

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2022 023**
(22) Paraiškos padavimo data: **2022-10-11**
(41) Paraiškos paskelbimo data: **2023-04-25**
(45) Patento paskelbimo data: **2023-07-10**
(30) Prioritetas: **U20210277, 2021-10-11, BY**

(73) Patento savininkas:
**Obshchestvo s ogranichennoy
otvetstvennostyu „IZOVAK“, ul. Selickogo d. 7,
of. 202, 220075 Minskas, BY**
(72) Išradėjas:
Yauhen KHAKHLOU, BY
Aleksandr Sergeevich MYSLIVETS, BY
(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
**dr. Juozas LAPIENIS, 45, UAB „MSP Europe“,
Šeimyniškių g. 21-92, LT-09236 Vilnius, LT**

LT 7004 B

(54) Pavadinimas:
Vakuuminis įrenginys, skirtas optinių elementų daugiasluoksnių interferencinių dangų gamybai

(57) Referatas:

Techninis sprendimas yra susijęs su vakuumine technika, ypač vakuuminiais įrenginiais, skirtais plonų plėvelių daugiasluoksniams interferenciniams dangoms padengti, ir yra skirtas didelio tikslumo optinių gaminių gamybos pramoninio įrenginio sukūrimo uždaviniui išspręsti. Keliamas uždavinys yra išspręstas tuo, kad vakuuminiame įrenginyje naudojami plokštieji magnetronai, sumontuoti ant autonominių judėjimo įtaisų su galimybe keisti atstumą nuo taikinių darbinio paviršių centro iki optinio elemento laikiklio sukimosi ašies ir nuo taikinių darbinio paviršiaus iki optinio elemento, pritvirtinto prie laikiklio, priekinio paviršiaus. Valdymo signalą nurodytiems atstumams keisti generuoja optinė valdymo sistema, turinti du geometriškai išdėstytus optinius kanalus, per kuriuos matuojamos formuojamos dangos optinės savybės optinio elemento priekinio paviršiaus skirtinguose taškuose. Vakuuminis įrenginys leidžia sutrumpinti technologinio proceso trukmę pagerinant gaminamų plonų plėvelių sluoksnių vienodumą, taip padidinant įrangos naudojimo efektyvumą ir padidinant didelio tikslumo optinių gaminių išėigą.

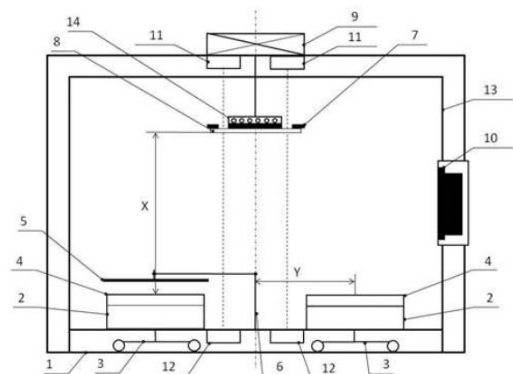


Fig. 1

Vakuuminis įrenginys, skirtas optinių elementų daugiasluoksnių interferencinių dangų gamybai

Patentuojamas techninis sprendimas yra susijęs su vakuumine technika, ypač su vakuuminiais įrenginiais, skirtais plonų plėvelių daugiasluoksnių optinių dangų padengimui. Įrenginys gali būti panaudojamas pramoniniu būdu gaminti siaurajuosčiams interferenciniams filtrams, naudojamiems astrofiziniuose tyrimuose, skirtuose kosminių objektų monochromatinių vaizdų gavimui, šviesolaidinio ryšio tinkluose, paremtuose daugiakanaliu serijiniu duomenų perdavimu, optinių sistemų gamybai, pavyzdžiui, didelio atspindžio veidrodžių, spektro skirstytuvų su stačiu kraštu, kitų gaminių, turinčių daugiasluoksnę plonų plėvelių dangą su šimtu ir daugiau kartu uždėtais sluoksniais.

Žinomas vakuuminis įrenginys [1], skirtas optinių elementų daugiasluoksnių interferencinių dangų gaminimui, su jonų šaltiniu, nukreiptu į keičiamo plokščio stačiakampio taikinio paviršių. Jonų šaltinis ir taikiny yra sumontuoti ant judėjimo įtaiso, pritvirtinti vienas kito atžvilgiu taip, kad jie bendrai judėtų kryptimi, statmena ilgajam šaltinio profiliui. Siekiant pagerinti dangos vienodumą, optinis elementas yra sumontuotas pasukamame laikiklyje. Be to, siekiant pagerinti dangos kokybę, įrenginyje naudoja antrą pagalbinį jonų šaltinį, nukreiptą į optinį elementą. Jo pagalba išlygina optinio elemento paviršių ir slopina papildomo šiurkštumo susidarymą didėjant plėvelių skaičiui ir dangos storiui. Jis taip pat gali būti panaudojamas nusodinamos medžiagos oksidavimui.

Pagrindinis tokio tipo vakuuminių įrenginių trūkumas yra tas, kad yra naudojamas dangų gamybos būdas, kuris neužtikrina didelių jų gamybos greičių. Todėl daugiasluoksnių dangų su šimtais ir daugiau sluoksnių dengimas per vieną vakuuminį ciklą gali užtrukti kelias dienas, taigi aprašytą vakuuminį įrenginį sunku naudoti pramoniniais tikslais. Be to, jonų pluošto dengimo metodo trūkumai, susiję su daugiasluoksnės dangos nehomogeniškumu, yra susiję su netolygiu jonų pluošto ištraukimu iš jonų šaltinio ir netolygiu tikslinės medžiagos purškimu.

