

(11) Patento numeris: **6732** (51) Int. Cl. (2020.01): **G02B 7/00**

(21) Paraiškos numeris: **2019 013**

(22) Paraiškos padavimo data: **2019-03-22**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2020-03-25**

(45) Patento paskelbimo data: **2020-05-11**

(62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —

(85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —

(30) Prioritetas: —

(72) Išradėjas:

Darius MAŽEIKA, LT
Ramutis Petras BANSEVIČIUS, LT
Vytautas JÜRĖNAS, LT
Genadijus KULVIETIS, LT
Piotr VASILJEV, LT

(73) Patento savininkas:

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, LT

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

Jūratė BREIMELYTĖ, UAB „IAM consultants“, Linkmenų g. 18, 08217 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Lęšio precizinio centravimo laikiklyje įrenginys

(57) Referatas:

Išradimas priskiriamas mechatroninių sistemų ir robototeknikos sritims ir skirtas dideliu tikslumu centruoti ir įtvirtinti optinį lęšį žiediniame laikiklyje. Išradimo tikslas: padidinti lęšio (1) centravimo laikiklyje (2) tikslumą. Išradimo tikslas pasiekiamas tuo, kad naujas lęšio (1) precizinio centravimo laikiklyje (2) įrenginys realizuoja lęšio (1) linijinius poslinkius plokštumoje, statmenoje laikiklio (2) išilginei simetrijos ašiai (O-O₁), bei kampinius poslinkius šios ašies atžvilgiu, naudodamas du pjezoelektrinius žiedus (4, 6) su sekcionuotais elektrodais ir sferinę grandį (5). Lęšio (1) padėties centriškumui laikiklyje (2) nustatyti, įrenginyje naudojama lazerinė apskritiminio skenavimo pavara (8, 9, 10, 12, 11, 11a). Visa tai leidžia supaprastinti įrenginio konstrukciją ir padidinti lęšio (1) centravimo laikiklyje (2) tikslumą, atsisakant lęšio (1) ir jo laikiklio (2) sukamojo judesio pavaros.

Įrenginys priskiriamas mechatroninių sistemų ir robototeknikos sritims ir skirtas dideliu tikslumu centruoti ir įtvirtinti optinį lęšį žiediniame laikiklyje.

TECHNIKOS LYGIS

Lazeriuose naudojamų optinių lęšių gamybos procese susiduriama su problema, kaip tiksliai centruoti lęšį žiedo formos laikiklyje. Prieš pritvirtinant lęšį laikiklyje būtina sutapatinti lęšio optinį centrą su laikiklio centru, o lęšio pagrindinė optinė ašis turi būti statmena laikiklio plokštumai.

Šiuo metu yra žinomi keli techniniai sprendimai ir patentai, kuriuose sprendžiama ši problema.

US 9244245 B2 naudojamas centruojantis optinį lęšį žiedas su preciziniu sriegiu, kurio spaudimo jėga į lęšį jį pozicionuoja laikiklio centre [1, 2]: "optinis lęšis autocentruojamas cilindro ertmėje; pirmasis optinio elemento paviršius atsiremia į žiedinę atramą cilindro ertmėje; laikantysis žiedas įsriegiamas cilindre, naudojant papildomą cilindrą ir žiedinius sriegius; laikantysis žiedas atsiremia į optinio lęšio antrąjį paviršių jo periferijos regionuose, taip fiksuodamas optinį lęšį tarp minėtos žiedinės atramos ir laikančiojo žiedo; cilindro sriegių profilis ir optinio lęšio antrojo paviršiaus periferinių kraštų erdvinis profilis yra parenkami atsižvelgiant į automatinio centravimo būseną, kai bet koks laikančiojo žiedo decentravimas ir atitinkamas laikančiojo žiedo pasvirimas turi kontra-balanso poveikį centruojant optinį lęšį". Patente US 9244245 B2 techninio sprendimo trūkumas – ribotas lęšio centravimo tikslumas, kuris priklauso nuo sriegio poros tikslumo bei optinio elemento ir centruojančio žiedo geometrinių ir tribologinių parametrų.

