

(19)



(10) **LT 5859 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(11) Patent numeris: **5859** (51) Int. Cl. (2011.01): **G01F 1/00**

(21) Paraiškos numeris: **2010 087**

(22) Paraiškos padavimo data: **2010 10 14**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2012 04 25**

(45) Patent paskelbimo data: **2012 08 27**

(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:

**Arminas RAGASKAS, LT  
Vytautas PETKUS, LT  
Paulius BORODIČAS, LT  
Arnoldas BAGDONAS, LT  
Virgilijus PAMAKŠTIS, LT**

(73) Patent savininkas:

**AB AXIS INDUSTRIES, Kulautuvos g. 45A, LT-47190 Kaunas, LT**

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

**Jurga PETNIŪNAITĖ, AAA Baltic Service Company, J.Jasinskio g. 16A,  
LT-01112 Vilnius, LT**

(54) Pavadinimas:

**Ultragarsinis srauto matuoklis**

(57) Referatas:

Išradimas skirtas tekančio skysčio tūrio, masės ar srauto matavimo prietaisams, kuriuose yra matuojamos ultragarso bangų sklaidimo prietaiso matavimo ruože trukmės, siunčiant ultragarso bangą prieš ir pagal vandens tekėjimo kryptį, pavyzdžiui, ultragarsiniams srauto matuokliams. Ultragarsinis srauto matuoklis, susidedantis iš matavimo vamzdžio, mažiausiai dviejų ultragarsinių keitiklių, išdėstytų matavimo ruože, pasižymi tuo, kad matavimo vamzdžio dalis (2) tarp ultragarsinių keitiklių yra apvalaus skerspjūvio arba keturkampio skerspjūvio matavimo kanalas, simetriškai padalintas išilgine pertvara (5), o ultragarsinių keitiklių spinduliuojamas laukas padalintas minėta išilgine pertvara (5) į dvi dalis (6, 7) kiekvienoje pertvaros pusėje. Apvalaus skerspjūvio kanalo atveju, pertvara dalina matavimo kanalą išilgai į du simetriškus puscilindrius. Keturkampio skerspjūvio kanalo atveju, pertvara dalina matavimo kanalą išilgai į du simetrinius trikampių skerspjūvio matavimo kanalus.

Išradimas skirtas tekančio skysčio tūrio, masės ar srauto matavimo prietaisams, kuriuose yra matuojamos ultragarso bangų sklaidimo prietaiso matavimo ruože trukmės, siunčiant ultragarso bangą prieš ir pagal vandens tekėjimo kryptį, pavyzdžiui, ultragarsiniams srauto matuokliams.

Peržvelgus technikos lygiu žinomus patentus ar patentines paraiškas, matyti, kad vienas iš labiausiai paplitusių būdų yra matavimo ruožo, turinčio stačiakampį, kvadratinį arba šešiakampį skerspjūvį, formavimas. Esminis tokių matavimo ruožų bruožas yra tai, kad tokia ruože, įgyvendinus spiralinį ultragarsinės bangos siuntimą išilgai matavimo ruožo, galima atlikti srauto greičio matavimus, nepriklausomus nuo srauto tekėjimo pobūdžio ir srauto profilio simetriškumo.

EP 0708313 B patente aprašytas ultragarsinis srauto matuoklis, kuriame srauto matavimo ruožas suformuotas, siunčiant ultragarso bangą išilgai kvadratinio skerspjūvio vamzdžio. Banga sklinda spiraline trajektorija, atspindėdama nuo plokščių vidinių kvadratinio vamzdžio sienelių. Srauto profilis zonduojamas arti zonos, kur kertasi laminarinis ir turbulentinis profiliai. Toks srauto profilio zondavimas, leidžia minimizuoti reikalavimus hidrodinaminei korekcijai.

EP 0715155 B patente aprašytas ultragarsinis srauto matuoklis, kuriame srauto matavimo ruožas suformuotas, siunčiant ultragarso bangą išilgai šešiakampio skerspjūvio vamzdžio. Banga sklinda spiraline trajektorija išilgai vamzdžio, atspindėdama nuo plokščių vidinių šešiakampio vamzdžio sienelių. Analogiškai kaip EP 0708313 patente aprašytame matuoklyje srauto profilis zonduojamas arti zonos, kur kertasi laminarinis ir turbulentinis profiliai. Šis techninis sprendimas taip pat sudaro galimybę optimaliam srauto profilio zondavimui ir leidžia pasiekti minimalius reikalavimus hidrodinaminei korekcijai.

Nors šiais atvejais pasiekiamas nejautrumas srauto profilio iškraipymams ar kitimams priklausomai nuo skysčio tekėjimo pobūdžio, tačiau gaunami nemaži ultragarsinės energijos nuostoliai atspindinčiuose paviršiuose dėl nemažo atspindžio taškų kiekio ir sumažėjęs ultragarso signalo galingumas, jam nusklidus kelią nuo vieno ultragarsinio keitiklio iki kito.