Optinių gaminių su sudėtingomis daugiasluoksnėmis dangomis gamybai gali būti naudojami magnetroniniai purškimo įtaisai – magnetronai, kurie taip pat yra susiję su jonų purškimo įtaisais, tačiau kurie pasižymi dideliu purškimo greičiu, pasiekiamu padidinus jonų srovės tankį dėka plazmos lokalizacijos šalia purškiamo

(darbinio) taikinio paviršiaus, naudojant stiprų skersinį magnetinį lauką. Magnetronų naudojimas žymiai pagreitina optinių gaminių su danga, apimančia didelį kiekį plonos plėvelės sluoksnių, gamybos procesą, todėl, atitinkamai, padidėja gatavų gaminių kiekybinė išeiga. Tačiau magnetroninio purškimo srityje reikia sumažinti netolygią taikinio eroziją ant jo purškiamo paviršiaus. Į tai reikia atsižvelgti ne tik racionaliai naudojant taikinius, bet ir kaip veiksnį, kuris neigiamai veikia kokybę plonų plėvelių, nusodinamų ant optinio elemento.

Viena iš taikinio darbinio paviršiaus netolygaus panaudojimo priežasčių yra erozijos padidėjimas tose vietose, kur magnetinio lauko linijos liečia purškiamą paviršių. Yra žinomi techniniai sprendimai, kai magnetų matricos, esančių už taikinio, yra pagamintos su galimybe pasukti magnetus taikinio atžvilgiu tam, kad būtų tolygesnė jo darbinio paviršiaus erozija, arba patys purškiami taikiniai yra daromi judantys magnetų atžvilgiu.

Patentiniame dokumente [2] aprašomas vakuuminis įrenginys su plokščiuoju magnetronu, apimančiu judantį plokščią taikinį. Vakuuminis įrenginys apima vakuuminę technologinę kamerą su laikikliu, skirtu optiniam elementui tvirtinti kameros viduje ir jo sukimuisi aplink savo centrinę ašį, kuri sutampa su laikiklio sukimosi ašimi. Kaip dengimo įtaisas yra naudojamas modifikuotas magnetronas, sumontuotas vakuuminėje technologinėje kameroje. Magnetronas apima plokščią taikinį, kurio darbinis paviršius iš dalies uždengtas ekranavimo įtaisu, ir magnetų sistemą. Taikinyje yra sumontuotas ant judančios atramos su galimybe sukuti magnetų atžvilgiu, o magnetų sistema, esanti už taikinio, technologinės kameros atžvilgiu yra nejudanti, o patys magnetronai yra pritvirtinti prie fiksuotų tvirtinimo paviršių. Taigi aprašytame vakuuminiame įrenginyje naudojamas magnetronas su judančiu taikiniu, kuris tam, kad jo darbiname paviršiuje susidarytų vienodas erozijos profilis, slysta išilgai magnetinės sistemos ir, papildomai, sukasi, kad išlaikytų nejudantį nusėdimo debesį.

Aprašyto techninio sprendimo judanti taikinio darbinio paviršiaus erozijos zona tuo pačiu metu yra ir privalumas ir trūkumas, kadangi gali susidaryti netolygi danga ir sumažėti tikslios plėvelės gamybos galimybė. Be to, naudojant judančius taikinius, tampa problematiška ekranavimo įtaisu pridengti taikinio vietas, kurios nėra veikiamos erozijos. Atvirose taikinio darbinio paviršiaus vietose, kurios nedalyvauja purškimo procese, susidaro dielektrinės plėvelės – nepageidaujamos medžiagos

sluoksniai, susidarantys iš atgal sklindančios dangos medžiagos arba reaktyviųjų dujų. Bet aprašytame techniniame sprendime nėra nurodymų, kaip padidinti magnetrono atsparumą dielektrinės plėvelės susidarymui ant taikinio paviršiaus, kas yra būtina norint pasiekti aukštos kokybės ir stabilų padengtos dangos optinių savybių pakartojamumą.

Žinomi vakuuminiai įrenginiai, kurių konstrukcija leidžia sumažinti galimus techninius poveikius gaminamų dangų kokybei. Pavyzdžiui, patentiniame dokumente [3] aprašytas vakuuminis įrenginys, skirtas vakuuminei gamybai daugiasluoksnių dangų su standžiu karkasu. Aprašyto vakuuminio įrenginio konstrukcija yra artimiausia patentuojamam techniniam sprendimui. Karkasas skirtas ant jo tvirtinti technologiniams ir kitiems įrenginiams, dalyvaujantiems dangų gamybos technologiniame procese. Jis pagamintas ir sumontuotas taip, kad būtų sumažinta proceso metu patiriamų vibracijų įtaka ir proceso kameros išlenkimų poveikis, kuriuos ji patiria technologinio proceso metu. Tokius svyravimus gali sukelti įvairių vakuuminės sistemos funkcionavimą užtikrinančių įrenginių veikimas, pavyzdžiui, siurbimo komponentai, siurbiai, arba vibracija iš aplinkos. Karkasas gali būti pagamintas kaip elementas, stovintis atskirai nuo vakuuminio proceso kameros, arba kaip mazgas, sumontuotas ant vieno iš jos stacionarių paviršių, arba gali būti pagamintas kitu efektyviu būdu, leidžiančiu izoliuoti jį nuo aukščiau paminėtų vibracijų ir išlenkimų. Pagrindinė karkaso funkcija yra technologinio proceso metu ant jo sumontuotų įrenginių išlaikymas stabilioje padėtyje vienas kito atžvilgiu.

