

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

2014-115

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

C23C 14/34 (2006.01)
C23C 14/50 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

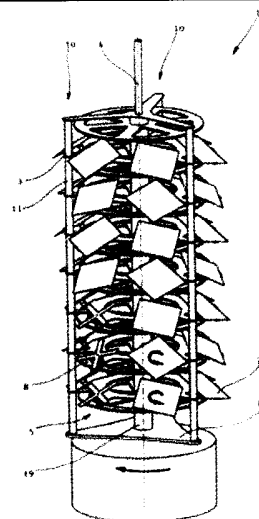
(22) Přihlášeno: **26.02.2014**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **09.09.2015**
(Věstník č. 36/2015)

- (71) Přihlašovatel:
HVM PLASMA, spol.s r.o., Praha 5, CZ
- (72) Původce:
RNDr. Stanislav Kadlec, CSc., Praha 5, CZ
Ing. Petr Plíhal, Sepekov, CZ
Ing. Jiří Vyskočil, CSc., Praha 5, CZ
- (74) Zástupce:
PatentCentrum Sedlák a Partners s.r.o., Ing. Jiří
Sedlák, Husova 5, 370 01 České Budějovice

- (54) Název přihlášky vynálezu:
**Způsob unášení substrátů při depozici tenké
vrstvy na povrch substrátů a rotační stolek
pro unášení substrátů podle způsobu**

- (57) Anotace:
Vynález představuje způsob unášení substrátů při depozici tenké povrchové vrstvy a rotační stolek (1) pro provádění tohoto způsobu, který zahrnuje alespoň jedno otočné patro (3), na kterém jsou uspořádány planetové unášeče (5) substrátů (2). Osy (6) otáčení planetových unášečů (5) svírají s osou (4) otáčení rotačního stolku (1) úhel (α) v rozpětí od 15° do 75°. Počet otočných pater (3) lze na kleci rotačního stolku (1) jednoduše měnit, tak aby rotační stolek (1) pojal co nejvíce substrátů (2), přičemž kvalita nanesených povrchových vrstev je zachována. Velká úložná kapacita rotačního stolku (1) je zajištěna prostorovým uspořádáním substrátů (2).



105421

25.01.15

KV 2044-115

Způsob unášení substrátů při depozici tenké vrstvy na povrch substrátů a rotační stolek pro unášení substrátů podle způsobu

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu unášení substrátů při depozici tenké vrstvy na exponovaný povrch substrátů ve vakuu z alespoň jednoho zdroje částic, přičemž dochází k homogennímu povlakování různých substrátů počínaje kovovými součástkami se speciálními povrchy, průhledných substrátů pro optické vrstvy, křemíkových desek pro elektroniku až po solární články apod. A dále se vynález týká rotačního stolku pro unášení substrátů při depozici tenkých vrstev na povrch substrátů.

Dosavadní stav techniky

Částice, které se deponují na povrch materiálu, se uvolňují ze zdroje částic, který je tvořen například rozprašovacím magnetronem nebo obloukovým odpařovačem umístěným ve vakuové komoře. Materiál ve formě substrátů se uloží do vakuové komory a vystaví se toku rozprášených či odpařených částic. Je žádoucí, aby deponovaná vrstva byla tloušťkově homogenní na exponované ploše substrátu a měla malý rozptyl tloušťek mezi jednotlivými substráty. Toho se dosahuje mimo jiné pomocí speciálních rotačních stolků, na kterých jsou uloženy substráty tak, že se otáčí, aby rovnoměrně vystavovaly upravovanou plochu svého povrchu elektrodám tvořícím zdroj částic.

Tenká povrchová vrstva dosahuje tloušťky od několika nanometrů do několika mikrometrů a je tvořena například kovovými vrstvami, oxidy nebo nitridy, například hliníku, křemíku, tantalu nebo titanu. V závislosti na typu použití poskytne správně tenká povrchová vrstva substrátům žádané fyzikální a chemické vlastnosti.

Je známo řešení z německé patentové přihlášky DE 3934887 A1, kde jsou zdroje částic uspořádány vodorovně ve spodní části naprašovacího zařízení a substráty jsou uspořádány protilehle v horní části naprašovacího zařízení, kde jsou upevněny v závěsném rotačním stolku. Naprašovaná plocha substrátů je vodorovně orientována a je s emisní plochou zdrojů částic rovnoběžná. V důsledku tohoto

uspořádání je zajištěn rovnoměrný dopad částic na celou plochu substrátu. Pro získání homogenní tenké vrstvy na povrchu substrátů závěsný rotační stolek otáčí substráty ve dvou pohybech. Prvním pohybem kolem středové osy naprašovacího zařízení a druhým pohybem kolem os substrátů. Osy obou pohybů jsou rovnoběžné a pohyb je zajištěn pohonnou jednotkou s mechanickou převodovkou. Nevýhody řešení spočívají v tom, že rovnoběžné, vodorovné uspořádání naprašovaných ploch substrátů a emisních ploch zdrojů částic poskytuje velice omezenou kapacitu naprašovacího zařízení při jednom výrobním cyklu, a že uchycení substrátů v závěsném rotačním stolku pomocí upevňovacích prostředků eliminujících důsledky působení tíhové síly na substráty způsobuje vznik nenaprášených oblastí na povrchu substrátů, neboť upevňovací prostředek zasahuje do naprašované plochy.

Další řešení podle patentové přihlášky DE 19811873 A1 zahrnuje opět rovnoběžné, vodorovné uspořádání naprašovaných ploch substrátů a emisní plochy zdroje částic. Zdroj částic se nachází nad substráty a substráty jsou volně uloženy na unášečích rotačního stolku. Substráty se pohybují rotačním pohybem kolem středové osy naprašovacího stolku a rotačním pohybem kolem os unášečů, přičemž osy pohybů jsou rovnoběžné. Nevýhoda řešení spočívá v tom, že popsané řešení má nízkou produkční kapacitu a proto není vhodné pro široké průmyslové využití.

V jiném známém řešení z japonské patentové přihlášky JP 3232964 A jsou upravovány substráty ve větším počtu z obou stran. To je umožněno tím, že substráty jsou uloženy ve dvou závěsných rotačních stolcích a zdroje částic s vodorovnými emisními plochami jsou uspořádány nad a pod úrovní substrátů zasazených do stolků. Substráty se pohybují dvěma pohyby, kde první pohyb je kolem osy rotačního stolku a druhý pohyb je kolem os unášečů substrátů. Osy pohybů jsou rovnoběžné. Nevýhoda řešení spočívá v tom, že poněkud vyšší kapacita je řešena většími rozměry naprašovacího zařízení, což rovněž není vhodné pro průmyslové využití.

