



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2015 00920**

(22) Data de depozit: **27/11/2015**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/02/2022** BOPI nr. **2/2022**

(41) Data publicării cererii:  
**30/05/2017** BOPI nr. **5/2017**

(73) Titular:

• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE  
ȘI DEZVOLTARE PENTRU FIZICA  
LASERILOR, PLASMEI ȘI RADIAȚIEI  
(INFLPR), STR. ATOMIȘTILOR NR. 409,  
MĂGURELE, IF, RO**

(72) Inventatori:

• **TUDOR LUCIAN, SAT LEHLIU,  
COMUNA LEHLIU, CL, RO;**  
• **GANCIU-PETCU MIHAI, STR. BÎRNOVA  
NR. 6, BL. M111C, SC.1, ET.4, AP. 23,  
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **STOICAN OVIDIU-SORIN,  
STR. FIZICIENILOR NR. 6, BL. 4, SC. 2,  
ET. 2, AP. 26, MĂGURELE, IF, RO;**  
• **BARBUT IULIA MIHAELA,  
STR. TÂRGU JIU NR. 73-75, SECTOR 5,  
BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **BUTOI GABRIEL BOGDAN,  
STR. MIHĂILESCU VINTILĂ NR. 21, BL. 63,  
SC. B, AP. 91, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,  
RO;**  
• **DĂNILĂ OCTAVIAN, STR. CIOCHINA  
NR. 4, BL. 10, SC. 2, AP. 26, SECTOR 4,  
BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **DINCĂ PAUL PAVEL, STR. UIOARA  
NR. 9, BL. A13, SC. A, ET. 2, AP. 8,  
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **DIPLAȘU CONSTANTIN,  
STR. NERVA TRAIAN NR. 1, BL. K6, SC. 1,  
AP. 22, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **GROZA ANDREEA-LILIANA,  
STR. STÂNJENEILOR NR. 4, BL. 62, SC. 1,  
ET. 8, AP. 52, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B,  
RO;**  
• **MIHALCEA BOGDAN- VASILE,  
STR. CÂMPIA LIBERTĂȚII NR. 14,  
BRAGADIRU, IF, RO;**  
• **SURMEIAN AGAVNI, STR. PRIBEAGULUI  
NR. 1, BL. 25, SC. B, AP. 37, SECTOR 5,  
BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:

**US 2015/0168564 A1; US 2013/0248721 A1;  
US 4999504 A; US 6087666 A;  
US 2014/0042316 A1; US 2009/0140153 A1;  
REGO, FLORBELA ET AL.,  
"SCINTILLATING OPTICAL FIBER  
DOSIMETRY WITH PHOTODIODE  
READOUT", IEEE NUCLEAR SCIENCE  
SYMPOSIUM CONFERENCE RECORD,  
PP. 1035-1037, 2008; REGO, FLORBELA  
ET AL., "SI-PIN PHOTODIODE READOUT  
FOR A SCINTILLATING OPTICAL FIBER  
DOSIMETER", RADIATION  
MEASUREMENTS, NO. 10, VOL. 47,  
PP. 947-950, 2012, TROSKA, JAN ET. AL.,  
"THE VERSATILE TRANSCEIVER PROOF  
OF CONCEPT", TOPICAL WORKSHOP ON  
ELECTRONICS FOR PARTICLE PHYSICS,  
CERN, PP. 347-351, PARIS, 2009**