WO 94021989 A ir FR 2540624 A patentinėse paraiškose aprašytos matavimo ruožų koncepcijos, kad įstačius į matavimo ruožo vidų tam tikros formos elementus, galima suformuoti reikiamo profilio matavimo srautą, kurį integruojant su ultragarsine banga, yra pasiekiamas matavimo rezultatų invariantiškumas srauto profilio pokyčiams.

WO 94021989 A patentinėje paraiškoje aprašytas išradimas, kuriame pasiūlytas ultragarsinis srauto matavimo ruožas, kuriame į matavimo kanalą jo centrinėje ašyje įstatytas į cilindrinį srautą formuojantis strypelis. Ultragarso banga siunčiama išilgai matavimo ruožo optimaliai integruoja tekančio srauto profilį, dėl to prietaisas yra mažiau jautrus srauto profilio pasikeitimui iš laminarinio į turbulentinį. Tokia matavimo ruožo konstrukcija leidžia gauti optimalų srauto profilio zondavimą ir pasiekti minimalius reikalavimus hidrodinaminei korekcijai.

EP 1742024 B patente pateiktas ultragarsinis srauto matuoklis su trikampio srauto profilio matavimo ruožu. Trikampio profilio matavimo ruože galima pasiekti spiralinį srauto profilio zondavimą, siunčiant ultragarso bangą kampu į srautą ir ultragarso bangai atspindint nuo vamzdžio sienelių du kartus (vienas apėjimas). Toks srauto zondavimo būdas leidžia minimizuoti srauto profilio pokyčių įtaką analogiškai kaip tai pasiekama keturkampio arba šešiakampio skerspjūvio matavimo ruožuose. Papildomas trikampio skerspjūvio matavimo ruožo privalumas yra tai, kad tokiam ruožui galima sumažinti atspindžio nuo sienelės taškų kiekį iki dviejų. Tai leidžia sumažinti ultragarsinės energijos nuostolius atspindinčiuose paviršiuose (mažiausiai 30 %) ir pasiekti didesnio galingumo signalo, jam nusklidus kelią nuo vieno ultragarsinio keitiklio iki kito.

Šio išradimo tikslas yra išplėsti srauto matavimo diapazoną, supaprastinti matavimo kanalo konstrukciją ir atsisakyti ultragarso bangos atspindžio taškų nuo matavimo kanalo vidinių sienelių.

Šiam tikslui pasiekti ultragarsiniame srauto matuoklyje, kuris susideda iš matavimo vamzdžio, mažiausiai dviejų ultragarsinių keitiklių, išdėstytų matavimo ruožo įtekėjime ir ištekėjime, matavimo kanalą tarp ultragarsinių keitiklių formuoja kaip cilindrą arba apvalaus, arba keturkampio skerspjūvio ir jį simetriškai padalina išilgine pertvara. Ultragarsinis keitiklis spinduliuoja lauką, kuris simetriškai padalijamas minėta išilgine pertvara į du laukus ir sklinda išilgai kanalo nuo vieno keitiklio iki kito akustine trajektorija, sutampančia su laminarinio ir turbulentinio srauto greičių profilių susikirtimo zona.

Mažų matmenų matavimo ruožuose ultragarsiniai keitikliai gali būti sumontuoti ant matavimo vamzdžio sienelės, kur spinduliuoja ultragarso lauką statmenai vamzdžio sieniei, jų spinduliuojamas laukas į matavimo kanalo vidų nukreipiamas veidrodėliais, o matavimo kanale šis laukas padalinamas minėta išilgine pertvara.

Be to, ultragarsiniai keitikliai gali būti sumontuoti ant matavimo vamzdžio sienelės taip, kad jie nuožulniu kampu spinduliuotų ultragarso lauką į apvalaus ar keturkampio skerspjūvio matavimo kanalą, kuriame spinduliuojamas laukas sklistų skersai matavimo

kanalo ir būtų padalintas minėta išilgine pertvara. Priklausomai nuo matavimo ruožo matmenų šis ultragarso lauko spinduliavimo į matavimo kanalą kampas gali būti ribose nuo 10...20 laipsnių (mažų matmenų matavimo ruožuose) iki 60..80 (didelių matmenų ruožuose).

Matavimo ruožuose ultragarsiniai keitikliai taip pat gali būti sumontuoti matavimo ruožo viduje įtekėjime ir ištekėjime taip, kad tiesiogiai spinduliuotų ultragarso lauką į cilindrinį ar keturkampio skerspjūvio matavimo kanalo vidų, o matavimo kanale šis laukas būtų padalinamas minėta išilgine pertvara.

