

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2012 00602

(22) Data de depozit: 16.08.2012

(41) Data publicării cererii:
29.03.2013 BOPI nr. 3/2013

(71) Solicitant:
• A.O.T. ADVANCED OPTICAL
TRANSDUCER COMPANY S.R.L.,
CALEA ȘERBAN VODĂ NR. 50, AP. 1,
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• BRATOVICH RUDI, VIA LARIO, NR. 1,
BIASSONO, IT;

• BARBERIS ANGELO, VIA OROMBELLA
NR. 29D, CAMBIAGO, IT

(74) Mandatar:
ECOINTELLECT CABINET INDIVIDUAL
ANDRONACHE PAUL,
ALEEA COMPOZITORILOR NR.1, BL.E21,
ET.6, AP.35, SECTOR 6, BUCUREȘTI

(54) SENZOR OPTIC POLARIMETRIC DIRIJAT, PE BAZĂ DE
NIOBAT DE LITIU PENTRU MĂSURAREA CÂMPURILOR
ELECTRICE CA ȘI CC

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un senzor optic pentru măsurarea câmpului electric de curent alternativ și de curent continuu. Senzorul conform invenției este alcătuit dintr-o sursă (1) de lumină care emite o lumină depolarizată de coerență, care se propagă, printr-o fibră (2) optică și printr-un cuplaj (4), până la o sondă (6), intensitatea luminii modulate de sondă (6) fiind măsurată de o fotodiodă (5) cuplată la fibra (2) optică printr-o derivație (3) în Y, în care sonda (6) este alcătuită dintr-un cristal (10) electrooptic de LiNbO_3 tip "z-cut", cu axe fizice paralele cu axele cristalografice, ale cărui caracteristici de birefrin-geță sunt modulate de câmpul electric cu care intră în contact, cristalul (10) fiind încadrat, pe de o parte, de un polaroid (8) și o placă (9) de întârziere $\lambda/4$, iar de cealaltă parte, de o placă (11) de întârziere $\lambda/8$ și o oglindă (12) dielectrică, iar pentru alinierea razei de lumină cu ansamblul analizor care formează sonda (6), o lentilă (7) GRIN, care este cuplată la fibra (2) optică, este introdusă într-un bloc (14) aliniat cu polaroidul (8).

Revendicări: 6
Figuri: 12

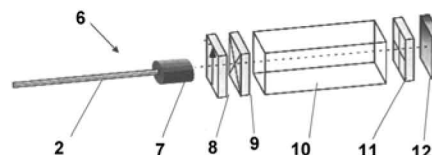


Fig. 2



SENZOR OPTIC, POLARIMETRIC, DIRIJAT, PE BAZA DE NIOBAT DE LITIU PENTRU MĂSURAREA CÂMPURILOR ELECTRICE CA ȘI CC

Invenția se referă la un senzor optic pentru detectarea câmpului electric – de curent alternativ sau continuu - și măsurarea intensității lui prin folosirea efectului Pockels ce constă în producerea de birefrință variabilă de către un cristal electro-optic prin intermediul unui câmp electric variabil aplicat acestuia. Senzorul propus poate fi utilizat atât în aer cât și în diferite fluide fără a afecta parametrii respectivului câmp. Destinația industrială principală a senzorului este pentru măsurarea în timp real a sănătății componentei de înaltă tensiune utilizată în linia de transport a energiei electrice de înaltă tensiune CA și CC sau în substația de transport a energiei electrice.

Defectele liniei de transport a energiei electrice sunt, în general, cauzate de defectele componentei de înaltă tensiune, prin urmare acestea vor trebui verificate periodic. De-a lungul anilor s-au dezvoltat și se aplică mai multe tehnici pentru depistarea unui defect la componenta de înaltă tensiune a liniei de transport de energie electrică:

- cea mai simplă și mai directă este detectarea vizuală și acustică, care în prezența descărcării electrice sau efectului corona detectează emisiile de unde electromagnetice IR / UV sau unde acustice;
- cea de a doua tehnică este cea bazată pe măsurarea câmpului electric din jurul componentei de înaltă tensiune.

Detectarea vizuală și acustică a unor defecte ale liniei de înaltă tensiune poate să depisteze doar stările avansate de deteriorare și nu permite depistarea semnelor inițiale de degradare, fapt de importanță extremă, lucru ușor de înțeles.

Detectarea câmpului electric din jurul componentei de înaltă tensiune permite măsurarea, prevenirea evenimentului de descărcare și detectarea variației anormale a profilului câmpului electric datorită defectelor interne invizibile. Măsurarea câmpului electric se poate realiza prin intermediul unui senzor electric sau optic.

Senzorul electric prezintă dezavantajul că, datorită componentelor sale metalice, modifică distribuția câmpului electric măsurat, este de dimensiune mare și nu poate face diferența între diferitele componente ale câmpului electric. Un senzor optic este, de regulă, complet dielectric, nu afectează câmpul măsurat, este de dimensiune mică și are un răspuns de lățime de bandă mare.

Sunt cunoscute diverse aparate de măsurare a câmpului electric prin intermediul unui cristal electro-optic, precum cel descris în documentul JP2000105256 A. Acesta

prezintă un senzor polarimetric cu fibră optică și element Pockels tip cristal electro-optic, polarizor, placă de întârziere $\lambda/4$ și analizor.

De asemenea, documentul US2009/0066952A1, fig.2, prezintă tot un senzor de măsurare a câmpului electric cu cristal electro-optic, în particular, de niobat de litiu, care mai are în componență o sursă de lumină tip laser, o fibră optică, un polarizor, o placă de întârziere sfert de undă, o lentilă GRIN (gradient index), o oglindă dielectrică, un fotodetector și un osciloscop. Raza laser este transmisă de la blocul analizor al senzorului la capul acestuia, care include o lentilă GRIN, o placă de întârziere sfert de undă, cristalul electro-optic și o oglindă dielectrică ce reflectă fascicolul laser, modulată în interiorul cristalului electro-optic de un câmp electric extern, înapoi către blocul analizor- prin capul senzorului, unde este convertită în semnal electric prin intermediul unui fotodetector după ce trece în prealabil prin placa polarizor.

Acest aparat prezintă dezavantajul că realizează un ansamblu insuficient de compact și este mai puțin fiabil în cazul unor solicitări mecanice accidentale și mai puțin comod de utilizat în condiții neuzuale, de exemplu pentru măsurarea câmpului electric al unui conductor de curent aflat într-un mediu lichid ca uleiul sau apa.

Problema tehnică pe care o rezolvă prezenta invenție constă în realizarea unui senzor optic polarimetric de măsurare a câmpului electric având ca material optic sensibil minim un cristal electro-optic de LiNbO_3 , cu sursă de lumină și fibră optică și componente dielectrice de analiză astfel alese și dispuse încât să formeze un ansamblu compact și fiabil, cu toate elementele aliniat corect, care să permită totodată realizarea reglajelor de finețe necesare în mod simplu și facil dar, care să fie utilizabil și în condiții neuzuale, de exemplu-pentru măsurarea câmpului electric al unui conductor de curent alternativ sau continuu aflat într-un mediu lichid ca uleiul sau apa.