Další řešení je známé z patentového dokumentu JP 2006348322 B2. V naprašovacím zařízení je zdroj částic uložen ve spodní části zařízení a jeho emisní plocha je vodorovná. Naproti zdroji částic je v ose celého zařízení uspořádán rotační stolek pro nesení substrátů, přičemž střed emisní plochy zdroje částic je také v ose

zařízení. Rotační stolek je tvořen rameny, zakončenými pohybovými prostředky, které jsou spojeny s unášeci substrátů. Unášece substrátů jsou tvořeny dalším ramenem s polokruhovým profilem a substráty jsou na rameni uspořádány v řadě. Pohybový prostředek otáčí celým polokruhovým ramenem kolem své středové osy, přičemž rotační stolek vykonává druhý pohyb okolo osy naprašovacího zařízení. Osy pohybu stolku a pohybu pohybového prostředku jsou navzájem v podstatě kolmé. Homogenita nanášené povrchové vrstvy na substrát je získána polokruhovým tvarem ramene. Nevýhody řešení spočívají v tom, že tloušťka vrstev jednotlivých substrátů vykazuje odlišnosti závislé na pozici substrátu v rotačním stolku při naprašování, a že možnost vyššího počtu upravovaných substrátů v jednom produkčním cyklu se neúměrně promítá do celkové velikosti zařízení, obdobně jako v předchozím řešení. Zařízení je také výrobně náročné.

Úkolem vynálezu je odstranění nedostatků existujících známých řešení a stolků pro zařízení určená k povrchovým úpravám substrátů, zejména planárních substrátů, a vytvoření rotačního stolku pro depozici tenkých vrstev na tyto substráty podle způsobu vynálezu, který by umožňoval v relativně malém zařízení velkoobjemovou produkci upravených substrátů, přičemž by byly co nejvíce eliminovány jak rozdíly v homogenitě tenkých vrstev na jednotlivých substrátech, tak rozdíly tloušťky mezi jednotlivými substráty.

Podstata vynálezu

Vytčený úkol je vyřešen pomocí vytvoření způsobu unášení substrátů při depozici tenké povrchové vrstvy podle tohoto vynálezu.

Způsob unášení substrátů při depozici tenké povrchové vrstvy na exponovaný povrch substrátů z alespoň jednoho zdroje částic, který se provádí ve vakuové komoře, zahrnuje následující kroky. Substráty se uloží na planetové unášece, které jsou uspořádány okolo hlavní osy otáčení. Substráty s unášeci obíhají hlavní osu otáčení jako planety. Současně je každý planetový unášec otočně upevněn k planetové ose otáčení, která je kolmá na exponovanou plochu povrchu substrátu. Pokud je plocha rovinná, je to kolmice; pokud je substrát prostorově tvarovaný, je to normála k rovině ležící na bodu, kterého se tečně dotýká exponovaná plocha. Dále je při otáčení

exponované plochy substrátu opsána zdánlivá kružnice s poloměrem, který lze změřit jako vzdálenost nejkrajnějšího bodu rotace exponované plochy.

Podstata vynálezu spočívá v tom, že planetová osa otáčení svírá s hlavní osou otáčení úhel o velikosti v rozmezí od 15° do 75° . To je výhodné zejména proto, že nakloněním planetových os, a tím pádem i substrátů, se sníží potřebná výška na obsazení jedné řady exponovaných ploch, tak již nejsou orientovány kolmo na hlavní osu otáčení (při $\alpha = 0^\circ$), a tok částic ze zdroje částic na ně dopadá méně šikmo. Snížením výšky několika po sobě jdoucích řad substrátů vznikne místo pro bonusové řady a tím dochází ke zvýšení kapacitní efektivnosti depozičních vakuových komor. Výhodou oproti kolmé pozici planetové osy otáčení k hlavní ose otáčení ($\alpha = 90^\circ$) je pak zejména to, že při svislé hlavní ose lze využít gravitaci, ploché substráty pouze pokládat na planetové unášedce a deponovat na celou exponovanou plochu.

V jiném výhodném provedení způsobu depozice tenké povrchové vrstvy podle tohoto vynálezu je vzdálenost středu zdánlivé kružnice exponované plochy substrátu od hlavní osy otáčení větší než poloměr zdánlivé kružnice. To je výhodné, neboť pokud by byla vzdálenost stejná, či menší, docházelo by ke kolizím jednotlivých substrátů a kapacita zařízení by byla příliš malá.

V jiném dalším výhodném provedení způsobu depozice tenké povrchové vrstvy podle tohoto vynálezu je velikost úhlu mezi planetovou osou otáčení s hlavní osou otáčení a vzdálenosti substrátu od hlavní osy otáčení závislá na prostorovém uspořádání exponovaných ploch substrátu vzhledem k toku částic ze zdrojů. Zdroje částic nejsou bodové, ale z pravidla plošné, ať už obdélníkové, například planární magnetron, či kruhové, například oblouková katoda. Podle typu, počtu a rozmístění zdrojů se liší tok částic z nich emitovaných. Výhodou provedení způsobu je, že tomuto toku se přizpůsobí velikost úhlu mezi planetovou osou otáčení s hlavní osou otáčení a/nebo vzdálenost substrátu od hlavní osy otáčení pro optimální homogenitu vrstev a depoziční rychlost.

V jiném dalším výhodném provedení způsobu depozice tenké povrchové vrstvy podle tohoto vynálezu jsou substráty prostorově uspořádány okolo hlavní osy otáčení alespoň ve dvou paralelních rovinách kolmých k hlavní ose otáčení, kde rozteč mezi

sousedícími rovinami má velikost v rozmezí od 0,8 Rs do 10 Rs. Při menší rozteči by byly substráty v kolizi nebo by si příliš stínily a snížily homogenitu depozice, při větší rozteči by bylo plýtváno s místem pro další substráty, které má vynález za cíl co nejefektivněji využít.

V jiném dalším výhodném provedení způsobu depozice tenké povrchové vrstvy podle tohoto vynálezu je hlavní osa otáčení vertikální, přičemž paralelní roviny tvoří vodorovná patra. Toto uspořádání je nejpraktičtější, neboť tíhová síla drží substráty v unášečích, aniž by se musely zajišťovat. Jistící prostředky substrátů na unášečích by tvořily stíny a slepá místa bez deponované vrstvy.

V jiném dalším výhodném provedení způsobu depozice tenké povrchové vrstvy podle tohoto vynálezu je požadovaná velikost rozteče mezi sousedícími patry závislá na velikosti úhlu mezi planetovou osou otáčení s hlavní osou otáčení, vzdálenosti substrátu od hlavní osy otáčení, a na prostorovém uspořádání exponovaných ploch substrátu vzhledem k toku částic ze zdrojů. Požadovaná velikost rozteče mezi sousedícími patry je obvykle optimální rozteč, při které je nehomogenita vrstev nejmenší, často daleko pod hranicí $\pm 5\%$. Umístění zdroje částic ve vakuové komoře a také volba velikosti úhlu mezi planetovou osou otáčení s hlavní osou otáčení a vzdálenosti substrátu od hlavní osy otáčení ovlivňují možnou přípustnou rozteč mezi patry tak, aby na exponované plochy dopadal tok částic ze zdroje s optimální homogenitou. Nelze rozmístit patra univerzálně pro získání nehomogenity lepší než $\pm 5\%$, vždy se musí provést adaptace na konkrétní případ.

