



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2014 00109**

(22) Data de depozit: **12/02/2014**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/08/2022** BOPI nr. **8/2022**

(41) Data publicării cererii:  
**30/09/2015** BOPI nr. **9/2015**

(73) Titular:  
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
TEHNOLOGII IZOTOPICE ȘI  
MOLECULARE, STR.DONATH NR.65-103,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO**

(72) Inventatori:  
• **POP MIRCEA NICOLAE, STR. DONATH  
NR. 166B, AP. 9A, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;**

• **PANA IOAN OVIDIU,  
STR. PORȚILE DE FIER NR. 2, AP. 33,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**MIRCEA NICOLAE POP, LUCRAREA DE  
DOCTORAT - "CALOMETRIE  
FOTOTERMICĂ DE CONTACT ȘI  
NONCONTACT PENTRU STUDIUL  
MATERIEI CONDENSATE", 2012,  
[https://www.researchgate.net/  
profile/Mircea-Pop/publication/298170042](https://www.researchgate.net/profile/Mircea-Pop/publication/298170042)**

(54) **DISPOZITIV ȘI INSTALAȚIE DE MĂSURĂ  
FOTOPIROELECTRICĂ, DESTINAT EVALUĂRII  
ȘI MONITORIZĂRII PROPRIETĂȚILOR TERMICE ALE  
SUBSTANȚELOR CONDENSATE**



# RO 130583 B1

1 Prezenta invenție se referă la un dispozitiv de măsură calorimetrică nedistructivă  
folosit la determinarea proprietăților termice ale lichidelor și la monitorizarea schimbărilor  
3 acestora. Invenția se referă și la o serie de dispozitive adiționale care asigură îndeplinirea  
condițiilor ca lichidul investigat să fie substratul sau unul dintre straturile intermediare al  
5 celulei de măsură (ale sistemului multistrat în care se propagă undele termice). Domeniile  
de aplicare sunt cele în care este necesară măsurarea parametrilor termici ai unor materiale  
7 în cazul cărora procesele de transfer termic prezintă importanță. Deoarece dispozitivul  
fotopiroelectric (DPPE) de măsură, la care se referă invenția, permite caracterizarea totală  
9 a lichidelor din punctul de vedere al transferului difuziv al căldurii, acesta poate fi utilizat  
pentru determinarea proprietăților termice ale nanofluidelor destinate generării locale a  
11 căldurii (termogenezei) și/sau facilitării transferului de căldură.

Parametrii termici ai substanței (caracteristici conducției și înmagazinării căldurii în  
13 substanță) sunt: I. căldura specifică volumică, II. conductivitatea termică, III. difuzivitatea  
termică și IV. efuzivitatea termică. Parametrii termici ai substanței sunt constante de material  
15 care intervin în ecuația de difuzie termică. Ecuația de difuzie termică guvernează conducția  
căldurii în substanță. În cazul substanței condensate se poate asigura relativ ușor conducția  
17 pur difuzivă a căldurii (căile de transfer convectiv și radiativ se pot neglija) iar presiunea nu  
influențează semnificativ difuzia căldurii (substanța condensată este practic incompresibilă).  
19 Dintre cei patru parametri termici doi sunt independenți. Altfel spus, dacă se determină doi  
parametri termici specifici unui strat al celulei de măsură, se pot determina și ceilalți doi  
21 parametri, prin efectuarea unor calcule algebrice simple. Parametrii termici sunt mărimi  
macroscopice care conțin informații statistice despre structura intimă a substanței: tipul  
23 dominant de legături între molecule, compoziția chimică a unui amestec, tipul de atomi, tipul  
de rețea cristalină în solide etc. Deci, măsurând parametrii termici se pot constata (în mod  
25 nedestructiv) schimbări ale structurii și stării substanței, de altfel dificil de evaluat prin alte  
metode nedestructive. Tehnica PPE a fost folosită pentru studiul tranzițiilor de fază ale  
27 substanței condensate, când structura intimă a materiei suferă schimbări care se reflectă  
inclusiv în modificarea parametrilor termici ai substanței.