Senzorul optic polarimetric de măsurare a câmpului electric, având ca material optic sensibil minim un cristal electro-optic de LiNbO_3 tip "z-cut", conform invenției, elimină toate dezavantajele de mai sus și rezolvă această problemă tehnică prin aceea că este compus din o sursă de lumină, o fibră optică și niște componente dielectrice ale unei sonde de analiză și o fotodiodă, toate protejate de o carcasă dielectrică. În plus, senzorul conform invenției mai cuprinde o derivație în Y de transmisie a razei de lumină către sonda de analiză și de la aceasta către fotodiodă, cuplate la un cuplaj al fibrei optice. De asemenea, în interiorul sondei de analiză, cristalul electro-optic este încadrat de un polaroid și de o placă de întârziere $\lambda/4$ de o parte și de o placă de întârziere $\lambda/8$ și o oglindă dielectrică de cealaltă parte; intrarea razei de lumină în acest ansamblu analizor, este realizată prin o lentilă GRIN cu fibra optică atașată și introdusă

într-un bloc carcasat aliniat cu polaroidul sondei de analiză.

În cadrul unui exemplu concret de realizare a invenției, lentila GRIN cu fibra optică atașată este fixată într-o sferă dielectrică perforată axial, care poate să se rotească între două plăcuțe fixate în blocul carcasat, după atingerea aliniamentului, sfera dielectrică fiind blocată între cele două plăcuțe cu trei șuruburi. Carcasa este prevăzută cu niște suportți circulari în care sunt fixați polaroidul, placa de întârziere $\lambda/4$, placa de întârziere $\lambda/8$ și oglinda dielectrică; toate acestea măsuri fiind luate pentru rotirea și orientarea corectă a acestor componente în timpul asamblării.

Senzorul optic, polarimetric, prevăzut cu o sondă manevrabilă și fabricat integral din material dielectric, conform invenției, prezintă următoarele avantaje principale:

- este de dimensiune mică, este dirijabil și are un răspuns de amplitudine linear ;
- poate fi utilizat în aer sau în diferite fluide fără a afecta valorile câmpului electric măsurat;
- construcția dielectrică a senzorului permite utilizarea lui într-un mediu de înaltă tensiune fără a se compromite siguranța utilizării lui în prezența unui conductor de înaltă tensiune;
- directivitatea setării permite măsurarea pe rând a componentelor câmpului electric, astfel făcând posibilă trasarea distribuției câmpului electric;
- prin analizarea varierii dintre profilul câmpului componente intacte și componente deteriorate este posibil să se detecteze locul exact al deteriorării, ceea ce permite să se utilizeze această tehnică pentru a verifica on-line starea de sănătate a componente de înaltă tensiune;
- directivitatea senzorului permite studierea aprofundată a efectului defectelor asupra distribuției câmpului electric;
- sondele senzorului propus sunt impermeabile, permițând măsurarea câmpului electric în lichide sau într-un mediu gazos; această funcție extinde câmpul aplicației, de exemplu, la măsurarea câmpului electric al unor componente scufundate în ulei dielectric sau gaze dielectrice;
- oferă posibilitatea de măsurare a câmpului electric al unui curent alternativ sau continuu și a măsurării câmpului electric generat de prezența încărcăturii electrice pe materiale dielectrice: această măsurătoare oferă posibilitatea de a caracteriza materialul dielectric și gradul de încărcare a lui cu electricitate statică.

Senzorul optic, polarimetric conform invenției, este prezentat pe larg în continuare, în mai multe variante de realizare, în legătură și cu figurile 1-12 care reprezintă:

- Fig. 1: - reprezentare schematică a senzorului optic pentru măsurarea câmpului electric.
- Fig. 2: - vedere de ansamblu asupra elementelor sondei cu orientarea componentelor ei.
- Fig. 3: - vedere cu orientarea cristalului LiNbO_3 în interiorul sondei.
- Fig. 4: - prima sondă propusă cu carcasa-celulă, vedere transversală.
- Fig. 5: - vedere de ansamblu a sondei din Figura 4.
- Fig. 6: a doua sondă propusă, vedere transversală, și vizualizarea capacului ;
- Fig. 7; secțiune longitudinală prin sondă, cu lentila montată în tub dielectric;
- Fig. 8: sonda din Figura 6, fără componentele de polarizare și analiză a radiației.
- Fig. 9: sistem de aliniere al sondei din Figura 6 și Figura 8, diferit de cel din Figura 7.
- Fig. 10: vedere de ansamblu a sondei din Figura 4, cu distanțiere.
- Fig. 11: a treia sondă propusă, vedere transversală, fără capacul de sus și partea din stânga a carcasei.
- Fig. 12: Vedere de sus a sondei din Figura 11.

Obiectul invenției este un senzor optic polarimetric de măsurare a câmpului electric, în care materialul optic sensibil este un cristal electro-optic LiNbO_3 : caracteristicile de birefrință a cristalului sunt modulate de câmpul electric cu care intră în contact și este măsurată prin configurația ilustrată în Figura 1 și Figura 2 care transduce variația de polarizare optică în intensitate optică. Cristalul LiNbO_3 este un cristal cu "z-cut", cu axe fizice paralele cu axele cristalografice (Figura 3).

În Figura 1 este ilustrată schema sistemului: acesta este compus dintr-o sursă de lumină 1, o fibră optică 2, o derivație în Y 3 cuplat la un cuplaj optic 4 al fibrei optice 2, o fotodiodă 5 și o sondă 6. Derivația în Y, 3 are rol de transmisie a razei de lumină către sonda 6 și de la aceasta către fotodioda 5. Lumina depolarizată de coerență scăzută produsă de sursa 1 se propagă printr-un monomod standard sau printr-un monomod ce îndoaie fibra optică insensibilă 2 trecând prin cuplajul 4 și ajungând la sonda 6, ilustrată în Figura 2. Intensitatea luminii modulate de sonda 6 se întoarce prin fibra 2 și este măsurată de fotodioda 5. Sonda 6 este o sondă-senzor în care lumina este modulată de câmpul electric și direct demodulată de configurația care transformă polarizarea modulată în intensitatea semnalului măsurabil de către fotodioda 5.

Senzorul conform invenției, are sonda 6 din Figura 2 compusă din o lentilă GRIN 7 cu fibra optică 2, atașată, un polaroid 8, o placă de întârziere $\lambda/4$, 9, (inhibitor), un cristal electro-optic 10, de LiNbO_3 , sau două asemenea cristale, o placă de întârziere $\lambda/8$ 11, și o oglindă dielectrică 12.

Lumina care pleacă din fibra **2** este colimată de lentila GRIN **7** și polarizată liniar de polaroidul **8** orientat vertical. Lumina polarizată liniar cu vectorul E vertical, care se propagă prin placa **9** orientată la 45° a devenit polarizată circular. Ulterior polarizarea fascicolului polarizat circular este modulată de birefrința cristalului electro-optic **10** indusă de câmpul electric. Polarizarea care pleacă din cristalul electro-optic **10** face o dublă-trecere prin placă de întârziere $\lambda/8$ **11** orientată vertical și o reflecție pe oglinda **12**. Placa de întârziere $\lambda/8$ **11** este folosită pentru a crea o birefrință fixă pentru a forța configurația să funcționeze în zona liniară. Apoi fasciculul se propagă pentru a doua oară prin cristalul electro-optic **10** și prin placa de întârziere $\lambda/4$ **9**. După a doua propagare prin placa de întârziere $\lambda/4$ **9**, polarizarea eliptică devine liniară și orientarea acestei polarizări liniare este modulată de birefrința cristalului electro-optic **10** indusă de câmpul electric extern.