Yra žinomas techninis sprendimas, kuriame panaudoti trys pjezoelektriniai vykdikliai preciziniams postūmams atlikti, kurie centruoja lęšį sutapdindami jos optinį centrą su laikiklio ašimi. Sprendimas pateiktas straipsnyje „Measurement of centering errors, automated adjustment and mounting of lenses“, EuroPhotonics, June 2010, <https://www.photonics.com/>, kuriame aprašomi "klasikiniai optiniai matavimo metodai, suderinti su šiuolaikine kompiuterių technologija, užtikrinantys tikslų optinių komponentų ir sistemų suderinimą, klįjavimą ir cementavimą; šie procesai yra automatizuoti ir sumažina gamybos laiką bei sąnaudas". Šis sprendimas taip pat aprašytas patente DE 102004029735 C5. Šio techninio sprendimo trūkumas – būtinybė suteikti centruojant sukamąjį judesį laikikliui ir centruojamajam lęšiui.

Šiam išradimui artimiausiame patente DE 102004029735 C5 didelis centravimo tikslumas yra pasiekiamas sudėtingomis priemonėmis, suteikiančiomis sukamąjį judesį laikikliui ir centruojamajam lęšiui.

IŠRADIMO ESMĖ

Šio išradimo esmė ir tikslas: padidinti lęšio centravimo laikiklyje tikslumą efektyvesnėmis priemonėmis. Išradimo tikslas pasiekiamas tuo, kad naujas lęšio precizinio centravimo laikiklyje įrenginys realizuoja lęšio linijinius poslinkius plokštumoje, statmenoje laikiklio išilginei simetrijos ašiai, bei kampinius poslinkius šios ašies atžvilgiu, naudodamas du pjezoelektrinius žiedus su sekcionuotais elektrodais ir sferinę grandį. Lęšio padėties centriškumui laikiklyje nustatyti, įrenginyje naudojama lazerinė apskritiminio skenavimo pavarą. Visa tai leidžia supaprastinti įrenginio konstrukciją ir padidinti lęšio centravimo laikiklyje tikslumą, atsisakant lęšio ir jos laikiklio sukamojo judesio pavaros.

TRUMPAS BRĖŽINIŲ PAVEIKSLŲ APRAŠYMAS

Brėžinių paveikslai yra pateikti kaip nuoroda į galimą išradimo įgyvendinimą ir neturi riboti išradimo apimtį. Nei vienas iš pateiktų brėžinių ir grafikų neturėtų būti laikomi ribojančiais, o tik kaip galimi išradimo įgyvendinimo pavyzdžiai.

Pav. 1 Įrenginio, skirto lęšio preciziam centravimui laikiklyje, konstrukcija.

Pav. 1a mazgo „lęšis – laikiklis“ išėmimo schema (sukietėjus klijams), panaudojant statines lęšio laikiklį tvirtinančio žiedo deformacijas;

Pav. 1b,c pjezoelektrinių vykdiklių elektrodų sekcionavimo bei kontaktinių elementų išdėstymo schemas;

Pav. 1d lazerio 2D skenavimo schema;

Pav. 1e vaizdas, gautas optinio spindulio pozicijai jautriame elemente, kai lęšio padėtis laikiklyje gera;

Pav. 1f vaizdas, gautas optinio spindulio pozicijai jautriame elemente, kai lęšio padėtis laikiklyje su paklaidomis;

Pav. 1g padidintas pjezoelektrinių žiedų (4 ir 6) ir prie jų pritvirtintų virpesius izoliuojančių tarpiklių (4a ir 6a) ir frikcinės medžiagos kontaktinių elementų (4b ir 6b) vaizdas.

