50 vystředěn.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Zdroj částic sloužící ke generování svazku (51) částic, zahrnující:
- 5 ovládací zařízení (11a);
- emitor (17a) částic;
- 10 první destičku (31);
- první odchylovač (53); a
- druhou destičku (43);
- 15 přičemž emitor (17a) částic je konfigurován pro generování svazku (29) nabitých částic;
- přičemž emitor (17a) částic, první destička (31) a druhá destička (43) jsou v tomto pořadí umístěny za sebou podél trajektorie svazku nabitých částic;
- 20 přičemž první destička (31) má alespoň jeden první otvor (33) a alespoň jeden druhý otvor (37), které jsou umístěny v trajektorii svazku (29) nabitých částic a uzpůsobeny pro umožnění průchodu nabitých částic svazku (29) nabitých částic první destičkou (31), přičemž uvedený alespoň jeden první otvor (33) má první průřezovou plochu a uvedený alespoň jeden druhý otvor
- 25 (37) má druhou průřezovou plochu, která je větší než první průřezová plocha, a přičemž částice svazku (29) nabitých částic procházející uvedeným alespoň jedním prvním otvorem (33) a uvedeným alespoň jedním druhým otvorem (37) za první destičkou (31) vytvoří první, resp. druhý svazek (39, 41);
- 30 přičemž druhá destička (43) má třetí otvor (45) uzpůsobený pro průchod nabitých částic prvního a druhého svazku (39, 41) druhou destičkou (43);
- přičemž první odchylovač (53) je konfigurován k vychylování prvního svazku (39) a druhého svazku (41);
- 35 přičemž ovládací zařízení (11a) je konfigurováno pro – v prvním provozním režimu – nastavení prvního odchylovače (53) tak, že částice prvního svazku procházejí třetím otvorem (45) ve druhé destičce (43) a tvoří svazek (51) částic generovaný zdrojem (3a) částic, zatímco částice druhého svazku (41) druhou destičkou (43) neprocházejí, a pro – ve druhém provozním režimu –
- 40 nastavení prvního odchylovače (53) tak, že částice druhého svazku (41) procházejí třetím otvorem (45) ve druhé destičce (43) a tvoří svazek (51) částic generovaný zdrojem (3a) částic, zatímco částice prvního svazku (39) druhou destičkou (43) neprocházejí,
- vyznačující se tím**, že svazek (29), generovaný emitorem (17a) částic a dopadající na první
- 45 destičku (31) je divergentní svazek; a první odchylovač (53) je uspořádán podél trajektorie svazku (29) nabitých částic, mezi první destičkou (31) a druhou destičkou (43).
2. Zdroj částic podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že první odchylovač (53) poskytuje elektrické a/nebo magnetické dipólové pole pro vychýlení prvního svazku (39) a druhého svazku
- 50 (41) společně o první úhel vychýlení (α).
3. Zdroj částic podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že dále zahrnuje druhý odchylovač (57), který je umístěn podél trajektorie svazku za prvním odchylovačem (53) a je konfigurován k vychylování částic prvního a druhého svazku (39, 41) částic o nastavitelný druhý úhel vychýlení
- 55 (β).