Be vakuuminės technologinės kameros ir karkaso, patentiniame dokumente [3] aprašytas įrenginys apima: laikiklį su ant jo pritvirtintu optiniu elementu, kurio priekinis paviršius technologinėje kameroje yra atviras dengimui; plokščiuosius magnetronus su purškiančiais taikiniais, kurių darbiniai paviršiai nukreipti į priekinį optinio elemento paviršių ir yra lygiagretūs jam. Vakuuminio įrenginio konstrukcija leidžia valdyti atstumą nuo taikinio darbinio paviršiaus iki priekinio optinio elemento paviršiaus naudojant specialius judėjimo įtaisus, ant kurių yra pritvirtinti magnetronai. Be prietaisų, skirtų įvairiems proceso parametrams stebėti, aprašytas įrenginys apima įtaisą, skirtą nuolatiniam kiekvienos dangos plėvelės storiui valdyti. Dengiant optinėmis dangomis, gaminamų plonų plėvelių storis turi būti griežtai išlaikomas ir turi būti vienodas visame priekiniame optinio elemento paviršiuje. Optinėms plonoms plėvelėms jų optinis storis, lemiantis optines dangos savybes, pavyzdžiui,

atspindėjimą, pralaidumo koeficientą, didžiausio pralaidumo bangos ilgį, yra tikslesnė charakteristika nei plėvelės geometrinis storis. Todėl plačiai naudojamas optinės plėvelės storio stebėjimas, kai ji didėja ant optinio elemento, tai taip vadinamas optinio storio valdymo nuo galo iki galo būdas, kuriame atsižvelgiama į plonos plėvelės optinių savybių pasikeitimą purškimo metu. Aprašytame vakuuminiame įrenginyje yra įrengta optinė valdymo sistema, kurią naudojant atlieka dangos optinio storio valdymą nuo galo iki galo dviejų sekcijų – centre ir atstumu nuo optinio elemento centro.

Aukščiau aprašytas vakuuminis įrenginys neužtikrina reikiamos tinkamų gaminių išeigos po kiekvieno daugiasluoksnės interferencinės dangos gamybos vakuuminio ciklo, nes didelė dalis padengto optinio elemento neturi reikiamų optinių savybių. Danga, atitinkanti nurodytus reikalavimus, yra priekiniame optinio elemento paviršiuje siaurame žiede. Norint padidinti tinkamų gaminių išeigą, būtina padidinti žiedo plotą, o tai reiškia, kad dangos gamybos procese turėtų būti galimybė kontroliuoti ne tik atstumą nuo optinio elemento priekinio paviršiaus iki taikinio darbinio paviršiaus, kaip tai daroma įrenginyje pagal patentinį dokumentą [3], bet ir atstumą nuo optinio elemento sukimosi ašies iki taikinio centro.

Pateikiamas techninis sprendimas yra skirtas pramoninio vakuuminio įrenginio, skirto daugiasluoksnių interferencinių dangų, kurios tinka didelio tikslumo optinių gaminių gamybai, sukūrimo uždaviniui išspręsti. Tuo būdu vakuuminis įrenginys turi užtikrinti tinkamų gaminių išeigos padidinimą dėka didelio daugiasluoksnių dangų optinių parametrų atkuriamumo, o taip pat atskirų sluoksnių kokybės ir vienodumo.

Iškeltas uždavinys pareikštame įrenginyje, apimančiame technologinę kamerą su standžiu karkasu viduje, optinio elemento laikiklį, pagamintą taip, kad galėtų suktis aplink savo centrinę ašį ir judėti išilgai savo centrinės ašies, sutampančios su optinio elemento, tvirtinamo ant laikiklio, centrine ašimi, bent du magnetronus su taikiniais, kurių darbinių paviršių plokštumos yra lygiagrečios pritvirtinamo optinio elemento priekinio paviršiaus plokštumai; taikinio darbinių paviršių ekranavimo įrenginį, optinio tikrinimo sistemą, turinčią du geometriškai atskirtus kanalus, kad būtų galima matuoti formuojamos dangos optines savybes įvairiuose optinio elemento priekinio paviršiaus taškuose, bent vieną plazmos šaltinį ir optinio elemento šildytuvą; išsprendžiamas tuo, kad magnetronai sumontuoti ant

nepriklausomų judėjimo įrenginių, turinčių galimybę keisti atstumą Y nuo taikinių darbinio paviršiaus centro dėl laikiklio sukimosi ašies, kartu atstumas Y yra apribotas intervalu 200–400 mm, o atstumas X nuo taikinių darbinio paviršių iki pritvirtinamo optinio elemento priekinio paviršiaus yra išlaikytas ribose 150–450 mm ribose.

Geriau plazmos šaltinis yra sumontuotas technologinėje kameroje taip, kad būtų galima paveikti taikinių darbinį paviršių ir optinio elemento priekinį paviršių.

Galimas realizavimo atvejis, kai vakuuminis įrenginys apima keturis magnetronus, sumontuotus ant karkaso, turinčio dvi atskiras lygiagrečias plokštumas, sujungtas tvirtinimo briaunomis. Taip pat apima ant karkaso sumontuotą optinio elemento laikiklį su jam skirtu šildytuvu.

Vienas iš magnetroninių taikinių darbinio paviršių ekranavimo įrenginio realizavimo pavyzdžių yra įrenginys, apimantis perstumimo mechanizmą, ant kurio sumontuotas mažiausiai vienas ekranas.

Siūlomo techninio sprendimo esmė paaiškinta vakuuminio įrenginio, skirto optinio elemento daugiasluoksnėms interferencinėms dangoms gaminti, scheminiu vaizdu, parodytu brėžinyje fig. 1.