V jiném dalším výhodném provedení způsobu depozice tenké povrchové vrstvy podle tohoto vynálezu je při fixní velikosti úhlu naklonění a vzdálenosti substrátu od hlavní osy otáčení přípustné odchýlení rozteče mezi sousedícími patry od požadované vypočtené optimální velikosti rozteče do 10 %. Pokud je zadáno konstantní naklonění a vzdálenost od hlavní osy ve vhodných mezích, lze pak zjistit optimální rozteč mezi jednotlivými sousedícími patry. Podle výsledků měření bylo ověřeno, že velmi dobré nehomogenity deponované vrstvy je dosaženo i při odchylce do 10 % od optima. Přípustné odchylky od požadované hodnoty lze využít jednak ve prospěch zvýšení kapacity počtu substrátů, jednak pro zlepšení nehomogenity mezi jednotlivými patry.

V jiném dalším výhodném provedení způsobu depozice tenké povrchové vrstvy podle tohoto vynálezu je při fixní velikosti rozteče mezi sousedícími patry a vzdálenosti substrátu od hlavní osy otáčení přípustné odchýlení úhlu od požadované velikosti do 6° . Požadovaná velikost je zjištěna výpočtem pro optimální úhel, při kterém je v tomto případě nehomogenita vrstev nejmenší. Výsledky měření potvrdily, že velmi dobrá nehomogenita zůstává i pro mírnou odchylku úhlu naklonění vůči hlavní ose otáčení. Přípustné odchylky od požadované hodnoty lze využít, jak ve prospěch zvýšení kapacity počtu substrátů, tak pro zlepšení nehomogenity mezi jednotlivými patry.

V jiném dalším výhodném provedení způsobu depozice tenké povrchové vrstvy podle tohoto vynálezu je při fixní velikosti úhlu a rozteče mezi sousedícími patry přípustné odchýlení vzdálenosti substrátu od hlavní osy otáčení od požadované velikosti do 10 %. Podle výsledků měření bylo ověřeno, že požadované nehomogenity deponované vrstvy je dosaženo i při odchylce do 10 %. Přípustné odchylky od požadované hodnoty lze využít zejména pro zlepšení nehomogenity mezi jednotlivými patry. S výhodou lze pak využít kombinace s výše uvedenými provedeními způsobu v odlišných sousedících patrech.

V jiném dalším výhodném provedení způsobu depozice tenké povrchové vrstvy podle tohoto vynálezu může být na exponovaných plochách všech unášných substrátů odchylka od požadované vypočtené optimální hodnoty pro každý pár sousedících paralelních rovin jiná v rámci přípustného odchýlení od požadované optimální hodnoty. Je výhodné začít uspořádávat substráty na planetové unášeče od nejvyššího patra, které částečně stíní další spodní patro a spoluurčuje tak depoziční rychlost a nehomogenitu na něm. S každým dalším patrem se mění proměnné parametry, to znamená úhel sklonu, vzdálenost substrátu od hlavní osy otáčení a rozteč pater, které se zahrnou do nového zjištění požadovaných vypočtených optimálních hodnot. Tím je udržena požadovaná homogenita deponovaných vrstev na stejné úrovni, přičemž se využije přípustných odchylek od optimálních hodnot pro zlepšení nehomogenity mezi jednotlivými patry. Zde je opět důležité, že optimální parametry závisí na rozmístění zdrojů. Například v případě obdélníkového planárního magnetronu klesá tok částic jak v dolní, tak v horní části depoziční zóny. Toto provedení způsobu dokáže pokles depoziční rychlosti na spodních a horních patrech kompenzovat, čímž dovoluje zvýšení kapacity várky substrátů určených k depozici

tenké vrstvy. Metoda optimalizace může být experimentální, výpočetní, či kombinace obou.

Součástí tohoto vynálezu je také rotační stolek pro provádění způsobu unášení substrátů při depozici tenkých povrchových vrstev.

Rotační stolek pro unášení substrátů při depozici tenké povrchové vrstvy na exponovaný povrch substrátů z alespoň jednoho zdroje částic prováděné ve vakuové komoře zahrnuje alespoň jedno otočné patro, jímž probíhá hlavní osa otáčení. Otočné patro se otáčí kolem hlavní osy otáčení stolku a jsou na něm kruhovitě okolo hlavní osy otáčení uspořádány alespoň dva planetové unášeče substrátů. Planetové unášeče se otáčejí kolem planetové osy otáčení, přičemž planetová osa otáčení je zároveň osou otáčení substrátu. Maximální poloměr otáčení substrátu kolem planetové osy otáčení je poloměr opsané kružnice substrátem. Otáčení každého planetového unášeče je odvozeno pomocí pohybového prostředku od otáčení otočného patra stolku.

Podstata vynálezu spočívá v tom, že planetové osy otáčení planetových unášečů svírají s hlavní osou otáčení úhel v rozmezí od 15° do 75° . Výhodou oproti kolmé pozici planetové osy otáčení k hlavní ose otáčení ($\alpha = 90^\circ$) je to, že při svislé hlavní ose lze využít gravitaci, ploché substráty pouze pokládat na planetové unášeče a deponovat na celou exponovanou plochu. Navíc se nakloněním os zvýší kapacita stolku. Naopak proti případu, kdy by substráty byly orientovány kolmo na hlavní osu otáčení (při $\alpha = 0^\circ$), dopadá na ně tok částic ze zdroje částic méně šikmo a zvýší se depoziční rychlost. Snížením výšky několika po sobě jdoucích řad substrátů vznikne navíc místo pro bonusové řady a tím dochází ke zvýšení kapacitní efektivity depozičních vakuových komor.

V jiném dalším výhodném provedení rotačního stolku pro unášení substrátů podle tohoto vynálezu je vzdálenost planetových unášečů od hlavní osy otáčení je větší než R_s . Menší vzdálenost způsobuje kolize a nižší kapacitu počtu unášených substrátů.

V jiném výhodném provedení rotačního stolku pro unášení substrátů podle tohoto vynálezu je pohybový prostředek tvořen pevnou odvalovací dráhou a pohyblivými odvalovacími rolnami zabírajícími s pevnou odvalovací dráhou a spojenými s planetovými osami otáčení planetových unášeců, které jsou otočně uloženy v otočném patře. Otáčením substrátů okolo planetové osy otáčení dochází k homogenizaci dopadu částic na exponovaný povrch substrátů. Je eliminován vznik zón s nižší depoziční rychlostí, např. vlivem vyšší vzdálenosti od zdroje částic nebo vlivem částečného stínění.

V jiném dalším výhodném provedení rotačního stolku pro unášení substrátů podle tohoto vynálezu je rotační stolek tvořen nejméně dvěma otočnými patry, která jsou spojena navzájem a tvoří klec rotačního stolku. Ta je tvořena alespoň dvěma sloupky, které jsou uspořádány podél hlavní osy otáčení rotačního stolku. Jednotlivá otočná patra jsou spojena se svislými sloupky. Otočná patra jsou spojena se sloupky, které rotují současně s planetovými unášecí okolo hlavní osy otáčení. Na hlavní ose otáčení, která je nepohyblivá, jsou upevněny odvalovací rolny.