Paveiksluose skaičiais pažymėti tokie elementai: 1 – centruojamasis lęšis; 2 – centruojamojo lęšio laikiklis su aukšto tikslumo išoriniu diameteru; 3 – precizinis žiedas, kuriame tvirtinamas centruojamasis arba etaloninis lęšio laikiklis; 4 ir 6 – pjezoelektriniai žiedai su trimis sekcionuotais elektrodais; 5 – sferinė grandis; 7 – vakuumo linija su optiškai skaidraus stiklo kamščiu 7a; 8 – lazeris, sumontuotas ant sferinės atramos 9 stiklinėje 10, dviejų reguliuojančių varžtų 11 bei prispaudimo spyruoklėmis 11a pagalba, kontaktuojančių su daugiasluoksniais pjezoelektriniais vykdikliais 12; 13 – daugiasluoksnis pjezoelektrinis vykdiklis; 14 – optinio spindulio pozicijai jautrus detektorius; 15 – sekcionuoti pjezokeitiklių 4 ir 6 elektrodai.

Pav. 2 pavaizduota eksperimentiškai išmatuota kontaktinio elemento 4b judesio trajektorija, kai žadinama pjezoelektrinio vykdiklio sekcija 15 kintamos įtampos elektriniu signalu U_4 (150V, dažnis – 69.1kHz).

DETALUS ĮGYVENDINIMO VARIANTŲ APRAŠYMAS

Čia ir toliau išradimo įgyvendinimo variantai bus aprašomi su nuorodomis į brėžinius, tačiau išradimo įgyvendinimo variantai nėra ribojami čia atskleistiems išradimo įgyvendinimo variantams ir įvairios įgyvendinimo variantų modifikacijos yra galimos.

Įrenginio aprašymas ir veikimo principas. 1 paveiksle pavaizduota lęšio precizinio centravimo su pjezoelektriniais vykdikliais konstrukcijos struktūrinė schema. Galutinis įrenginio tikslas – realizuoti galimybę tiksliai sumontuoti (įklijuoti) lęšį 1 laikiklyje 2 (su aukšto tikslumo išoriniu diameteru) taip, kad laikiklio išilginė simetrijos ašis sutaptų su lęšio pagrindine optine ašimi.

Įrenginys yra sumontuotas ir sukalibruojamas taip, kad lazerio 8 spindulys kristų į optinio spindulio pozicijai jautraus detektoriaus 14 centrinį tašką O ir yra sutapdinamas su žiedo 3 išilgine simetrijos ašimi, kuri taip pat sutampa su Žemės gravitacinės jėgos vektoriumi. Lazeris 8 patalpintas įrenginio apačioje, o optinio spindulio pozicijai jautrus detektorius 14 – įrenginio viršuje. Ašių sutapdinimui galima naudoti precizinę koordinatinę matavimo mašiną.

Įrenginio, skirto lęšio preciziam centravimui laikiklyje, veikimo principas. Prie daugiasluoksnio pjezoelektrinio vykdiklio 13 (Pav. 1a) elektrodų prijungiama pastovi įtampa U_1 , kuri generuoja statines precizinio žiedo 3, kuriame tvirtinasi centruojamo lęšio laikiklis, deformacijas, padidinančias jo vidinį diameterą. Į jį

įstatomas centruojamo lęšio laikiklis 2 su aukšto tikslumo išoriniu diameteru ir centruojamasis lęšis 1 su garantuotu tarpu tarp jo ir laikiklio, lygiu Δ . Šis tarpas, baigus lęšio centravimą, užpildomas kljais. Įstačius į lęšio laikiklio tvirtinimo žiedą 3 centruojamo lęšio laikiklį 2, vykdikliui 13 teikiama elektrinė srovė išjungiamo ($U_1 = 0$) ir centruojamo lęšio laikiklis 2 tvirtai užfiksuojamas žiede 3.

Tam, kad užtikrinti centruojamo lęšio stabilų kontaktą su pjezoelektriniu vykdikliu 4, jo pozicionavimo erdvėje metu ir kljavimo prie laikiklio 2 metu, naudojamas vakuumas. Vakuomo pagalba (tarpelis tarp lęšio 1 ir vakuomo linijos antgalio 7 apie 0,1 mm) lęšis per žiedinį vibroizoliacinį tarpiklį 4a pritraukiamas prie pjezoelektrinio vykdiklio 4. Tarpikliai 4a ir 6a turi būti pagaminti iš virpesius izoliuojančios medžiagos.

