

(11) Patento numeris: **6636** (51) Int. Cl. (2019.01): **H01L 41/00**

(21) Paraiškos numeris: **2018 022**

(22) Paraiškos padavimo data: **2018-06-25**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2019-04-10**

(45) Patento paskelbimo data: **2019-06-25**

(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:

Piotr VASILJEV, LT
Ying YANG, CN
Dalius MAŽEIKAS, LT
Sergejus BORODINAS, LT
Regimantas BAREIKIS, LT
Arūnas STRUCKAS, LT

(73) Patento savininkas:

Vytauto Didžiojo universitetas, K. Donelaičio g. 58, 44248 Kaunas, LT

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

Regimantas BAREIKIS, Saltoniškių g. 54-100, Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Plokščias greitaigis piezoelektrinis variklis

(57) Referatas:

Išradimas skirtas sukurti greitaigį piezoelektrinį variklį su padidinta galia bei dideliu veleno sukimosi greičiu, užtikrinant varančio rotorių kontakto patikimumą, bei išplečiant jo funkcines galimybes: dviejų rotorių, besisukančių priešingomis kryptimis panaudojimo, ir reverso galimybę. Išradimas labai efektyviai gali būti pritaikytas kuriant pavaras mikroskraidantiems aparatams (mikrodronams). Piezoelektrinį variklį sudaro radialinių virpesių aktuatorius, prie kurio vidinės radialinės dalies tiesiai prijungtos lamelės – bangolaidžiai smailiu kampu nukreiptos į rotoriaus kūginį paviršių, o kiti lamelių - bangolaidžių galai tiesiai sujungti su išorine radialine žiedo formos cilindro dalimi, kurio vidinė dalis slystamai ir paspyruokliuotai sujungta su rotoriumi. Viena plokščia aktuatoriaus pusė sujungta su piezoelektriniu keitikliu, pvz. plonu piezokeraminiu disku, poliarizuotu pagal jo storį. Priklijavus prie kitos aktuatoriaus plokštumos papildomą piezoelementą, gauname reversyvinį piezovariklį, kas žymiai praplečia jo panaudojimo galimybes. Norint išgauti iš variklio du ašinius sukimus, nukreiptus priešingomis kryptimis, iš kitos cilindrinio žiedo pusės paspyruokliuojamas papildomas rotorius. Abu rotoriai turi galimybę be papildomų priemonių sukurti vienas kitam priešingomis kryptimis.

Technikos sritis

Pateiktas išradimas priskiriamas prie pjezoelektrinių variklių klasės. Išradimas labai efektyviai gali būti pritaikytas kuriant greitaigės mažų gabaritų ir svorio daugiafunkcines patikimas pavaras, įskaitant reversyvines, kas ypač aktualu mikroskraidantiems aparatams (mikrodronams), girooskopams - stabilizatoriams ir kt. technikai.

Technikos lygis

Labai sparčiai vystantis kompiuterinei technikai, mechatroninių įrenginių informacijos apdorojimo ir valdymo organai tampa miniatiūriniais ir žymiai pralengia pagal svorio ir gabaritų parametrus vykdymo organus, kurių darbas paremtas klasikinių elektros variklių panaudojimu. Viena iš mokslinių tyrimų kryptų, siekiant sumažinti atotrūkį tarp kompiuterinės ir mechaninės mechatroninių įrenginių dalies, yra kūrimas iš principo naujo tipo mašinų - pjezoelektrinių variklių, kuriuose rotorius sukamas ne elektromagnetinių laukų sąveikoje, bet orientuotų ultragarsinio dažnio virpesių. Dabartiniu metu, besivystant greitaigiams mechatroniniams įrenginiams, kaip pvz., skraidantiems arba plaukiantiems mikrorobotams, didelis dėmesys skiriamas mažų gabaritų ir svorio greitaigių variklių kūrimui.