Išradimui paaiškinti pateikiami brėžiniai, kuriuose:

Fig. 1 pateiktos trikampio skerspjūvio matavimo ruožo transformavimo į apvalaus skerspjūvio matavimo ruožą su pertvara schemos: a) – trikampio skerspjūvio ruožas su optimaliu simetriniu srauto profilio zondavimu, b) – trikampio skerspjūvio ruožas su nesimetriniu srauto profilio zondavimu, c) – du suglausti trikampio skerspjūvio matavimo ruožai su nesimetriniu srauto profilio zondavimu ir užapvalintais kampais arba keturkampio skerspjūvio ruožas su pertvara, d) – apvalaus skerspjūvio matavimo ruožas su pertvara;

Fig. 2 pateiktas cilindrinio matavimo kanalo su pertvara ir ultragarso bangą išilgai kanalo nukreipiančiais veidrodėliais schematiškas vaizdas;

Fig. 3 pateiktas keturkampio skerspjūvio matavimo kanalo su pertvara ir ultragarso bangą išilgai kanalo nukreipiančiais veidrodėliais schematiškas vaizdas;

Fig. 4 pateiktas cilindrinio matavimo kanalo su pertvara ir nuožulniu kampu į matavimo kanalą spinduliuojančiais ultragarsiniais keitikliais schematiškas vaizdas;

Fig. 5 pateiktas keturkampio skerspjūvio matavimo kanalo su pertvara ir nuožulniu kampu į matavimo kanalą spinduliuojančiais ultragarsiniais keitikliais schematiškas vaizdas;

Fig. 6 pateiktas matavimo kanalo su pertvara ir ultragarso bangą išilgai kanalo nukreipiančiais veidrodėliais perspektyvinis vaizdas išilginiame pjūvyje;

Fig. 7 pateiktas matavimo kanalo su pertvara ir į matavimo kanalą įstatytais ultragarsiniais keitikliais perspektyvinis vaizdas išilginiame pjūvyje.

Šio išradimo techninis sprendimas pasiūlytas, atsižvelgiant į EP 1742024 B patente panaudoto trikampio skerspjūvio matavimo ruožo ypatumus. Vienas iš trikampio skerspjūvio matavimo kanalo ypatumų yra tai, kad šiame kanale 2 galima suformuoti ultragarso bangos sklaidymo trajektoriją 3, optimaliai sutampančią su laminarinio ir turbulentinio srauto profilių susikirtimo zona 4 (Fig. 1a). Tokiame matavimo kanale 2 ultragarso signalas siunčiamas išilgai kanalo lygiagrečiai matavimo ruožo sieniei, formuojant spiralinį signalo sklaidimą išilgai kanalo. Paprastesnis tokio srauto greičio profilio zondavimo variantas yra ultragarso bangos siuntimas išilgai matavimo kanalo greta lygiagrečiai vienos sienelės (Fig. 1b).

Tokiame variante galima siųsti signalą išilgai ruožo, atsisakant atspindžio taškų nuo kanalo sienelių, tačiau toks srauto greičio zondavimo variantas yra labiau jautrus srauto profilio nesimetriškumui. Srauto greičio profilio tėkmės simetrizavimas yra pasiekiamas, suformuojant dviejų suglaustų trikampių matavimo kanalą, kuriame ultragarso signalas yra siunčiamas išilgai matavimo kanalo iš abiejų pusių lygiagrečiai vidinei trikampio sieniei (Fig. 1c). Technologiškai paprasčiausia tokio matavimo kanalo realizacija yra dviejų pusapskritimių suformavimas arba pertvaros 5 įstatymas į apvalaus skerspjūvio matavimo kanalo ruožą 2 (Fig. 1d). Tokiame matavimo kanalo ruože yra užtikrinamas srauto profilio simetrinis zondavimas akustinėse trajektorijose 3, sutampančiose su laminarinio ir turbulentinio srauto profilių susikirtimo zona 4 iš abiejų pertvaros 5 pusių (Fig. 1a) ir tuo pačiu yra išvengiama atspindžio taškų nuo vidinių matavimo kanalo sienelių.

Taip pat tokiame matavimo ruože, kuriame atliekamas ultragarso signalo sklidimas akustinėje trajektorijoje, sutampančioje su laminarinio ir turbulentinio srauto greičių profilių susikirtimo zona, yra minimizuojama srauto profilio tėkmės režimo (turbulentinio ar laminarinio) ir skysčio klampumo pokyčių įtaka.

Srauto matuoklį sudaro mikroprocesorinis srauto skaičiuotuvas 1, veikiantis tipiniu signalo sklidimo matavimo principu, matavimo ruožas – kanalas 2, kurio skerspjūvis yra apvalios formos, pora ultragarsinių keitiklių 8, 9, kurių išspinduliuota akustinė banga pertvara 5 yra dalinama į dvi ultragarso bangos sklidimo trajektorijas 3. Ultragarso bangai sklindant išilgai matavimo ruožo šiose trajektorijose 3 yra formuojami optimalūs srauto integravimo puscilindriai 6, 7 (abiejose pertvaros pusėse). Fig. 2 parodytas variantas, kai ultragarsiniai keitikliai 8, 9 spinduliuoja ultragarso bangą statmenai tekančio srauto kryptiai 12. Ultragarso banga išilgai matavimo ruožo 2 nukreipiama veidrodėliais 10, 11. Fig. 2 pavaizduotas matavimo ruožo variantas, kurį patogiausia realizuoti mažų matmenų ( $DN \leq 50$ ) matavimo ruožuose.