Această orientare, de 45° pentru câmpul electric nul, depinde liniar de întârzierea dintre autostările proprii cristalului electro-optic **10**, care este modulată de câmpul electric.

Apoi, polarizarea modulată liniar este analizată de către polaroidul **8** orientat vertical: prin fibra **2** lumina ajunge apoi la fotodioda **5** unde îi este măsurată intensitatea.

Măsurătoarea nu este influențată de birefrința intrinsecă sau indusă a fibrei optice **2**, deoarece lumina generată de sursa **1** este depolarizată și deoarece în semnalul care se întoarce informațiile sunt conținute numai în amplitudinea sa.

Formula care exprimă variația semnalului în funcție de întârzierea autostărilor proprii cristalului electro-optic **10** este:

$$S(t) = A \cos^2(\vartheta + 45^\circ)$$

unde

$$\vartheta = \frac{2\pi}{\lambda} n_0^3 r_{22} E_Y D_Y L$$

este faza indusă de E_Y , cu un cristal de LiNbO_3 de lungime L și cu caracteristica dimensională D_Y ; câmpul electric E_Y este câmpul ce atinge cristalul paralel cu axele cristalografice Y indicate în Figura 3. În Figura 3 este indicată orientarea cristalului electro-optic **10** cu z-cut în interiorul configurației din Figura 2: lumina propagată paralel cu axele Z cu câmp electric nul nu resimt birefrința deoarece axele cristalografice X și Y au același index de refracție. Configurația din Figura 2 este sensibilă doar la

câmpul electric paralel cu axele Y, deoarece măsoară doar birefringența indusă în cristal de E_Y : prin urmare, sensibilitatea configurației este maximă pentru E_Y , este de 7% din aceasta pentru E_X , și zero pentru E_Z .

Pentru a deduce faza $\vartheta(t)$ și a calcula E_Y utilizând semnalul $S(t)$ este posibil să se folosească următorul raport:

$$\vartheta(t) = a \cos\left(\sqrt{\frac{S(t)}{A}}\right) - 45^\circ$$

unde $A/2$ este valoarea semnalului cu E_Y nul. Sensorul prezentat nu este influențat de temperatură, deoarece nu are o componentă care depinde de temperatură. Fascicolul de lumină propagat prin axele Z ale cristalului electrooptic **10** nu măsoară variația birefringenței în funcție de temperatură, deoarece axele cristalografice X și Y au același indice de refracție: cei doi indici de refracție sunt egali și își modifică valoarea în raport cu variația de temperatură. Celelalte componente ale configurației din Figura 2 care ar putea fi sensibile la temperatură sunt plăcile de întârziere $\lambda/4$, **9** și $\lambda/8$, **11**: efectul temperaturii este limitat de folosirea plăcii de întârziere "zero order".

Carcasa propusă a sondei trebuie să fie de asemenea insensibilă la temperatură, deoarece alinierea între lentila **7** și oglinda **12** trebuie să fie menținută pentru temperaturi diferite: din acest motiv, carcasa **13** trebuie să fie făcută dintr-un material dielectric cu un coeficient de dilatare termică foarte scăzut ca MACOR (machinable glass-ceramic), alumina sau cuarț.

Este element inventiv al invenției, de asemenea, propunerea unui alt tip de carcasă, **13'**, pentru sondă. Figura 4 și Figura 5 conțin desenul unei prime carcase **13** propuse pentru configurația din Figura 2: este utilizată o celulă de cuarț.

În Figura 4 sonda este închisă și componentele sunt introduse secvențial: toate componentele trebuie să fie dimensionate respectând dimensiunea celulei interne a carcasei **13** și orientarea necesară pentru setarea din Figura 2. Schița Figurii 5 este vederea descompusă a Figurii 4: elementul lentila **7** cu fibra **2** atașată, este introdus într-un bloc carcasat **14** care se poate mișca ușor pentru a ajuta aliniamentul: dacă se obține aliniamentul, lentila **7** și blocul carcasat **14** sunt fixate împreună în celula carcasei **13**.

Element inventiv, cu caracter inventiv, al invenției este și utilizarea unei componente cu un singur bloc carcasat **14** în schița Figurii 4, obținută prin fixarea împreună a tuturor componentelor într-un mod adecvat.

Element inventiv al invenției este și o a doua variantă de carcasă **13'** propusă, din Figura 6, Figura 8 și Figura 9. Această carcasă **13'** simplifică construcția sondei,

permițând introducerea în interiorul ei a tuturor componentelor, inclusiv a blocului carcasat **14** din Figura 8. Schița din Figura 9 prezintă sistemul propus de aliniament dintre lentile **7** și oglinda **12** a setării Figurii 6: elementul lentilă **7** cu fibra **2** atașată, este introdus într-o sferă dielectrică **15** perforată axial, care poate să se rotească între două plăcuțe **16** și **17**, fixate în blocul carcasat **14**. După atingerea aliniamentului, sfera dielectrică **15** poate fi blocată între cele două plăcuțe **16** și **17** cu trei șuruburi **a**.

În Figura 6, carcasa **13'** trebuie să fie din același material ca și șasiul, iar etanșarea trebuie să fie impermeabilă.

Element inventiv al invenției este și utilizarea unei componente masive pentru a preveni o eroare posibilă la orientarea dintre plăcuța polaroid **8** și plăcuța de întârziere $\lambda/4$, **9**, (inhibitor). Această componentă masivă este formată dintr-o plăcuță polaroid și o plăcuță inhibitor aliniată corect și fixate împreună.

Scopul invenției prevede utilizarea unei componente masive care include toate componentele aliniată și fixate împreună și introduse în carcasa din Figura 6.

Pentru a măsura un câmp electric de curent continuu CC este obligatoriu ca cristalul **10** din LiNbO_3 să aibă o valoare mare a timpului de relaxare:

$$\tau = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r}{G}$$

unde G este volumul conductivității electrice a cristalului, iar ϵ_0 și ϵ_r este constanta dielectrică de vacuum și respectiv constanta dielectrică relativă de cristal. Valoarea nominală a timpului de relaxare pentru cristalul LiNbO_3 este 7×10^6 secunde.

Deoarece valoarea τ a cristalului electro-optic **10**, din LiNbO_3 , este de obicei mai mică decât valoarea nominală așteptată, un subiect al invenției este și tratamentul termal al cristalului pentru a recăpăta valoarea sa nominală τ . Tratamentul termic al cristalului de LiNbO_3 , de recoacere, este realizat în cuptor prin încălzire cu cca. $2^\circ/\text{min}$ până la 400°C cu menținere 6 ore și răcire cu cuptorul, în cca. 2 ore.

Carcasa **13** din Figura 6 și Figura 7 permite extragerea cristalului **10** fără abatere de la aliniamentul setării pentru efectuarea tratamentului termal.

