

(10) **LT 6256 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

- (11) Patento numeris: **6256** (51) Int. Cl. (2015.01): **G02B 27/00**
- (21) Paraiškos numeris: **2014 074**
- (22) Paraiškos padavimo data: **2014-06-03**
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **2015-12-28**
- (45) Patento paskelbimo data: **2016-03-10**
- (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:  
**Ramutis BANSEVIČIUS, LT**  
**Vytautas JURĖNAS, LT**  
**Sigita NAVICKAITĖ, LT**  
**Dalius MAŽEIKA, LT**  
**Genadijus KULVIETIS, LT**
- (73) Patento savininkas:  
**Kauno Technologijos Universitetas, K. Donelaičio g. 73, LT-44240 Kaunas, LT**
- (74) Patentinis patikėtinis/atstovas:  
**Aldona ORLIENĖ, Kęstučio g. 59-11, LT-44303 Kaunas, LT**

- (54) Pavadinimas:  
**Vieno laisvės laipsnio pjezoelektrinis lazerio spindulio krypties valdymo įrenginys**
- (57) Referatas:

Išradimas yra priskiriamas prietaisų sričiai, konkrečiai optinių elementų lazerio spindulio valdymo sričiai. Siekiant padidinti veidrodžio sukuriama posūkių kampą aplink vieną ašį, pagerinti įrenginio skyrą, supaprastinti konstrukciją, vieno laisvės laipsnio pjezoelektriniame lazerio spindulio krypties valdymo įrenginyje, susidedančiame iš veidrodžio judesio ir valdymo mechanizmų, veidrodžio valdymo mechanizmą sudaro radialiai poliarizuotas pjezoelektrinis cilindras 1 su išsiskiriančiu elektrodu išoriniame paviršiuje ir dvejais elektrodais 2, 3 vidiniame paviršiuje, o veidrodžio judesio mechanizmą sudaro du nuolatiniai magnetai 4, standžiai įtvirtinti priešingose pjezoelektrinio cilindro 1 vidinėse pusėse, kontaktuojantys su feromagnetiniais sferiniais atramos elementais 5, ant kurių standžiai pritvirtintas lazerio spindulį nukreipiantis veidrodis 6. Be to, nuolatiniai magnetai 4 ir feromagnetiniai sferiniai atramos elementai 5 sudaro kinematinę porą, kuriose generuojami elipsiniai judesiai, kurių dėka išgaunamas veidrodžio 6 posūkių kampas.

Išradimas yra priskiriamas prietaisų sričiai, konkrečiai optinių elementų lazerio spindulio valdymo sričiai.

Yra žinomas vieno laisvės laipsnio pjezoelektrinis lazerio spindulio krypties valdymo įrenginys, kurio veikimas paremtas galuose įtvirtinto stačiakampio profilio pjezoelektrinio lenkimo deformacijų vykdyklio kuriamais poslinkiais (žiūr. „Dynamic analysis of an optical beam deflector“, Sensors and Actuators A: Physical 01/2000; DOI:10.1016/S0924-4247(99)00355-6, Rong-Fong Fung ir Shih-Chi Chao, 2000, 1-6p.). Šioje schemoje naudojamas vienas pjezoelektrinis vykdyklis, kuris savo galuose standžiai įtvirtintas korpuse, o lazerio spindulio kryptį valdantis veidrodis standžiai pritvirtintas vykdyklio centrinėje dalyje. Geminį pjezoelektrinį vykdyklį sudaro du poliarizuotos pjezoelektrinės keramikos sluoksniai ir vario medžiagos sluoksnis patalpintas tarp jų. Dėl nesimetrinės vykdyklio konstrukcijoje esančios pjezoelektrinės medžiagos poliarizacijos, vykdyklis sukuria lenkimo deformacijas, kurių dėka centrinėje dalyje pritvirtintas veidrodis pakeičia į jį nukreipto lazerio spindulio kryptį.

Nurodyto įrenginio konstrukcijoje naudojamas pjezoelektrinis stačiakampio formos lenkimo deformacijų vykdyklis, kuris sukuria nedidelius veidrodžio posūkio kampus, kurie siekia iki  $1^\circ$ . Veidrodėlio sukuriamas posūkio kampas yra tiesiogiai proporcingas stačiakampio pjezoelektrinio lenkimo deformacijų vykdyklio ilgiui, todėl tai apriboja jo praktinio pritaikymo galimybes. Siekiant lazerio spindulį nukreipti norimu kampu, vykdyklį reikia žadinti pastoviai, iš anksto žinoma elektros įtampa. Vykdykliui būdingas poslinkio histerezės reiškinys.