Lęšio poslinkiai (2 linijiniai ir 2 kampiniai, viso 4 laisvumo laipsniai) centravimo metu generuojami naudojant rezonansinius pjezoelektrinių vykdiklių 4 ir 6 virpesius. Centravimo pradžioje lęšis paguldomas ant pjezoelektrinio vykdiklio 4 per vibroizoliacinį tarpiklį 4a ir prispaudžiamas prie jo vakuuminių jėgų pagalba. Prie vykdiklio 4 apatinio paviršiaus pritvirtinti trys frikcinės medžiagos kontaktiniai elementai, kontaktuojantys su sferinės grandies 5 plokščiu paviršiumi. Siekiant padidinti prispaudimo jėgą tarp pjezoelektrinio vykdiklio 4 ir sferinės grandies 5, kontaktiniai elementai 4b gali būti daromi iš neodimio magneto. Prijungus prie pjezoelektrinio vykdiklio 4 vieno iš trijų sekcionuotų elektrodų kintamą įtampą U_4 (Pav. 1b), jame žadinami aukštesnės formos rezonansiniai virpesiai, kurie sugeneruoja vykdiklio 4 linijinį poslinkį X_1 kryptimi ant sferinės grandies 5 plokščio paviršiaus. Analogiškai gaunami ir linijiniai poslinkiai X_2 bei X_3 , prijungus įtampas U_5 ar U_6 prie atitinkamų pjezoelektrinio vykdiklio 4 elektrodo sekcijų. Pav. 2 vaizduoja kontaktinio elemento 4b eksperimentiškai išmatuotą judesio trajektoriją, žadinant pjezoelektrinio vykdiklio 4 elektrodų sekciją 15 harmoniniu elektriniu signalu, kurio įtampos amplitudė 150V, o dažnis – 69.1 kHz. Šie elektrinio signalo U_4 amplitudė ir kitimo dažnis buvo panaudoti konkretaus lęšio ir pjezoelektrinių vykdiklių atveju, o bendru atveju įtampos U_4 amplitudė ir kitimo dažnis gali būti skirtinga, priklausomai nuo lęšio ir vykdiklių geometrinių parametrų ir medžiagos savybių.

Panašiu principu generuojami ir lęšio kampiniai poslinkiai. Tam naudojamas žiedo formos pjezoelektrinis vykdiklis 6, kurio elektrodai padalinti į tris lygias sekcijas, prie kurių jungiamos įtampos U_7 , U_8 ar U_9 , kurios sužadina lęšio posūkius φ_1 , φ_2 , φ_3

(Pav. 1c). Pjezoelektrinis vykdiklis 6 apatiniu paviršiumi standžiai pritvirtintas prie korpuso per žiedinį virpesius izoliuojantį tarpiklį 6a plokštumos. Poslinkiai realizuojami tarp elemento 5 sferinio paviršiaus ir pjezoelektrinio vykdiklio 6 trijų frikcinių kontaktinių elementų 6b, pritvirtintų prie vykdiklio 6 viršutinės dalies (Pav. 1c). Siekiant padidinti prispaudimo jėgą tarp pjezoelektrinio vykdiklio 6 ir sferinės grandies 5, kontaktiniai elementai 6b gali būti daromi iš neodimio magneto. Siekiant padidinti lęšio centravimo tikslumą, po pjezoelektrinių vykdiklių žadinimo rezonasinio dažnio (šiuo atveju 69,1 kHz) elektriniais signalais, prie jų atitinkamų segmentuotų elektrodų yra jungiami nuolatinės srovės ir aukštos įtampos (šiuo atveju iki 500V dydžio) elektriniai signalai $U_4 - U_9$. Šie signalai atskirai prijungti prie atitinkamų pjezoelektrinių vykdiklių 4 ir 6 sugeneruoja kvazistatinę tamprią jų deformaciją, t.y. iškreipia pjezoelektrinių vykdiklių žiedo formą į elipsę. Tokiu būdu labai tiksliai su nanometriniu skyru centruojamam lęšiui 1 yra suteikiami linijiniai poslinkiai X_1, X_2 ir X_3 kryptimis padavus vykdikliui 4 nuolatinės srovės signalus atitinkamai U_4, U_5 ir U_6 . Nanometrinės skyros kampiniai centruojamo lęšio 1 posūkiai $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ pasiekiami padavus vykdikliui 6 nuolatinės srovės signalus atitinkamai U_7, U_8 ir U_9 . Šių linijinių ir kampinių poslinkių dydis yra tiesiogiai proporcingas paduodamo elektrinio signalo įtampos dydžiui, t.y. kinta nuo 0 iki maksimalaus poslinkio.