4. Zdroj částic podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že ovládací zařízení (11a) je konfigurováno pro nastavení druhého úhlu vychýlení (β) druhého odchylovače v prvním provozním režimu pro směřování generovaného svazku (51) částic předem určeným směrem, a druhého úhlu vychýlení (β) druhého odchylovače (57) ve druhém provozním režimu pro směřování generovaného svazku (51) částic stejným předem určeným směrem.
5. Zdroj částic podle nároku 3 nebo 4, **vyznačující se tím**, že ovládací zařízení (11a) je konfigurováno pro nastavování prvního a druhého úhlu vychýlení (α , β) tak, že rozdíl mezi druhým úhlem vychýlení v prvním provozním režimu a druhým úhlem vychýlení ve druhém provozním režimu je roven rozdílu mezi prvním úhlem vychýlení v prvním provozním režimu a prvním úhlem vychýlení ve druhém provozním režimu.
6. Zdroj částic podle kteréhokoliv z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že první odchylovač (53d, 27d) je uzpůsoben pro poskytování elektrického a/nebo magnetického zaostřovacího čočkového pole pro společné zaostření prvního svazku (39) a druhého svazku (41).
7. Zdroj částic podle kteréhokoliv z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že hlavní rovina (59) druhého odchylovače (57) je při pozorování ve směru trajektorie svazku umístěna ve vzdálenosti od povrchu druhé destičky (43) přivráceného k emitoru (17a) částic, která je menší než 5 mm.
8. Zdroj částic podle kteréhokoliv z nároků 1 až 7, **vyznačující se tím**, že dále zahrnuje částicově optickou čočku (27a) s hlavní rovinou (71), která je v trajektorii svazku umístěna za první destičkou (31).
9. Zdroj částic podle nároku 8, **vyznačující se tím**, že hlavní rovina (71) částicově optické čočky (27a) je v trajektorii svazku umístěna za druhou destičkou (43).
10. Zdroj částic podle nároku 8, **vyznačující se tím**, že hlavní rovina (71b) částicově optické čočky (27b) je v trajektorii svazku umístěna mezi první destičkou (31b) a druhou destičkou (43b).
11. Zdroj částic podle kteréhokoliv z nároků 1 až 10, **vyznačující se tím**, že dále zahrnuje třetí destičku (47), která je v trajektorii svazku umístěna jak za druhou destičkou (43), tak i za hlavní rovinou (71) částicově optické čočky (27a), a která má jeden čtvrtý otvor (49) pro umožnění průchodu částic generovaného svazku (51) částic třetí destičkou (47).
12. Zdroj částic podle nároku 11, **vyznačující se tím**, že lomivá síla částicově optické čočky (27a) je nastavitelná ovládacím zařízením (11a), přičemž ovládací zařízení (11a) je dále konfigurováno k nastavování lomivé síly částicově optické čočky (27a) tak, že generovaný svazek (51) částic má ohnisko svazku na místě, které, pozorováno ve směru trajektorie svazku, je uspořádáno ve vzdálenosti od povrchu třetí destičky přivráceného k emitoru (17a) částic, která je menší než 5 mm.
13. Zdroj částic podle kteréhokoliv z nároků 1 až 12, **vyznačující se tím**, že průřezová plocha třetího otvoru (45) ve druhé destičce (43) je větší než průřezová plocha prvního otvoru (33) v první destičce (31).
14. Zdroj částic podle kteréhokoliv z nároků 1 až 13, **vyznačující se tím**, že zdroj částic je konfigurován pro – v prvním provozním režimu – pronikání veškerých částic prvního svazku (39) třetím otvorem (45) ve druhé destičce (43).
15. Zdroj částic podle kteréhokoliv z nároků 1 až 14, **vyznačující se tím**, že zdroj částic je konfigurován pro – ve druhém provozním režimu – dopadání jedné části částic druhého

svazku (41) druhou destičku (43) a pro zamezení průchodu třetím otvorem (45) ve druhé destičce (43).

5 16. Zdroj částic podle kteréhokoliv z nároků 1 až 15, **vyznačující se tím**, že zdroj částic je v oblasti, která je v pohledu podél trajektorie svazku mezi emitorem (17a) částic a první destičkou (31), bez odchylovače pro vychylování svazku částic o nastavitelný úhel vychýlení.

10 17. Zdroj částic podle kteréhokoliv z nároků 1 až 16, **vyznačující se tím**, že zdroj částic je v oblasti, která je v pohledu podél trajektorie svazku mezi emitorem částic (17a) a první destičkou (31), bez částicově optické čočky pro poskytování magnetického pole pro zaostřování svazku částic.