(54) **SISTEM DE DETECȚIE A RADIAȚIEI IONIZANTE ÎN TIMP  
REAL, CU PROTECȚIE LA ZGOMOT ELECTROMAGNETIC**



# RO 131900 B1

1           Invenția se referă la un sistem de detecție a radiației ionizante în timp real cu protecție la zgomot electromagnetic intens ce utilizează ca zonă activă de detecție diode cu  
3   semiconductori de tip PIN. Atât zona activă cât și circuitele electronice necesare achiziției și procesării datelor colectate de la zona activă sunt protejate mecanic și ecranate electro-  
5   magnetic prin montarea acestora în carcase metalice sau alte materiale, ori suprapuneri de materiale care pot asigura în același timp protecția la radiații ionizante a circuitelor de  
7   comanda și control, evitând sau reducând activarea acestora la interacția cu radiația ionizantă, iar transmiterea datelor și alimentarea cu energie electrică a circuitelor electronice se  
9   face utilizând fibre optice. Sistemul complet constă din două module, denumite în continuare modul detector și respectiv modul de interfață. Cele două module sunt conectate prin inter-  
11   mediul a două sau mai multe fibre optice. Modulul detector conține senzorul de detecție activ format dintr-o arie de diode PIN, circuitele electronice necesare colectării și transmiterii  
13   datelor prin fibră optică, precum și un circuit care realizează conversia energiei radiației optice prezente la capătul unei fibre optice în energie electrică. Modulul detector este amplasat în regiunea unde se urmărește detecția și măsurarea radiației ionizante. Modulul de  
15   interfață este amplasat în afara zonei aflate sub acțiunea radiației ionizate și a surselor de perturbație electromagnetică având rolul de a asigura recepția datelor furnizate de modulul detector printr-o fibră optică, interfațarea acestuia cu un computer prin intermediul portului  
17   USB și, de asemenea, furnizarea energiei necesare funcționării modulului detector sub forma unui fascicul laser transmis prin fibra optică. Sistemul poate detecta radiații ionizante de tip  
19   beta, gama și X. Sistemul poate fi folosit, fără a se limita la aceasta, pentru detecția și măsurarea radiațiilor ionizante de tip beta, gama și X, în zone în care se manifestă prezența unor  
21   perturbații electromagnetice intense care acționează continuu sau sub formă de pulsuri. Asemenea zone pot fi, fără a se limita la acestea, incinte în care se efectuează experimente cu fascicule laser ultrascurte de mare intensitate, instalații de plasmă focalizată, cuptoare și  
23   utilaje de sudură electrice de mare putere sau instalații de prelucrare cu plasmă funcționând în RF, acceleratoare de particule la energii mari și foarte mari (MeV, GeV), zone de experiment ce implica generarea și utilizarea fasciculelor pulsate ionizante de mare intensitate.

25           Sistemele tradiționale de detecție a radiației ionizante în timp real prezintă dificultăți majore de funcționare la parametrii optimi atunci când sunt plasate în zone de lucru cu  
27   zgomot electromagnetic intens, zonele active de detecție neecranate și electronica necesară procesării datelor colectate de zona activă fiind părțile cele mai sensibile. Ecranarea lor nu rezolvă în totalitate problema sensibilității la zgomot electromagnetic. Pentru sistemele compuse din controler și sondă, cablurile de conectare între controler și sondă pot acționa ca  
29   elemente receptoare pentru zgomotul electromagnetic din zona de monitorizare a radiațiilor.  
31           Sistemul de detecție a radiației ionizante în timp real cu protecție la zgomot electromagnetic înlătură dezavantajele metodelor menționate mai sus, constând, conform invenției, din două module separate, prevăzute cu carcase metalice ce formează un ecran electromagnetic pentru diferențe de potențial de zeci de MV aplicate continuu sau în regim pulsant, conectate între acestea prin intermediul a două sau mai multe fibre optice, unul dintre  
33   module, denumit modul detector fiind amplasat în regiunea în care este monitorizat nivelul de radiații și în care este prezentă acțiunea perturbațiilor electromagnetice, în timp ce celălalt, denumit modul de interfață, este amplasat în afara acestei zone. Modulul detector conține senzorul de detecție activ format dintr-o arie de diode PIN, circuitele electronice necesare colectării datelor, circuitele electronice necesare transmiterii datelor prin fibra optică, precum și un circuit care realizează conversia energiei radiației optice recepționate  
35   la capătul unei fibre optice în energie electrică. Alimentarea electrică a modulului detector se obține, conform invenției, prin conversia energiei radiației optice transmise printr-o fibră