Pjezoelektrinių vykdiklių 4 ir 6 pagalba atitinkamai stumdant ir sukant lęšį (Pav. 1g) siekiama sutapatinti lęšio laikiklio 2 išilginę simetrijos ašį su lęšio 1 pagrindine optine ašimi. Tuo pačiu metu, panaudojant du pjezoelektrinius vykdiklius 12 (Pav. 1d), generuojama lazerio 8 apskritimo formos judesio trajektorija. Lazerio spindulys, praėjęs pro centruojamą lęšį 1, ant optinio spindulio pozicijai jautraus detektoriaus 14 formuoja tam tikros formos lazerio spindulio trajektorijos atvaizdą. Jei lęšio padėtis laikiklyje gera, tuomet trajektorijos vaizdas, kurį fiksuoja detektorius, turi būti artimas apskritimui, kurio centras sutampa su tašku O (Pav. 1e). Netiksliai centruotas lęšis formuos elipsės formos trajektoriją (Pav. 1h).

Lazeris 8 apačioje remiasi ant sferinės atramos 9, o jo viršutinis galas juda apskritimo formos trajektorija. Tam naudojami du daugiasluoksniai pjezoelektriniai vykdikliai 12 (Pav. 1d). Siekiant užtikrinti lazerio 8 prispaudimą prie pjezoelektrinių vykdiklių, naudojamos dvi spyruoklės 11a. Idealus apskritimas ant optinio spindulio pozicijai jautraus detektoriaus 14 yra gaunamas tuomet, kai prie pjezoelektrinių vykdiklių yra prijungti harmoniniai vienodo dažnio elektriniai signalai, tarp kurių yra

90° fazės skirtumai. Uždėjus ir vakuumo pagalba pritraukiant necentruotą lęšį 1 prie pjezoelektrinio keitiklio 4 per vibroizoliacinį tarpiklį 4a, optinio spindulio pozicijai jautrus detektorius 14 fiksuoja lazerio spindulio trajektoriją, kuri skenavimo metu bus tokia, kaip parodyta Pav. 1f. Lęšio centravimo procesas bus baigtas, kai x' ir y' sutaps su x ir y ašimis (Pav. 1f), o spindulio trajektorija bus apskritimas, kaip parodyta Pav. 1e. Užbaigus lęšio centravimą pjezoelektrinių vykdiklių pagalba juos valdant iš pradžių rezonansinio dažnio, o po to nuolatinės srovės elektriniais signalais, pastarieji yra laikomi prijungti prie vykdiklių tol, kol lęšio 1 išorinis kontūras prikljuojamas prie lęšio laikiklio 2. Po to vakuuminė linija 7 išjunginama, o prie daugiasluoksnio pjezoelektrinio vykdklio 13 elektrodų prijungiama pastovi įtampa U_1 (Pav. 1a.), kuri generuoja statines precizinio žiedo 3, kuriame tvirtinasi centruojamo lęšio laikiklis 2, deformacijas. Žiedas 3 atpalaiduojamas ir išimamas laikiklis 2 su jame centruotu ir prikljuotu lęšiu 1.

APIBRĖŽTIS

1. Lėšio (1) precizinio centravimo laikiklyje (2) įrenginys susideda iš pjezoelektrinių vykdiklių (12, 13), skirtų lėšiui (1) pozicionuoti ir piezoelektrinės pavaros, skirtos lėšio (1) padėties centriškumui nustatyti, yra b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad pjezoelektriniai vykdikliai sudaryti iš dviejų pjezoelektrinių žiedų (4, 6), tarp kurių patalpinta sferinė grandis (5), o pjezoelektrinių žiedų (4, 6) elektrodai (15) sekcionuoti į tris lygias dalis ir prijungti prie įtampos generatorių.