Valoarea τ a cristalului LiNbO_3 este influențată de expunerea prelungită la radiații IR sau de manipularea prevăzută de asamblarea carcasei **13**. Element inventiv al invenției este utilizarea unei benzi de film în jurul cristalului pentru a menține caracteristica nominală a timpului de relaxare, protejându-l de radiația IR.

Este element inventiv al invenției și utilizarea unui distanțier găurit **18.d, d'** între componentele sondei **6**, precum în desenul din Figura 7 și 10 pentru a elimina eventuale interferențe cauzate de reflecții ale diferitelor componente. Această

caracteristică poate fi utilizată, de asemenea, pentru a insera un spațiu între componente atunci când sunt îmbinate.

Este element inventiv al invenției și o carcasă **13'** din Figura 11 și din vederea de sus din Figura 12 unde polaroidul **8**, placa de întârziere **9**, placa de întârziere **11** și oglinda **12** sunt montate într-un suport circular **19.b, c, d** și respectiv **e**, care poate fi rotit asigurând orientarea corectă a tuturor componentelor în timpul asamblării.

Alte probleme legate de senzorul optic conform invenției sunt următoarele:

Sensibilitatea: senzorul optic propus este proiectat pentru măsurarea câmpului electric ridicat, generat de componenta de înaltă tensiune. Pentru a mări sensibilitatea este indispensabil să se modifice configurația, sistemul optic de recepție și construcția sondei.

Temperatura cristalului: în cazul în care cristalul LiNbO_3 este expus la temperaturi ridicate, acesta își pierde caracteristicile de a măsura câmpul electric de curent continuu; pentru a-și redobândi caracteristicile este nevoie de un tratament termic. Totuși, în intervalul de temperatură prevăzut nu are loc acest fenomen.

Instalare: senzorul trebuie să lucreze aproape de componenta de înaltă tensiune pentru a putea monitoriza. Pentru ca o măsurătoare automatizată să fie posibilă este necesar însă ca un sistem automatizat să mute senzorul.

Revendicări

1. Senzor optic polarimetric de măsurare a câmpului electric, având ca material optic sensibil minim un cristal electro-optic (10) de LiNbO_3 tip "z-cut" al unei sonde (6), cu axe fizice paralele cu axele cristalografice, ale cărui caracteristici de birefrință sunt modulate de câmpul electric cu care intră în contact, precum și o sursă (1) de lumină, o fibră optică (2) și niște componente dielectrice de analiză, incluzând o lentilă GRIN (7), un polaroid (8), o placă de întârziere $\lambda/4$, (9), o oglindă dielectrică (12) și o fotodiodă (5) protejate de o carcasă (13, 13') dielectrică, **caracterizat prin aceea că**, mai cuprinde, o derivație în Y (3) de transmisie a razei de lumină către sonda T (6) și de la aceasta către fotodioda (5), cuplată la un cuplaj (4) al fibrei optice (2), iar în interiorul sondei (6) cristalul electro-optic (10) este încadrat de polaroidul (8) și placa de întârziere $\lambda/4$, (9), de o parte și de placa de întârziere $\lambda/8$, (11) și oglinda dielectrică (12) de cealaltă parte, pentru alinierea razei de lumină cu acest ansamblu analizor, lentila GRIN (7) cu fibra optică (2) atașată, fiind introdusă într-un bloc carcasat (14) aliniat cu polaroidul (8).
2. Senzor optic polarimetric, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, lentila GRIN (7) cu fibra optică (2) atașată este fixată într-o sferă dielectrică (15) perforată axial, care poate să se rotească între două plăcuțe (16) și (17) fixate în blocul carcasat (14), după atingerea aliniamentului, sfera dielectrică (15) fiind blocată între cele două plăcuțe (16 și 17) cu trei șuruburi (a).
3. Senzor optic polarimetric, conform revendicării 1 sau 2, **caracterizat prin aceea că**, carcasa (13, 13') are niște suporturi circulare (19.b, c, d și respectiv e) în care sunt fixați polaroidul (8), placa de întârziere $\lambda/4$ (9), placa de întârziere $\lambda/8$ (11) și oglinda (12), pentru rotirea și orientarea corectă a acestor componente în timpul asamblării.
3. Senzor optic polarimetric, conform revendicării 1, 2 sau 3, **caracterizat prin aceea că**, între componentele sondei (6), este dispus un distanțier găurit (18.d, d').
4. Senzor optic polarimetric, conform revendicării 1, 2 sau 3, **caracterizat prin aceea că**, carcasa (13, 13') este din material dielectric cu coeficient de dilatare termică foarte scăzut.
5. Senzor optic polarimetric, conform revendicării 1; 2, 3 sau 4, **caracterizat prin aceea că**, are cristalul electro-optic (10) de LiNbO_3 tratat termic prin recoacere cu $2^\circ/\text{min}$ la 400°C cu menținere 6 ore și răcire lentă în 2 ore.
6. Senzor optic polarimetric, conform revendicării 1, 2, 3, 4 sau 5, **caracterizat prin aceea că**, are cristalul electro-optic (10) înconjurat de o bandă de film protector față de radiația IR.