Žinomas pjezoelektrinis variklis, aprašytas patente US 4,019,073 B2 (1977m), kurio rotorius sukamas radialiniais virpesiais, žadinamais pjezokeraminio žiedo, ir perduodamais rotoriumi paspyruokliuotų lamelių pagalba. Čia lamelės panaudotos atlikti dvejopą funkciją: virpesių perdavimui į kontakto su rotoriumi zoną ir spyruoklės vaidmuo. Tai apriboja variklio galios didinimą, nes didesnės energijos perdavimą nuo pjezoelemento riboja lanksčių lamelių storio didinimas. Be to variklio patikimumą riboja atskirų lamelių kontakto su rotoriumi nevienodumas.

Patente US 4,959,580 B2 (1990m) tas pats autorius variklio galiai padidinti siūlo modernizuotą lamelių tvirtinimo būdą - jų litavimą prie piezokeraminio disko elektrodų. Tai šiek tiek padidina galią, tačiau neišsprendžia žemo patikimumo problemų.

Patente US 4,884,002 B2 (1989m) galiai padidinti siūloma išplėsti lamelių skaičių, grupuojant jas eilėmis, o patente US 7,105,987 B2 (2006) - keisti lamelių konfigūracijas. Tačiau kontaktavimo zona lieka principaliai ta pati - eilė pavienių taškų, kas neišsprendžia variklio patikimumo problemų, ypač greitaeigių variklių.

Artimiausias techninė esmė šiam išradimui pjezoelektrinis variklis, aprašytas patente US 6,664,712 B2 (2003 m). Jis sudarytas iš vieno ar dviejų plonasienių aktuatorių, priklijuotų prie žiedo formos pjezoelemento plokščio paviršiaus. Aktuatoriuje padarytos figūrinės iškarpos, kurių pagalba suformuotos kampu į rotorius paviršių nukreiptos lamelės. Radialiniai pjezožiedo virpesiai lamelių pagalba transformuojami į rotorius sukimą. Priklijavus prie kito pjezožiedo plokščio paviršiaus tokį pat aktuatorių, ir paspyruokliavus prie jo lamelių papildomą rotorių, galima gauti kito rotorius sukimą priešinga kryptimi. Nors siūlomas patentas praplečia funkcinės variklio galimybes, tačiau kontaktavimo zona lieka iš principo ta pati - eilė pavienių taškų, kas neišsprendžia variklio patikimumo problemų, ypatingai greitaeigių variklių atveju. Be to siūlomas variklis nėra reversyvinis.

Išradimo tikslas - padidinti pjezovariklio galią, veleno sukimosi greitį, patikimumą, bei išplėsti jo funkcinės galimybes.

Tikslas pasiekiamas tuo, kad pjezovariklyje, susidedančiame iš disko formos radialinių virpesių aktuatoriaus, žadinamo priklijuotu prie jo plokščios dalies plonu pjezoelementu ir tampriai kontaktuojančio su jo plokštumoje išdėstytomis lamelėmis, smailiu kampu nukreiptomis į kūginį rotorių, įvestas tarp minėtų lamelių žiedo formos cilindras, išorine radialine dalimi tampriai sujungtas su laisvais lamelių galais, o vidine radialine dalimi slystamai prispaustas prie kūginės rotorius dalies, o aktuatoriaus storis parenkamas toks, kad jame be radialinės modos dar susižadintų išilgai radiusui kartotinė lenkimo virpesių forma. Pjezovariklio galia, veleno sukimosi greitis ir patikimumas padidėja dėka to, kad, įvedus papildomą cilindrinį žiedą, rotoriau kontakto zona tampa paviršine (o ne sukimas atskiromis taškinėmis zonomis), pagerėja kontakto sukibimas, sumažėja išsinešiojimo galimybės. Išplėtimas jo funkcinų galimybių - papildomo rotorius, kuris gali sukis kita kryptimi, įvedimas, o taip pat antro pjezoelemento įvedimas tam, kad gauti reversuojamą variklį.

