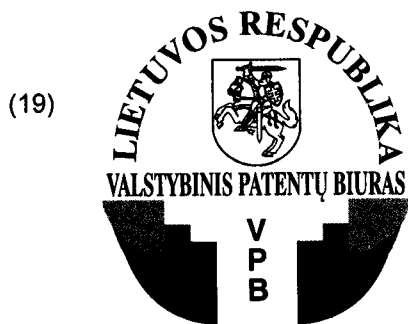




(10) **LT 2015 034 A**

(12) **PARAIŠKOS APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2015 034**

(51) Int. Cl. (2016.01): **H01Q 1/00**

(22) Paraiškos padavimo data: **2015-04-30**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2016-11-10**

(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: —

(71) Pareiškėjas:

VILNIAUS UNIVERSITETAS, Universiteto g. 3, LT-01513 Vilnius, LT

(72) Išradėjas:

Saulius RUDYS, LT
Jūras BANYŠ, LT

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

Jurga PETNIŪNAITĖ, AAA Law, J.Jasinskio g. 16A, LT-03163 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Lengva išskleidžiama kosminio aparato fazuota antena ir tokių antenų sistema

(57) Referatas:

Pasiūlyta išskleidžiama antena gali būti pagaminta iš atmintį turinčio lydinio ar kitos elastingos medžiagos juostos, galinčios veikti kaip spyruoklė, su prie jos pritvirtintomis juostinėmis atšakomis, kurios sudaro atskiras monopolinių antenas. Suskleistoje būsenoje antena sudaro juostinį ritinį ir yra patalpinta palydove. Orbitoje, atleidus ritinio laikymo mechanizmą, antena išsiskleidžia savaime, tvarkingai išsivyniodama iš ritinio, nusivyniodama nuo laikančiojo rėmo ar kitaip išsitiesdama. Siūlomoje monopolinių atšakų konstrukcijoje yra naudojamas minimalus laidininkų ilgis ir yra gaunamas maksimalus kryptingumas. Kiekviena monopolinė atšaka su signalo imtuvu/siųstuvu yra sujungiama signalo perdavimo elementais. Taip pat iš tokių antenų sudaryta sistema gali apimti bent dvi tokias išsivyniojančias antenas taip pasiekiant dar didesnę antenos veikimo efektyvumą signalo valdymo ir trikdžių mažinimo atžvilgiu ir mažesnę palydovo inercijos momentą. Tam, kad antenos išsiskleidimas nebūtų chaotiškas, yra panaudojamos papildomos priemonės, neleidžiančios išsivynioti vidiniams ritinio sluoksniams prieš išorinio sluoksnio išsivyniojimą.

LENGVA IŠSKLEIDŽIAMA KOSMINIO APARATO FAZUOTA ANTENA IR TOKIŲ ANTENŲ SISTEMA

Technikos sritis

Šis išradimas yra susijęs su išskleidžiamomis kosminių aparatų antenomis, o tiksliau išsiskleidžiamomis fazuotomis antenomis ir jų sistemomis, kurios gali būti patalpintos į nedidelį erdvės tūrį nanopalydovuose.

Technikos lygis

Pastaruoju metu vis plačiau yra naudojami miniatiūriniai palydovai, tokie kaip „Cube-sat“ nanopalydovai. Šio standarto vieno modulio nanopalydovo matmenys yra 10 cm x10 cm x10 cm. Taip pat gali būti suformuojami ir didesni palydovai iš minėtų modulių. Vieną modulį įprastai sudaro įvairūs konstrukciniai elementai, tokie kaip reflektoriai, siųstuvai-įmtuvai, antenos, jutikliai ir kt. Nežiūrint į mažus matmenis, nanopalydovai yra naudojami įvairioms užduotims. Kai kurioms iš jų yra reikalingas kryptingas ir valdomas radijo spindulys VHF ir UHF diapazonuose, kaip pavyzdžiui laivų (AIS sistema), lėktuvų (ADS-B), radijo švyturėlių (Argos) stebėjimui iš kosmoso. Standartiškai nanopalydovuose yra naudojamos išsitiesiančios vienos juostelės monopolinės antenos (*Encinas Plaza, J.M., Vilán Vilán, J.A., Aguado Agelet, F., Barandiarán Mancheño, J., López Estévez, M., Martínez Fernández, C., Sarmiento Ares, F. "Xatcobeo: Small Mechanisms for CubeSat Satellites – Antenna and Solar Array Deployment" Proceedings of the 40th Aerospace Mechanisms Symposium, (2010), 415-430*), kurios yra montuojamos po kelias viename palydove. Skrendant žema orbita, pavyzdžiui 700 km aukštyje, palydovo, aprūpinto įprastine nekryptine antena, „matymo“ zona yra 5000 km skersmens apskritimas. Šioje zonoje gali būti labai daug įrenginių, kurių signalai persidengia laike ir trukdo vienas kitam. Kryptingo spindulio naudojimas leistų sumažinti apžvalgos plotą ir sumažinti signalų tarpusavio trukdžių tikimybę. Taip pat sustiprėtų signalas imtuve. Tačiau kryptingam ir valdomam radijo spinduliui suformuoti VHF ir UHF diapazonuose yra reikalingos didelės antenos, kurių standartiniai matmenys daug kartų viršija nanopalydovų matmenis. Dėl šios priežasties dabartinėse nanopalydovų misijose antenos, galinčios suformuoti kryptingą ir valdomą spindulį dar nėra naudojamos.