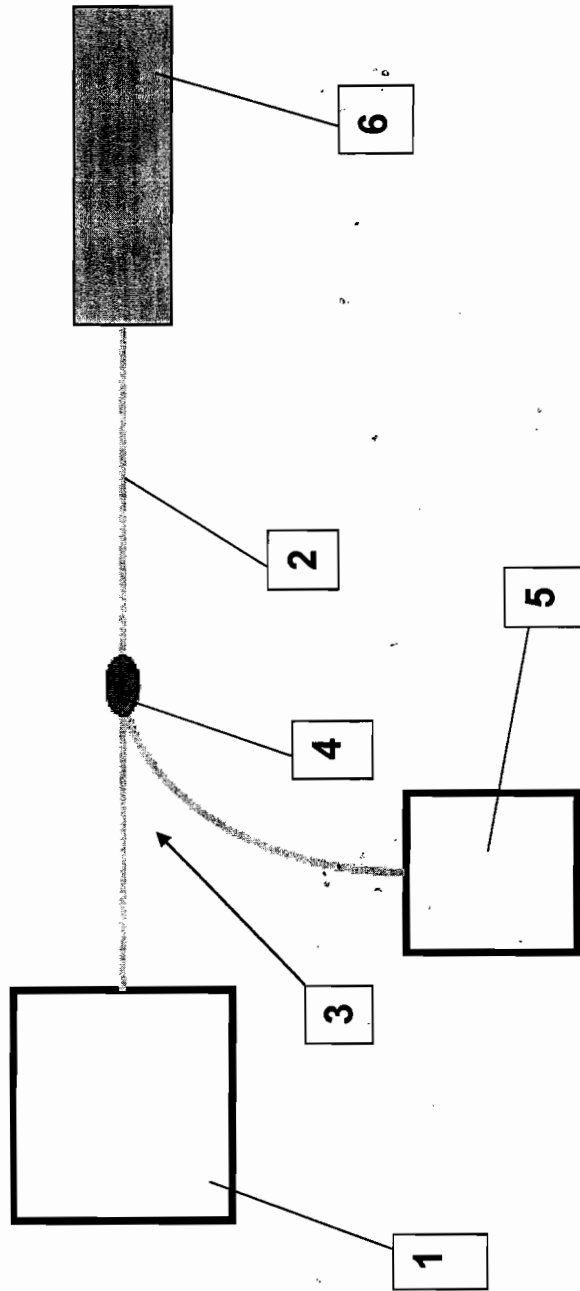


Figura 1

Figura 2

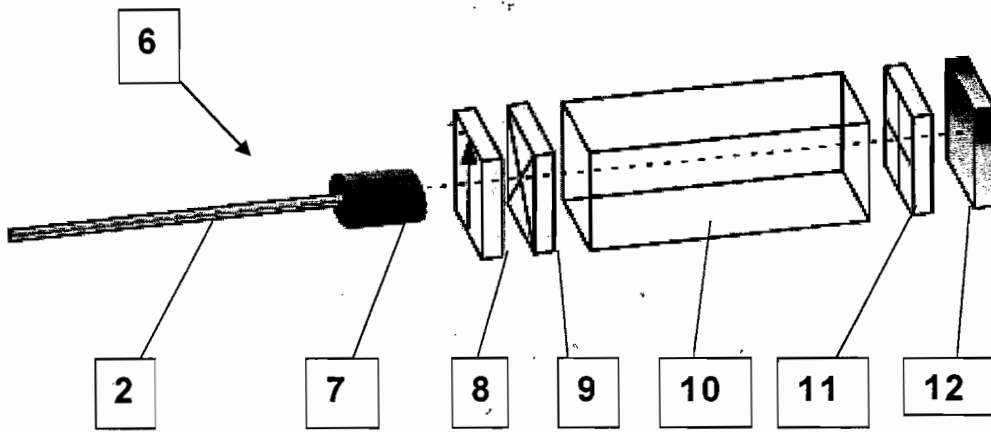


Figura 3

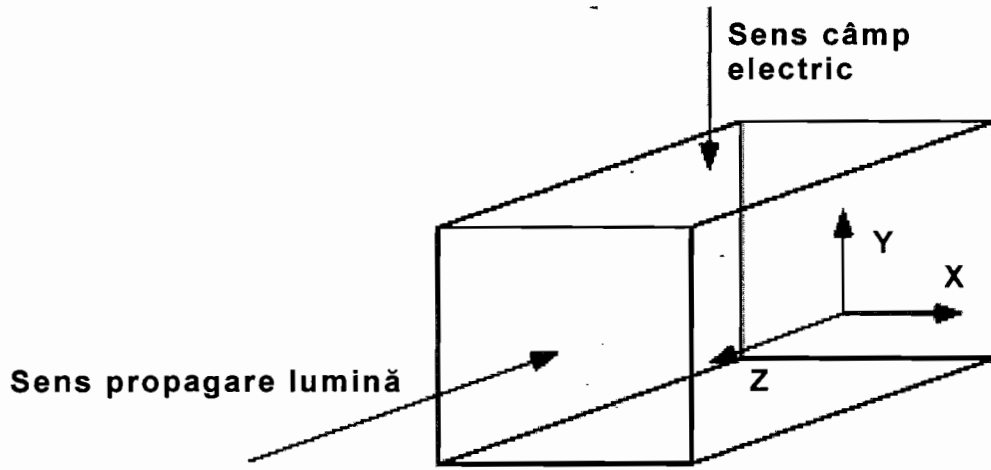
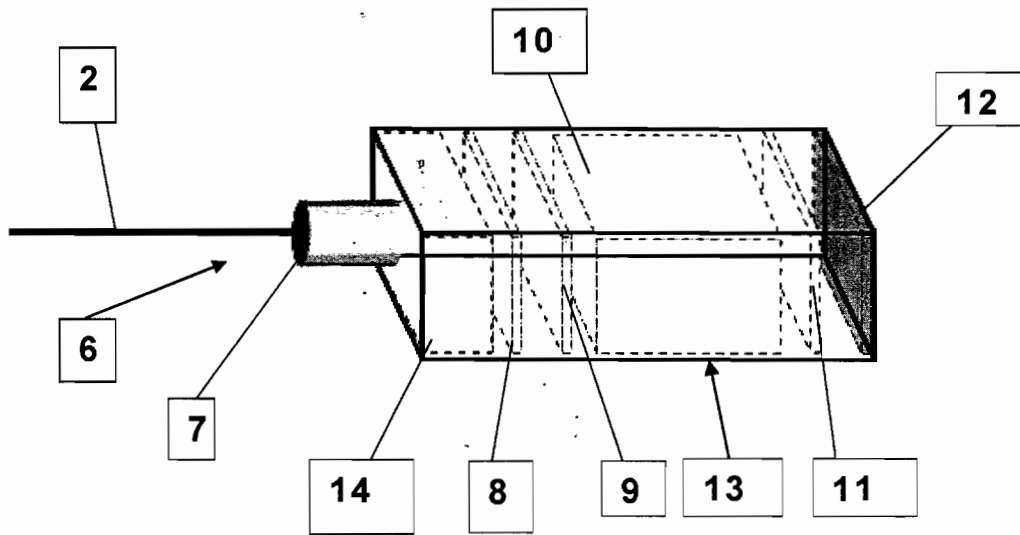