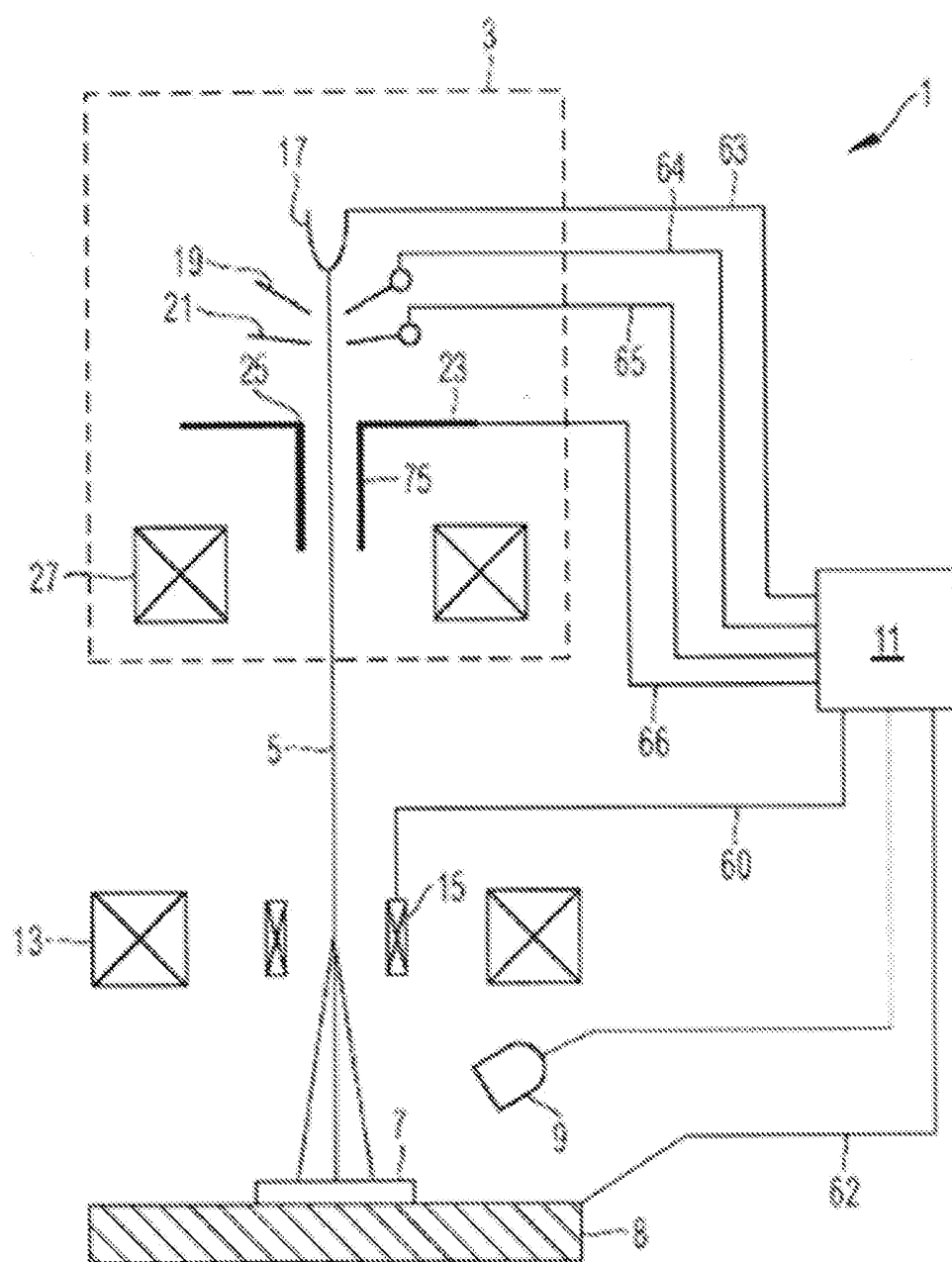
18. Částicově optické zařízení, zahrnující:

15 zdroj částic, a

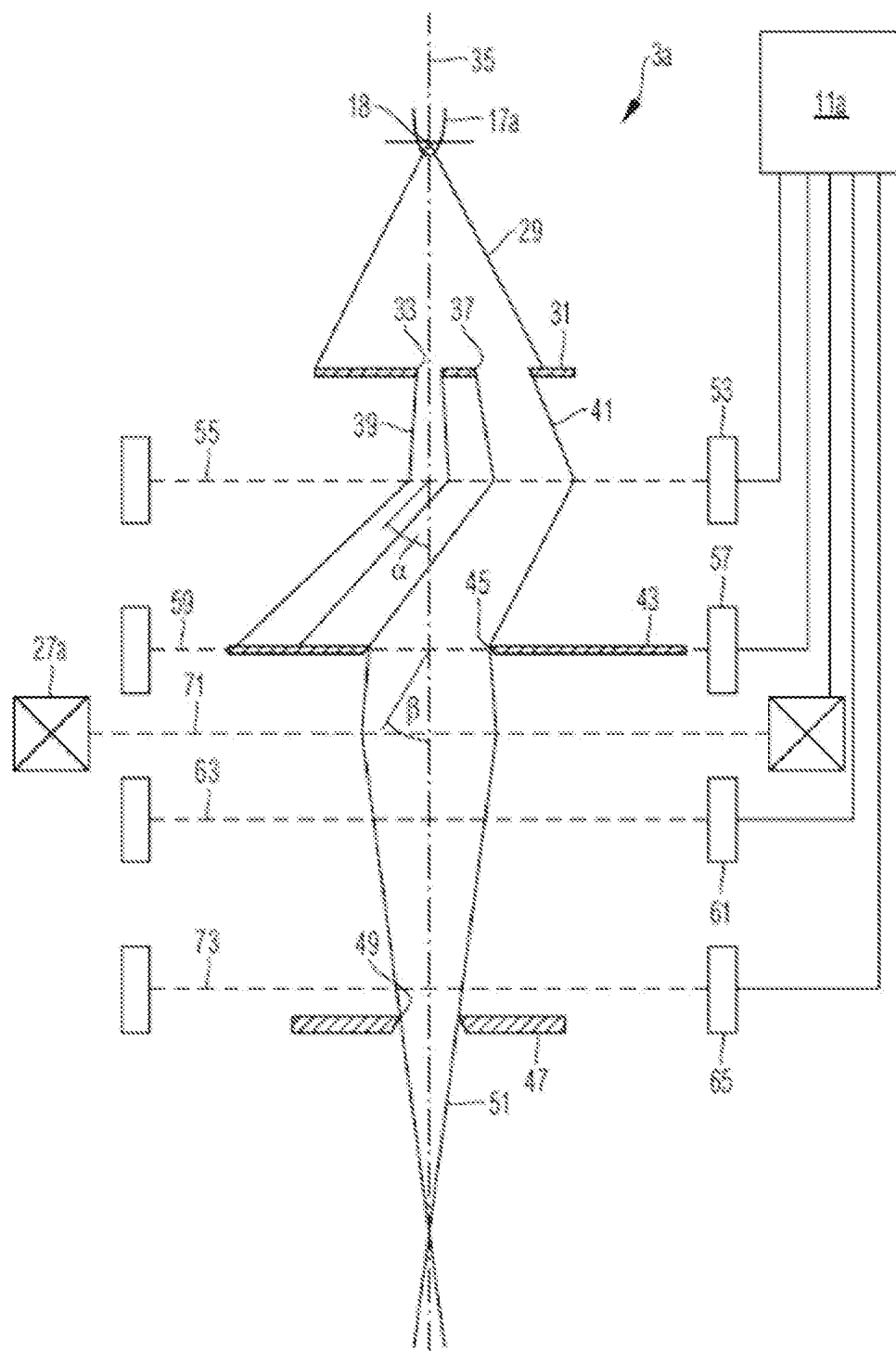
částicově optickou čočku, která je konfigurována k zaostřování svazku částic generovaného zdrojem částic na objekt, **vyznačující se tím**, že zdrojem částic je zdroj částic podle kteréhokoliv z nároků 1 až 17.