Fig. 3 pavaizduotas analogiškas variantas kaip ir Fig. 2, tik šiuo atveju matavimo kanalą sudaro keturkampio skerspjūvio vamzdis, kurio viduje išilgai yra įstatyta pertvara 5. Pertvara 5 dalina keturkampio skerspjūvio matavimo kanalą į du trikampio skerspjūvio matavimo kanalus.

Fig. 4 parodytas matavimo ruožo variantas, kuriame ultragarsiniai keitikliai 8, 9 spinduliuoja ultragarso bangą kampu į apvalaus skerspjūvio matavimo kanale 2 tekančią srautą 12. Ultragarso banga sklisdama matavimo ruožo kanale 2 su pertvara 5 dalijama į du srautą integruojančius puscilindrius 6, 7. Fig. 4 pavaizduotas matavimo ruožo variantas, kurį patogiausia realizuoti didesnių matmenų ( $DN > 50$ ) matavimo ruožuose.

Fig. 5 pavaizduotas analogiškas variantas kaip ir Fig. 4, tik šiuo atveju matavimo kanalą sudaro keturkampio skerspjūvio vamzdis, kurio viduje išilgai yra įstatyta pertvara 5. Pertvara 5 dalina keturkampio skerspjūvio matavimo kanalą į du trikampio skerspjūvio matavimo kanalus.

5 Fig. 6 pavaizduotas tas pats matavimo ruožo varianto (Fig. 2) perspektyvinis vaizdas išilginiame skerspjūvyje.

Fig. 7 parodytas variantas, kai ultragarsiniai keitikliai 8, 9 yra įstatyti į matavimo ruožą iš abiejų apvalaus skerspjūvio matavimo kanalo galų ir tiesiogiai spinduliuoja ultragarso bangą į minėtą apvalaus skerspjūvio matavimo kanalą 2 su išilgai kanalo įstatyta  
10 pertvara 5. Ultragarso banga sklisdama matavimo ruožo kanale 2 su pertvara 5 dalijama į du srautą integruojančius puscilindrius 6, 7. Fig. 7 pavaizduotas matavimo ruožo variantas, kurį patogiausia realizuoti mažesnių matmenų ( $DN < 50$ ) matavimo ruožuose.

Srauto įvertis nustatoma pagal mikroprocesoriniu srauto skaičiuotuvu 1 matuojamus ultragarsinio impulso sklidimo kanale 2 laiko intervalus, siunčiant ultragarsinį impulsą prieš ir  
15 pagal srauto tekėjimo kryptį:

$$Q = K * K_h * (1/T(+) - 1/T(-)),$$

čia  $T(+)$  – mikroprocesoriniu srauto skaičiuotuvu išmatuota ultragarsinio impulso sklidimo trukmė, signalui sklindant pagal srauto tekėjimo kryptį;

$T(-)$  – mikroprocesoriniu srauto skaičiuotuvu išmatuota ultragarsinio impulso  
20 sklidimo trukmė, signalui sklindant prieš srauto tekėjimo kryptį;

$K$  – proporcingumo koeficientas priklausantis nuo matavimo kanalo matmenų;

$K_h$  – srauto matavimo prietaiso hidrodinaminės korekcijos koeficientas priklausantis nuo srauto greičio ir tuo pačiu nuo tekėjimo režimo;

$Q$  – mikroprocesoriniu srauto skaičiuotuvu apskaičiuota srauto vertė.

25 Eksperimentiniame tyrime buvo nustatyta, kad srauto matavimo prietaise (sąlyginis skersmuo  $DN_{20}$ , nominalus srautas  $q_p = 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ ), kuriame cilindrinis matavimo kanalas nebuvo dalinamas pertvara, hidrodinaminės korekcijos koeficiento  $K_h$  netolygumas srauto diapazone  $0,025 \text{ m}^3/\text{h}$  iki  $5 \text{ m}^3/\text{h}$  sudarė apie 20 %. Tame pačiame matavimo kanale įstačius srautą dalinančią pertvarą, hidrodinaminės korekcijos koeficiento  $K_h$  netolygumas sumažėjo  
30 iki 4 %. Toks hidrodinaminio koeficiento netolygumo sumažinimas iliustruoja tai, kad įstačius pertvarą yra sumažinamas matavimo rezultatų jautrumas srauto tekėjimo režimui (apie 5 kartus). Taip pat sumažėja reikalavimai matavimo prietaiso kalibravimo procedūroms, nes hidrodinaminės korekcijos koeficientui  $K_h$  nustatyti reikia mažiau kalibravimo taškų.