29 Dispozitivul fotopiroelectric, denumit în continuare DPPE, face parte din clasa  
dispozitivelor de măsură calorimetrică bazate pe excitarea unui sistem de măsură cu un flux  
31 alternativ de căldură [**Kraftmakher Y, Modulation calorimetry and related techniques, physics reports 356, 2002, pp. 1-117**]. DPPE se bazează pe tehnica fotopiroelectrică de  
33 măsură care implică utilizarea unui senzor piroelectric (PE) pentru detectarea undelor  
termice generate prin iradierea periodică a unui material optic absorbant [**Almond D. P. and**  
35 **Patel P. M, Photothermal Science and Techniques, Chapman and Hali, London 1996;**  
**E. Marin Moares, Basic Principles of thermal wave physics and related techniques, în**  
37 **Thermal Wave Physics and Related Photothermal techniques: Basic Principles and**  
**Recent Developments, Ch1, pp.1-27 Ed. by E. Marin, Transworld Research Network,**  
39 **Kerala, India, 2009**]. DPPE utilizează configurația FPPE de măsură [**Dadarlat D. and**  
**Neamtu C., Recent developments of photopyroelecthc calorimetry of liquids, in**  
41 **Thermal Wave Physics and Related Photothermal techniques: Basic Principles and**  
**Recent Developments, Ch3, pp.65-97, Ed. by E. Marin, Transworld Research Network,**  
43 **Kerala, India, 2009; Chirtoc M., Glorieux C. and Thoen J., Thermophysical properties**  
**and critical phenomena studied by the photopyroelectnc (PPE) method, in Thermal**  
45 **Wave Physics and Related Photothermal techniques: Basic Principles and Recent**  
**Developments, Cap. 5, pp. 125-158, Ed. by E. Marin, Transworld Research Network,**  
47 **Kerala, India, 2009**], care presupune iradierea directă a senzorului PPE.

DPPE a rezultat ca urmare a activităților de cercetare privind sistemele de măsură PPE în configurație FPPE de detecție, care au avut drept finalitate dezvoltarea unui model matematic care permite descrierea analitică a câmpului termic într-un sistem de măsură FPPE multistrat cu un număr mare de straturi [Dadarlat D, <i>Photopyroelectnc calorimetry of solids</i> , <i>Journal of Thermal Analysis and Calorimetry</i> , 2010; 101(1): 397-402; Dadarlat D, Pop M. N., 2010, <i>New front photopyroelectnc methodology based on thickness scanning procedure for measuring the thermal parameters of thin solids</i> , <i>Meas. Sci. Technol.</i> 21 (2010) 105701] și a unor instalații de măsură de laborator [M. N. Pop, <i>Calorimetrie fototermică de contact și noncontact pentru studiul materiei condensate</i> , adresa web:	1
- <a href="https://www.researchgate.net/publication/298170042">https://www.researchgate.net/publication/298170042</a> PhD thesis summarv].	11
Instalațiile de măsură PPE experimentale, necesită utilizarea unor senzori monocristalini, ceramici sau polimerici care se prezintă sub forma unor plăci cu straturi conductoare din punct de vedere electric depuse pe cele două suprafețe. Materialele monocristaline și cele ceramice sunt casante iar straturile conductoare pot suferi alterări mecanice sau chimice. Astfel, senzorii piroelectrici pot suferi alterări care determină fie degradarea semnalului PPE, fie distrugerea iremediabilă a senzorului. Senzorii piroelectrici polimerici (de exemplu, cei obținuți din PVDF) se prezintă sub forma unor folii subțiri, lipsite de rigiditate mecanică, ușor deformabile. Pentru a fi mai rezistent la factorii fizici și chimici care ar putea distruge senzorii PE utilizați în instalațiile experimentale, a fost dezvoltat un senzor piroelectric compozit [Pop M. N., <i>A composite layered sub-system for front detection calorimetrie instrumentation</i> , <i>International Journal of Thermal Sciences</i> 104, (2016), 112- 121]. Senzorul piroelectric compozit este în fapt un sistem multistrat, care prezintă pe fața exterioară un material rigid, cu rezistență sporită la factorii distructivi (care intră în contact cu substanța investigată).	13
În cadrul instalațiilor experimentale, o atenție deosebită trebuie acordată poziției spotului luminos, utilizat pentru excitația fotopiroelectrică, pe suprafața senzorului PPE [Dadarlat D. and Neamțu C., <i>Recent developments of photopyroelectnc calorimetry of liquids</i> , în <i>Thermal Wave Physics and Related Photothermal techniques: Basic Principles and Recent Developments</i> , Ch <sub>3</sub> , pp. 65-97, Ed. by E. Marin, Transworld Research Network, Kerala, India, 2009]. Radiația luminoasă trebuie fie caracterizată printr-o intensitate constantă în timp dar să existe posibilitate modulării controlate a intensității. O serie de incinte specializate au fost dezvoltate recent pentru înmagazinarea lichidului investigat, dispus drept substrat al celulei de măsură multistrat [Pop M. N., Dadarlat D., Streza M. and Tosa V., <i>Photopyroelectric Investigation of Thermal Effusivity of Binary Liquid Mixtures by FPPE-TWRC Method</i> , <i>Acta Chim. Slov.</i> 2011, 58, 549-554] O metodă autoconsistentă de caracterizare totală a unui lichid din punctul de vedere al proprietăților sale termice, a fost dezvoltată recent [D. Dadarlat. Pop M. N., <i>Self-consistent photopyroelectnc calorimetry for liquids</i> , <i>International Journal of Thermal Sciences</i> , Volume 56, June 2012, pp. 19-22].	15
Dispozitivul PPE, care constituie punctul central al invenției, a fost dezvoltat pentru a încorpora două elemente importante ale sistemelor de măsură de laborator: senzorul piroelectric compozit, și sursa de excitație optică. Dispozitivul PPE este un sistem hibrid compact, care poate fi utilizat drept parte constituentă a unor instalații industriale sau de laborator. Pe lângă sursa de excitație și senzorul compozit, DPPE mai conține un detector de temperatură și un detector de intensitate optică, astfel încât se pot efectua operații de calibrare a semnalului de excitație. Aceste operații care pot fi automatizate și comandate de	17
	19
	21
	23
	25
	27
	29
	31
	33
	35
	37
	39
	41
	43
	45
	47