Yra žinomas vieno laisvės laipsnio pjezoelektrinis lazerio spindulio krypties valdymo įrenginys, kurio veikimas paremtas viename gale standžiai įtvirtintų pjezoelektrinių stačiakampio formos lenkimo deformacijų vykdyklių kuriamais poslinkiais (žiūr. „Piezoelectrically pushed rotational micromirrors using detached PZT actuators for wide-angle optical switch applications“, JOURNAL OF MICROMECHANICS AND MICROENGINEERING; 18, 12; 125022, Kim, S.-J., Cho, Y.-H., Nam, H.-J. ir Bu, J.U., 2008, 1-7p.). Šiame įrenginyje naudojami keturi viename gale standžiai įtvirtinti stačiakampio formos lenkimo deformacijų vykdykliai, prie kurių galų pritvirtintas stačiakampis veidrodis, besisukantis apie tamprią ašį.

Nurodytas įrenginys pasižymi sudėtinga konstrukcija ir valdymu, sukuria nedidelius veidrodžio posūkio kampus, kurie siekia iki  $5,5^\circ$ . Siekiant lazerio spindulį

nukreipti norimu kampu, vykdyklius reikia žadinti pastovia, iš anksto žinoma elektros įtampa. Vykdykliams būdingas poslinkio histerezės reiškiny.

Tikslas – padidinti veidrodžio sukuriamą posūkio kampą aplink vieną ašį, pagerinti įrenginio skyrą, supaprastinti konstrukciją.

Išradimo tikslas pasiekiamas tuo, kad vieno laisvės laipsnio lazerio spindulio krypties valdymo įrenginys, susidedantis iš radialiai poliarizuoto pjezoelektrinio cilindro, prie kurio elektrodų prijungiama lenkimo formos įtampa ir taip generuojami rezonansiniai vienos iš lenkimo formų virpesiai yra perduodami į du pjezoelektrinio cilindro vidinėje pusėje nejudamai įtvirtintus cilindro formos nuolatinis magnetus, kurie kontaktuoja su lazerio spindulį nukreipiančiu veidrodžiu per prie veidrodžio pritvirtintus sferinius atramos elementus, kurių sferos skersmuo  $\phi D$ . Sferiniai atramos elementai ir cilindro formos nuolatiniai magnetai, kurių skersmuo  $0,7D$ , sudaro kinematinės poras, kuriose susidaro elipsinės virpesių trajektorijos, kurių dėka generuojamas veidrodžio posūkis. Veidrodžio posūkio kryptis priklauso nuo to, prie kurio elektrodo prijungiama elektros įtampa. Dėka didelio dažnio (iki 200 kHz) ir mažų amplitudžių ( $0,2...2\mu\text{m}$ ) veidrodžio posūkių skyra labai aukšta – kampinių mikrosekundžių eilės.

Išradimo esmė paaiškinama 1 figūroje, kurioje yra pavaizduotas vieno laisvės laipsnio pjezoelektrinis lazerio spindulio krypties valdymo įrenginys: a - vaizdas iš šono, b - vaizdas iš viršaus.

Vieno laisvės laipsnio pjezoelektrinis lazerio spindulio krypties valdymo įrenginys susideda iš radialiai poliarizuoto pjezoelektrinio cilindro su ištisiniu elektrodu išoriniame paviršiuje 1, kurio vidiniame paviršiuje yra elektrodai 2, 3 ir tvirtinami du cilindro formos nuolatiniai magnetai 4. Nuolatinis magnetų 4 dėka feromagnetiniai sferiniai atramos elementai 5 yra pritraukiami ir taip sukuriama dvi kinematinės poros. Veidrodis 6 standžiai tvirtinamas prie feromagnetinių sferinių atramos elementų 5.

Įrenginys veikia taip.