- Siūlomas matavimo ruožas leistų pasiekti rinkoje esančių patentuotų analogų privalumus, t.y. mažą jautrumą srauto profilio iškraipymams ar kitimams priklausomai nuo skysčio tekėjimo pobūdžio, minimalius reikalavimus tiesių vamzdyno dalių ilgiams prieš ir už srauto matuoklio matavimo ruožo, ir tuo pačiu leistų išplėsti srauto matavimo diapazoną dėl ruožo nejautrumo skysčio profilio klampumo pokyčiams.
- 5

## IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Ultragarsinis srauto matuoklis, susidedantis iš matavimo vamzdžio, mažiausiai dviejų ultragarsinių keitiklių, išdėstytų matavimo ruožo įtekėjime ir ištekėjime, besiskiriantis tuo,  
5 kad matavimo kanalas (2) tarp ultragarsinių keitiklių yra cilindrinis, simetriškai padalintas išilgine pertvara (5).
2. Ultragarsinis srauto matuoklis pagal 1 punktą, besiskiriantis tuo, kad ultragarsinių keitiklių spinduliuojamas laukas simetriškai padalintas minėta išilgine pertvara (5) į du laukus  
10 (6, 7).
3. Ultragarsinis srauto matuoklis pagal 1 arba 2 punktą, besiskiriantis tuo, kad ultragarsiniai keitikliai matavimo ruože yra įmontuoti taip, kad nuožulniu kampu spinduliuotų lauką į apvalaus skerspjūvio matavimo kanalą (2) ir jų spinduliuojamas laukas matavimo  
15 kanalo viduje sklistų skersai cilindrinio kanalo, kuriame dalinamas išilgine pertvara.
4. Ultragarsinis srauto matuoklis pagal bet kurį iš 1-3 punktų, besiskiriantis tuo, kad ultragarsiniai keitikliai sumontuoti ant matavimo ruožo vamzdžio sienelės, įtekėjime ir ištekėjime, jų spinduliuojamas laukas (6, 7) atspindimas matavimo kanalo įtekėjime ir  
20 ištekėjime sumontuotais veidrodėliais (10, 11), o cilindrinėje matavimo kanalo dalyje (2) padalintas minėta išilgine pertvara (5).
- 5 Ultragarsinis srauto matuoklis pagal bet kurį iš 1-3 punktų, besiskiriantis tuo, kad ultragarsiniai keitikliai sumontuoti matavimo ruožo viduje įtekėjime ir ištekėjime taip, kad  
25 tiesiogiai spinduliuotų ultragarso lauką į apvalaus skerspjūvio matavimo kanalą (2), kuriame ultragarso laukas dalinamas minėta išilgine pertvara (5) į dvi dalis.
6. Ultragarsinis srauto matuoklis, susidedantis iš matavimo vamzdžio, mažiausiai dviejų ultragarsinių keitiklių, išdėstytų matavimo ruožo įtekėjime ir ištekėjime, besiskiriantis tuo,  
30 kad matavimo kanalas (2) tarp ultragarsinių keitiklių yra keturkampio skerspjūvio, simetriškai padalintas išilgine pertvara (5) į du trikampio skerspjūvio matavimo kanalus.

7. Ultragarsinis srauto matuoklis pagal 6 punktą, besiskiriantis tuo, kad ultragarsinių keitiklių spinduliuojamas laukas simetriškai padalintas minėta išilgine pertvara (5) į du laukus (6, 7).
- 5 8. Ultragarsinis srauto matuoklis pagal 6 arba 7 punktą, besiskiriantis tuo, kad ultragarsiniai keitikliai matavimo ruože yra įmontuoti taip, kad nuožulniu kampu spinduliuotų lauką į keturkampio skerspjūvio matavimo kanalą (2) ir jų spinduliuojamas laukas matavimo kanalo viduje sklistų skersai kanalo, kuriame dalinamas išilgine pertvara (5).
- 10 9. Ultragarsinis srauto matuoklis pagal bet kurį iš 6-8 punktų, besiskiriantis tuo, kad ultragarsiniai keitikliai sumontuoti ant matavimo ruožo vamzdžio sienelės, įtekėjime ir ištekėjime, jų spinduliuojamas laukas (6, 7) atspindimas matavimo kanalo įtekėjime ir ištekėjime sumontuotais veidrodėliais (10, 11), o matavimo kanalo dalyje (2) padalintas minėta išilgine pertvara (5).
- 15 10. Ultragarsinis srauto matuoklis pagal bet kurį iš 6-8 punktų, besiskiriantis tuo, kad ultragarsiniai keitikliai sumontuoti matavimo ruožo viduje įtekėjime ir ištekėjime taip, kad tiesiogiai spinduliuotų ultragarso lauką į matavimo kanalą (2), kuriame ultragarso laukas dalinamas minėta išilgine pertvara (5) į dvi dalis.