V jiném dalším výhodném provedení rotačního stolku pro unášení substrátů podle tohoto vynálezu jsou mezi jednotlivými otočnými patry na sloupcích uspořádány distančníky a zároveň jsou distančníky odpovídající délky uspořádány i na hlavní ose otáčení stolku mezi jednotlivými pevnými odvalovacími dráhami. Distančníky definují rozteč mezi sousedícími patry v rozmezí od 0,8 Rs do 10 Rs. Pomocí distančníků lze flexibilně nastavovat rozložení pater stolku. Díky naklopení a otáčení substrátů je možné patra uspořádat sobě blíže, takže se zvýší kapacita stolku v případě dvou a více pater ve vakuové komoře. Opsané kružnice, zejména plošných substrátů, do sebe nezasahují. Pokud má substrát komplikovanější tvar, je možné rozteč mezi patry zvětšit.

V jiném dalším výhodném provedení rotačního stolku pro unášení substrátů podle tohoto vynálezu mají odvalovací rolny planetových unášeců v sousedních otočných patrech jiný průměr, který odpovídá rozdílu rychlosti rotace planetových unášeců v rozpětí od 5% do 50% rychlosti rotace planetových unášeců referenčního otočného patra. Změna průměru odvalovací rolny je konstrukčně nejjednodušším typem mechanického převodu, kterým lze regulovat rychlost otáčení. Rozdílnou rychlostí je

odstraněna možnost pravidelného vrhání stínu substrátů na jiné, což by vedlo z pohledu celého procesu depozice povrchové vrstvy k vytvoření oblasti s nižší homogenitou. Toto provedení má význam zejména pro substráty, které nejsou kruhové či válcové, například pro solární články čtvercového tvaru.

V jiném dalším výhodném provedení rotačního stolku pro unášení substrátů podle tohoto vynálezu je planetový unášec opatřen úložným prostředkem pro substrát, přičemž úložný prostředek má tvar kříže a na jehož koncích jsou vytvořeny zvýšené hrany. Zvýšené hrany brání sklouznutí substrátu z unášeče a současně nezpůsobují na exponované ploše substrátu prázdná místa v deponované vrstvě.

V jiném dalším výhodném provedení rotačního stolku pro unášení substrátů podle tohoto vynálezu je planetový unášec opatřen úložným prostředkem pro substrát, přičemž úložný prostředek má tvar čtverce a/nebo čtverce se zkosenými rohy, a u okrajů úložného prostředku jsou vytvořeny zvýšené hrany pro držení substrátu. Zvýšené hrany brání sklouznutí substrátu z unášeče a současně nezpůsobují na exponované ploše substrátu zastíněná místa v deponované vrstvě.

V jiném dalším výhodném provedení rotačního stolku pro unášení substrátů podle tohoto vynálezu je planetová osa otáčení planetového unášeče mezi úložným prostředkem a odvalovací rolnou tvořena nábojem uloženým otočně v pouzdru, přičemž velikost úložného prostředku spolu s délkou distančníků určují rozteč sousedících pater a zároveň vzdálenost planetových unášečů od hlavní osy otáčení. Dále jsou planetové unášeče výměnné, kde náboje svírají s hlavní osou otáčení úhel, a že hodnoty úhlu se pro jednotlivé unášeče v rámci stolku liší odchylkou do 6° od požadované optimální velikosti úhlu. Výměnou jednotlivých součástí planetového unášeče lze nastavovat parametry rotačního stolku a tak optimalizovat tloušťkovou nehomogenitu na substrátu a zároveň rozdíly v depoziční rychlosti mezi jednotlivými patry. Stavebnicový charakter rotačního stolku umožňuje nepřeberné množství variant nastavení, včetně různě optimalizovaných stolků pro stejné zařízení, ale pro různé procesy. Navíc taková stavebnicová konstrukce usnadňuje čištění a údržbu stolku.

Výhody způsobu unášení substrátů při depozici povrchových vrstev a rotačního stolku k provádění tohoto způsobu spočívají především ve vyšší kapacitě zařízení při zachování stejné či lepší homogenity deponované vrstvy pomocí dvou otočných pohybů, a to díky otáčení okolo hlavní osy a díky otáčení jednotlivých planetových unášečů okolo skloněných planetových os. Optimální vypočtené hodnoty uložení substrátů na rotačním stolku mají možnost odchylky, které se zásadně neprojeví na homogenitě deponovaných vrstev. Tyto odchylky lze však využít k lepšímu využití stolku pro substráty v rámci jedné dávky. Konstrukce stolku umožňuje snadné přizpůsobení pro konkrétní typ substrátů, vystavuje depozici zejména exponované plochy substrátů a současně zaručuje vysokou spolehlivost s malými servisními náklady.

Objasnění výkresů

Vynález bude blíže osvětlen pomocí výkresů, na nichž obr. 1 znázorňuje schématické uspořádání planetových unášečů se substráty ve vakuové komoře při pohledu z boku, obr. 2 představuje pohled v řezu na otočné patro s pohybovým prostředkem, obr. 3 znázorňuje perspektivní pohled na rotační stolek se sedmi otočnými patry, obr. 4 znázorňuje perspektivní pohled na boční řez dvěma patry, obr. 5 znázorňuje grafické vyjádření závislosti tloušťky deponované vrstvy na velikosti rozteče mezi sousedními patry, obr. 6a znázorňuje graficky závislost homogenity deponované vrstvy na rozteči a obr. 6b graficky závislost rychlosti depozice vrstvy na rozteči, obr. 7a znázorňuje graficky závislost homogenity deponované vrstvy na úhlu naklonění planetové osy, obr. 7b znázorňuje graficky závislost depoziční rychlosti na úhlu naklonění planetové osy, obr. 8 ukazuje experimentální profily relativních tloušťek vrstev Al_2O_3 měřených na třetím patře od středu substrátu a obr. 9 znázorňuje graficky experimentální profil relativní depoziční rychlosti vrstev Al_2O_3 na jednotlivých patrech v závislosti na výšce patra.

Příklady uskutečnění vynálezu

Rozumí se, že dále popsané a zobrazené konkrétní příklady uskutečnění vynálezu jsou představovány pro ilustraci, nikoli jako omezení příkladů uskutečnění vynálezu na uvedené případy. Odborníci znalí stavu techniky najdou nebo budou schopni

zjistit za použití rutinního experimentování větší či menší počet ekvivalentů ke specifickým uskutečněním vynálezu, které jsou zde speciálně popsány. I tyto ekvivalenty budou zahrnuty v rozsahu následujících patentových nároků.

Schematicky vyobrazené uspořádání substrátů 2 na planetových unášečích 5 ve vakuové komoře 16 je viditelné na obr. 1. Na boku vakuové komory 16 je umístěn zdroj částic 15. Dále je ve vakuové komoře 16 uspořádáno šest nevyobrazených otočných pater 3 s vyobrazenými uloženými substráty 2. Hlavní osa 4 otáčení vede středem stolku 1 svisle, dále je vyobrazena planetová osa 6 otáčení právě jednoho ze substrátů 2, která svírá s hlavní osou 4 otáčení úhel α . Substráty 2 jsou v patrech od sebe uspořádány s roztečí l , přičemž substrát 2 na unášeči 5 je umístěn ve vzdálenosti r od hlavní osy 4 otáčení. Substrát 2 při svém otáčení opíše zdánlivou kružnici 17 s poloměrem R_s .