Vakuuminis įrenginys apima technologinę kamerą 1, kurios viduje sumontuoti mažiausiai du plokšti magnetroniniai purškimo įrenginiai 2 (toliau – magnetronai) su taikiniais 4, ant kurių darbinio paviršių vyksta purškimo procesas. Atliekant daugiasluoksnės interferencinės plonų plėvelių dangos gamybos technologinį procesą ant optinio elemento 8, magnetronai 2 procese dalyvauja paeiliui, kadangi turi taikinius 4 iš skirtingų medžiagų, atitinkamai, kiekvienas magnetronas 2 nusodina tam tikros sudėties plonų plėvelių sluoksnius.

Technologinės kameros 1 viduje taip pat yra sumontuotas taikinių 4 darbinio paviršių ekranavimo įrenginys. Galimas realizavimo atvejis, kai ekranavimo įtaisas susideda iš judėjimo mechanizmo 6, ant kurio yra sumontuotas bent vienas ekranas 5, ir kuris užtikrina ekrano 5 judėjimą virš taikinių 4 darbinio paviršių. Taigi, vakuuminio įrenginio darbo metu, ekranas 5 uždengia vieno iš taikinių 4 darbinio paviršių, tuo pačiu metu leidžia įjungti magnetroną ir stabilizuoti jį po ekranu 5, ir apsaugoti taikinio 4 paviršių nuo apdulkinimo gretimo magnetrono 2 veikimo metu.

Tuo atveju, kai technologinėje kameroje 1 yra sumontuoti daugiau nei du magnetronai 2, ekranas 5 gali būti pagamintas tokiu būdu, kad būtų užtikrintas kelių

magnetronų 2 taikinių 4 darbinį paviršių uždengimas vienu metu. Arba gali būti keli ekranai 5 ant vieno arba kelių judėjimo mechanizmų 6, kiekvienam magnetronui atskirai. Judėjimo mechanizmas 6, savo ruožtu, gali būti pagamintas naudojant įvairius ekrano 5 judėjimo principus, tokius kaip pasukimas, poslinkis, grįžtamasis judėjimas ir kt.

Kiekvieno plonų plėvelių sluoksnio ant optinio elemento 8 storio vienodumas keičiasi jo gamybos metu dėl taikinio 4 medžiagos sunaudojimo, jos erozijos ir kintančios darbinio paviršiaus geometrijos. Siekiant padidinti dangoje pagaminamų sluoksnių vienodumą, kiekvienas magnetronas 2 yra sumontuotas ant judėjimo įtaiso 3, kuris leidžia magnetroną pastumti, išlaikant taikinių 4 darbinio paviršiaus plokštumą ir (arba) keisti magnetrono 2 taikinio 4 pasvirimo kampą į optinio elemento 8 priekinio paviršiaus plokštumą. Kiekvienas iš magnetronų 2 yra aprūpintas judėjimo įtaisu 3, o kiekvienas judėjimo įtaisas 3 yra autonominis. Tai reiškia, kad vakuuminiame įrenginyje su dviem magnetronais 2, kiekvienas iš magnetronų gali būti perslinktas savo judėjimo įtaisu 3 iš anksto nustatytu atstumu tiek prieš magnetrono 2 veikimo pradžią, tiek ir jo veikimo metu.

Tuo atveju, jeigu technologinėje kameroje 1 yra sumontuoti daugiau nei du magnetronai 2, tokie technologiniai įrenginiai gali veikti tiek paeiliui, tiek poromis. Tuo atveju, jeigu įrengiamas lyginis magnetronų 2 skaičius, vienu metu veikiančių magnetronų pora sudaro magnetroninę purškimo sistemą. Kadangi kiekvienas magnetronas 2 iš magnetroninės purškimo sistemos turi savo autonominį judėjimo įtaisą 3, jis gali būti paslinktas tokiu atstumu, kuris nesutampa su poslinkio atstumu kito magnetrono iš magnetroninės purškimo sistemos.

Siekiant užtikrinti aukštą dangų gamybos proceso efektyvumą ir pagerinti jų kokybę, patentuojamame vakuuminiame įrenginyje yra naudojamas bent vienas induktyviai susietos plazmos generavimo įrenginys 10 (toliau – plazmos šaltinis), nukreiptas į nusodinimo zoną. Kadangi plazmos šaltinis 10 dangos gamybos procese gali būti naudojamas įvairioms funkcijoms atlikti, yra pageidautinas variantas, kad jis būtų sumontuotas su galimybe veikti taikinių 4 darbinį paviršių ir priekinį optinio elemento 8 paviršių. Šiuo atveju plazmos šaltinis 10 gali būti naudojamas optinio elemento 8 priekiniam paviršiui valyti prieš pat dengimo procesą ir gali dalyvauti technologiniame procese, nes tai turi įtakos technologinio proceso vykdymo greičiui ir pagerina dangos kokybę dėka to, kad yra galimybė kontroliuoti jonų tankį

purškimo zonoje. Be to, plazmos dalelių pluoštas, generuojamas plazmos šaltinio 10 ir įpurškiamas į nusodinimo zoną, tiksliau į magnetrono išlydžio plazmos degimo zoną, leidžia padidinti atsparumą dielektrinės plėvelės susidarymui ant taikinio 4 darbinio paviršiaus. O tai, savo ruožtu, leidžia žymiai padidinti dangų augimo greitį ir sumažinti lanko atsiradimo ant taikinio 4 paviršiaus tikimybę, tuo būdu padidinant plonų plėvelių, nusodinamų ant optinio elemento 8, kokybę. Tuo pačiu metu plazmos šaltinio 10 naudojimas sutrumpina technologinio ciklo laiką tuo, kad sumažinamas teršalų ir cheminių reakcijų produktų susidarymas ant taikinių 4 darbinio paviršiaus, tuo pat metu pagerina magnetronų 2 funkcines charakteristikas išplečiant magnetroninio išlydžio plazmos egzistavimo sritį ir padeda, kad būtų pasiekta nusodinamų dangų aukšta kokybė ir stabilus fizinių savybių pakartojamumas.