2. Lėšio (1) precizinio centravimo laikiklyje (2) įrenginys pagal 1 punktą b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad lėšio (1) padėties centriškumui laikiklio (2) atžvilgiu nustatyti naudojama lazerinė apskritiminio skenavimo pjezoelektrinė pavara (8, 9, 10, 12, 11, 11a) ir lazerio spindulio pozicijai jautrus detektorius (14).

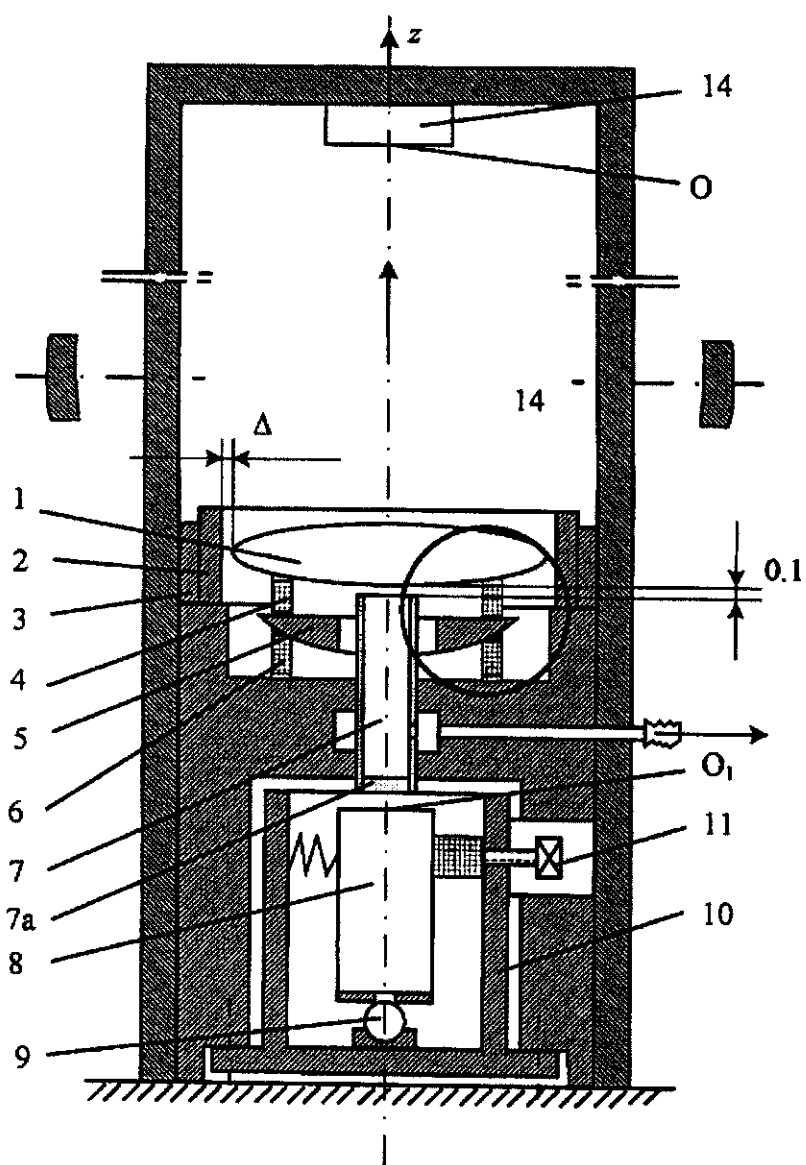
3. Lėšio (1) precizinio centravimo laikiklyje (2) įrenginys pagal 1 punktą b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad lėšiui (1) pozicionuoti laikiklio (2) atžvilgiu pjezoelektrinių žiedų (4, 6) valdymui naudojami tiek jų aukštesnių modų rezonansinio dažnio elektriniai signalai, tiek ir nuolatinės srovės elektriniai signalai.

4. Lėšio (1) precizinio centravimo laikiklyje (2) įrenginys pagal 1 punktą b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad lėšiui (1) pozicionuoti laikiklio (2) atžvilgiu siekiant padidinti prispaudimo jėgą tarp pjezoelektrinių žiedų (4, 6) ir sferinės grandies (5) kontaktiniams elementams (4b, 6b) yra naudojami neodimio magnetai.