Figura 4



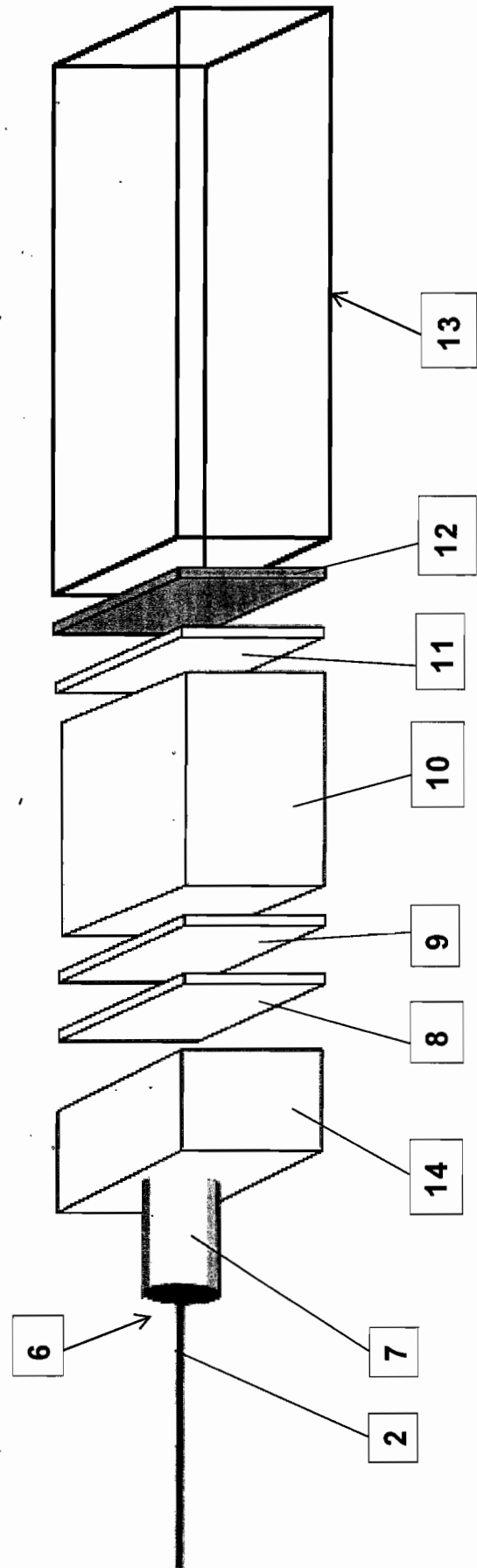


Figura 5

Figura 6a, 6b

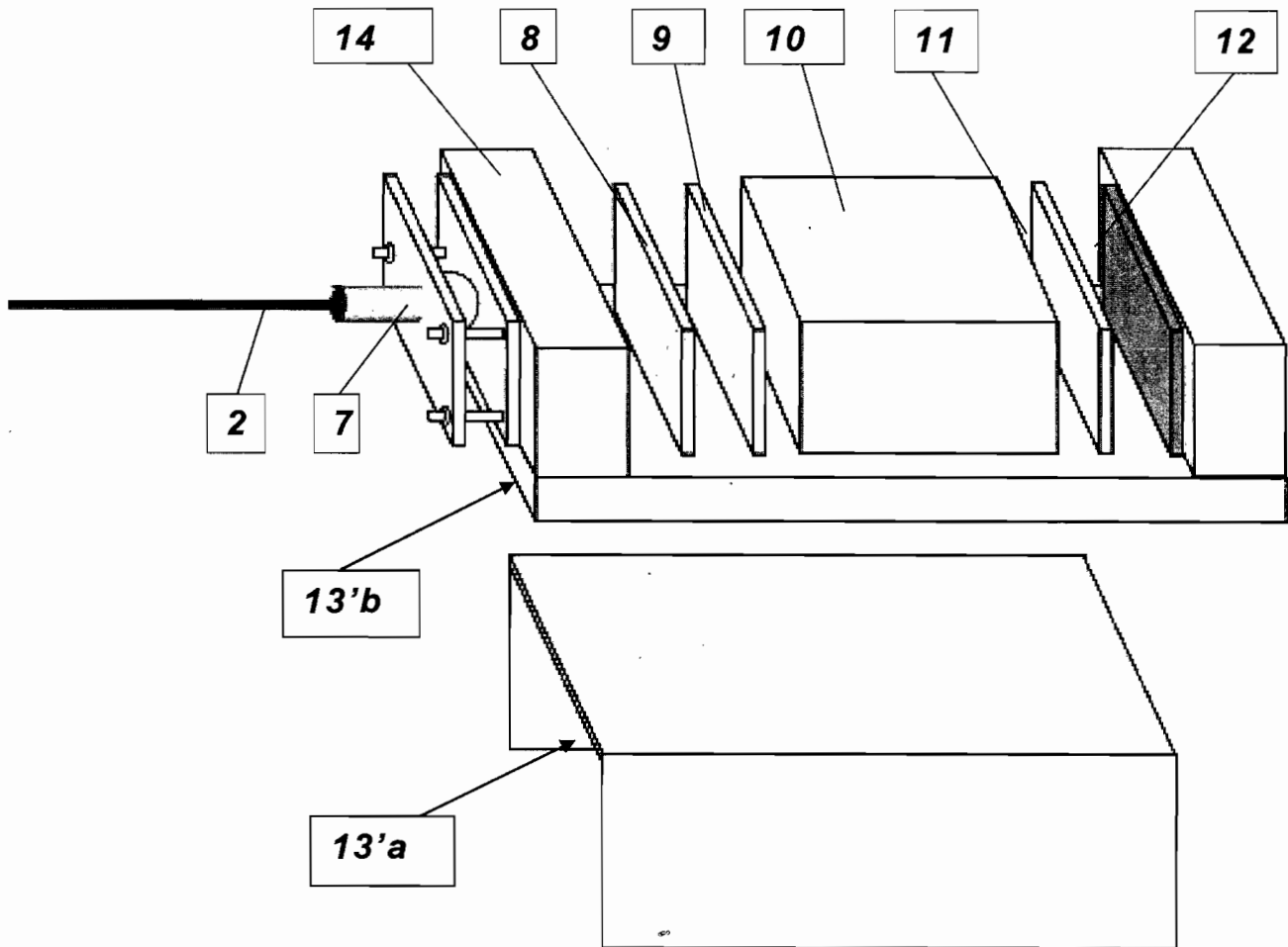


Figura 7

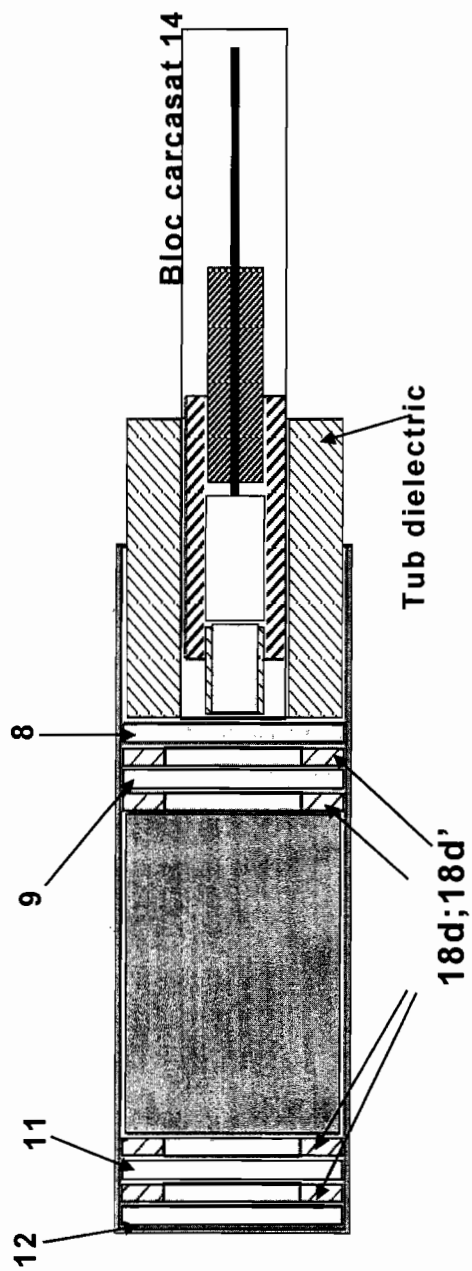


Figura 8