Jungtinių Amerikos valstijų patentinėje paraiškoje Nr. US 07/902,107 yra atskleidžiama kosminiams aparatams skirta antena, kuri yra savaime išsiskleidžianti monopolinių vibratorių sistema. Tokios antenos konstrukcijos pagrindiniai trūkumas yra papildomų kreipiančiųjų konstrukcijų poreikis ir plati skersinė plokštuma ant kurios yra montuojami monopoliniai vibratoriai. Dėl šios priežasties tokios antenos talpinimas ir išskleidimas nanopalydove nėra galimas dėl antenos konstrukcijos ir svorio.

Europos patentinėje paraiškoje Nr. EP20130003752 yra atskleidžiama išskleidžiama spiralinės konstrukcijos UHF ir VHF diapazonui skirta nanopalydovo antena. Šios antenos konstrukcija leidžia į standartinio dydžio nanopalydovą patalpinti išskleidžiamą anteną, kuri išskleistoje konfigūracijoje yra didesnė negu pats palydovas ar standartinio tipo monopolinės nanopalydovų antenos. Nors signalas yra sustiprinamas, tačiau naudojant tokią anteną negalime keisti spinduliavimo krypties, nesukinėjant pačios antenos.

Šio išradimo tikslas yra apeiti minėtus naudojamų palydovinių antenų trūkumus pateikiant išsiskleidžiančios konstrukcijos fazuotą anteną iš daugelio monopolinių elektrinių vibratorių, kuri galėtų būti patalpinama į standartinio dydžio nanopalydovą ir iš jo išskleidžiama. Išradimas leidžia patalpinti fazuotų antenų sistemą į mažą palydovą ir naudotis šio tipo antenų teikiamais tokiais privalumais kaip spindulio valdymas, keleto spindulių galimybė vienu metu, stipresnis pageidaujamas ir silpnesnis nepageidaujamas signalai.

Trumpas išradimo aprašymas

Pasiūlyta išskleidžiama fazuota antena gali būti pagaminta iš atmintį turinčio lengvo elektrai laidaus lydinio ar kitos elektrai laidžios elastingos lengvos medžiagos juostos, po deformacijos galinčios pilnai išsitiesti su prie jos pritvirtintomis juostinėmis atšakomis, kurios sudaro atskirus monopolinius arba dipolinius elektrinius vibratorius. Suskleistoje būsenoje antena sudaro juostinį ritinį ir yra patalpinta palydove. Orbitoje, atleidus ritinio laikymo mechanizmą, antena išsiskleidžia savaime, tvarkingai išsivyniodama iš ritinio, nusivyniodama nuo laikančiojo rėmo ar kitaip išsitiesdama. Siūlomoje monopolinių atšakų konstrukcijoje yra naudojamas minimalus laidininkų ilgis ir yra gaunamas maksimalus kryptingumas. Taip pat iš tokių antenų sudaryta sistema gali apimti bent dvi tokias išsivyniojančias antenas taip pasiekiant dar didesnį antenos veikimo efektyvumą signalo valdymo ir trikdžių mažinimo atžvilgiu. Tam, kad antenos išsiskleidimas nebūtų chaotiškas,

yra panaudojamos papildomos priemonės, neleidžiančios išsivynioti vidiniams ritinio sluoksniams prieš išorinio sluoksnio išsivyniojimą.

Trumpas brėžinių aprašymas

Toliau yra pateikiami brėžiniai, skirti išradimo aiškinimui:

Fig. 1 yra pateikiamas antenos suvyniojimo ant antenos tvirtinimo prie palydovo kameros pavyzdys;

Fig. 2 yra pateikiamas antenos suvyniojimo antenos tvirtinimo prie palydovo pavyzdys;

Fig. 3 yra pateikiamas antenos juostinių elementų išsivyniojimo nukreipimo elementas;

Fig. 4 yra pateikiama viena fazuota antena išskleistoje būsenoje;

Fig. 5-8 yra pateikiami fazuotų antenų monopolinių elektrinių vibratorių tvirtinimo prie skersinio antenos elemento pavyzdžiai;

Fig. 9a ir 9b yra pateikiamas monopolinio elektrinio vibratoriaus tvirtinimo prie skersinio antenos elemento per izoliatorių ir atlenkiantį elementą ir elektrinio sujungimo su signalo perdavimo linija pavyzdys atitinkamai iš profilio ir viršaus;

Fig. 10 yra pateikiamas fazuotų antenų sistemos pavyzdys.

Detalus išradimo aprašymas

Figūroje 1 ir figūroje 2 yra pateikiami nanopalydovams skirtos fazuotos antenos (1) juostinių elementų (2, 2', 2'') tvirtinimo prie antenos (1) tvirtinimo prie palydovo kameros (3) būdai, apimantys, tačiau neapsiribojantys antenos (1) juostinių elementų (2, 2', 2'') apvyniojimu apie minėtą kamerą (3), antenos juostinių elementų (2, 2', 2'') suvyniojimu į spiralę ir jų talpinimu į minėtos kameros (3) vidų ir antenos juostinių elementų (2, 2', 2'') sulankstymu ir talpinimu kameros (3) viduje. Visais atvejais vienas antenos skersinio juostinio elemento (2) galas yra pritvirtinamas prie tvirtinimo prie nanopalydovo kameros (3) tvirtinimo priemone (5), o kitas galas yra laisvas.

Iki kol palydovas nepasiekia numatytos orbitos, antenos (1) juostiniai elementai (2, 2', 2'') yra saugiai laikomi mažiausią erdvės tūrį užimančioje būsenoje, tarp monopolinių elektrinių vibratorių (2', 2'') ir skersinio juostinio elemento (2), jų tarpusavio tvirtinimo vietoje sudarant artimą 0° kampą. Pasiekus išskleidimo vietą antenos juostiniai elementai (2, 2', 2'') išsivynioja atpalaidavus jų laikymo elementą (4), taip anteną priverčiant įgauti numatytą

formą. Išskleistoje būsenoje tarp antenos (1) skersinio nario (2) ir monopolinių elektrinių vibratorių (2', 2''), jų tarpusavio tvirtinimo vietoje susidaro didesnis negu 0° kampas.