Pohybový prostředek 7, viditelný v řezu na obr. 2, je tvořen odvalovací dráhou 8, která je vyrobená z oceli a je připevněna na nevyobrazený nepohyblivý středový sloup, kterým prochází osa 4 otáčení rotačního stolku 1. Odvalovací dráha 8 je odlehčena odebráním materiálu z vnitřní části. Další součástí pohybového prostředku 7 je odvalovací rolna 9, která se odvaluje po pevné odvalovací dráze 8. Odvalovací rolna 9 je rozpohybována otáčením otočného patra 3, což vede k jejímu otáčení a tento pohyb je přenášen do planetového unášeče 5. Odvalovací rolna 9 je vyrobena z oceli s drsnou povrchovou úpravou tak, aby mezi odvalovací drahou 8 a odvalovací rolnou 9 vznikl dostatečný součinitel smykového tření.

Planetový unášeč 5 je složený z propojovacího náboje 13, úložného prostředku 12 a pouzdra 14. Propojovací náboj 13 a úložný prostředek 12 jsou vyrobeny z oceli. Propojovací náboj 13 je vložen do pouzdra 14 a na jeden jeho konec je nasazen úložný prostředek 12. Úložný prostředek 12 má tvar čtverce nebo rovnoramenného kříže a je opatřen zvýšenou hranou, která brání sklouznutí uloženého substrátu 2. Planetový unášeč 5 je stavebnicově rozebíratelný, přičemž lze měnit pouzdro 13 a náboj 14 podle aktuálních požadavků na konkrétní velikost úhlu α .

Na obr. 2 je dále patrné vyobrazení vzdálenosti r mezi hlavní osou 4 a středem planetového unášeče 5, úhel α mezi hlavní osou 4 a planetovou osou 6, průměr D odvalovací rolny 9 a poloměr R_s pro opsání zdánlivé kružnice 17.

Rotační stolek 1 na obr. 3 zahrnuje sedmkrát otočné patro 3, na kterých jsou nasazeny planetové unášeče 5 substrátů 2. Patra 3 jsou od sebe dělené distančníky 11, které jsou nasazeny na sloupcích 10. Mezi jednotlivými patry jsou viditelné odvalovací rolny 8, přičemž distančníky 11 jsou rovněž na středové hlavní ose 4 otáčení pro nastavení rozestupu odvalovacích rolen 8.

Jednotlivá otočná patra 3 jsou nad sebe stavěna do klece rotačního stolku 1. Klec je vytvořena z ocelové základny 18 trojúhelníkového tvaru, kde každý vrchol základny 18 je opatřen otvorem pro upevnění ocelového sloupku 10. Základna 18 je ve svém středu opatřena otvorem pro sloup 19, kterým prochází hlavní osa 4 rotačního stolku 1, což vede k vycentrování klece stolku 1.

Otočná patra 3 jsou na klec nasazována postupně, přičemž rozestupy mezi jednotlivými otočnými patry 3 definují ocelové distančníky 11. Distančníky 11 mohou mít různou délku. Distančníky 11 s jiným průměrem se nasazují také na sloup 19 rotačního stolku 1. Stavebnicový charakter rotačního stolku 1 umožňuje široké spektrum možností uspořádání otočných pater 3 na rotačním stolku 1.

Otočné patro 3 vyobrazené na obr. 4 je vyrobeno jako ocelový prstenec, který je opatřen na svém obvodu upevňovacími výstupky 20 a 21. Upevňovací výstupky 20 a 21 mohou být vodorovné výstupky 20 a ohnuté výstupky 21. Vodorovné upevňovací výstupky 20 mají v sobě díru pro nasunutí na sloupek 10. Ohnuté výstupky 21 mají díru připravenou pro nasazení planetového unášeče 5. Díra umožňuje, aby planetová osa 6 otáčení planetového unášeče 5 sevřela s hlavní osou 4 otáčení rotačního stolku 1 podstatnou část velikosti úhlu α . Jemné korekce úhlu α se provádějí pomocí výměny náboje 13 a pouzdra 14 planetového unášeče 5, jak bude uvedeno dále v textu.

Příklad 1

Ve vakuové komoře 16 chlazené vodou o vnitřních rozměrech přibližně 0,8 x 0,8 x 1,2 m, čerpané turbomolekulární vývěvou, jsou proti sobě umístěny dva rozprašovací magnetrony 15 s délkou katody 750 mm v přírubách ve stěnách komory 16 na výšku při vzdálenosti terčů od sebe 580 mm. K napájení magnetronu 15 slouží pulzní stejnosměrný zdroj o výkonu 10 kW. Magnetrony 15 mají posuvné clony.

Komora 16 je ve dveřích vybavena topením o výkonu 4kW pro radiální ohřev povlakovaných dílů – substrátů 2. Do komory 16 jsou přivedeny plyny argon, kyslík a dusík pro provoz magnetronového výboje, ať už pro nereaktivní naprašování v argonu nebo pro reaktivní naprašování. Uprostřed komory 16 je veprostřed mezi magnetrony 15 umístěn rotační stolek 1 se svislou hlavní osou 4 otáčení, jehož základna 18 je umístěna pod spodním okrajem magnetronů 15 a pomocí rotační příruby umístěné ve spodní stěně komory 16 se může otáčet s rychlostí 0,5 až 3 otáček za minutu. Navíc je ke stolku 1 přes ladící jednotku připojen vysokofrekvenční zdroj o frekvenci 13 MHz a výkonu 5 kW, umožňující dosáhnout depozice s předpětím.

Stolek 1 zahrnuje sedmkrát otočné patro 3, planetové unášeče 5 substrátů 2, a pohybový prostředek 7 pro každé otočné patro 3. V horní stěně je souose s otočným stolem 1 upevněn nepohyblivý středový sloup 19 pro fixování pohybových prostředků 7 s odvalovacími dráhami 8.

Nerezová klec stolku 1 je vytvořena z jednotlivých otočných pater 3, která jsou stavěna nad sebe nad základnou 18 s pomocí distančníků 11. Na obvodu každého otočného patra 3 jsou rozmístěny planetové unášeče 5, jejichž odvalovací rolny 9 jsou rozpořhobované vzájemným otáčením otočného patra 3 a pevné odvalovací dráhy 8.

Planetové unášeče 5 jsou výměnné s různými hodnotami úhlu α , který svírají planetové osy 6 otáčení planetových unášečů 5 s hlavní osou 4 otáčení stolku 1. V daném příkladu konstrukce umožňuje provoz v rozmezí úhlů α od 25° do 45°.

Propojovací náboj 13 je vložen do pouzdra 14 a na jeden jeho konec je nasazen úložný prostředek 12. Úložné prostředky 12 jsou rovněž výměnné, což umožňuje

jednak snadné zakládání substrátů 2, jednak při použití různé délky náboje 13 úložného prostředku 12 v různých patrech 3 spolu s délkou distančníků 11 určují rozteč l nejbližšího vyššího sousedního patra 3 a zároveň vzdálenost r planetových unášeců 5 od hlavní osy 4 otáčení. Konkrétně v popisovaném příkladu jsou nastaveny rozteče l pater na 100, 105 a 110 mm, vzdálenosti středů r planetových unášeců 5 na 174 mm $\pm$ 2 mm při úhlu $\alpha = 30^\circ$.