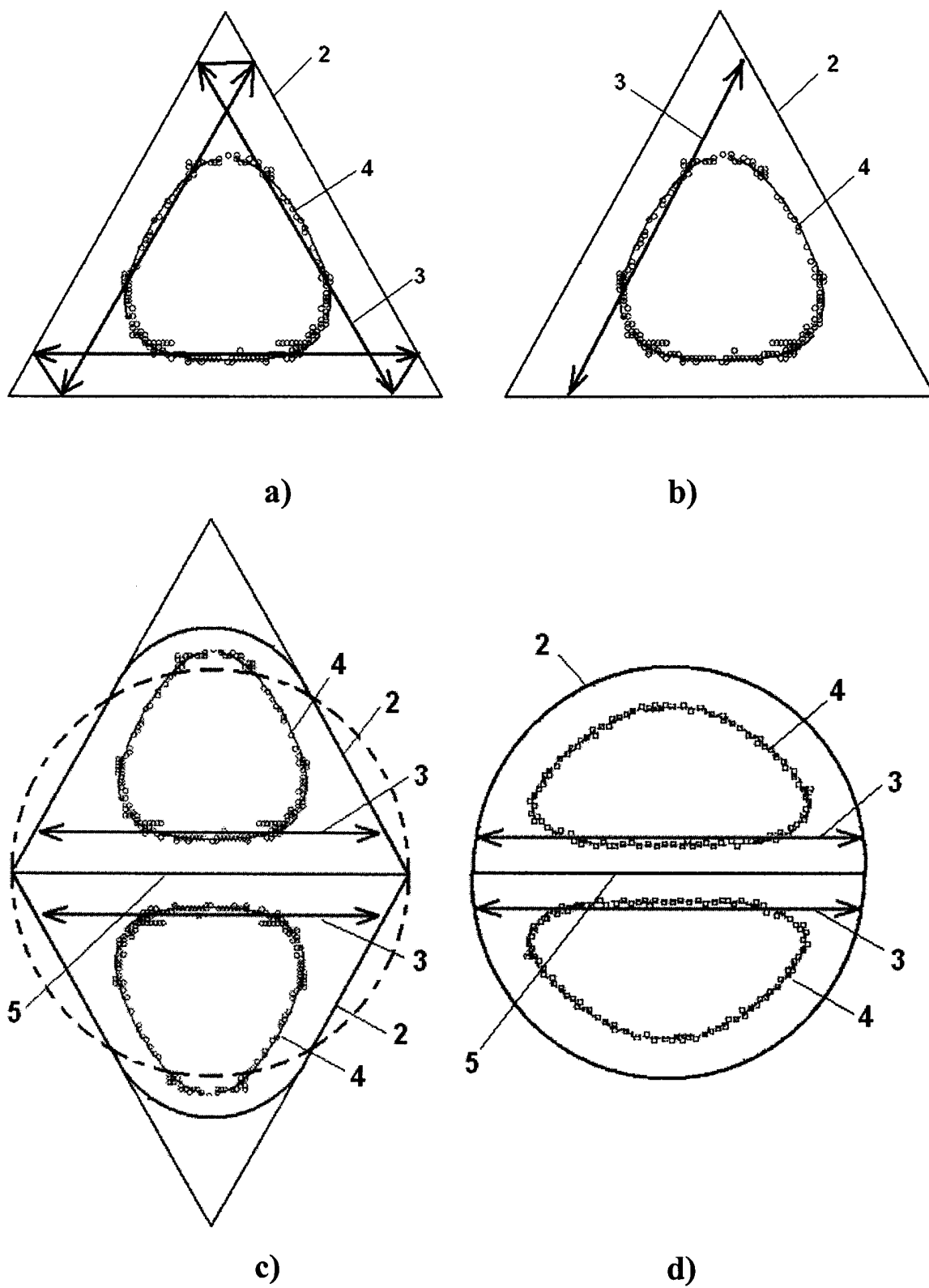


Fig. 1

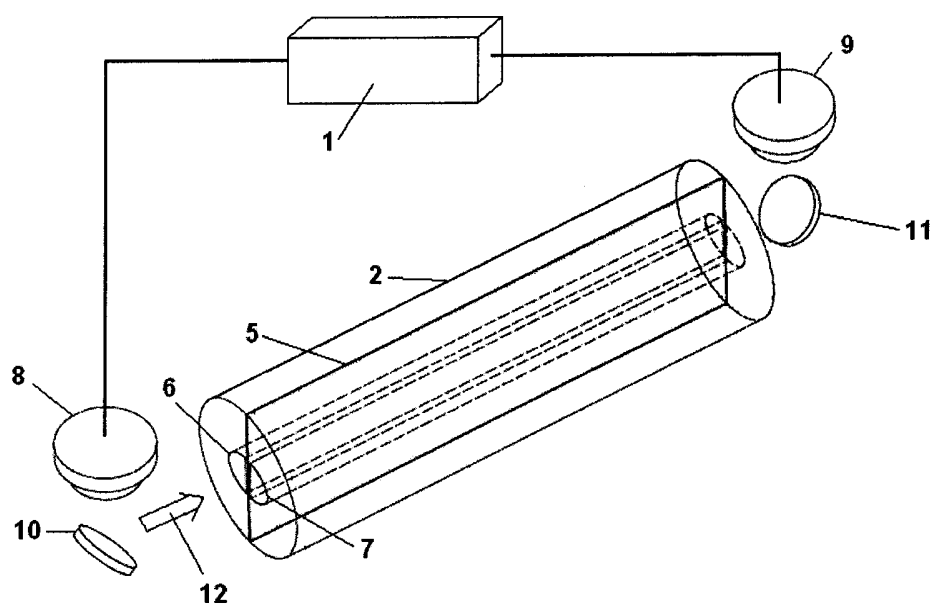


Fig. 2