37           Sistemul de detecție a radiației ionizante în timp real cu protecție la zgomot electromagnetic înlătură dezavantajele metodelor menționate mai sus, constând, conform invenției, din două module separate, prevăzute cu carcase metalice ce formează un ecran electromagnetic pentru diferențe de potențial de zeci de MV aplicate continuu sau în regim pulsant, conectate între acestea prin intermediul a două sau mai multe fibre optice, unul dintre  
39   module, denumit modul detector fiind amplasat în regiunea în care este monitorizat nivelul de radiații și în care este prezentă acțiunea perturbațiilor electromagnetice, în timp ce celălalt, denumit modul de interfață, este amplasat în afara acestei zone. Modulul detector conține senzorul de detecție activ format dintr-o arie de diode PIN, circuitele electronice necesare colectării datelor, circuitele electronice necesare transmiterii datelor prin fibra optică, precum și un circuit care realizează conversia energiei radiației optice recepționate  
41   la capătul unei fibre optice în energie electrică. Alimentarea electrică a modulului detector se obține, conform invenției, prin conversia energiei radiației optice transmise printr-o fibră  
43           Sistemul de detecție a radiației ionizante în timp real cu protecție la zgomot electromagnetic înlătură dezavantajele metodelor menționate mai sus, constând, conform invenției, din două module separate, prevăzute cu carcase metalice ce formează un ecran electromagnetic pentru diferențe de potențial de zeci de MV aplicate continuu sau în regim pulsant, conectate între acestea prin intermediul a două sau mai multe fibre optice, unul dintre  
45   module, denumit modul detector fiind amplasat în regiunea în care este monitorizat nivelul de radiații și în care este prezentă acțiunea perturbațiilor electromagnetice, în timp ce celălalt, denumit modul de interfață, este amplasat în afara acestei zone. Modulul detector conține senzorul de detecție activ format dintr-o arie de diode PIN, circuitele electronice necesare colectării datelor, circuitele electronice necesare transmiterii datelor prin fibra optică, precum și un circuit care realizează conversia energiei radiației optice recepționate  
47   la capătul unei fibre optice în energie electrică. Alimentarea electrică a modulului detector se obține, conform invenției, prin conversia energiei radiației optice transmise printr-o fibră

# RO 131900 B1

optică în energie electrică. Modulul de interfață realizează recepția datelor furnizate de modulul detector prin fibra optică, transmiterea acestora către un computer prin intermediul unui port USB și furnizează energia necesară funcționării modulului detector sub forma unui fascicul laser transmis prin fibra optică. Energia necesară funcționării modulului detector se obține, conform invenției, prin conversia energiei radiației optice transmise printr-o fibră optică în energie electrică folosind dispozitive bazate pe efectul fotovoltaic. S-a evitat utilizarea oricărei conexiuni prin cabluri conductoare între modulul detector și restul sistemului cu scopul de a reduce posibilitatea interferenței dintre un eventual câmp electromagnetic perturbator și circuitele electronice ale modulului detector. Deoarece energia radiației optice transmise printr-o fibră optică este limitată, soluția specifică pentru alimentarea electrică a modulului detector, conform invenției, face necesară utilizarea unui senzor activ de detecție caracterizat printr-un consum cât mai mic de energie. Din acest motiv ca senzor activ de detecție se utilizează o arie de diode PIN. Așa cum au demonstrat studiile de laborator (vezi de exemplu **Samichi Srivastava, Rabinber Henry, Anita Topka R, Characterization Of Pin Diode Silicon Radiation Detector, Journal on Intelligent Electronic Systems, Vol. 1, No. 1, November 2007, pp. 47-51** și **F. J. Ramirez-Jimenez, PIN Diode Detectors, AIP Conf. Proc. 1026, 213 (2008)**) diodele PIN pot fi folosite ca detectori de radiații ionizante, caracterizându-se prin tensiuni mici de operare, curenți de alimentare foarte mici, sensibilitate foarte bună, o bună fiabilitate și robustețe mecanică.

Față de soluțiile anterioare, sistemul la care face referire invenția prezintă următoarele avantaje:

- imunitate sporită a modulului detector față de câmpuri electrice statice sau RF deoarece se asigură izolarea galvanică simultan pentru tensiunea de alimentare și pentru calea de semnal pentru diferențe de potențial de zeci de MV aplicate continuu sau în regim pulsant;
- răspuns liniar pentru o gamă largă de temperaturi (de la -30°C la 50°C);
- sensibilitate de detecție înaltă ( $\approx 1,2$  cps/ $\mu$ Sv/h);
- alimentare și transmitere de date prin intermediul a două sau mai multe fibre optice care elimină posibilitatea cuplajului electromagnetic dintre sursele de zgomot și circuitele electronice atât prin traseele de semnal cât și prin traseele de alimentare.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu fig. 1...3 care reprezintă:

- fig. 1, schema bloc a sistemului de detecție a radiației ionizante în timp real și protecție la zgomot electromagnetic intens;
- fig. 2, schema bloc a modulului detector;
- fig. 3, schema bloc a modulului de interfață.