20

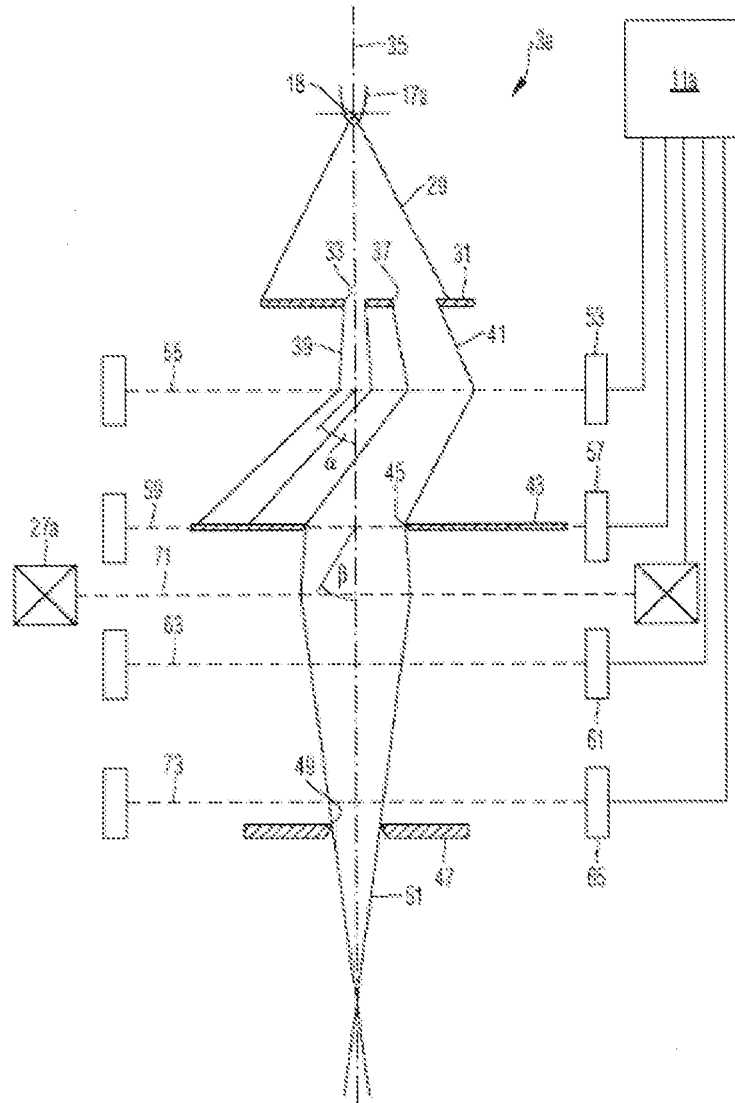
8 výkresů



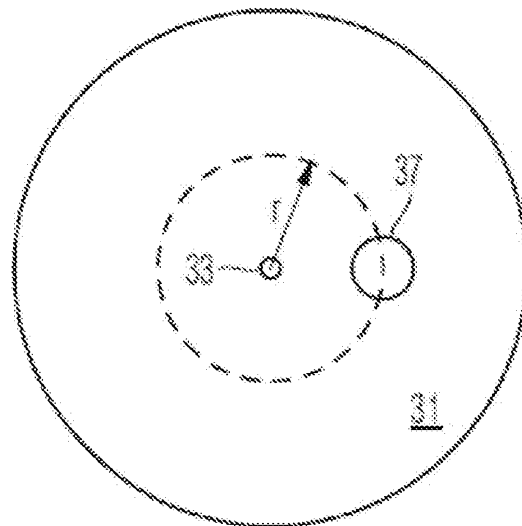