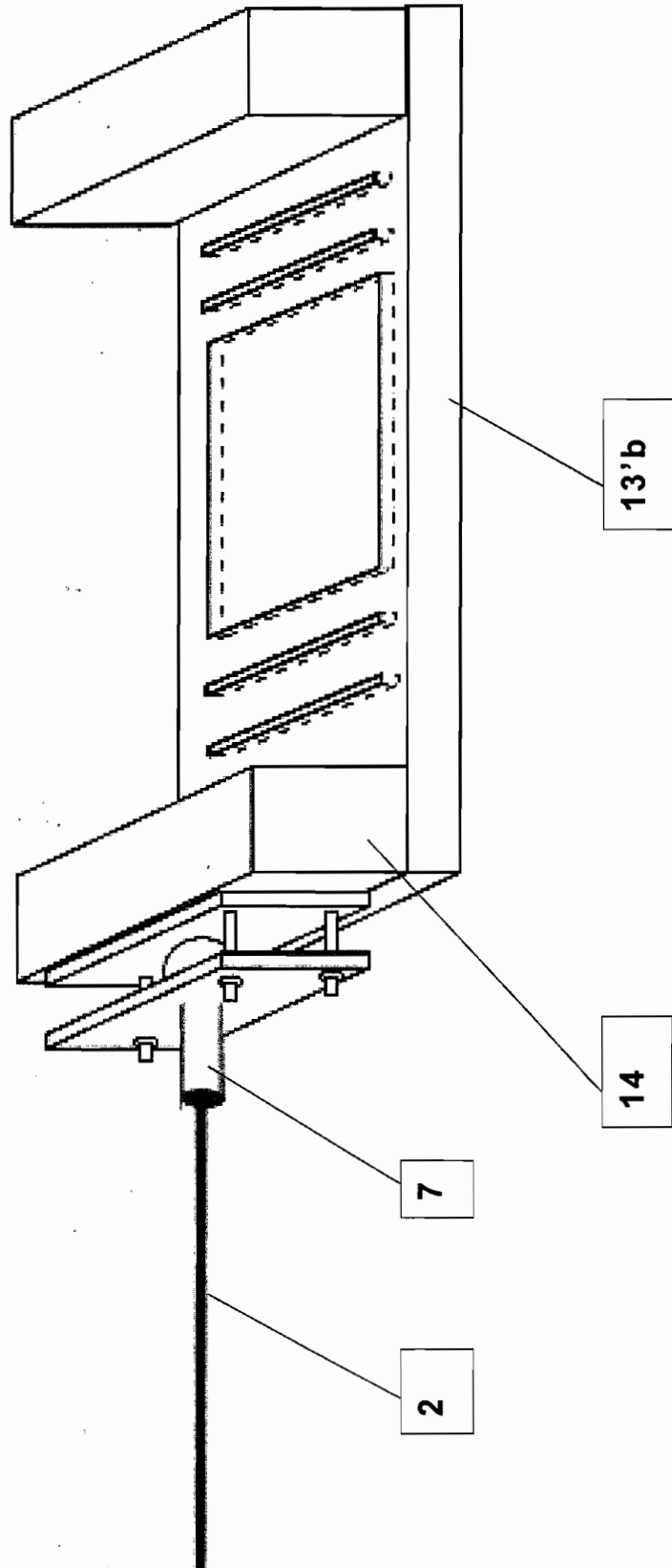


Figura 9

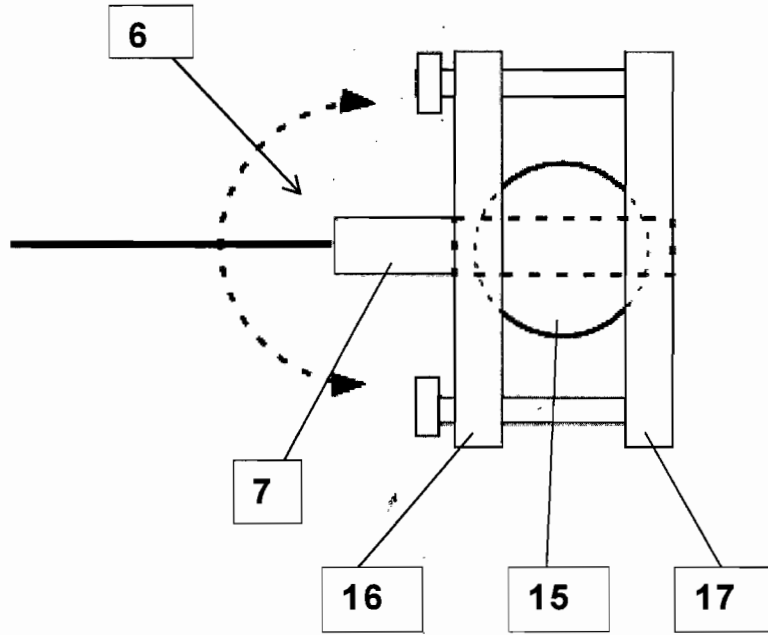
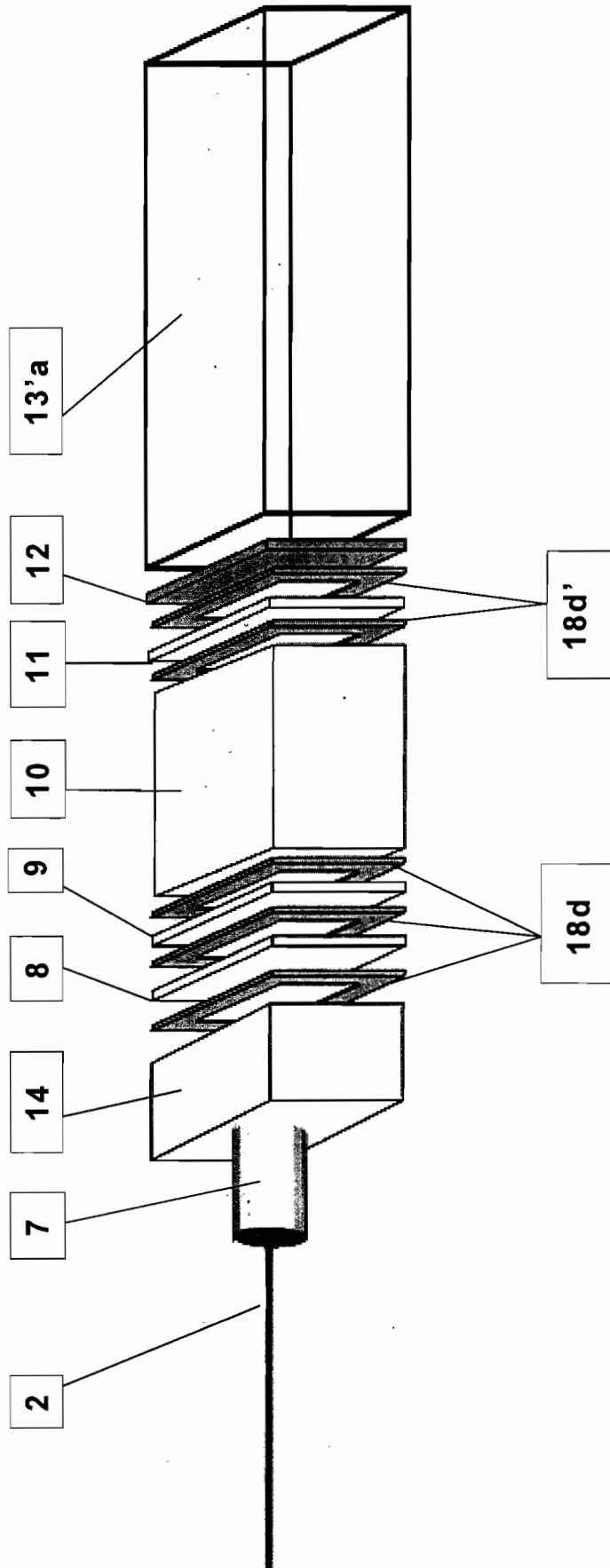
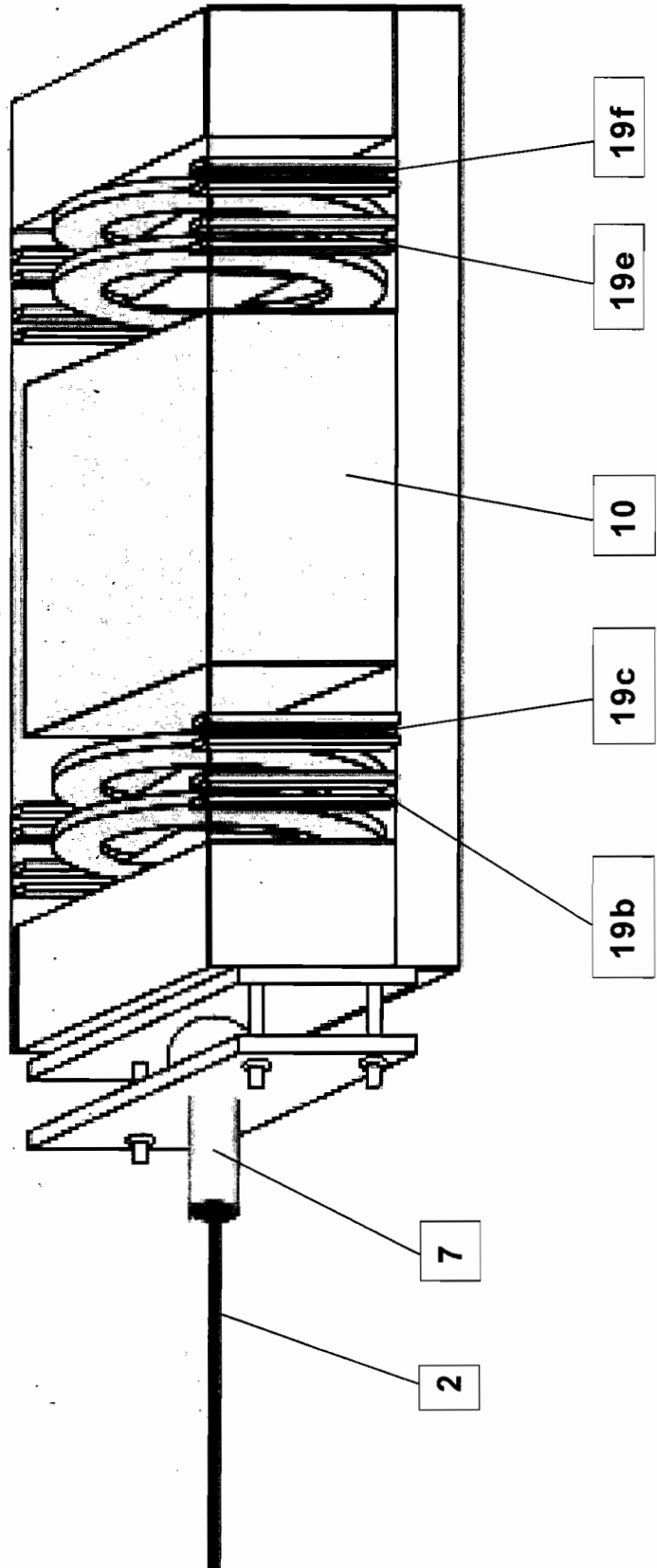