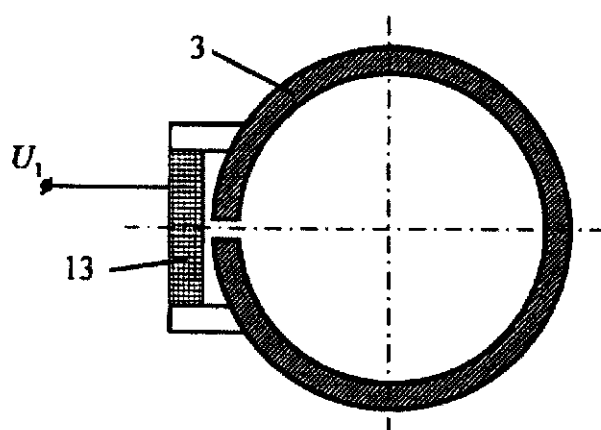
5. Lėšio (1) precizinio centravimo laikiklyje (2) būdas naudojant centravimo įrenginį pagal 1 – 4 punktus, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad apima šiuos žingsnius:

- centravimo įrenginio preciziniame žiede (3) įstatomas lėšio laikiklis (2);
- laikiklio (2) viduje ant pjezoelektrinio žiedinio vykdiklio (4) pastatomas lėšis (1), kurio pozicija ant vykdiklio (4) vibroizoliacinio tarpiklio (4a) fiksuojama vakuuminio prisiurbimo būdu;
- laikiklyje (2) centruojamo lėšio (1) linijiniai poslinkiai vykdomi, pjezoelektrinį vykdiklį (4) žadinant kintamos rezonansinių dažnių ir pastovios įtampos elektriniais signalais;
- laikiklyje (2) centruojamo lėšio (1) kampiniai poslinkiai vykdomi, pjezoelektrinį vykdiklį (6) žadinant kintamos rezonansinių dažnių ir pastovios įtampos elektriniais signalais;

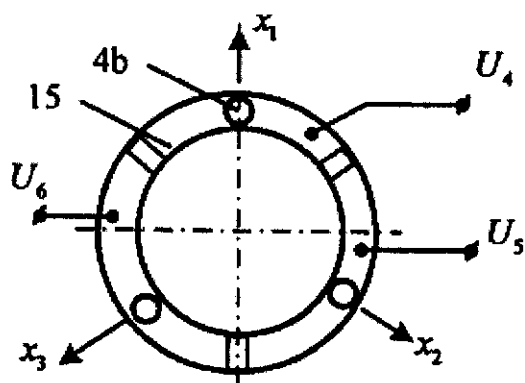
- lęšio (1) centruotą poziciją parodo laikiklio (2) centrine simetrijos ašimi ($O-O_1$) per lęšį (1) nukreipto ir taisyklingo apskritimo spindulio pozicijai jautriame detektoriuje (14) skenuojančio lazerio (8) spindulio atvaizdas.