Substráty 2 v tomto příkladu jsou křemíkové solární články ve tvaru čtverce o hraně 125 mm (5in) se zaoblenými rohy na průměr 150 mm (6in). Pro tyto substráty 2 je planetový unášec 5 opatřen úložným prostředkem 12 ve tvaru čtverce se zkosenými rohy, a u jehož okrajů jsou vytvořeny zvýšené hrany, které brání sklouznutí uloženého substrátu 2. Nosič úložného prostředku 12 má tvar rovnoramenného kříže, a na jehož koncích jsou také vytvořeny zvýšené hrany pro vložení úložného prostředku 12.

Aby se zabránilo synchronnímu planetovému pohybu čtvercovitých úložných prostředků 12 se substráty 2 ve dvou sousedních otočných patrech 3 nad sebou a vytváření různých stínů horního patra 3 na spodním závislých na vzájemném úhlovém natočení obou čtverců, mají odvalovací rolny 9 planetových unášeců 5 v každém sudém a v každém lichém patře 3 jiný průměr D, v našem případě o 7%, který odpovídá rozdílu v rychlostech rotace planetových unášeců 5 rovněž o 7%, přičemž pochopitelně při větším průměru D je rychlost rotace menší. Konkrétně v popisovaném příkladu vykoná jedna planeta 5 mezi 8 a 10 planetových otáček za jednu otáčku stolku 1 okolo hlavní osy 4, tedy při jedné otáčce za minutu kolem hlavní osy 4 je rychlost planetové rotace 8 až 10 planetových otáček za minutu.

Příklad 2

Tento příklad ukazuje, jak lze výpočetním způsobem optimalizovat tloušťkovou nehomogenitu na kulatých substrátech. Při výpočtu se uvažuje podobné uspořádání jako v příkladu 1, pouze s jedním magnetronem 15 o vzdálenosti 290 mm od hlavní osy 4 rotace, s erozí terče převzatou z experimentu a s kosinovým rozdělením rozprášených částic z magnetronu 15. Substráty 2 byly kruhové s poloměrem $R_s = 70$ mm. Při výpočtu se uvažovaly jen bezesrážkové přímé dráhy rozprášených částic.

Při každé úhlové poloze hlavní i planetové rotace a v každém bodě na substrátu 2 byly integrovány příspěvky k depozici ze všech bodů na povrchu magnetronu 15. Integrace standardním způsobem započítává emisní úhel na terči magnetronu 15, úhel dopadu na substrát 2 i vzdálenost terč - substrát. Navíc se započte stínění, zejména stínění substrátem 2 z nejbližší vyššího patra 3. Výsledný radiální profil depoziční rychlosti se získá průměrováním přes všechny úhlové polohy hlavní i planetové rotace.

Výsledky výpočtů popisovaných níže jsou pro $r = 174$ mm, $R_s = 70$ mm, patro 3 ve střední výšce magnetronu 15, $\alpha = 40^\circ$ a $l = 110$ mm pro všechna patra 3, pokud není uvedeno jinak.

Na grafu obr. 5 jsou pro vybrané hodnoty rozteče l pater od 100 mm do 120 mm vyneseny výpočtem určené radiální profily tloušťky t deponované vrstvy. Při zvyšování rozteče l se jednak zvětšuje průměrná tloušťka t_{avg} , jednak se mění radiální homogenita vrstev. V tomto případě, kdy se mění pouze rozteč l , je důvodem pro tyto dva jevy jednoznačně pouze stínění toku částic, zejména substrátem 2 na nejbližší vyšším patře 3. Je vidět, že toto stínění může mít za zvolených podmínek příznivý vliv na nehomogenitu vrstev na substrátu 2. Je-li totiž rozteč l poměrně velká, stín horní planety zasahuje převážně jen na okraj planety a tloušťka t poblíž středu substrátu 2 je vyšší než na okraji. Při postupném přibližování horního patra 3 zasahuje stín více ke středu substrátu 2, až nakonec zůstane tloušťka t na kraji větší než poblíž středu. Existuje pak optimální požadovaná hodnota l_{opt} rozteče pater 3, při které je nehomogenita nejmenší.

Relativní nehomogenitu vrstvy lze určit například z minimální a maximální tloušťky $(t_{max} - t_{min}) / (2 * t_{avg})$, kde t_{max} je maximální tloušťka, t_{min} je minimální tloušťka, t_{avg} je průměrná tloušťka deponované vrstvy.

Na obr. 6a je vynesena takto určená nehomogenita vrstvy v závislosti na rozteči l sousedících otočných pater 3. Pro srovnání je uvedena na dalším grafu obr. 6b i depoziční rychlost deponované vrstvy o t_{avg} v relativních jednotkách. Z výpočtu je také zřejmé, že při zvyšování rozteče l se postupně snižuje nehomogenita vrstev k hodnotě lepší než $\pm 0,5$ % při $l_{opt} = 109$ mm. Při dalším zvyšování rozteče l se

začíná homogenita zase zhoršovat. Depoziční rychlost se přitom zvyšuje monotónně. Pro depozici vrstev s velmi dobrou nehomogenitou, v tomto případě lepší než $\pm 0,5$ %, je požadovaná velikost rozteče l mezi sousedícími patry 3 závislá na uspořádání exponovaných ploch substrátu 2 vzhledem k toku částic z magnetronového zdroje 15 . Přitom zůstává konstantní jak velikost úhlu α mezi planetovou osou 6 otáčení s hlavní osou 4 otáčení, tak vzdálenost r substrátu 2 od hlavní osy 4 otáčení. Požadovaná velikost rozteče l mezi sousedícími patry 3 je v tomto případě optimální rozteč l_{opt} . Graf na obr. 6a přitom ukazuje, že i při odchylce rozteče l pater o ± 10 % od požadované velikosti l_{opt} zůstává nehomogenita lepší než ± 2 %.

Na obr. 7a je vynesena nehomogenita vrstvy v závislosti na úhlu α , tedy na sklonu planetové osy 6 od hlavní osy 4 při fixních hodnotách vzdálenosti r a rozteče l . Pro srovnání je uvedena na dalším grafu obr. 7b i depoziční rychlost v relativních jednotkách. Z výpočtu je zřejmé, že při zvyšování úhlu α se postupně snižuje nehomogenita vrstev k hodnotě lepší než $\pm 0,5$ % při požadované velikosti $\alpha_{opt} = 39^\circ$. Při dalším zvyšování úhlu α se začíná homogenita zase zhoršovat. Depoziční rychlost se i zde zvyšuje monotónně. Graf na obr. 7a dokládá, že i při odchylce úhlu α mezi planetovou osou 6 otáčení s hlavní osou 4 otáčení o $\pm 6^\circ$ od požadované velikosti α_{opt} zůstává nehomogenita lepší než $\pm 1,4$ %.