Visais atvejais, minėta antena (1) apima juostinius išsitiesiančius antenos (1) elementus (2, 2', 2''), jų tvirtinimo prie nanopalydovo kamerą (3), tinkamą apie ją apsukti minėtos fazuotos antenos (1) juostinius elementus (2, 2', 2'') ir juos prie jo pritvirtinti ir atpalaiduoti, arba tinkamą jų talpinimui minėtos tvirtinimo prie palydovo kameros (3) viduje. Minėti skersiniai juostiniai elementai (2, 2', 2'') apima skersinį juostinį elementą (2) ir bent vieną atlenkiamai pritvirtintą prie skersinio juostinio elemento (2) papildomą juostinį elementą (2', 2''), sudarantį atskirą antenos (1) monopolinį elektrinį vibratorių.

Figūroje 3 yra pateikiamas pavyzdinis fazuotos antenos (1) juostinių elementų (2, 2', 2'') išsivyniojimo nukreipimo elementas (31). Šis elementas (31) yra skirtas tam, kad antenos juostiniai elementai (2, 2', 2'') išsivyniotų tvarkingai, neleidžiant viduriniams sluoksniams išsivynioti pirma išorinių sluoksnių. Šis elementas (31) yra tvirtinamas netoli skersinio juostinio elemento laisvojo galo, kuris yra juostinių elementų ritinio vidinėje dalyje. Taip pat šiam tikslui gali būti naudojama lipni ar klampi medžiaga, esanti tarp ritinio sluoksnių.

Figūroje 4 yra pavaizduota išskleista fazuotos antenos juostinė dalis sudaryta iš tvirtinimo priemonės (5), skirtos tvirtinti anteną (1) prie antenos (1) tvirtinimo prie palydovo kameros (3), juostinio skersinio elemento (2) ir bent dviejų atsišakojančių monopolinių elektrinių vibratorių (2', 2''). Viena antena taip pat gali būti sudaryta iš dviejų pritvirtintų prie palydovo skersinių elementų (2) ir su prie kiekvieno iš jų pritvirtintu monopoliniu elektriniu vibratoriumi (2', 2''). Šiuo atveju abu skersiniai elementai išsiskleistų iš kameros (3) į skirtingas puses tokiu pačiu principu kaip ir vieno skersinio elemento antena tik į skirtingas puses.

Minėti bent du atsišakojuantys monopoliniai elektriniai vibratoriai (2', 2'') yra pritvirtinti prie skersinio juostinio elemento (2) lengvais elastingais arba lengvais lankstinais elementais (5', 5'') lengvam atsilenkimui į iš esmės statmeną padėtį, skersinio juostinio elemento (2) atžvilgiu. Nors brėžinyje yra pavaizduoti tik du atsišakojuantys juostiniai elementai (2', 2''), tačiau jų gali būti ir daugiau, o taip pat jie gali būti tvirtinami ir iš abiejų skersinio juostinio elemento (2) pusių.

Fazuota antena (1) su dvejais atsišakojuančiais monopoliniais elektriniais vibratoriais (2', 2'') gali realizuoti apskritiminės poliarizacijos signalo priėmimą/perdavimą, arba dviejų skirtingų tiesinių poliarizacijų signalų priėmimą/perdavimą vienu metu.

Visi fazuotos antenos (1) juostiniai elementai (2, 2', 2'') gali būti pagaminti iš elektrai laidžių atminties lydinių arba kitų elektrai laidžių elastingų medžiagų, tokių kaip plieninės

juostelės. Skersinis juostinis elementas gali būti aprūpintas papildomomis signalo perdavimo priemonėmis (91,93), kaip pavyzdžiui kabeliais arba elektros srovei laidžiais takais. Tokio tipo antena (1) apima minimalaus ilgio laidininkus, nes dipolio peties funkciją atlieka skersinis juostinis elementas (2).

Figūrose 5-8 yra pavaizduota keletas pavyzdžių kaip prie fazuotos antenos (1) skersinio juostinio elemento (2) galima tvirtinti monopolinius elektrinius vibratorius (52'; 62', 62"; 72', 72"; 82', 82").

Figūroje 5 yra pavaizduotas paprasčiausias fazuotos antenos (1) dalies skersinio juostinio elemento (2) ir monopolinio elektrinio vibratoriaus (52') derinio atvejis, kuriame fazuotos antenos dalies iš skersinio juostinio elemento ir tokio monopolinio vibratoriaus (52') poliarizacija yra tiesinė. Elektrinis vibratorius (52'), kurio atsilenkimo ašis yra lygiagreti skersinio (52) plokštumai, atsilenkia kai išsiskleidžia skersinis (2). Išskleistoje būsenoje abiejų elementų (2, 52') plokštumos yra statmenos.

Figūrose 6-8 yra pavaizduoti atvejai, kuomet ant fazuotos antenos (1) skersinio elemento (2) yra tvirtinama po du monopolinius elektrinius vibratorius (62', 62"; 72', 72"; 82', 82") greta vienas kito. Kiekvieno iš minėtų vibratorių (62', 62"; 72', 72"; 82', 82") poliarizacija yra tiesinė ir tarpusavyje statmena, arba jų pora suformuoja apskritiminę poliarizaciją.