Išradimui paaiškinti pateikiami brėžiniai:

Fig.1 - pavaizduota principinė pjezoelektrinio variklio schema; Fig.2 - vaizdas iš pjezoelemento pusės; Fig.3. - pjezovariklio ašinis pjūvis; FigA - vaizdas, iliustruojantis antro rotorius panaudojimo galimybę; Fig.5 - vaizdas, iliustruojantis pjezoelektrinio variklio reverso galimybę; Fig.6 - aktuatoriaus virpesių transformacijos schema.

Įrenginio detalus aprašymas

Pjezoelektrinį variklį (Fig.1-6) sudaro radialinių virpesių akuatorius (I), prie kurio vidinės radialinės dalies tampriai prijungtos lamelės - bangolaidžiai (2), smailiu kampu (a) nukreiptos į rotoriaus (3) kūginį paviršių, o kiti lamelių - bangolaidžių (2) galai tampriai sujungti su išorine radialine dalimi žiedo formos cilindru (4), kurio vidinė dalis slystamai sujungta su rotoriumi (3), prispaustu prie jo jėga (P), (6) - akuatoriaus tvirtinimo prie variklio korpuso vieta. Viena arba abi akuatoriaus (1) pusės sujungta su pjezoelektriniu keitikliu (5), pvz. plonu pjezokeraminiu disku, poliarizuotu pagal jo storį. Praktiškai, variklio dalys (1-2-4-6) gaminamos iš vientisos tamprios medžiagos, pvz. plieno. VI ir V2 - įtampa elektrinio signalo, paduodamo į pjezoelementų elektrodus, (9) ir (10) - variklio rotoriaus sukimo kryptys.

Norint išgauti iš variklio du ašinius sukimus, nukreiptus priešingomis kryptimis, iš kitos cilindrinio žiedo pusės paspyruokliuojamas papildomas rotorius (7) (FigA.). Rotoriai (3) ir (7) turi galimybę be papildomų priemonių sukis į vienas kitam priešingomis kryptimis.

Norint gauti reversinį variklį (t.y. operatyviai keisti rotoriaus kryptį), prie kitos minėto akuatoriaus plokščios pusės pritvirtinamas (priklijuojamas) papildomas pjezoelementas (8) (Fig.5.), analogiškas (5). Padavus į vieną arba kitą pjezoelementą elektrinį signalą, galimas rotoriaus (3) (arba rotorių (3) ir (7) sukimas viena ar kita kryptimi (9) ar (10).

Plokščio greitaeigio pjezoelektrinio variklio veikimas. Padavus į pjezoelemento (5) elektrodą akuatoriaus (1) radialinių virpesių rezonansinę įtampą (VI), akuatoriuje žadinami radialiniai virpesiai (kryptimi II), Fig.6), kurie per lameles-bangolaidžius (2) (kryptimi (12) Fig.6) priverčia žiedą (4) atlikti sukamuosius virpesius kryptimi (13), Fig.6. Prikijuotas prie akuatoriaus pjezoelementas sudaro bimorfą (1) - (5), todėl, jam deformuojantis, akuatoriuje (1) kartu su lamelėmis - bangolaidžiais (2) ir žiedu (4) be rezonansinių radialinių virpesių, jame dar žadinasi lenkimo virpesiai. Jų kryptis statmena radialinių virpesių kryptims (kryptis (14) Fig.6), o amplitudė koncentruojasi kontakto žiedas (4) - rotorius (3) kryptimi. Lenkimo virpesiai maksimalūs, kai žadinama išilgai radiusui kartotinė lenkimo virpesių forma, t.y. lenkimo virpesių išsidėstymo ilgis "d" surištas su žadinamu dažniu lygybe $d = n c_l / 2f$, kur $n = 1, 2, 3 \dots$, c_l - lenkimo virpesių sklaidimo greitis sistemoje (1-2-4-6), f - virpesių žadinimo dažnis.

Taigi rotorius (3) ir žiedo (4) kontakto vietoje gauname dviejų virpesių modų superpoziciją - akuatoriaus plokštumoje žiedo sukamųjų virpesių (13) ir statmenai plokštumai jo lenkimo virpesių (14). Tai formuoja žiedo taškų, kontaktuojančių su rotoriumi, eliptines trajektorijas, kas priverčia rotorių sukis viena ar kita kryptimi.