Tuo atveju, kai technologinėje kameroje 1 yra sumontuoti du magnetronai 2 ir vienas plazmos šaltinis 10, pastarasis arba veikia nuolat, persijungdamas į atskirus darbo režimus, kuomet magnetronai 2 į technologinį procesą įjungiami paeiliui, arba įjungiamas kartu tik su vienu iš magnetronų 2. Tuo atveju, jeigu technologinėje kameroje 1 yra sumontuoti daugiau negu du magnetronai 2, galima naudoti kelis plazmos šaltinius 10. Šiuo atveju kiekvienas iš plazmos šaltinių ir (arba) atlieka optinio elemento 8 priekinio paviršiaus paruošimo funkciją iki technologinio proceso pradžios ir (arba) įsijungia kartu su vienu iš magnetronų 2 veikimo pradžia arba magnetrono purškimo sistema, kuriems padėti veikti jis yra skirtas, ir (arba) veikia visą laiką.

Laikiklis 7 yra skirtas optiniam elementui 8 pritvirtinti vakuuminės technologinės kameros 1 viduje ir yra sumontuotas taip, kad optinio elemento priekinis paviršius, atviras dengimui, išsidėsto plokštumoje, lygiagrečioje taikinių 4 darbinių paviršių plokštumai. Optinis elementas 8 yra pritvirtintas laikiklyje 7 taip, kad laikiklio 7 centrinė ašis sutampa su optinio elemento 8 centrine ašimi. Laikiklis 7 pagamintas taip, kad jis gali sukis aplink savo centrinę ašį ir išilgai jos perslinkti optinį elementą 8.

Kadangi gaminamos plonos plėvelės dangos azimutinis tolygumas priklauso nuo optinio elemento 8 sukimosi greičio teisingo pasirinkimo dangos gamybos proceso metu nusodinimo zonoje, patentuojamame įrenginyje, naudojant sukimo įtaisą 9, užtikrinamas optinio elemento 8 sukimosi greitis iki 3000 tūkstančių apsisukimų per minutę.

Siekiant išvengti nereikalingo purškimo zonos užteršimo, visi vakuuminio įrenginio mechanizmai yra patalpinti už purškimo zonos ribų. Taigi laikiklio 7 sukimosi įtaisas 9 yra arba technologinės kameros 1 viduje už purškimo zonos, arba pačios technologinės kameros 1 išorėje, kaip parodyta brėžinyje fig. 1. Tai taip pat taikoma magnetronų 2 judėjimo įtaisams 3 ir ekrano 5 judėjimo mechanizmui 6. Taip pat, siekiant sumažinti taršą, įrenginiuose galima panaudoti atitinkamus mechanizmus, pavyzdžiui, sukimosi įtaise 9 esančią magnetinę sankabą.

Norint pasiekti reikiamą pagamintos plonos plėvelės dangos vienodumą, vakuuminio įrenginio konstrukcijoje yra išlaikomi atitinkami matmenų parametrai, nurodyti brėžinyje fig. 1 kaip X ir Y.

Atstumas X yra atstumas nuo optinio elemento 8 priekinio paviršiaus (optinio elemento priekinis paviršius yra paviršius, nukreiptas į nusodinimo zoną, ant kurios yra padengiama plonos plėvelės danga) iki taikinio 4 darbinio paviršiaus.

Atstumas Y yra atstumas nuo centrinės optinio elemento 8 sukimosi ašies iki magnetrono 2 taikinio 4 centro.

Atstumai X ir Y eksperimentiniu būdu yra nustatomi intervaluose $X=150\text{--}450$ mm, $Y=200\text{--}400$ mm. Būtent tokie atstumai X ir Y leidžia sureguliuoti vakuuminį įrenginį maksimaliam darbo efektyvumui – pasiekti labai didelį daugiasluoksnių interferencinių dangų gamybos tikslumo vienodumą.

Jei technologinio proceso metu ant laikiklio 7 esantis optinis elementas 8 neperstumiamas vakuuminės technologinės kameros 1 viduje nusodinimo zonoje išilgai laikiklio centrinės ašies, atstumas X išlieka nepakitęs viso technologinio proceso metu ir gali būti keičiamas technologinio proceso metu vakuuminio įrenginio perreguliavimo metu arba laikotarpiu tarp operacijų. Šiuo atveju, naudojant sukimo įrenginį 9, dangos gamybos proceso metu optinis elementas 8 sukasi kartu su laikikliu 7 aplink savo centrinę ašį, o optinio elemento 8 erdvinis išdėstymas nusodinimo zonoje lieka nepakitęs.

Atstumas Y, apskaičiuotas prieš technologinio proceso pradžią kiekvienam magnetronui 2 atskirai, priklausomai nuo reikiamo vienodumo, gali pakartotinai keistis vieno technologinio proceso metu, tačiau išsilaiko aukščiau nurodytame intervale.