1 către un sistem încorporat. O variantă mai dezvoltată a DPPE, descrisă de asemenea în  
prezentul brevet, presupune utilizarea unui preamplificator și a unei surse de curent integrate  
3 în carcasa DPPE [**M. N. Pop, A Photopyroelectric Measurement Device for Liquid  
Investigation and Monitoring, 2014 International Conference and Exposition on  
5 Electrical and Power Engineering (EPE 2014)**].

Această variantă facilitează îmbunătățirea raportului semnal/zgomot și poate fi  
7 utilizată cu fire relativ lungi (de ordinul a  $10^0$  m) de transmitere a semnalului de comandă a  
excitării și a semnalului PPE, deci ar putea fi utilizată pentru a efectua măsurători  
9 calorimetrice în locații îndepărtate și relativ inaccesibile.

Brevetul obținut de Hagins et al. [**William A. H, Chevy C, Shuko Y, Pyroelectric  
11 calorimeter, US 5030012**], descrie un dispozitiv bazat în principal pe tehnica de măsură  
BPPE (nu senzorul este iradiat ci absorbția radiației are loc într-un material [**Almond D.P  
13 and Patel P. M., Photothermal Science and Techniques, Chapman and Hali, London  
1996**] și produce undele de difuzie termică [**Mandelis A., Diffusion - Wave Fields:  
15 Mathematical Methods and Green Functions, New York - Springer, 2001**]). Dispozitivul  
brevetat de aceștia presupune plasarea probei solide sau lichide pe suprafața unui senzor  
17 PPE. O metodă similară, bazată pe principiile de măsură PT, dezvoltată pentru investigarea  
probelor solide a fost propusă de A. Mandelis și A. M. Munidasa [**Andreas Mandelis,  
19 Mahendra Munidasa, Non-contact photothermal method for measuring thermal  
diffusivity and electronic defect properties of solids, US 5667300**]. O metodă similară  
21 de investigare a difuzivității termice a materialelor este descrisă de A. Popescu și D.  
Savastru [**Popescu A. și Savastru D., Metoda neinvazivă și dispozitiv de măsură a  
23 coeficientului de difuzie termică, RO 127565-B1**]. Dispozitivul propus de aceștia necesită  
utilizarea a două raze laser, una pentru modificarea temperaturii și cealaltă pentru sondarea  
25 mediului fluid din apropierea suprafeței încălzite. Spre diferență de aceste metode descrise  
mai sus, DPPE nu implică iradierea substanței investigate (fapt care poate conduce la  
27 alterarea compoziției în special a substanțelor organice) ci doar încălzirea locală a probei,  
determinând o creștere a temperaturii de ordinul a  $10^{-1}$ - $10^1$  K, astfel încât practic nu apar  
29 schimbări în substanța investigată. Sensibilitatea foarte mare a senzorului PPE la variația  
temperaturii conferă posibilitatea studiului propagării undelor termice în straturile adiacente.

31 Calorimetria PPE în configurație FPPE de măsură permite determinarea I. fie a  
efuzivității termice a unui material dispus drept substrat al sistemului multistrat în care se  
33 propagă undele termice transmise prin senzor, II. fie a difuzivității și efuzivității termice al unui  
strat subțire dispus ca și strat intermediar al sistemului multistrat.