Figūroje 6 monopoliniai elektriniai vibratoriai (62', 62"), kurių atsilenkimo ašys yra statmenos skersinio (2) plokštumai, atsilenkia 45 laipsnių kampais, kai išsiskleidžia skersinis (2). Jei suskleistoje būsenoje vibratoriai nėra vienas ant kito, tuomet vienas vibratorius (62') atsilenkia 45, o kitas (62") 125 laipsnių kampais. Išskleistoje būsenoje visų trijų minėtų juostinių elementų (2, 62', 62") plokštumos yra lygiagrečios. Išskleistoje būsenoje vibratorių (62', 62") plokštumos yra lygiagrečios ir statmenos skersinio juostinio elemento (2) plokštumai.

Figūroje 7 elektrinis vibratorius (72'), kurio atsilenkimo ašis yra lygiagreti skersinio (2) plokštumai, atsilenkia 90 laipsnių kampais, kai išsiskleidžia skersinis (2). Elektrinis vibratorius (72"), kurio atsilenkimo ašis yra statmena vibratoriaus (72') plokštumai, atsilenkia 90 laipsnių kampais, kai išsiskleidžia vibratorius (72'). Suskleistoje būsenoje juostiniai elementai (2, 72', 72") yra vienas ant kito.

Figūroje 8 elektriniai vibratoriai (82', 82"), atsilenkia 90 laipsnių kampais, kai išsiskleidžia skersinis (2). Vieno elektrinio vibratoriaus (82") atsilenkimo ašis yra statmena skersinio (2) plokštumai, o kito elektrinio vibratoriaus (82') atsilenkimo ašis yra lygiagreti skersinio (2) plokštumai. Išskleistoje būsenoje dviejų juostinių elementų (2, 82") plokštumos yra lygiagrečios ir statmenos trečio juostinio elemento (82') plokštumai.

Figūrose 9a ir 9b yra pateikiamas pavyzdys, kur fazuotos antenos (1) bent vienas monopolinis elektrinis vibratorius (92') prie skersinio juostinio elemento (2) yra pritvirtintas per elektriškai izoliuojantį elementą (94) ir minėto monopolinio vibratoriaus (92') atlenkimą palengvinančią atlenkimo priemonę (96), pavyzdžiui spyruoklinį elementą. Taip pat, bent vienas antenos monopolinis vibratorius prie kosminio aparato signalo imtuvo/siųstuvo gali būti prijungtas per signalo perdavimo priemones (91, 93), tokias kaip kabeliai, ar elektros srovei laidūs takai.

Figūroje 10 yra pavaizduotas pavyzdys, kuriame iš fazuotų antenų (1) yra suformuota fazuotų antenų sistema, apimanti bent du skersinius juostinius elementus (2), besitęsiančius nuo tvirtinimo prie kosminio aparato (101) kameros (3), prie kurių yra pritvirtinti monopoliniai elektriniai vibratoriai (2', 2'', 2''', 2'''). Palydove (101) gali būti sumontuota ir daugiau negu dvi fazuotos antenos (1), priklausomai nuo pačio palydovo konstrukcijos.

Fazuota antena pagal išradimą lyginant su įprastinėmis išskleidžiamomis nanopalydovų monopolinėmis antenomis, turi siauresnį veikimo spindulį, didesnį stiprinimo koeficientą, galimybe valdyti spindulį keičiant atskirų antenos elementų signalo fazes.

Apibrėžtis

1. Kosminiams aparatams skirta savaime išsiskleidžianti antena b e s i s k i r i a n t i tuo, kad apima prie kameros (3), skirtos tvirtinti anteną (1) prie kosminio aparato (101), pritvirtintą antenos (1) skersinį narį (2) ir prie minėto skersinio nario (2) atlenkiamai pritvirtintą bent vieną monopolinį elektrinį vibratorių (2', 2"; 2''', 2''''; 52'; 62', 62"; 72', 72"; 82', 82"; 92),
ir tuo, kad antenos (1) neišsikleistoje būsenoje, antenos (1) skersinis narys (2) ir bent vienas atsilenkiantis monopolinis elektrinis vibratorius (2', 2"; 2''', 2''''; 52'; 62', 62"; 72', 72"; 82', 82"; 92) yra bendrai laikinai deformuoti taip, kad skersinio nario (2) ir minėto bent vieno monopolinio elektrinio vibratoriaus (2', 2"; 2''', 2''''; 52'; 62', 62"; 72', 72"; 82', 82"; 92) tarpusavio sujungimo vietoje būtų sudarytas artimas nuliui kampas,
ir tuo, kad išsikleistoje antenos (1) būsenoje skersinio nario (2) ir minėto bent vieno monopolinio elektrinio vibratoriaus (2', 2"; 2''', 2''''; 52'; 62', 62"; 72', 72"; 82', 82"; 92) tarpusavio sujungimo vietoje susidaro didesnis negu nulis kampas.
2. Antena (1) pagal 1 punktą b e s i s k i r i a n t i tuo, kad antenos (1) skersinis narys (2) viename jo gale yra pritvirtintas tvirtinimo priemone (5) prie antenos tvirtinimo prie palydovo kameros (3), o kitas galas yra laisvas tam, kad antena (1) galėtų išsiskleisti ir išsitiesinti, atpalaidavus anteną (1) susuktoje būsenoje laikantį narį (4).
3. Antena (1) pagal 2 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad antena (1) gabenimo būsenoje yra susukta tvirtinimo prie palydovo kameros (3) viduje, į juostinį ritinį.
4. Antena (1) pagal 3 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad antena (1) gabenimo būsenoje apima antenos (1) išsivyniojimo kreipiantįjį elementą (31).
5. Antena (1) pagal 2 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad antena (1) gabenimo būsenoje yra apsukta apie bent dalį tvirtinimo prie palydovo kameros (3).
6. Antena (1) pagal bet kurį ankstesnį punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad antenos minėtas skersinis elementas (2) ir minėtas bent vienas monopolinis elektrinis vibratorius (2', 2"; 2''', 2''''; 52'; 62', 62"; 72', 72"; 82', 82"; 92) yra pagaminti iš savaime išsitiesinančios metalinės juostelės.