Apskaičiuotos nusodintos dangos optinių charakteristikų reikšmės pasiekimas priklauso nuo naudojamo valdymo metodo. Optinėms plonomis plėvelėms

jų optinis storis lemia pačios dangos optines savybes ir yra tiksli charakteristika. Patentuojamas įrenginys yra aprūpintas automatine optinio dangos storio valdymo nuo galo iki galo sistema, kuri turi du optinius kanalus. Dviejų optinių kanalų buvimas užtikrinamas tuo, kad optinėje valdymo sistemoje yra du emiteriai 11 ir du imtuvai 12. Optinio storio valdymo būdas yra monochromatinė fotometrija. Įgyvendinant metodą, yra fiksuojami pralaidumo maksimumai ir minimumai, atsirandantys dėl interferencinių reiškinių padengiamoje dangoje praleidžiamoje šviesoje.

Gaminant dangą, optinio storio valdymą nuo galo iki galo vykdo dviejose srityse, išsidėsčiusiose ant skirtingų spindulių nuo optinio elemento 8 centrinės sukimosi ašies, gaminamos dangos didžiausio vienodumo zonose. Dviejų sričių dangos optinio storio skirtumą lemia skirtumas signalų, ateinančių dviem optinio valdymo kanalais. Tada sistemoje vyksta per du optinius kanalus gautų rodiklių palyginimas tarpusavyje. Remiantis atliktais matavimais ir skaičiavimais, jeigu yra neatitikimų tarp išmatuotų parametrų ir priklausomai nuo neatitikimo dydžio su reikiamais apskaičiuotais rodikliais, optinė valdymo sistema siunčia atitinkamą signalą dangos gamybos procesui valdyti, pavyzdžiui, signalą dėl naudojamos technologinės įrangos parametrų keitimo, įskaitant magnetronų 2 judėjimą.

Technologinio proceso terminiam stabilizavimui, įskaitant optinio elemento 8 pašildymą, vakuuminėje technologinėje kameroje 1 yra įrengiamas bent vienas šildytuvas 14, orientuotas į optinio elemento 8 pusę. Šildytuvo vieta vakuuminėje technologinėje kameroje gali būti skirtinga: virš arba po optiniu elementu 8, ant laikiklio 7 ir t. t.

Vakuuminėje technologinėje kameroje 1 technologinių įrenginių, variklių ir kitų vakuuminio technologinio proceso komponentų montavimo tikslu gali būti naudojamas specialus standus karkasas 13. Karkasas naudojamas siekiant sumažinti vibracijos ir technologinės kameros išlenkimų poveikį, kuriuos ji patiria technologinio proceso metu. Šiuo tikslu karkasas 13 gali būti visiškai izoliuotas nuo technologinės kameros 1 arba gali būti sumontuotas ant vieno iš stacionarių jos paviršių, pavyzdžiui, ant pagrindo. Karkasas 13 susideda iš dviejų plokščių horizontalių paviršių, sujungtų vertikaliais standikliais. Viena iš paviršių – apatiniajame, iš magnetrono išlydžio plazmos generavimo srities pusės, gali būti sumontuoti magnetronai 2 ir ekranas 5. Viršutinėje karkaso 13 plokštumoje gali būti pritvirtintas laikiklis 7 su optiniu elementu 8. Šiuo atveju magnetronų 2 judėjimo įtaisai

3, ekrano 5 judėjimo mechanizmas 6, laikiklio 7 sukimo įtaisas 9 yra montuojami karkaso 13 išorėje. Esant tokiam prietaisų išdėstymo variantui purškimo zona yra apsaugota nuo užteršimo iš išvardytų įrenginių mechaninių dalių, komponentų orientacija vienas kito atžvilgiu ir atstumai tarp jų išlieka stabilūs, o parametrai X ir Y yra patikimai ir tiksliai reguliuojami.

Vakuuminis įrenginys, apimantis keturis plokštuminius magnetronus 2, sumontuotus ant karkaso 13, turinčius apvalius taikinius 4, kurių skersmuo 250 mm, veikiančius poromis; du indukcinės jungties plazmos 10 šaltinius, sumontuotus su galimybe vienu metu veikti taikinių 4 darbinį paviršių ir priekinį optinio elemento 8 paviršių; plokščią laikiklį 7, pritvirtintą prie karkaso 13; veikia tokiu būdu. Plokščią devynių colių dydžio optinį elementą 8, pagamintą iš optinio stiklo, pritvirtina ant paviršiaus laikiklio 7, skirto laikyti vieną optinį elementą 8 technologinės kameros 1 viduje nusodinimo zonoje apskaičiuotame aukštyje X virš taikinių 4 darbinio paviršiaus. Optinį elementą 8 pritvirtinta taip, kad jo centrinė ašis sutampa su laikiklio 7 centrine ašimi, o jo priekinis paviršius yra lygiagretus magnetronų 2 plokščių taikinių 4 darbiniam paviršiui.

Naudojant žemo vakuumo ir aukšto vakuumo siurbimo sistemas (brėžinyje neparodytos), vakuuminė technologinė kamera 1 išpumpuojama, pasiekiant technologinio proceso pradžiai nurodytą „darbinį vakuumą“. Pasiekus reikiamą „darbinį vakuumą“ (arba siurbimo proceso metu), įjungiamas šildytuvas 14, esantis virš optinio elemento 8 ant laikiklio 7, kuriuo optinis elementas 8 pašildomas iki iš anksto nustatytos temperatūros. Plazmos šaltinis 10, sumontuotas ant vakuuminio proceso kameros 1 sienelės, virš pirmosios purškimo sistemos magnetronų 2, yra įjungiamas ir paleidžiamas veikti darbo režimu. Plazmos šaltinis 10 prieš dengimo procesą atlieka optinio elemento 8 priekinio paviršiaus valymo operaciją. Valymo operacijos metu veikia laikiklio 7 sukimo įtaisas 9 ir optinis elementas 8 sukasi 400–2000 apsisukimų per minutę greičiu. Valymo proceso metu pirmojoje magnetroninio purškimo sistemoje taikinių 4 darbinis paviršius yra uždengtas ekranu 5. Magnetronai 2, su ekranu 5 uždengtais taikinių 4 darbiniais paviršiais, įsijungia ir gamina dulkes tam, kad nuvalytų darbinius paviršius nuo oksido plėvelės. Atlikus parengiamąsias procedūras, vakuuminis įrenginys yra paruoštas dangos gamybos procesui.