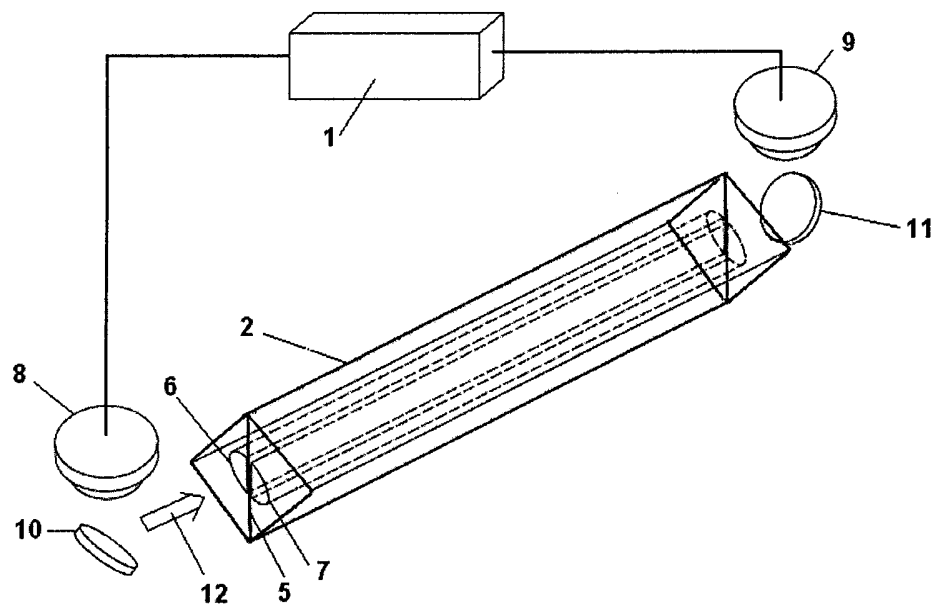


Fig. 3

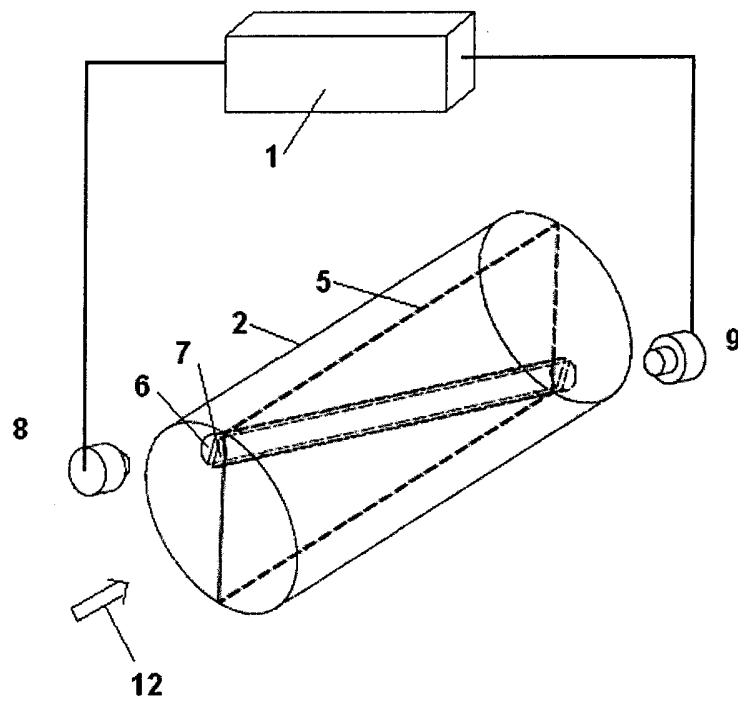


Fig. 4

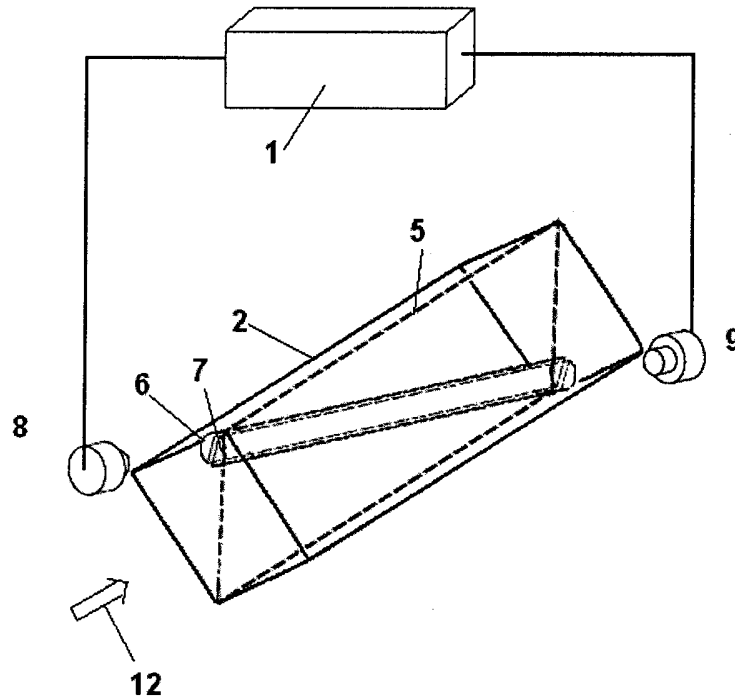