7. Antena (1) pagal bet kurį ankstesnį punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad prie antenos skersinio nario (2) pritvirtinti monopoliniai elektriniai vibratoriai (62', 62'') nuo skersinio nario (2) atsilenkia į skirtingas puses.
8. Antena (1) pagal bet kurį ankstesnį punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad prie antenos skersinio nario (2) monopolinio elektrinio vibratoriaus (72') yra pritvirtintas kampu nuo minėto monopolinio vibratoriaus atsilenkiantis narys (72'').
9. Antena (1) pagal bet kurį ankstesnį punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad prie antenos skersinio nario (2) pritvirtinti monopoliniai elektriniai vibratoriai (82', 82'') nuo skersinio nario (2) atsilenkia į skirtingas plokštumas.
10. Antena (1) pagal bet kurį ankstesnį punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad minėtas bent vienas monopolinis elektrinis vibratorius (92') prie skersinio nario (2) yra prijungtas per elektriškai izoliuojantį elementą (94).
11. Antena (1) pagal bet kurį ankstesnį punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad bent vienas monopolinis vibratorius (92') iš galimai daugybės monopolinių vibratorių yra elektrine jungtimi (93) sujungtas su perdavimo linija (91).
12. Antena (1) pagal bet kurį ankstesnį punktą b e s i s k i r i a n t i tuo, kad minėto bent vieno atsilenkiančio monopolinio elektrinio vibratoriaus (2', 2''; 2''', 2''''; 52'; 62', 62''; 72', 72''; 82', 82''; 92') atsilenkimą valdo atlenkiantis elementas (96).
13. Kosminiems aparatams (101) skirta savaime išsiskleidžiančių antenų sistema b e s i s k i r i a n t i tuo, kad yra fazuotų antenų sistema, apimanti daugybę antenų (1) pagal bet kurį vieną iš 1-12 punktų.