Este descris în continuare un exemplu de realizare a sistemului de detecție a radiației ionizante în timp real și protecție la zgomot electromagnetic, conform invenției. În fig. 1 este prezentată schema bloc a sistemului la care face referire invenția. Sistemul constă, conform invenției, din două module separate, modulul detector **1** și modulul de interfață **2**, ecranate electromagnetic prin utilizarea unor carcase metalice, conectate între acestea prin intermediul a două fibre optice, **3** și **4**. Modulul detector **1**, este amplasat în regiunea **5** în care este monitorizat fluxul de radiații ionizante **6** și în care este prezentă sursa **7** care generează un câmp electromagnetic intens **8**, continuu sau în pulsuri. Modulul detector **1** conține circuitele necesare pentru detecția radiației ionizante, pentru transmiterea acestora prin fibra optică **4** către modulul de interfață **2**, precum și circuitele de conversie a energiei radiației luminoase transmise de modulul de interfață **2**, prin fibra optică **3** în energie electrică

# RO 131900 B1

1 necesară alimentării modulului detector **1**. Modulul detector **1** este prevăzut cu o fereastră  
acoperită cu o folie subțire de aluminiu **9** care permite pătrunderea radiației ionizante **6** și  
3 împiedică acțiunea câmpului electromagnetic **8** asupra circuitelor electronice ale modulului  
detector **1**. Modulul de interfață **2**, este amplasat în afara regiunii **5** în care acționează  
5 simultan fluxul de radiații ionizante **6** și câmpul electromagnetic perturbator **8**. Modulul de  
interfață **2** asigură recepția datelor furnizate de modulul detector **1**, transmiterea acestora  
7 către computerul **10** prin intermediul cablului de date **11** conectat la unul din porturile USB  
ale computerului **10** și furnizează energia necesară funcționării modulului detector **1** sub  
9 forma radiației optice transmise prin fibra optică **3**. Prin fibra optică **4** sunt transmise datele  
de la modulul detector **1** către modulul de interfață **2**. Prin fibra optică **3** este transmisă radia-  
11 ția optică de la modulul de interfață **2** către modulul detector **1** folosită pentru alimentarea  
acestuia.

13 În fig. 2 este prezentată schema bloc a modulului detector **1**. Componentele acestuia  
sunt montate în interiorul unei carcase metalice **12** care asigură ecranarea electromagnetică.  
15 Carcasa metalică **12** este prevăzută cu fereastra **9** acoperită cu o folie subțire de aluminiu  
ce permite pătrunderea radiațiilor ionizante **6** în interiorul său. Detecția radiațiilor ionizante  
17 **6** se realizează de către aria de diode PIN **13** așezate în spatele ferestrei **9**. Aria de diode  
PIN **13** generează la ieșire un semnal electric  $U_p$  sub forma unui șir de pulsuri a căror rată  
19 depinde de intensitatea radiației ionizante **6**. Semnalul de la ieșirea ariei de diode PIN **13**  
este aplicat la intrarea unui filtru trece jos **14** care asigură o filtrare suplimentară a zgomotului  
21 electromagnetic. Semnalul rezultat la ieșirea filtrului trece jos **14** este aplicat la intrarea unui  
circuit de formare **15** la ieșirea căruia este conectat circuitul driver **16** pentru dioda laser **17**.  
23 Dioda laser **17** este folosită pentru transmiterea datelor către modulul de interfață **2** prin  
intermediul fibrei optice **4**. Conectorul optic **18** asigură cuplajul optic dintre dioda laser **17** și  
25 fibra optică **4**. Modulul detector **1** mai conține aria de diode **19** cuplată optic cu fibra optică  
**3** prin intermediul conectorului optic **20**. Aria de diode **19** realizează conversia energiei  
27 radiației optice transmise prin fibra optică **3** în energie electrică. Tensiunea electrică  
 $U_s$  existentă la ieșirea ariei de diode **19** este aplicată la intrarea circuitului convertor cc-cc **21**.  
29 Circuitul convertor cc-cc **21** furnizează la ieșire tensiunile electrice având caracteristicile  
necesare alimentării celorlalte circuite electrice ale modulului detector **1**. Modulul detector  
31 **1** este prevăzut de asemenea cu o sursă chimică de tensiune continuă **22** care poate fi  
folosită pentru alimentarea modulului în absența radiației optice transmise prin fibra optică  
33 **3**. În fig. 3 este prezentată schema bloc a modulului de interfață **2**. Componentele acestuia  
sunt montate în interiorul unei carcase metalice **23** care asigură ecranarea electromagnetică.  
35 Fotodetectorul **24** cuplat optic cu fibra optică **4** prin intermediul conectorului optic **25**  
recepționează semnalul transmis de modulul detector **1** sub forma de pulsuri optice. Semna-  
37 lul de la ieșirea fotodetectorului **24** este aplicat la intrarea circuitului de formare **26** care  
furnizează la ieșire pulsuri de tensiune compatibile cu nivelul necesar intrărilor microcon-  
39 trolerului **27**. Microcontrolerul **27** are rolul de a procesa datele transmise de modulul detector  
**1** și de a forma secvența corespunzătoare de date ce va fi transmisă către computerul **10**.  
41 Comunicația dintre modulul de interfață **2** și computerul **10** se realizează printr-un port USB.  
În acest scop microcontrolerul **27** este conectat la circuitul de interfață specializat **28** cu  
43 ajutorul căruia se realizează comunicația cu computerul **10** prin intermediul conectorului USB  
**29** și a cablului de date **11**. Totodată circuitul de interfață specializat **28** asigură alimentarea  
45 celorlalte circuite conținute în modulul de interfață **2** din sursa de alimentare a computerului