35 Utilizarea calorimetriei PPE în configurație FPPE de măsură, în industrie ridică o serie  
de probleme:

37 I. fragilitatea senzorilor clasici și a contactelor acestora determină ca tehnica să fie  
costisitoare și consumatoare de resurse (senzorii și contactele trebuie înlocuite periodic);

39 II. menținerea constantă a suprafeței iradiate a senzorului PPE este necesară, pentru  
obținerea unor date experimentale reproductibile și pentru extragerea unor valori acurate ale  
41 parametrilor termici;

43 III. costul surselor laser (cu putere de ordinul  $10^{-2}$  -  $10^{-1}$  W) și prețul de înlocuire și  
mentenanță a senzorului PPE (depunerea elementelor conductoare pe cele două suprafețe,  
înlocuirea contactelor cu elementele conductoare, îndepărtare punți de lichid dintre electrozi  
45 etc.) este ridicat, făcând astfel tehnica inaccesibilă pentru aplicații industriale uzuale;

47 IV. semnalul furnizat de senzorul PPE pentru o diferență de temperatură de ordinul  
gradelor K între suprafața încălzită și mediul înconjurător este relativ slab și necesită o  
condiționare specifică;

# RO 130583 B1

V. instalațiile de măsură PPE de laborator au dimensiuni și topologii care îi îngreunează utilizarea acestora în industrie.	1
Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în evaluarea calitativă și cantitativă a schimbărilor structurale sau compoziționale ale substanței, dacă aceste modificări afectează parametrii termici ai substanței.	3 5
DPPE, conform invenției, rezolvă problemele menționate mai sus prin înlocuirea senzorului clasic cu unul compozit, înlocuirea sursei laser cu o sursă LED (Light Emmiting Diode) de putere, prezentând o cavitate cu geometrie controlată, în care se face iluminarea, și oferind soluții pentru preamplificarea semnalului PPE, modularea intensității radiației emise de LED și a semnalului de excitație și pentru dispunerea și depozitarea substanței condensate investigate (în special a lichidelor).	7 9 11
Undele termice generate pe fața senzorului PPE aflată în interiorul DPPE se propagă prin senzorul compozit, străbat straturile sistemului multistrat și sunt disipate în substrat. Deci, DPPE este de fapt o variantă miniaturală, prevăzută să fie robustă: I. din punct de vedere mecanic, II. din punct de vedere termic, minimalizându-se pierderile laterale de energie termică (în vederea asigurării cât mai precise a aproximației propagării unidimensionale a undelor termice în sistemul multistrat) și III. din punct de vedere optic, îndeplinindu-se condițiile constantei ariei și poziției suprafeței iluminate a senzorului piroelectric plasat în interiorul DPPE.	13 15 17 19
Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile explicative care reprezintă:	21
- fig. 1, schema dispozitivului fotopiroelectric (DPPEs) conform invenției, în varianta cea mai simplă;	23
- fig. 2, schema electrică a circuitului de pe placa de circuit imprimat (2) din alcătuirea DPPEs, conform invenției;	25
- fig. 3a, vedere de sus senzor piroelectric compozit; 3b - vedere în secțiune transversală senzor piroelectric compozit; 3c - vedere în detaliu al îmbinării dintre firele conductoare și senzorul compozit;	27
- fig. 4, schema bloc a instalației de măsură pentru efectuarea măsurătorilor automate, cu scanarea frecvenței de modulație a radiației optice, cu DPPEs conform invenției;	29 31
- fig. 5, schema electrică a circuitului de condiționare a semnalului de excitație (CCSE);	33
- fig. 6, schema electrică a sursei de curent constant comandată în tensiune (SCCT);	35
- fig. 7 - schema dispozitivului fotopiroelectric (DPPEI) conform invenției, în varianta intermediară;	37
- fig. 8, schema electrică a circuitului de pe placa de circuit imprimat (2) din alcătuirea dispozitivului fotopiroelectric intermediar (DPPEI);	39
- fig. 9, schema bloc a instalației de măsură pentru efectuarea măsurătorilor automate, cu scanarea frecvenței de modulație a radiației optice, cu dispozitivul fotopiroelectric intermediar (DPPEI);	41
- fig. 10, schema dispozitivului fotopiroelectric (DPPEC) conform invenției, în varianta complexă;	43
a. vedere de sus;	45
b. vedere de jos;	47
c. vedere de jos, în lipsa senzorului compozit;	
d. vedere în secțiune transversală și	
e. vedere explodată.	