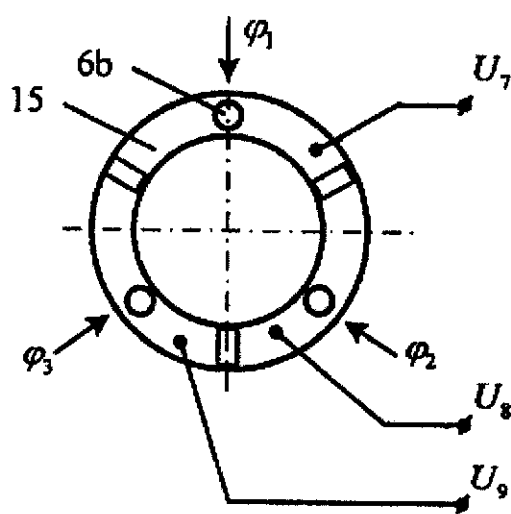
Pav. 1



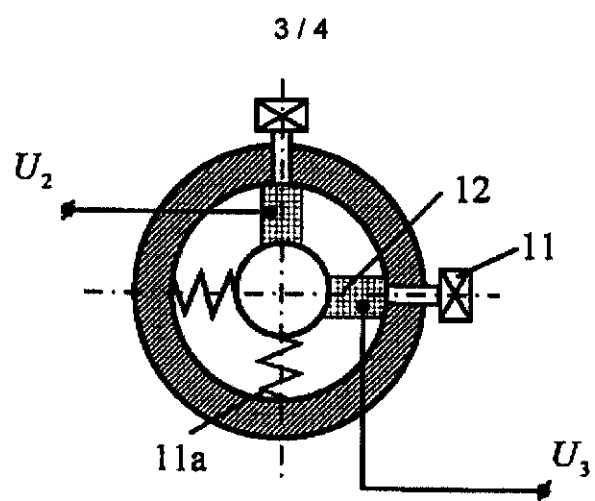
Pav. 1 a



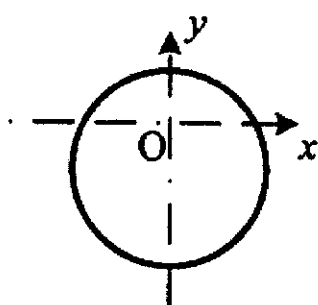
Pav. 1 b



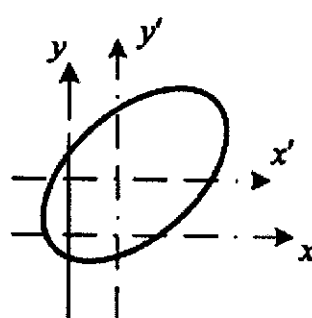
Pav. 1 c



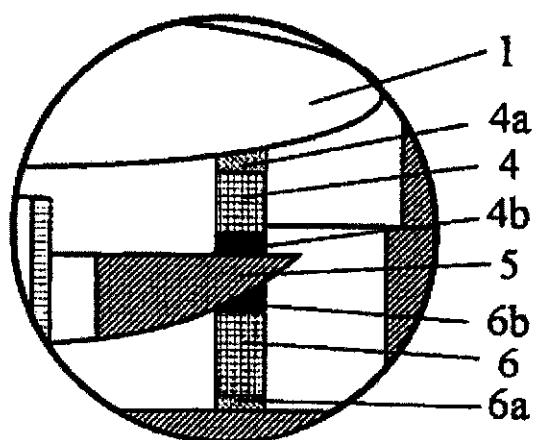
Pav. 1 d



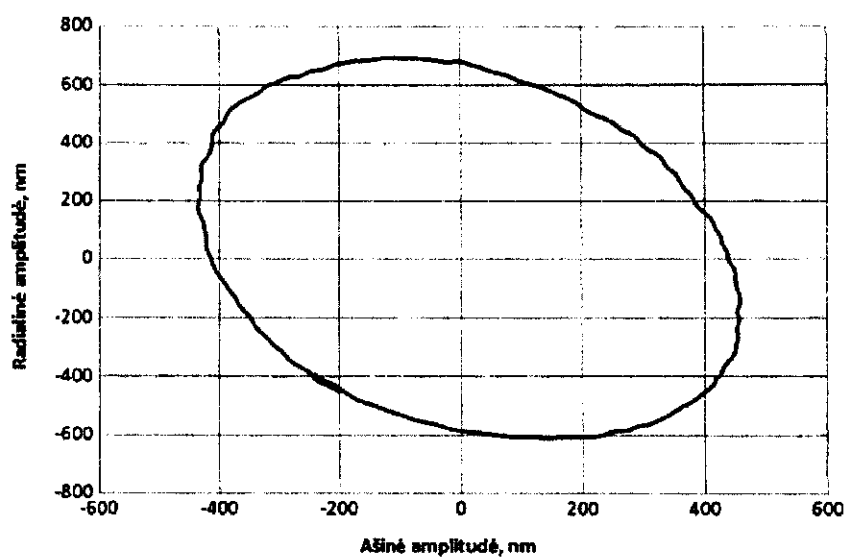
Pav. 1 e



Pav. 1 f



Pav. 1 g



Pav. 2