Pirmojo daugiasluoksnės interferencinės dangos plonos plėvelės sluoksnio padengiamas ant optinio elemento 8 priekinio paviršiaus atliekamas, kai veikia abu

magnetronai 2 iš pirmosios magnetrono purškimo sistemos ir veikiant plazmos šaltiniui 10, veikiančiam jų taikinių darbinį paviršių. Technologiniam procesui pradėti atidaromas veikiančios magnetroninio purškimo sistemos taikinių 4 darbinis paviršius judėjimo mechanizmu 6 paslinkus ekraną 5. Pagal technologinį receptą į technologinę kamerą 1, magnetronus 2 ir plazmos šaltinį 10 tiekiamos technologinio proceso dujos ir tam tikro dydžio ir dažnio elektros energija.

Tuo pačiu metu, kai pradedamas pirmojo plonos plėvelės sluoksnio gamybos procesas, įjungiami ir antroji magnetroninė purškimo sistema. Tuo pačiu metu jos taikinių 4 darbinis paviršius yra padengtas judėjimo mechanizmo 6 pagalba išstumtu ekranu 5, po kuriuo taikinius 4 nuvalo, tokiu būdu paruošiant jų darbinį paviršių technologiniam procesui.

Naudojant pirmąją magnetroninio purškimo sistemą, plonos plėvelės sluoksnio nusodinimas sustabdomas gavus atitinkamą signalą iš optinio valdymo sistemos, kuri matuoja susidariusio plonos plėvelės sluoksnio optinį storį. Optinė valdymo sistema, naudodama emiterius 11 ir imtuvus 12, matuoja pagamintos dangos optinį storį dviem optiniais kanalais dviejose optinio elemento 8 vietose. Tada sistema per du optinius kanalus gautus rodiklius lygina tarpusavyje. Rezultatas naudojamas kaip grįžtamasis signalas atitinkamam valdymo signalui generuoti – veikiantys magnetronai 2 keičia atstumą Y , tam panaudodami judėjimo įrenginį 3. Kadangi gaminamų plonasluoksnių sluoksnių optinių parametrų matavimas per abu optinius kanalus vyksta per visą daugiasluoksnės optinės dangos dengimo technologinį ciklą, jų derinimas vyksta per visą technologinį ciklą. Tuo pačiu metu, kadangi kiekvienas magnetronas 2 yra sumontuotas atskirame judėjimo įrenginyje 6, kiekvienam magnetronui 2 jo parametras Y apskaičiuojamas ir keičiamas savarankiškai.

Kitas plonos plėvelės dangos sluoksnis padengiamas panašiu būdu, naudojant antrą magnetrono purškimo sistemą su anksčiau nenaudotu plazmos šaltiniu, kol gaunama komanda iš optinio valdymo sistemos apie jo pasirengimą. Kaitaliojant magnetroninių purškimo sistemų veikimą su skirtingų medžiagų taikinais 4, naudojant skirtingus plazmos šaltinius 10, pagaminama daugiasluoksnė interferencinė danga su dviejų tipų plonų plėvelių sluoksniais, turinčiais nurodytas charakteristikas, pakaitomis.

Išlaikant nustatytus X ir Y atstumus yra pasiekiamas didelis pagamintų plonų

plėvelių sluoksnių vienodumas. Tolygumą užtikrina ir įrenginyje su dviem optiniais kanalais naudojama optinė valdymo sistema, per kurią išmatuoti gaminamos dangos optiniai parametrai patenka į optinio valdymo sistemą ir lyginami tarpusavyje. Jei gauti lyginamieji rodikliai neatitinka leistinų neatitikimų, įrenginys automatiškai perkelia magnetronus atstumo Y ribose tam, kad būtų suderintos išmatuotos optinės charakteristikos.

Pagamintų dangų kokybei ir jų augimo greičiui taip pat turi įtakos patentuojamame įrenginyje panaudojimas plazmos šaltinių, kurių įkrautos dalelės, įpurkštos į magnetroninio išlydžio plazmos degimo zoną, veikia plazmą ir taikinį. Dėl to atsiranda galimybė sumažinti technologinio proceso darbinį slėgį ir tokiu būdu pagerinti optinių dangų kokybę, padidinant vidutinį purškiamų medžiagų atomų laisvąjį kelią; plazmoje jonizuotų būsenų tankis didėja, o purškimo procesą palaiko jonai iš dviejų nepriklausomų šaltinių – savojo magnetrono iškrovos ir išorinio plazmos pluošto.

Dangos gamybos laikas sutrumpėja dėl vykstančio technologinio proceso laiko sutrumpėjimo, nes vakuuminiame įrenginyje naudojami didelio greičio purškimo technologiniai įrenginiai – magnetronai ir įrenginiai, atliekantys asistavimą purškimo procesui – plazmos šaltiniai. Lyginant su vakuuminio jonų pluošto purškimo įrenginiais, įrenginys su magnetronais pasižymi ne tik didesniu našumu – plonų plėvelių daugiasluoksnių dangų gamybos greičiu, bet ir ilgesniu eksploatavimo laikotarpiu, nereikalaujantį profilaktinės priežiūros. Atitinkamai, magnetronai užtikrina didesnę viso įrenginio panaudojimo koeficientą, t. y. padidina jo veikimo efektyvumą. Šiuo atveju magnetronų purškimo įrenginiuose esantys taikiniai yra maksimaliai išnaudojami dėka magnetronų įrengimo ant judėjimo įtaisų.