Figura 10



55

Figura 11



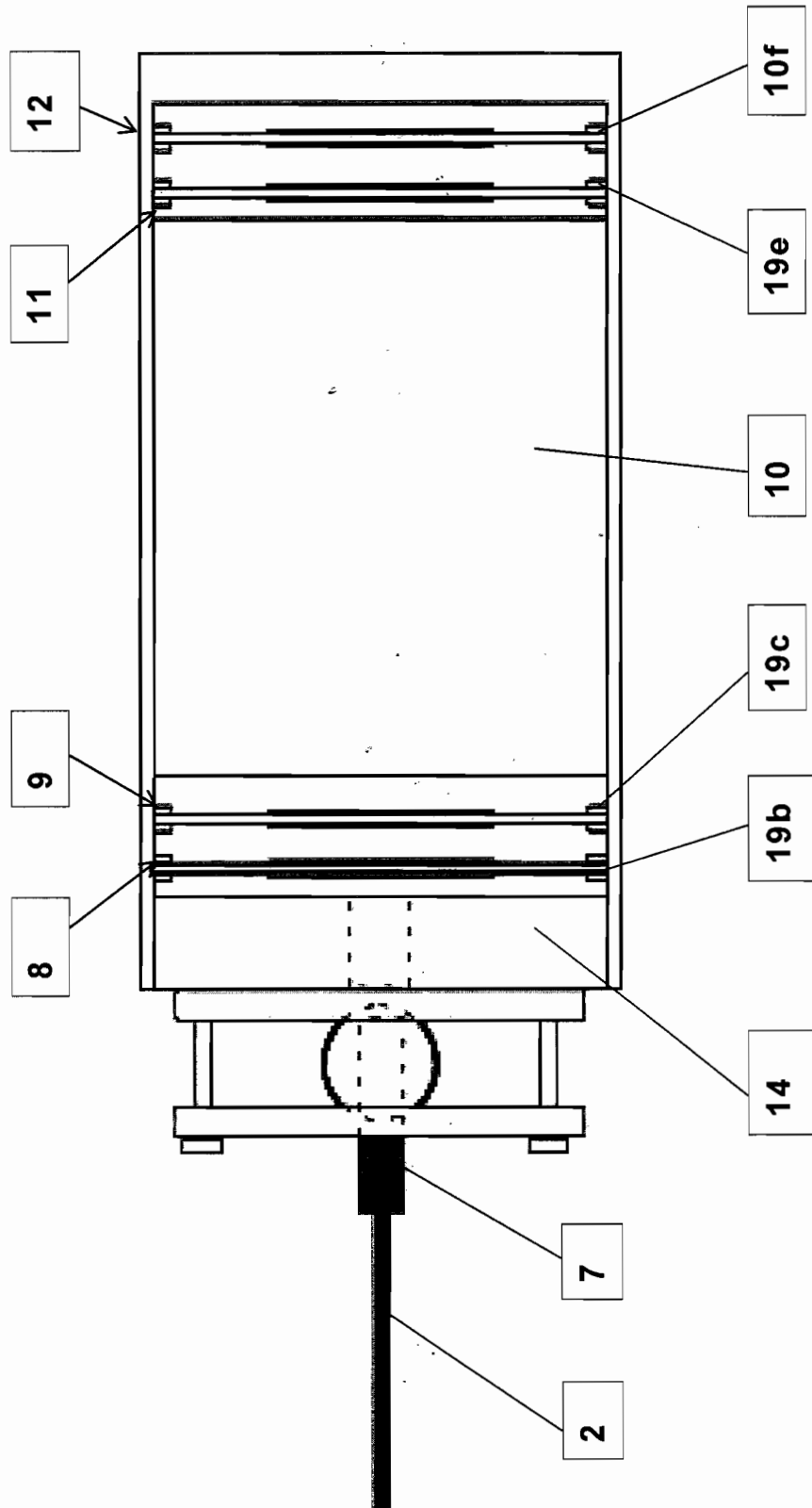


Figura 12