Obdobně lze pomocí výpočtů získat požadovanou velikost vzdálenosti r jako optimální hodnotu vzdálenosti r_{opt} při fixní hodnotě rozteče l a úhlu α naklonění planetové osy 6 . Zde však se při zvýšení vzdálenosti r monotónně snižuje depoziční rychlost. Je to proto, že ačkoli se tím přibližuje substrát 2 ke zdroji 15 , v tomto případě rozmístění zdrojů 15 a otočných pater 3 , je vliv stínění vyšším patrem 3 větší a vede ke snížení depoziční rychlosti. Proto lze s výhodou využít kombinace této metody s výše uvedenými způsoby optimalizace rozteče l a úhlu α , a to zejména pro korekci rozdílů depoziční rychlosti na jednotlivých patrech 3 , způsobené rozdíly intenzity a/nebo úhlového rozdělení toku částic ze zdrojů 15 .

Výpočty optimálních hodnot v závislosti na vložených parametrech jsou prováděny ve výpočetním software za pomoci algoritmů, které byly pro způsob unášení substrátů 2 a pro nastavení rotačního stolku 1 vyvinuty. Vzhledem ke komplexnosti algoritmů a

skutečnosti, že zmíněný software zahrnuje přihlašovatelovo know-how, které není možné patentovat, nejsou tyto výpočetní algoritmy součástí příkladu provedení.

K podobným výsledkům jako dává výpočet je ovšem možné dospět i experimentálně. Například několik experimentů s různě rozmístěnými délkami distančníků 10 v několika patrech 3 stolku 1 umožňuje určit nehomogenitu vrstvy a depoziční rychlost v závislosti na velikosti rozteče 1 pater 3, podobně jako na obr. 6a a 6b. Tím lze dospět k požadované velikosti rozteče 1 mezi sousedícími patry 3 i bez výpočtu.

Příklad 3

V zařízení popsaném v příkladu 1 bylo rozmístěno sedm pater 3, všechna s vzdáleností $r = 174$ mm, a úhlem $\alpha = 30^\circ$. Spodní patro 3 bylo umístěno ve výšce 307 mm pod středem magnetronu 15. Mezi prvním a pátým patrem 3 byly rovnoměrné rozteče $l = 112$ mm, další dvě rozteče l byly sníženy na $l = 102$ mm. Depozice vrstvy Al_2O_3 na leštěné křemíkové substráty 2 tvaru čtverce se zkosenými rohy byla prováděna ve směsi argonu a kyslíku pulzním naprašováním z jednoho magnetronu 15 s terčem z čistého hliníku. Tloušťky t vrstev byly měřeny elipsometrem. V experimentu byla dosažena střední tloušťka $t_{\text{avg}} = 356$ nm na třetím patře 3. Obr. 8 ukazuje profily relativních tloušťek t vrstev měřených na tomto patře 3 od středu substrátu 2 jednak v diagonálním směru, jednak ve směru hrany čtverce. Je vidět, že homogenita je v intervalu ± 1 % od středu až těsně ke kraji substrátu 2, kde už se začíná projevovat malé stínění od hrany úložného prostředku 12.

Obr. 9 ukazuje profil relativní depoziční rychlosti vrstev Al_2O_3 na jednotlivých patrech 3, vynesená v závislosti na výšce patra 3 vzhledem ke středu magnetronu 15. V tomto příkladu byla dosažena výšková nehomogenita na prvních čtyřech patrech 3 lepší než $\pm 3,5$ %. Na vyšších patrech 3 ovšem už depoziční rychlost klesá.

Příklad 4

Vzhledem k experimentálním výsledkům uvedeným v příkladu 3 byly provedeny nové výpočty optimálních požadovaných hodnot pro zachování nehomogenity na každém substrátu 2 lepší než $\pm 1,5 \%$ a zároveň výškové nehomogenity lepší než $\pm 2 \%$ pro co nejvíce pater 3. Výsledkem jsou v tomto konkrétním případě optimální požadované hodnoty pro vzdálenost $r = 172 \text{ mm}$, pro rozteč $l = 102 \text{ mm}$ a pro úhel $\alpha = 52^\circ$ ve střední depoziční oblasti. Přípustné odchylky od optimálních hodnot pro zlepšení nehomogenity mezi jednotlivými patry vedou až k hodnotám $r = 174 \text{ mm}$, $l = 104 \text{ mm}$ a $\alpha = 48^\circ$ na nejspodnějším patře 3 a k hodnotám $r = 180 \text{ mm}$, $l = 96 \text{ mm}$ a $\alpha = 58^\circ$ na nejvyšším patře 3. Tímto způsobem se přizpůsobují požadované hodnoty, zejména úhel α , změnám toku částic z magnetronového zdroje 15 ve vertikálním směru, konkrétně změnám úhlového rozložení a celkového toku. Výsledek výpočtu v tomto příkladu předpovídá, že požadovaných hodnot výškové nehomogenity do $\pm 2 \%$ a nehomogenity na každém substrátu do $\pm 1,5 \%$ se dosáhne na šesti patrech rozložených na výšce 502 mm . Oproti výsledku experimentu z příkladu 3 se tak dosáhne nejen zlepšení nehomogenity celé dávky, ale i zvýšení produktivity zařízení.

Průmyslová využitelnost

Způsob unášení substrátů při depoziici tenké vrstvy na exponovaný povrch substrátů ve vakuu z alespoň jednoho zdroje částic a rotační stolek pro unášení substrátů v průběhu depoziice tenkých vrstev na povrch substrátů v naprašovacím zařízení podle vynálezu je vhodný do provozů s velkoobjemovou výrobou, ale také i v experimentálních nebo laboratorních aplikacích. Vzhledem k tomu, že dávkových depozičních zařízení s magnetrony či oblouky je k dispozici větší množství, použití způsobu unášení substrátů pomocí rotačního stolku podle vynálezu dokáže tato zařízení s relativně malými náklady přeměnit na zařízení s lepší homogenitou vrstev, případně zároveň s vyšší kapacitou.

Přehled vztahových značek

- 1 rotační stolek
 - 2 substrát
 - 3 otočné patro
 - 4 hlavní osa otáčení stolku
 - 5 planetový unášec
 - 6 planetová osa otáčení
 - 7 pohybový prostředek
 - 8 odvalovací dráha
 - 9 odvalovací rolna
 - 10 sloupek
 - 11 distančník
 - 12 úložný prostředek
 - 13 náboj
 - 14 pouzdro
 - 15 zdroj částic
 - 16 vakuová komora
 - 17 zdánlivá kružnice
 - 18 základna stolku
 - 19 sloup stolku
 - 20 vodorovný výstupek
 - 21 ohnutý výstupek
-
- α úhel mezi osou otáčení stolku a osou otáčení planetového unášeče
- l vzdálenost mezi sousedními patry
- D průměr rolny
- r vzdálenost substrátů od hlavní osy otáčení
- R_s maximální poloměr otáčení substrátu kolem planetové osy
- t relativní tloušťka deponované vrstvy
- t_{avg} průměrná tloušťka deponované vrstvy
- l_{opt} požadovaná rozteč mezi otočnými patry
- α_{opt} požadovaný úhel svíraný mezi hlavní a planetovou osou