Prijungus specifinio rezonansinio dažnio elektros įtampą prie vieno iš pjezoelektrinio cilindro 1 elektrodų 2 arba 3, radialiai poliarizuotame pjezoelektriniame cilindre 1 generuojami rezonansiniai vienos iš lenkimo formų virpesiai, kurie perduodami į nuolatinis magnetus 4. Tokiu būdu kinematinėse

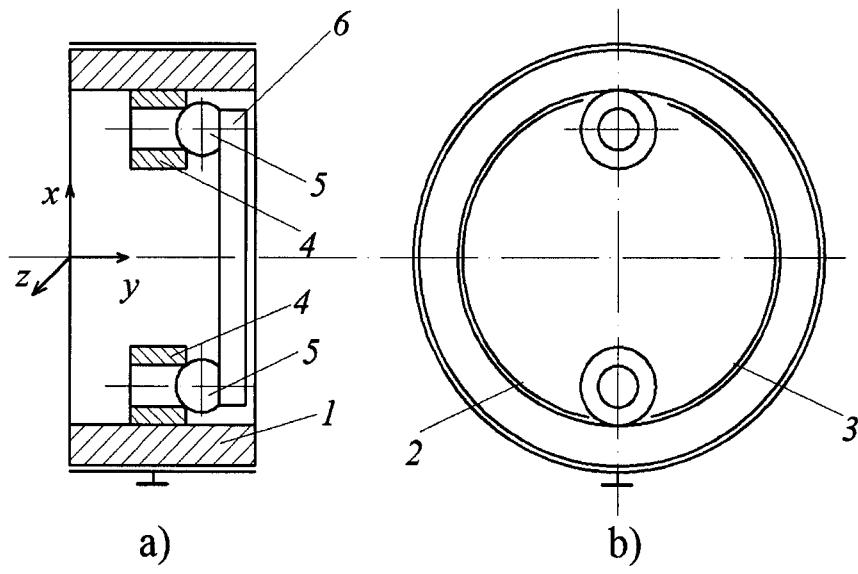
porose, kurias sudaro feromagnetiniai sferiniai atramos elementai 5 ir nuolatiniai magnetai 4, dėka elipsinių virpesių trajektorijų plokštumoje zy, generuojamas veidrodžio 6 posūkis apie ašį x, kurio kryptis priklauso nuo to, prie kurio elektrodo, 2 arba 3, prijungiama elektros įtampa.

Palyginus su prototipu, nauja konstruktyvių elementų visuma, dėka to, kad tarp nuolatinių magnetų 4 ir feromagnetinių sferinių atramos elementų 5 sudaromos aktyvios kinematinės poros, supaprastina konstrukciją, o jose generuojamas elipsinis judesys, leidžia pasiekti veidrodžio posūkių kampą iki  $\pm 60^\circ$ . Dėka didelio virpesių dažnio (iki 200 kHz) ir mažų amplitudžių ( $0,2 \dots 2 \mu\text{m}$ ) veidrodžio 6 posūkių skyra labai aukšta – kampinių mikrosekundžių eilės. Šiuo būdu virpesiai kinematinėse porose generuoja kryptingą veidrodžio 6 sukamąjį judesį. Išjungus valdymo įtampą, veidrodžio sukamasis judesys apie ašį x sustabdomas, o atsiradusi trintis kinematinėse porose leidžia palaikyti tam tikrą veidrodžio atsilenkimo kampą, nenaudojant elektrinio valdymo signalo.

**IŠRADIMO APIBRĖŽTIS**

1. Vieno laisvės laipsnio pjezoelektrinis lazerio spindulio krypties valdymo įrenginys susidedantis iš veidrodžio judesio ir valdymo mechanizmų, besiskiriantis tuo, kad veidrodžio valdymo mechanizmą sudaro radialiai poliarizuotas pjezoelektrinis cilindras su ištisiniu elektrodu išoriniame paviršiuje ir dvejais elektrodais vidiniame paviršiuje, o veidrodžio judesio mechanizmą sudaro du nuolatiniai cilindro formos magnetai, standžiai įtvirtinti priešingose pjezoelektrinio cilindro vidinėse pusėse, kontaktuojantys su feromagnetiniais sferiniais atramos elementais, ant kurių standžiai pritvirtintas lazerio spindulį nukreipiantis veidrodis.

2. Vieno laisvės laipsnio pjezoelektrinis lazerio spindulio krypties valdymo įrenginys pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad nuolatiniai magnetai ir feromagnetiniai sferiniai atramos elementai sudaro kinematinės poras, kuriose generuojami elipsiniai judesiai, kurių dėka išgaunamas veidrodžio posūkio kampas.



1 fig.