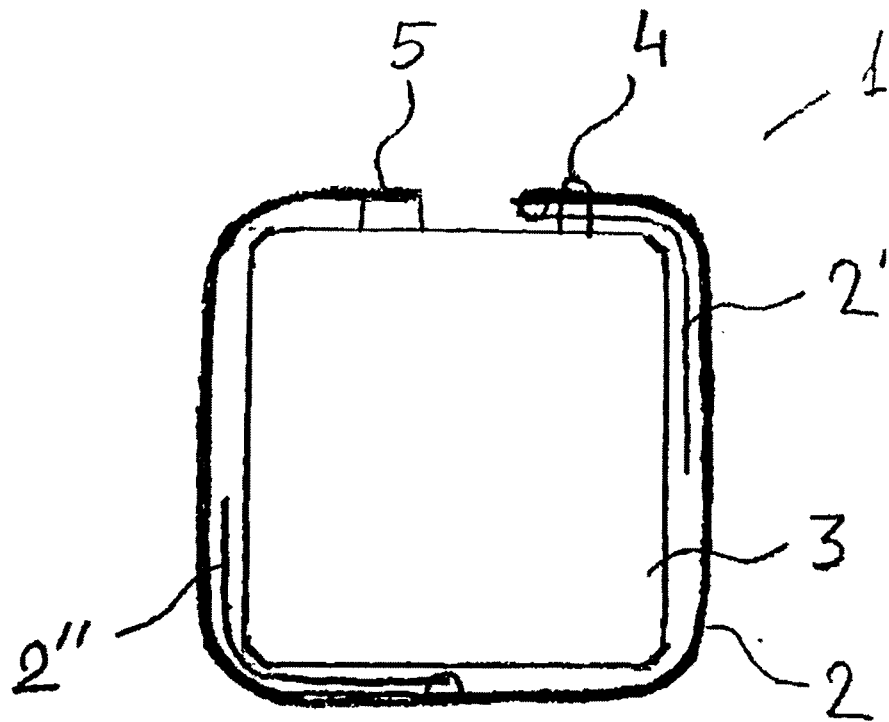


Fig. 1

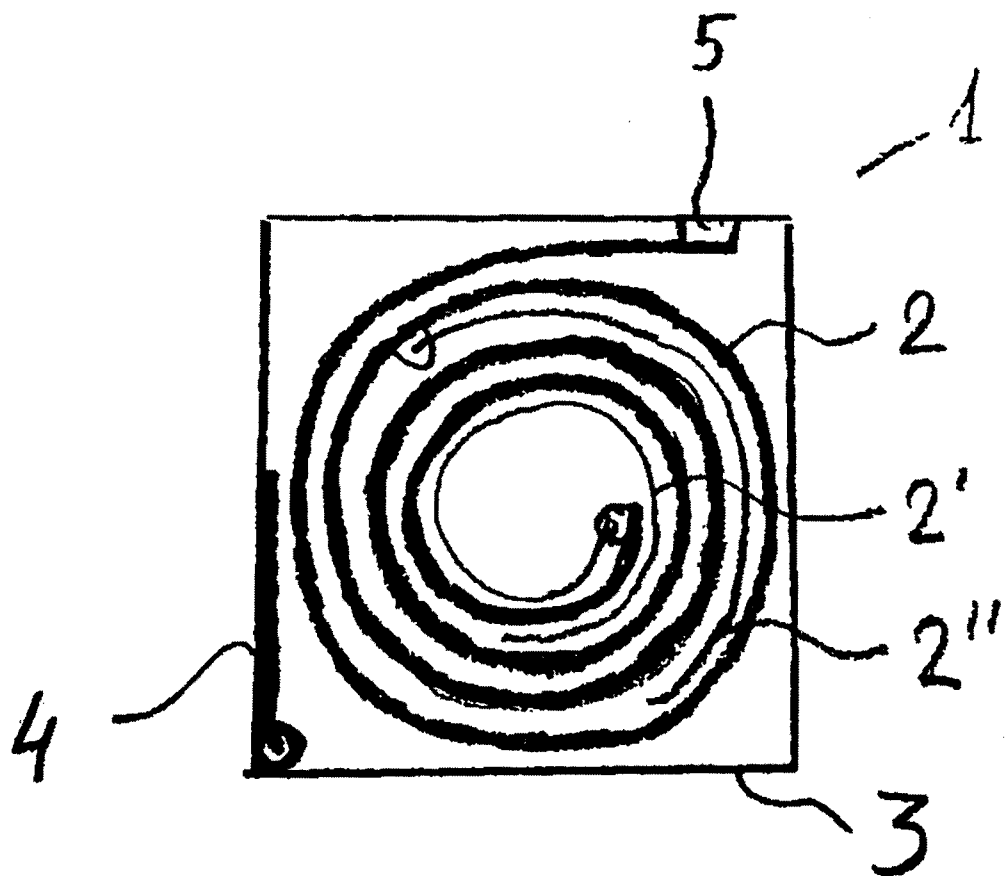


Fig. 2

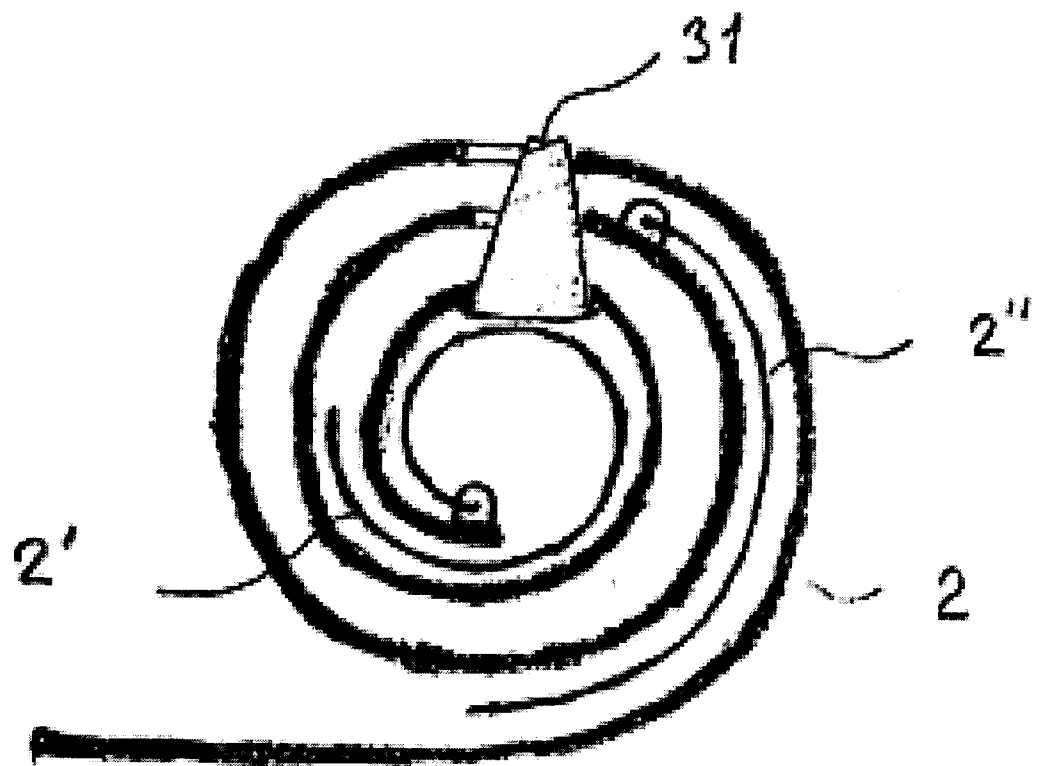


Fig. 3