# RO 131900 B1

10, prin intermediul portului USB. Modulul de interfață 2 mai conține dioda laser 30 controlată de către circuitul driver 31 și cuplată optic cu fibra optică 3 prin intermediul conectorului optic 32. Dioda laser 30 generează radiația optică transmisă prin fibra optică 3 și folosită, după conversia sa în energie electrică, pentru alimentarea modului detector 1.

Ca exemplu de aplicare s-a realizat sistemul la care face referire invenția utilizându-se aria de diode prin RD2014, notată cu 13 în fig. 2, caracterizată prin următorii parametri: dimensiunile zonei active 6 x 12 mm, sensibilitate 5,8 cpm ± 15% pentru 1 μSv/h, domeniu de măsurare 0,1 μSv/h-100 mSv/h, tensiune de alimentare 3,0-5,0 V, curent de alimentare 400-450 μA. Fibrele optice 3 și 4 constau dintr-o fibră din polimer, dublă, cu lungimea de 10 m. Folia de aluminiu care acoperă fereastra 9 are grosimea de 50 μm. Pentru producerea radiației ionizante 6 s-au folosit, pe rând, trei surse conținând <sup>137</sup>Cs, <sup>60</sup>Co și <sup>241</sup>Am a căror activitate este cunoscută. Rezultatele măsurătorilor obținute folosind sistemul realizat conform invenției comparate cu cele obținute cu ajutorul unui radiodebitmetru comercial Thermo FH40 sunt prezentate în tabelul 1. Testarea imunității sistemului la zgomot electromagnetic s-a făcut utilizând o plasmă filamentară în gaze aflate la presiune atmosferică, curenți de ordinul amperilor (A) și durate de ordinul nanosecundelor (ns), utilizând principiul descris în US 7229589 (B2) din 2007-06-12.

Tabelul 1

Sursa	<sup>137</sup> Cs		<sup>60</sup> Co		<sup>241</sup> Am	
Activitate	9,636 KBq		10,51 KBq		9,957 KBq	
Detector	Thermo FH40	Sistem realizat conform invenției	Thermo FH40	Sistem realizat conform invenției	Thermo FH40	Sistem realizat conform invenției
Eroare	5%	-	5%	-	5%	-
Număr de impulsuri măsurate	400	400	400	400	400	400
Timp de măsurare Mediat	87s	176,5s	19s	121,2s	523s	1250s
Debitul de doză	1,87 μSv/h	1,87 μSv/h	8,94 μSv/h	8,94 μSv/h	0,313 μSv/h	0,313 μSv/h
Nr. Imp./Timp de măsură = cps	400 c/87s = 4,59 cps	400 c/176,5s = 2,26 cps	400 c/19s = 21,05cps	400 c/121,2s = 3,3 cps	400 c/523s = 0,76 cps	400 c/1250s = 0,32 cps
Cps/doză	4,59/1,87 = 2,45 cps/μSv/h	2,26/1,87 = 1,2 cps/μSv/h	21,05/8,94 = 2,35 cps/μSv/h	3,3/8,94 = 0,34 cps/μSv/h	0,76/0,313 = 2,44 cps/μSv/h	0,32/0,313 = 1,02 cps/μSv/h