Išradimo apibrėžtis

Plokščias greitaeigis pjezoelektrinis variklis, susidedantis iš disko formos radialinių virpesių aktuatoriaus, tampriai sujungto su plokštumoje išdėstytomis lamelėmis, smailiu kampu nukreiptomis į kūginį rotorių ir žadinamo priklijuotu prie jo plokščios dalies plonu pjezoelementu, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad tarp minėtų lamelių, jau kaip bango laidžių, įvestas žiedo formos cilindras, išorine radialine dalimi tampriai sujungtas su laisvais lamelių - bangolaidžių galais, o vidine radialine dalimi slystamai prispaustas prie kūginės rotoriaus dalies, o aktuatoriaus storis parenkamas toks, kad jame be radialinės modos dar susižadintų išilgai radiusui kartotinė lenkimo virpesių forma.

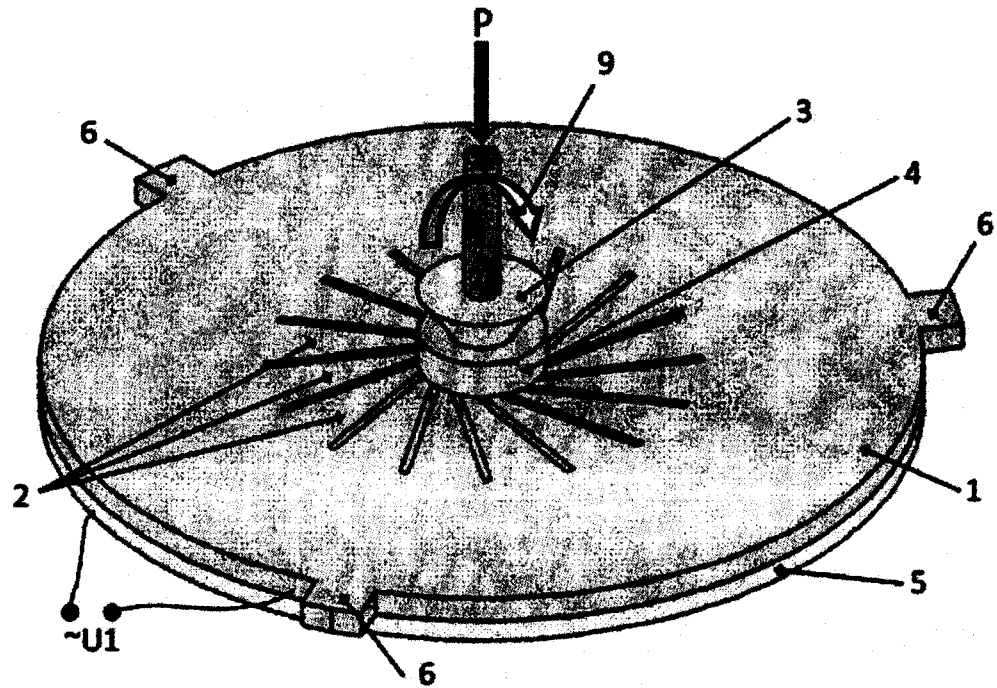