Obr. 1



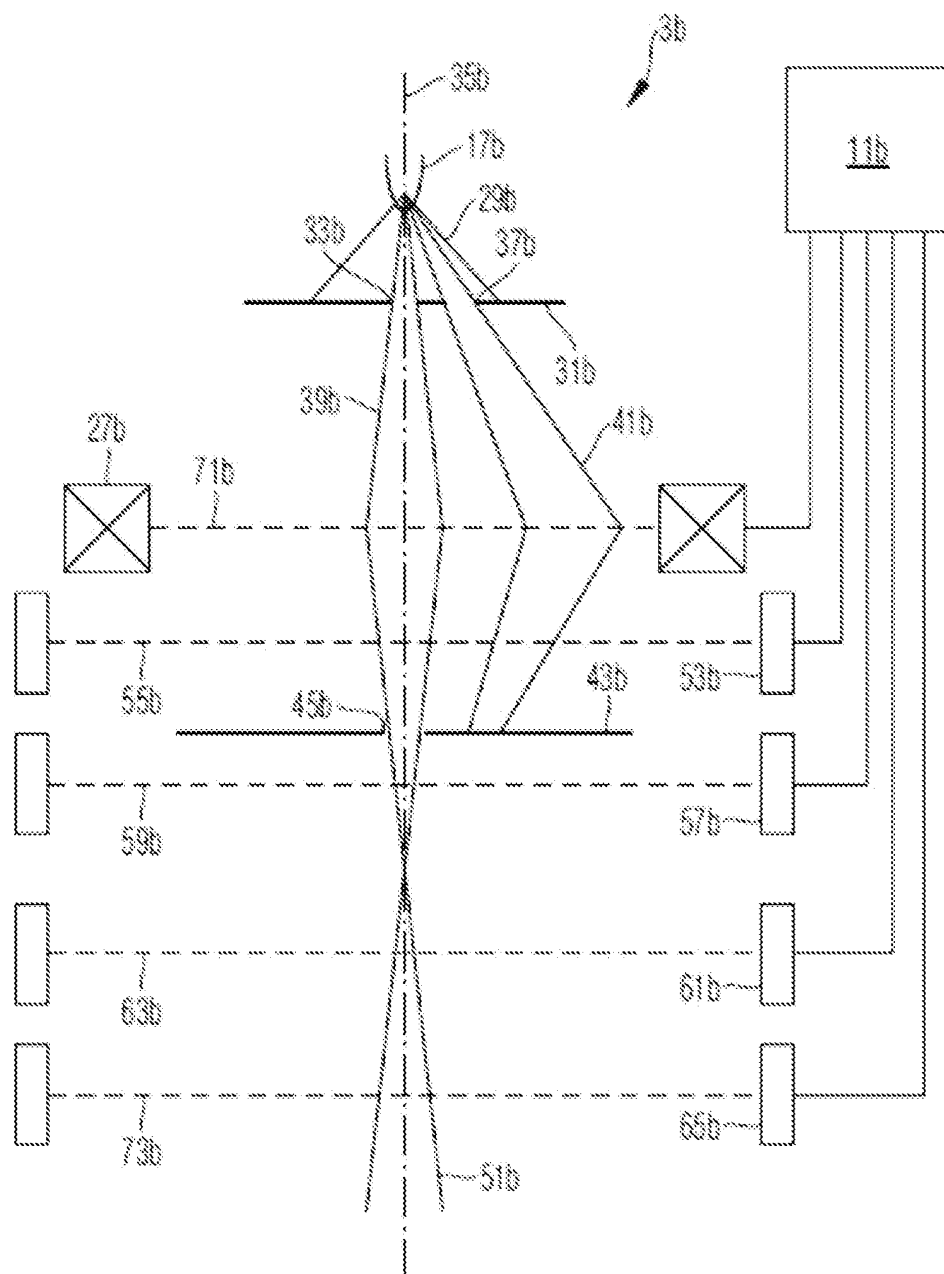
Obr. 2



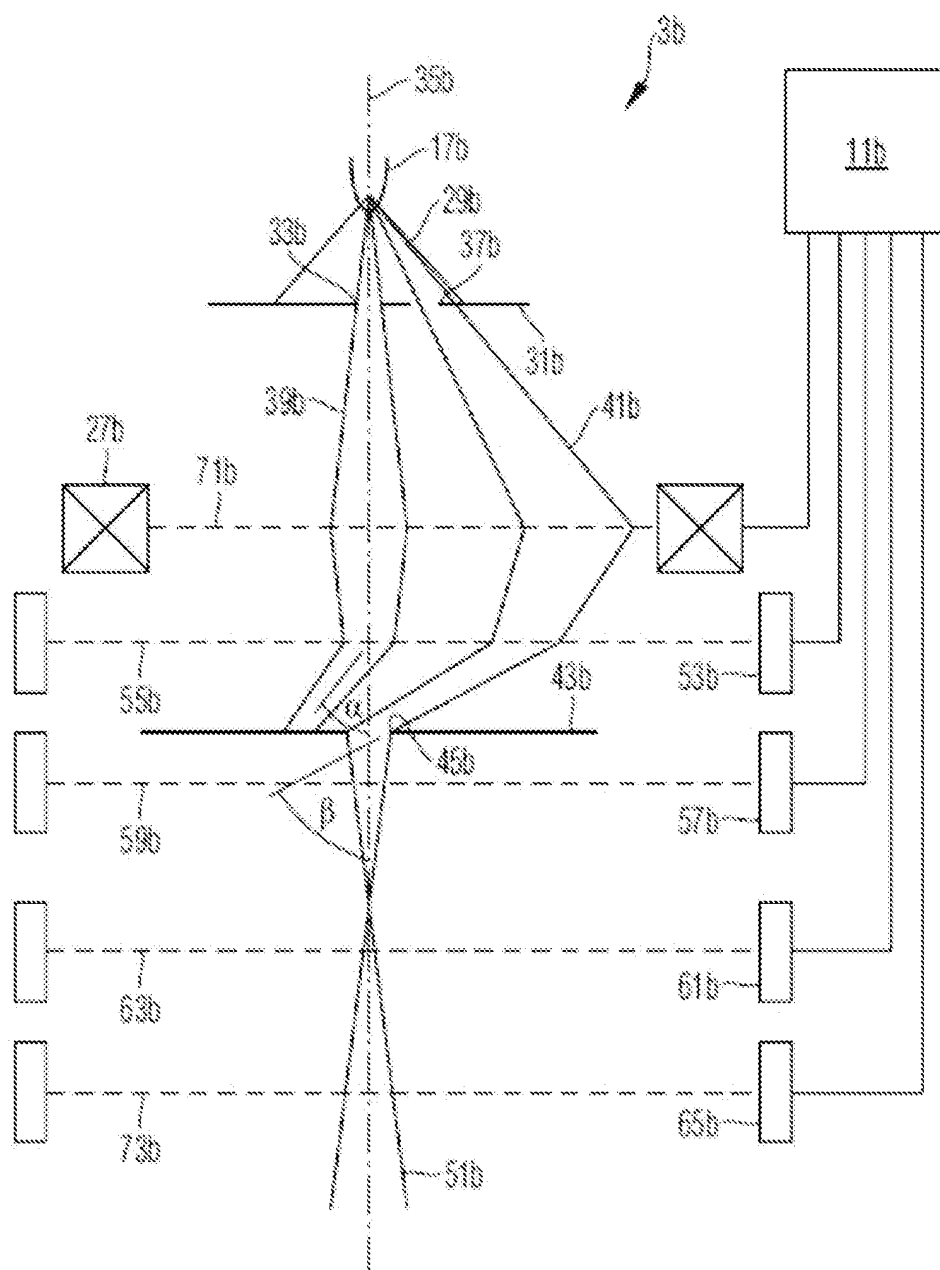