# RO 131900 B1

1

## Revendicare

3

Sistem de detecție în timp real a radiațiilor ionizante, cu protecție la zgomot electromagnetic, **caracterizat prin aceea că**, este alcătuit din două module separate (1) și (2), denumite modul detector și respectiv modul de interfață, ecranate electromagnetic prin utilizarea unor carcase metalice și, suplimentar, prin ecranarea locală a ariei de diode PIN (13), modulul detector (1) fiind amplasat în regiunea (5) unde este monitorizat fluxul de radiații ionizante (6), care poate fi, fără a se limita la acestea, o regiune în care are loc interacția dintre un fascicul laser de mare putere și un mediu material aflat în stare solidă, lichidă, gazoasă sau în stare de plasmă, sau vecinătatea unei instalații de plasmă focalizată sau vecinătatea unui accelerator de particule încărcate de mare energie, și unde se generează un câmp electromagnetic intens (8), continuu sau în pulsuri, iar modulul de interfață (2) fiind amplasat în afara zonei de acțiune a câmpului electromagnetic (8) și a fluxului de radiații ionizante (6), cele două module (1) și (2) fiind conectate între ele prin intermediul a două sau mai multe fibre optice, (3) și (4), prin acestea realizându-se alimentarea modulului detector (1) prin conversia energiei radiației optice în energie electrică și de asemenea realizându-se comunicația dintre modulul detector (1) și modulul de interfață (2), care transferă datele de la modulul (1) către un computer (10) prin interfața USB.

5

7

9

11

13

15

17

(51) Int.Cl.

G01T 1/24<sup>(2006.01)</sup>,

H01L 27/146<sup>(2006.01)</sup>

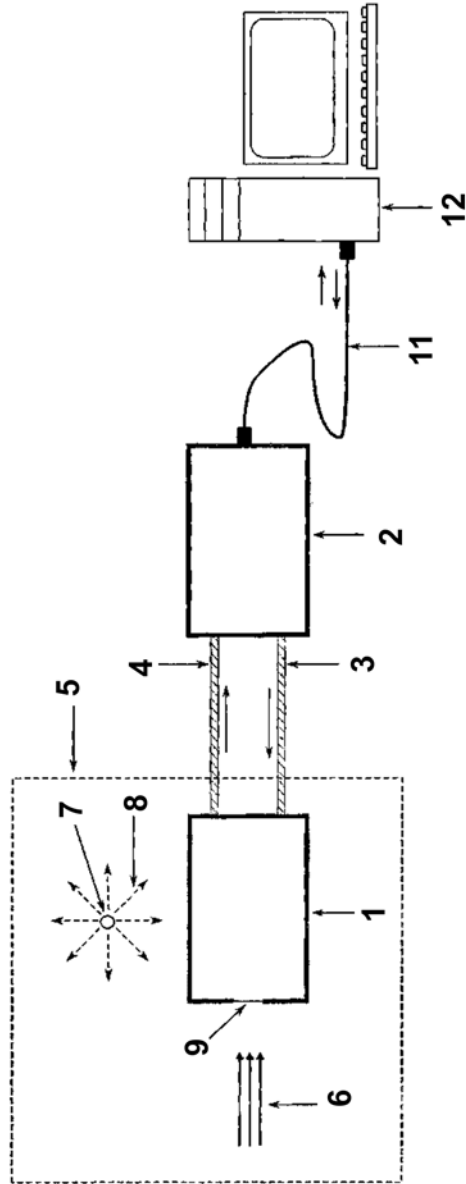


Fig. 1

(51) Int.Cl.