Fig. 5

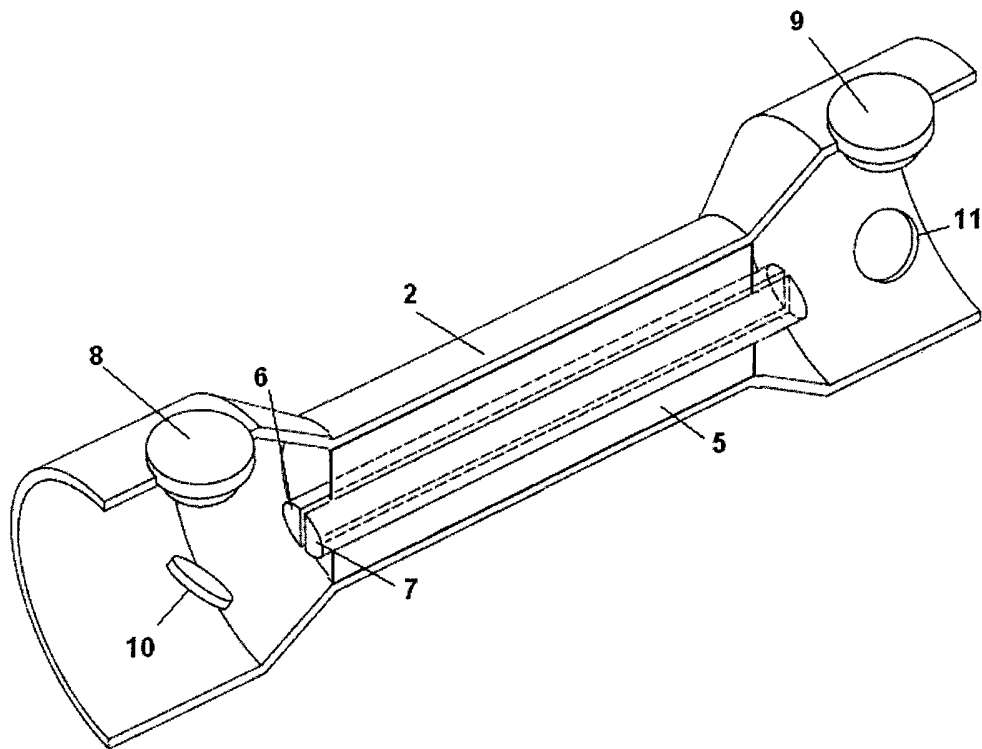


Fig. 6

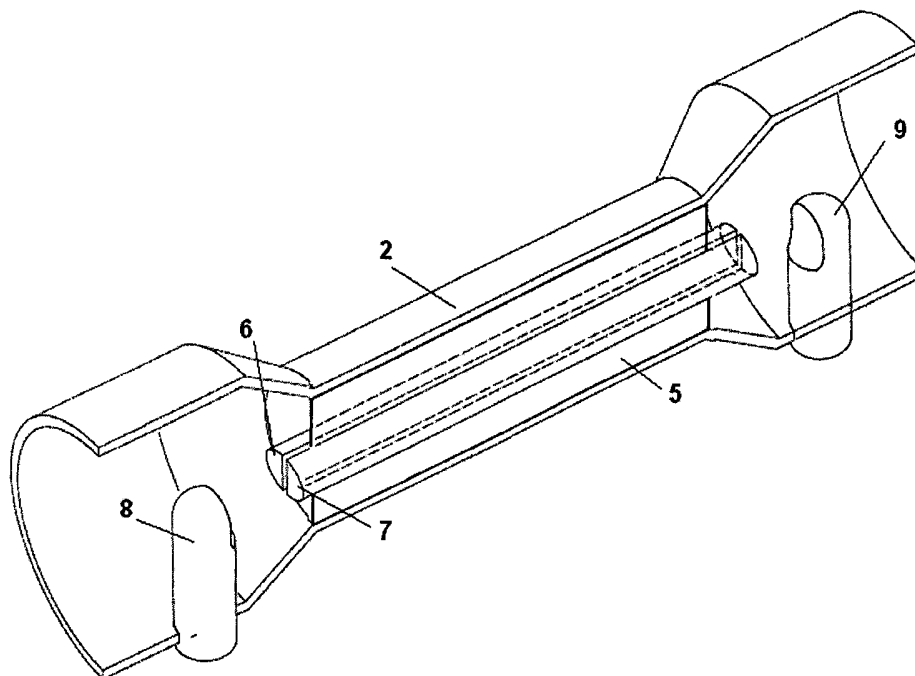


Fig. 7