Fig.1

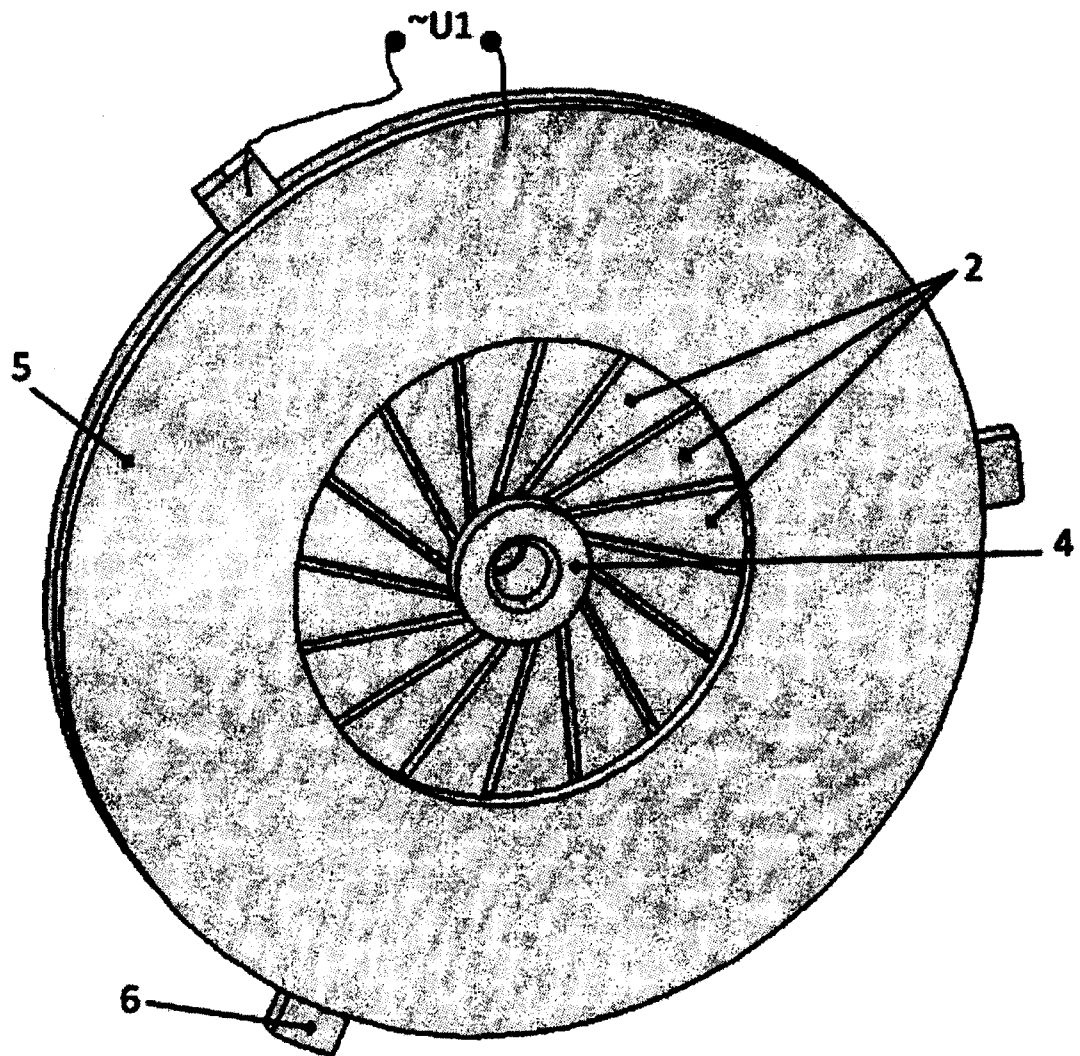


Fig.2

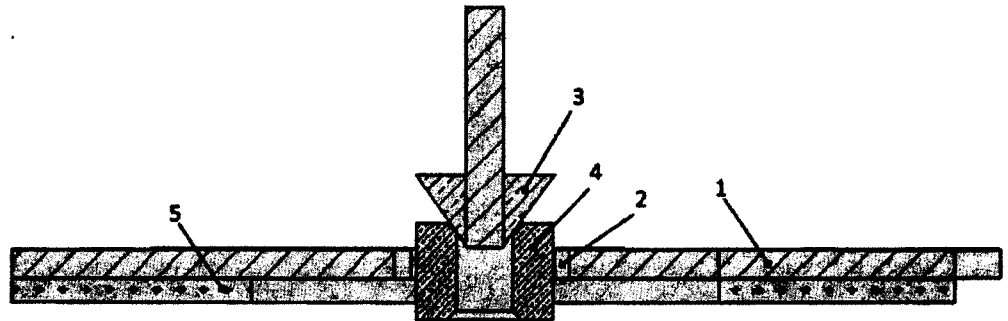


Fig.3

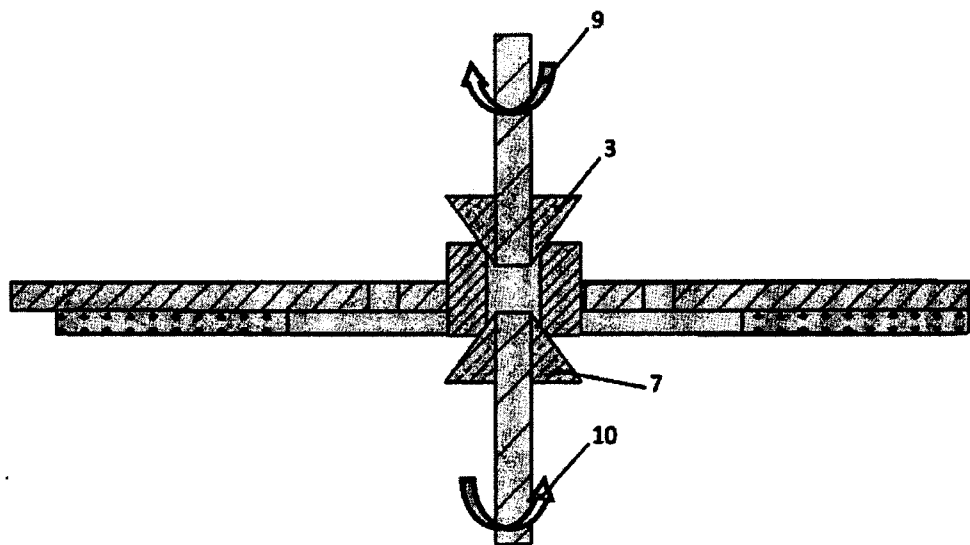


Fig.4

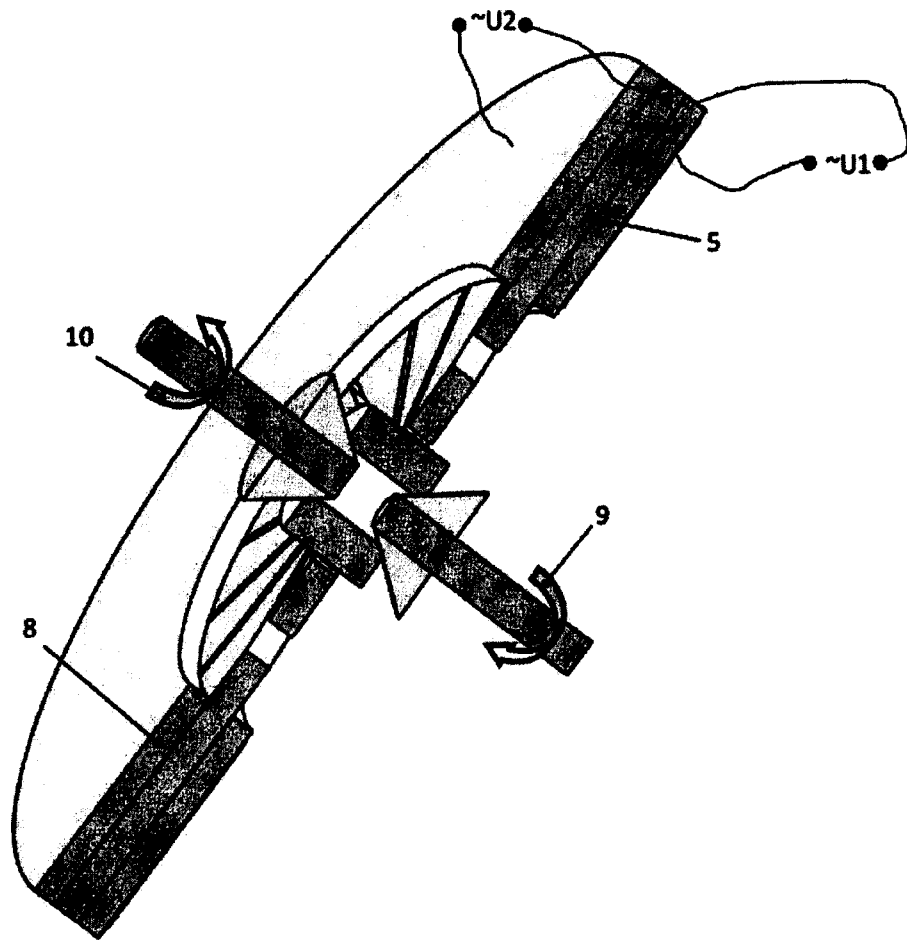


Fig. 5.

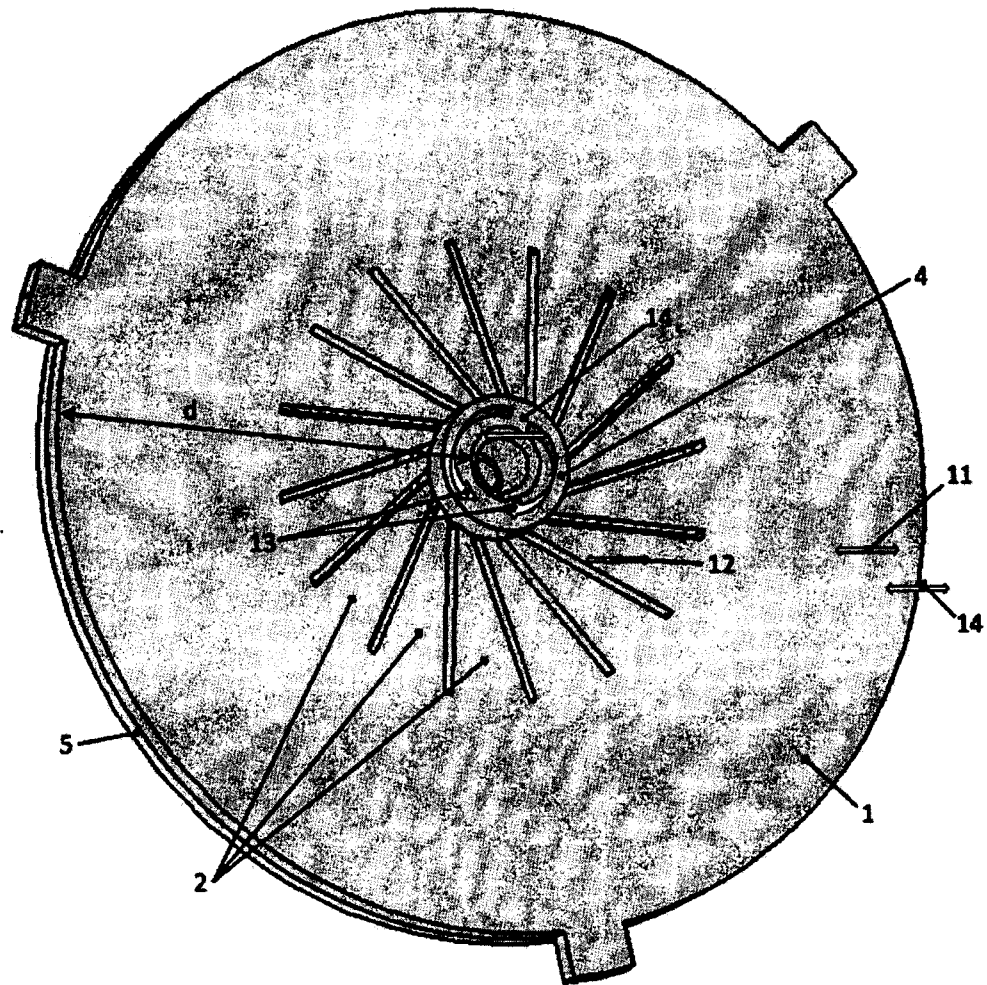


Fig. 6.