Taigi, aprašytos konstrukcijos vakuuminis įrengimas leidžia išspręsti iškeltą techninę problemą ir sutrumpinti technologinio proceso laiką, tuo pačiu padidinant gaminamų plonų plėvelių sluoksnių vienodumą, taip padidinant įrenginio panaudojimo efektyvumą ir padidinant tinkamų didelio tikslumo optinių gaminių išėigą.

Informacijos šaltiniai:

Patentas RU 2654991, paskelbtas 2018-05-23.

Patentas US 9771647, paskelbtas 2017-09-26.

Patentas US 6736943, paskelbtas 2004-05-18.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Vakuuminis įrenginys, skirtas optinio elemento daugiasluoksnėms interferencinėms dangoms gaminti, apimantis technologinę kamerą su standžiu karkasu viduje, optinio elemento laikiklį, pagamintą su galimybe suktis aplink savo centrinę ašį ir judėti išilgai centrinės ašies, kuri sutampa su centrine ašimi fiksuoto optinio elemento, skirto jo priekiniam paviršiui padengti proceso kameroje; ne mažiau kaip du magnetronus su taikiniais, kurių darbinių paviršių plokštumos yra lygiagrečios fiksuoto optinio elemento priekinio paviršiaus plokštumai, o atstumas X nuo taikinių darbinių paviršių iki fiksuoto optinio elemento priekinio paviršiaus yra 150–450 mm, kur magnetronai yra sumontuoti ant autonominių judėjimo įtaisų su galimybe keisti atstumą Y nuo taikinių darbinių paviršių centro iki laikiklio sukimosi ašies, o atstumas Y yra apribotas 200–400 mm intervale; taikinių darbinių paviršių ekranavimo įtaisą, optinę valdymo sistemą, turinčią du geometriniu atstumu išdėstytus optinius kanalus su galimybe suformuotos dangos optinėms savybėms išmatuoti skirtinguose optinio elemento priekinio paviršiaus taškuose; bent vieną plazmos šaltinį, optinio elemento šildytuvą.

2. Vakuuminis įrenginys pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad turi keturis magnetronus.

3. Vakuuminis įrenginys pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad karkasas turi du atstumu vienas nuo kito išdėstytus lygiagrečius plokščius paviršius, sujungtus standinimo briaunomis.

4. Vakuuminis įrenginys pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad magnetronai ir laikiklis yra sumontuoti ant karkaso.

5. Vakuuminis įrenginys pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad plazmos šaltinis sumontuotas su galimybe veikti taikinių darbinį paviršių ir priekinį optinio elemento paviršių.

6. Vakuuminis įrenginys pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad ekranavimo įtaisas susideda iš judėjimo mechanizmo, ant kurio yra sumontuotas bent vienas ekranas.

7. Vakuuminis įrenginys pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad optinio elemento šildytuvas sumontuotas ant laikiklio.

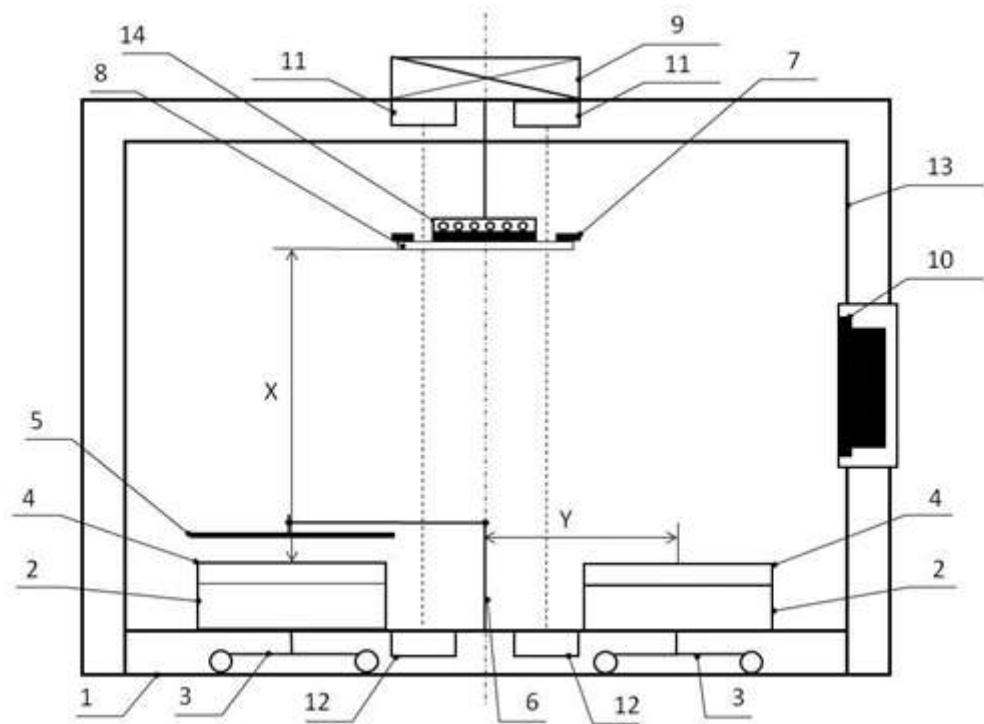


Fig. 1