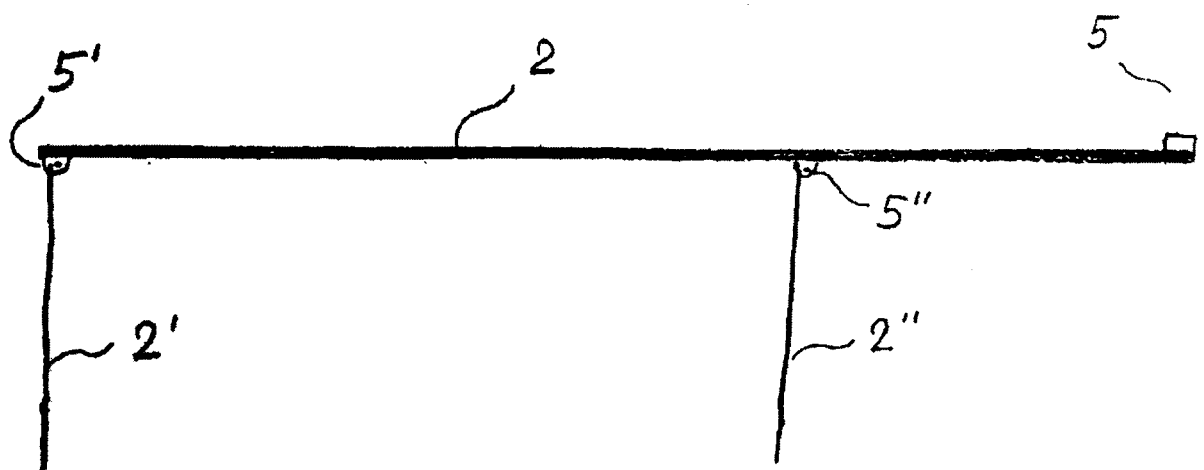


Fig. 4

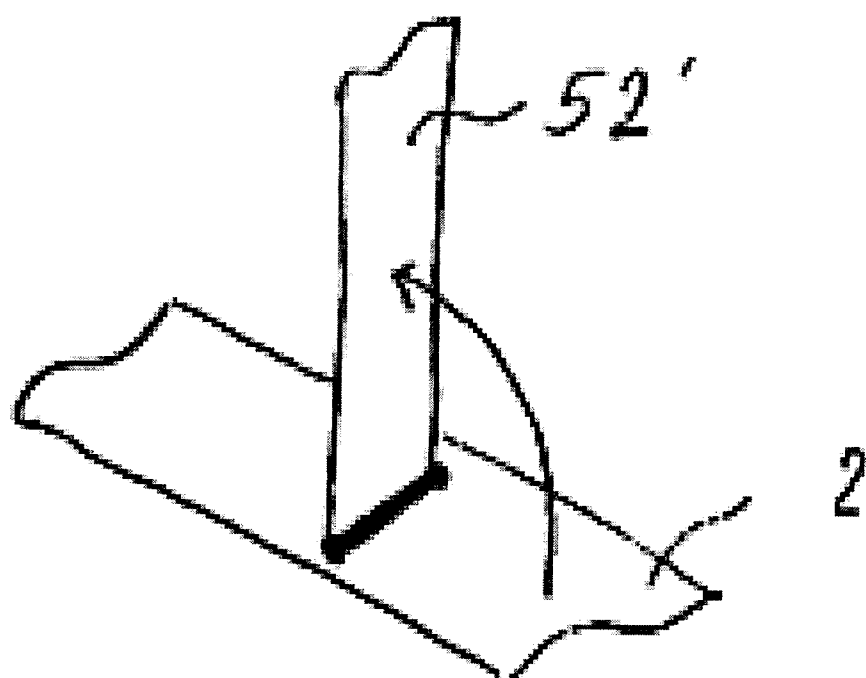


Fig. 5

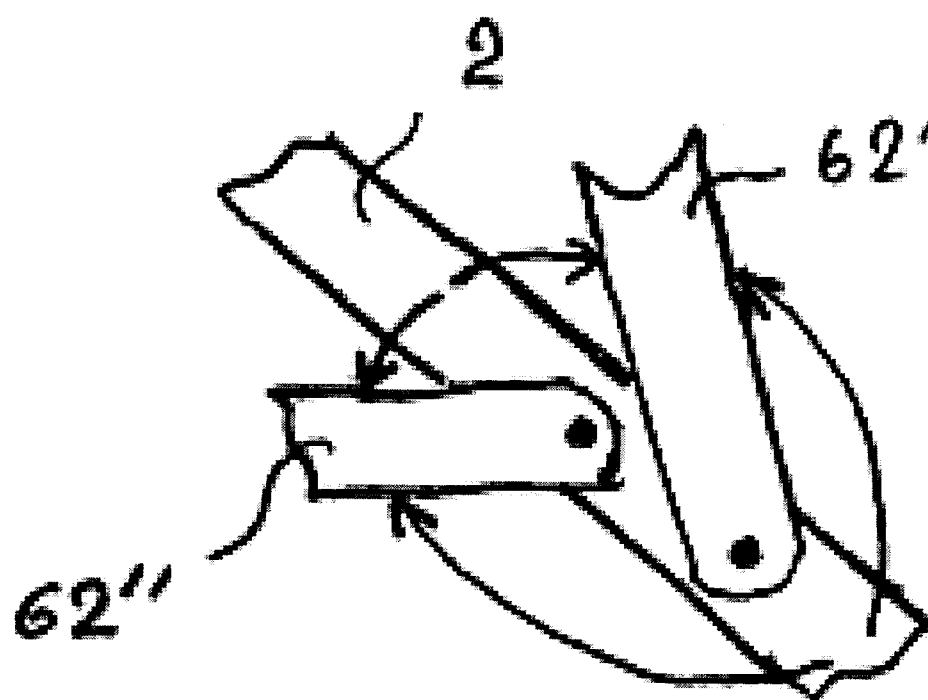


Fig. 6

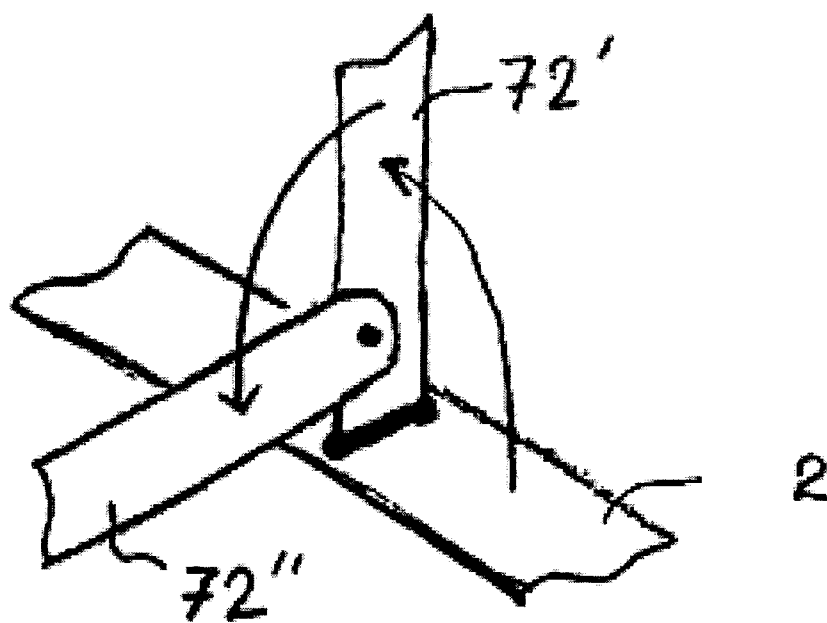