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob unášení substrátů (2) při depozici tenké povrchové vrstvy na exponovaný povrch substrátů (2) z alespoň jednoho zdroje částic (15), prováděné ve vakuové komoře (16), při kterém se substráty (2) uloží na planetové unášecí (5) uspořádané okolo hlavní osy (4) otáčení, přičemž je současně každý planetový unášecí (5) otočně upevněný k planetové ose (6) otáčení, která je kolmá na exponovanou plochu povrchu substrátu (2), přičemž otáčením exponované plochy substrátu (2) je opsána zdánlivá kružnice (17) s poloměrem (R_s), **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že planetová osa (6) otáčení svírá s hlavní osou (4) otáčení úhel (α) o velikosti v rozmezí od 15° do 75° .
2. Způsob unášení substrátů podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že vzdálenost (r) středu zdánlivé kružnice (17) exponované plochy substrátu (2) od hlavní osy (4) otáčení je větší než poloměr (R_s).
3. Způsob unášení substrátů podle nároku 2, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že velikost úhlu (α) a vzdálenosti (r) je závislá na prostorovém uspořádání exponovaných ploch substrátu (2) vzhledem k toku částic ze zdrojů (15).
4. Způsob unášení substrátů podle některého z nároků 1 až 3, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že substráty (2) jsou prostorově uspořádány okolo hlavní osy (4) otáčení alespoň ve dvou paralelních rovinách kolmých k hlavní ose (4) otáčení, kde rozteč (l) mezi sousedícími rovinami má velikost v rozmezí od $0,8 R_s$ do $10 R_s$.
5. Způsob unášení substrátů podle nároku 4, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že hlavní osa (4) otáčení je vertikální, přičemž paralelní roviny tvoří vodorovná patra (3).
6. Způsob unášení substrátů podle nároku 4 nebo 5, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že požadovaná velikost rozteče (l) mezi sousedícími je závislá na velikosti úhlu

(α), vzdálenosti (r), a na prostorovém uspořádání exponovaných ploch substrátu (2) vzhledem k toku částic ze zdrojů (15).

7. Způsob unášení substrátů podle některého z nároků 4 až 6, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že při fixní velikosti úhlu (α) a vzdálenosti (r) je přípustné odchýlení velikosti rozteče (l) od požadované optimální velikosti (l_{opt}) do 10 % požadované optimální velikosti (l_{opt}).
8. Způsob unášení substrátů podle některého z nároků 4 až 6, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že při fixní velikosti rozteče (l) a vzdálenosti (r) je přípustné odchýlení velikosti úhlu (α) od požadované optimální velikosti (α_{opt}) do 6° .
9. Způsob unášení substrátů podle některého z nároků 4 až 6, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že při fixní velikosti úhlu (α) a velikosti rozteče (l) je přípustné odchýlení vzdálenosti (r) od požadované optimální vzdálenosti do 10 % požadované optimální vzdálenosti.
10. Způsob unášení substrátů podle některého z nároků 5 až 9, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že může být odchylka od požadované optimální hodnoty pro každý pár sousedících paralelních rovin jiná v rámci přípustného odchýlení od požadované optimální hodnoty.
11. Rotační stůl (1) pro unášení substrátů (2) při depozici tenké povrchové vrstvy na exponovaný povrch substrátů (2) z alespoň jednoho zdroje částic (15) prováděné ve vakuové komoře (16), zahrnující alespoň jedno otočné patro (3), které se otáčí kolem hlavní osy (4) otáčení stolku (1) a na kterém jsou kruhovitě uspořádány alespoň dva planetové unášeče (5) substrátů (2), otočné kolem jejich planetových os (6) otáčení, přičemž planetová osa (6) otáčení je zároveň osou otáčení substrátu (2), kde zdánlivá kružnice (17) otáčení exponované plochy substrátu (2) kolem planetové osy (6) otáčení má maximální poloměr (R_s), a otáčení každého planetového unášeče (5) je odvozeno pomocí pohybového prostředku (7) od otáčení otočného patra (3), **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že

-12- 20.01.19

planetové osy (6) otáčení planetových unášeců (5) svírají s hlavní osou (4) otáčení stolku (1) úhel (α) v rozmezí od $\underline{15^\circ}$ do $\underline{75^\circ}$.

12. Rotační stolek podle nároku 11, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že vzdálenost (r) planetových unášeců (5) od hlavní osy (4) otáčení je větší než R_s .
13. Rotační stolek podle nároku 11 nebo 12, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že pohybový prostředek (7) je tvořen pevnou odvalovací dráhou (8) a pohyblivými odvalovacími rolnami (9) zabírajícími s pevnou odvalovací dráhou (8) a spojenými s osami (6) otáčení planetových unášeců (5), které jsou otočně uloženy v otočném patře (3).
14. Rotační stolek podle některého z nároků 11 až 13, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že je tvořen nejméně dvěma otočnými patry (3), která jsou spojena navzájem a tvoří klec rotačního stolku (1), tvořenou alespoň dvěma sloupky (10), které jsou uspořádány podél hlavní osy (4) otáčení rotačního stolku (1), přičemž jednotlivá otočná patra (3) jsou spojena svislými sloupky (10).
15. Rotační stolek podle nároku 14, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že mezi jednotlivými otočnými patry (3) jsou na sloupcích (10) uspořádány distančníky (11), a zároveň jsou distančníky (11) odpovídající délky uspořádány i na hlavní ose (4) otáčení stolku (1) mezi jednotlivými pevnými odvalovacími dráhami (8), které jsou na hlavní ose (4) upevněny, přičemž distančníky (11) definují rozteč (l) mezi sousedícími patry (3) v rozmezí od $0,8 R_s$ do $10 R_s$.
16. Rotační stolek podle nároku 13, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že odvalovací rolny (9) planetových unášeců (5) mají v sousedních otočných patrech (3) jiný průměr (D), který odpovídá rozdílu rychlosti rotace planetových unášeců (5) v rozpětí od $\underline{5\%}$ do $\underline{50\%}$ rychlosti rotace planetových unášeců (5) referenčního otočného patra (3).
17. Rotační stolek podle alespoň jednoho z nároků 11 až 16, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že planetový unášec (5) je opatřen úložným

prostředkem (12) pro substrát (2), přičemž úložný prostředek (12) má tvar kříže a na jehož koncích jsou vytvořeny zvýšené hrany pro držení substrátu (2).

18. Rotační stolek podle některého z nároků 11 až 16, **vyznačující se tím**, že planetový unášec (5) je opatřen úložným prostředkem (12) pro substrát (2), přičemž úložný prostředek (12) má tvar čtverce a/nebo čtverce se zkosenými rohy, a u okrajů úložného prostředku (12) jsou vytvořeny zvýšené hrany pro držení substrátu (2).

19. Rotační stolek podle nároku 17 nebo 18, **vyznačující se tím**, že planetová osa (6) otáčení planetového unášeče (5) je mezi úložným prostředkem (12) a odvalovací rolnou (9) tvořena nábojem (13) uloženým otočně v pouzdru (14), přičemž velikost úložného prostředku (12) spolu s délkou distančníků (11) určují rozteč (l) sousedících pater (3) a zároveň vzdálenost (r) planetových unášečů (5) od hlavní osy (4) otáčení.

20. Rotační stolek nároku 19, **vyznačující se tím**, že planetové unášeče (5) jsou výměnné, kde náboje (13) svírají s hlavní osou (4) otáčení úhel (α), a že hodnoty úhlu (α) se pro jednotlivé unášeče (5) liší odchylkou do 6° od požadované vypočtené optimální velikosti úhlu (α).