Obr. 3



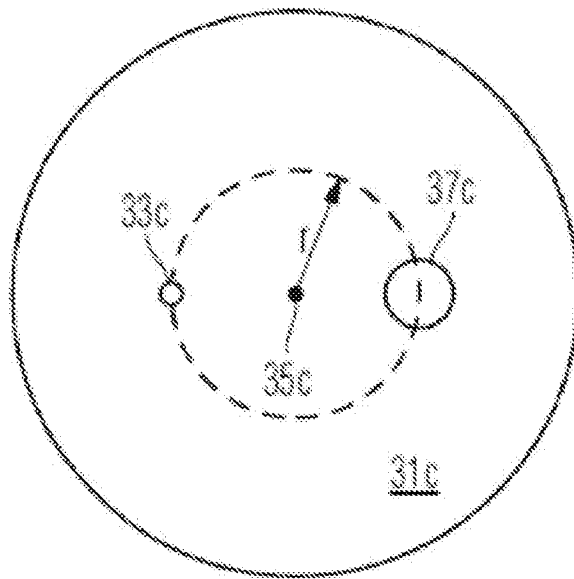
Obr. 4



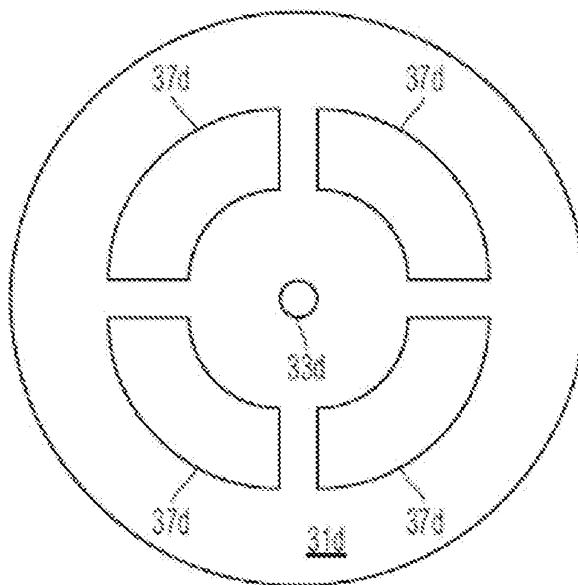