Fig. 7

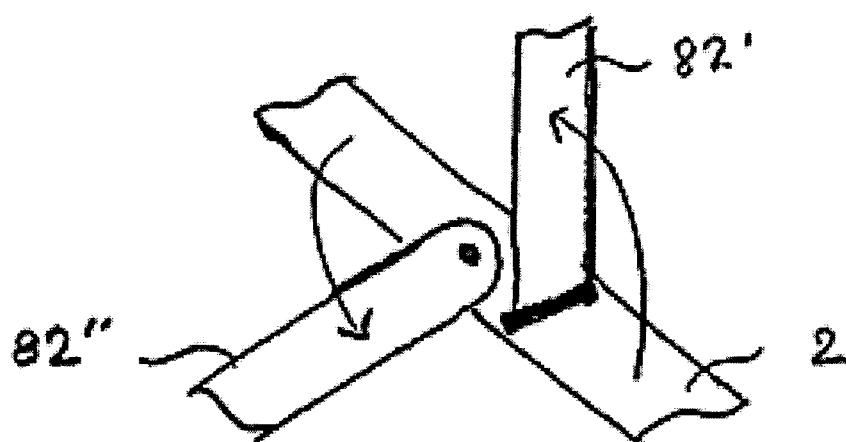


Fig. 8

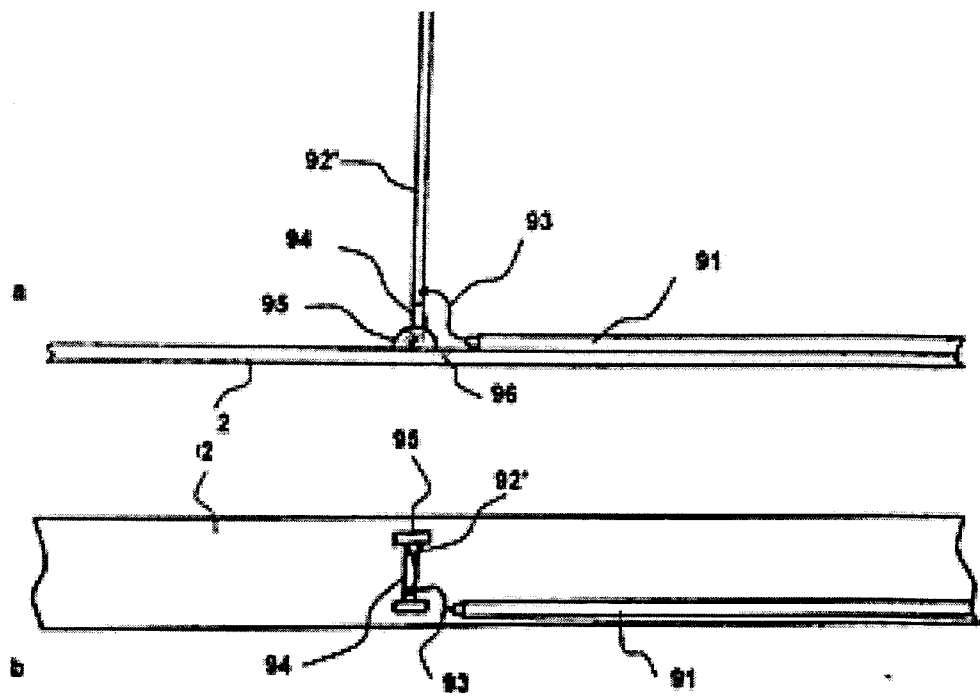


Fig. 9

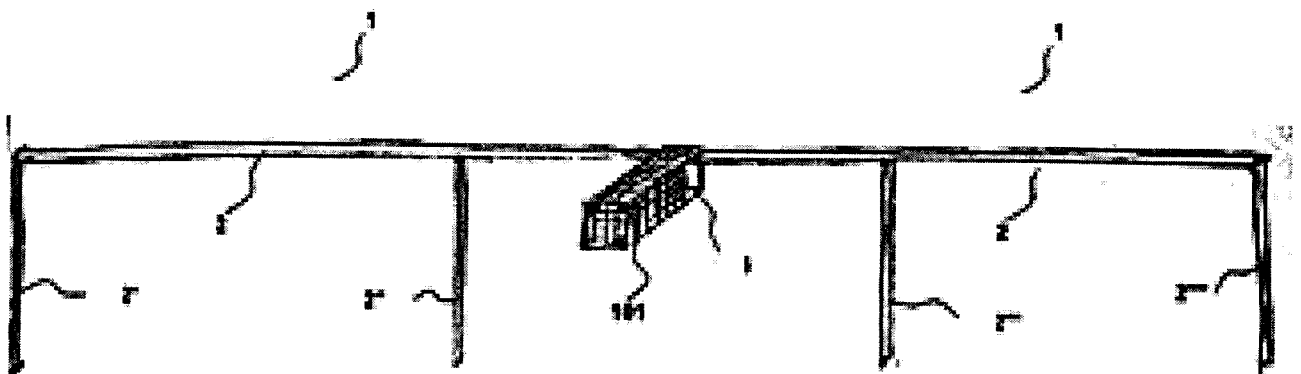


Fig. 10