G01T 1/24 (2006.01),

H01L 27/146 (2006.01)

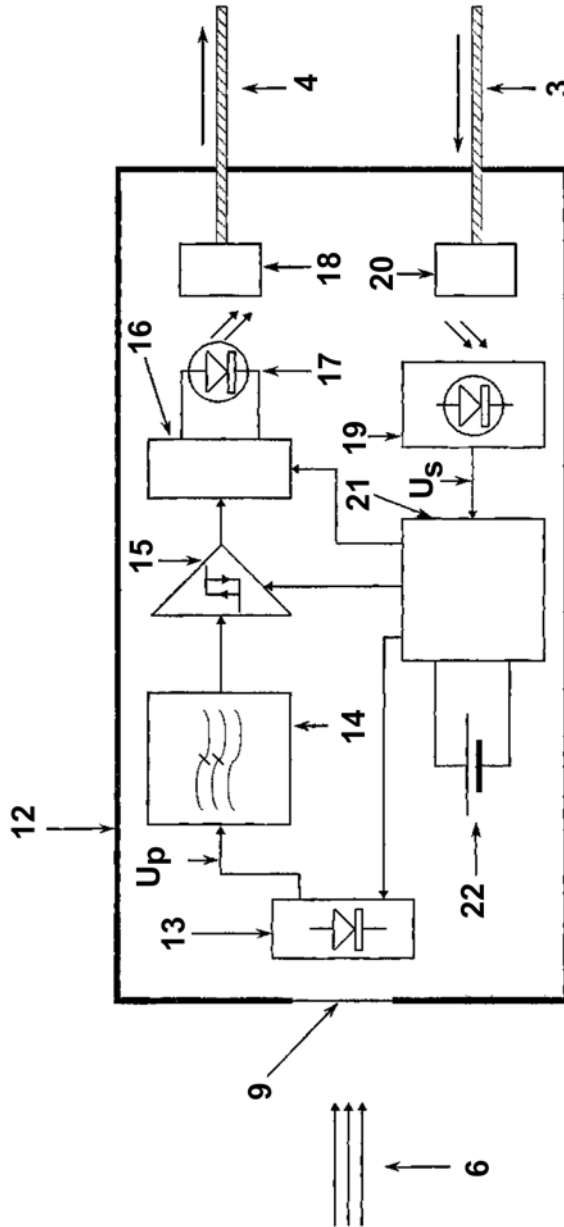


Fig. 2



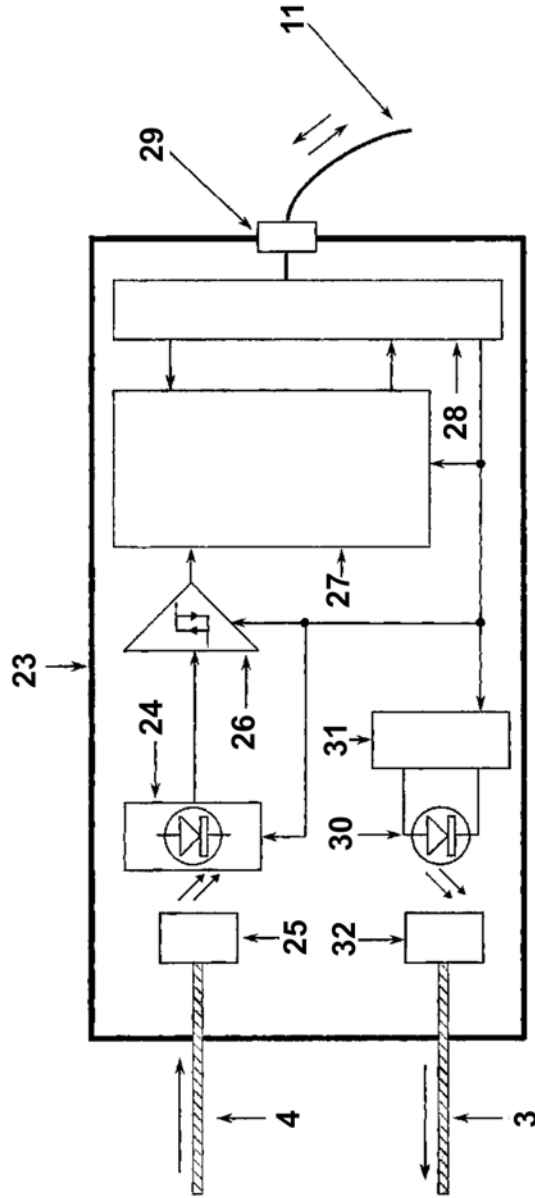


Fig. 3