Obr. 5



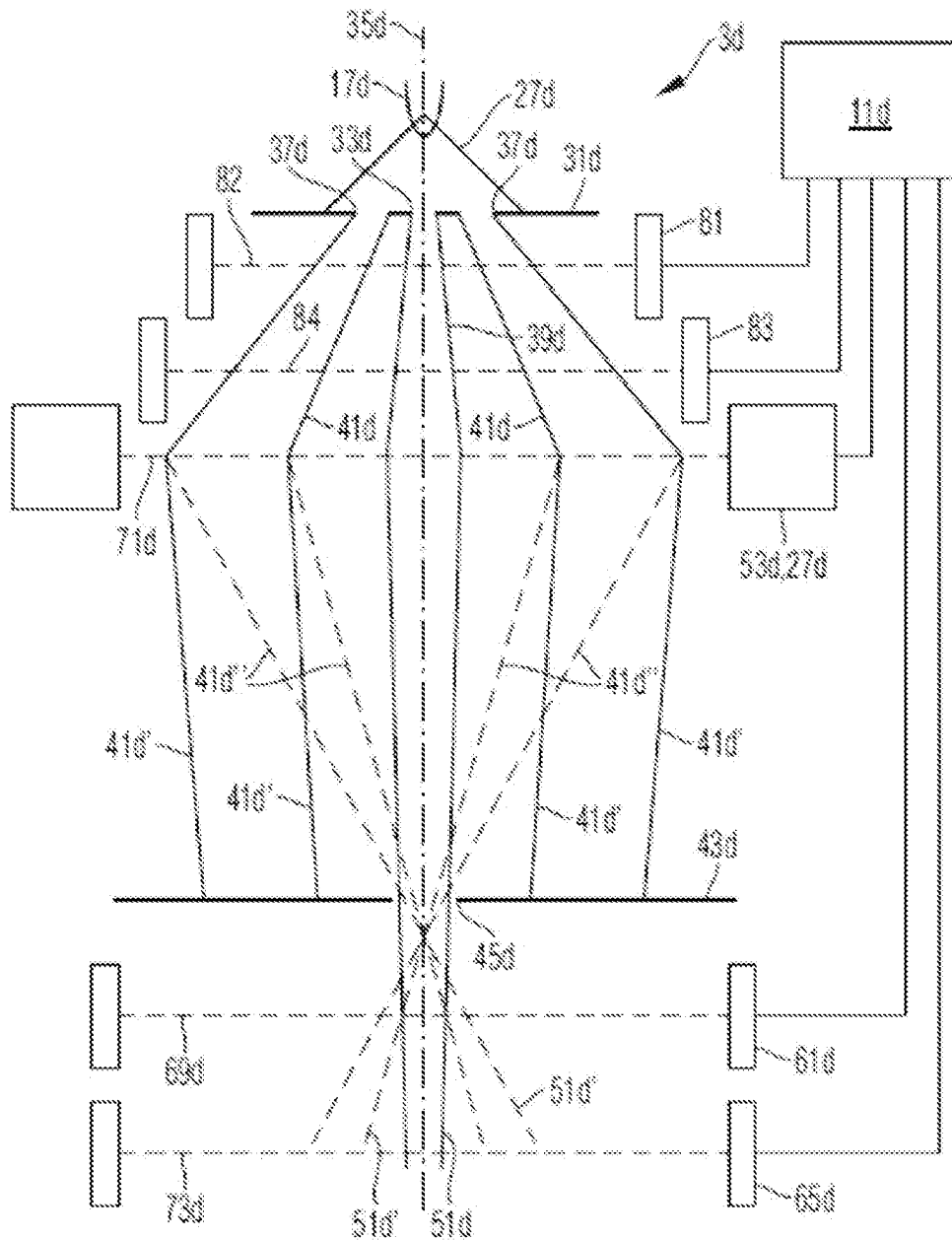
Obr. 6



Obr. 7



Obr. 8



Obr. 9