# RO 130583 B1

- 1 - fig. 11, schema electrică a circuitului electronic conținut în dispozitivul fotopiroelectric complex (DPPEC);
- 3 - fig. 12, schema bloc a instalației de măsură pentru efectuarea măsurătorilor automate, cu scanarea frecvenței de modulație a radiației optice, cu dispozitivul fotopiroelectric complex (DPPEC);
- 5 - fig. 13, schema bloc a instalației de măsură care permite efectuarea măsurătorilor automate, cu scanarea frecvenței de modulație a radiației optice, cu dispozitivul fotopiroelectric intermediar (DPPEI) sau cu dispozitivul fotopiroelectric complex (DPPEC) dacă se folosește un amplificator cu detecție sincronă (ADS) care prezintă cel puțin trei intrări de semnale analogice auxiliare și cel puțin o ieșire de semnal;
- 7 - fig. 14, schema aplicațiilor simple ale DPPEI/DPPEC pentru investigarea proprietăților termice ale solidelor (42):
- 9 - fig. 14.a. investigarea unui substrat;
- 11 - fig. 14.b. investigarea unui strat intermediar, cuprins între dispozitivul fotopiroelectric și un substrat (44) solid, cu două straturi intermediare de lichid de cuplaj (41) și
- 13 - fig. 14.c. investigarea unui strat intermediar solid cuprins între dispozitivul fotopiroelectric și un substrat (44) lichid.
- 15 - fig. 15, schema aplicațiilor DPPEI/DPPEC pentru investigarea proprietăților termice ale lichidelor:
- 17 - fig. 15.a. investigarea unui substrat (44) lichid; și
- 19 - fig. 15.b. investigarea unui lichid a cărui grosime fizică se poate ajusta cu ajutorul unui cilindru solid plin (55) care se poate apropia sau depărta de senzorul compozit astfel încât lichidul să fie ori strat intermediar (prin care se propagă undele termice) ori substrat (în care se atenuază complet undele termice);
- 21 - fig. 16, schema aplicațiilor DPPEI/DPPEC pentru investigarea proprietăților termice ale lichidelor utilizând dispozitive adiționale pentru conținerea și recircularea lichidelor investigate:
- 23 - fig. 16.a. investigarea unui substrat lichid conținut într-o cavitate (62),
- 25 - fig. 16.b. investigarea unui strat intermediar lichid conținut într-o cavitate (66), și
- 27 - fig. 16.c. investigarea fie a unui lichid dispus drept strat intermediar conținut într-o cavitate (69), fie a unui lichid dispus drept substrat, conținut într-o altă cavitate (62);
- 29 - fig. 17, schema aplicațiilor DPPEI/DPPEC pentru investigarea și monitorizarea efuzivității termice a unui lichid pur, soluție sau suspensie, conținut într-un balon de sticlă (74), atunci când lichidul suferă schimbări fizice sau chimice:
- 31 - fig. 17.a, b, c, vedere de sus, vedere explodată și două vederi în secțiune dispunere balon de sticlă între două piese termostatate;
- 33 - fig. 17.d, e, vedere de sus și vedere în secțiune DPPEI/DPPEC împreună cu dispozitivul adițional.
- 35 Dispozitivul fotopiroelectric simplu (DPPEI) este alcătuit (fig. 1) dintr-un senzor piroelectric compozit (4) atașat la capătul unui tub (3) obținut dintr-un material opac, izolator din punct de vedere termic și electric (de exemplu: din ebonită neagră cu grosimea peretelui de cel puțin 1mm). Senzorul compozit este atașat la capătul tubului cu ajutorul unui strat de adeziv epoxidic (5), iar în jurul îmbinării se aplică (în interiorul tubului) un strat de adeziv siliconic (6) astfel încât să se asigure etanșeitarea joncțiunii dintre tub și senzor. Semnalul piroelectric (V<sub>pe</sub>) este preluat de la senzorul compozit cu ajutorul a două fire conductoare din punct de vedere electric (23 și 24), prevăzute fiecare cu un inveliș exterior izolator.

# RO 130583 B1

Aceste fire sunt conectate: I. la electrozii sensorului compozit, cu ajutorul unor punți conductoare din adeziv epoxidic conductor din punct de vedere electric și II. la tresele conductoare ale unui cablu coaxial (7) care transmite semnalul piroelectric, prin cavitatea de iradiere (20) din interiorul tubului (3), către placa de circuit imprimat (2), pe care este instalată și dioda LED (1). Placa de circuit imprimat (2) conține interconexiunile (fig. 2) dintre conectorii (12 și 13) lipiți pe acesta și dioda LED, respectiv tresele cablului coaxial. Dioda LED (1) este situată pe axul central al tubului izolator, la capătul opus sensorului piroelectric compozit (4) și prin alimentare cu un curent electric ( $I_{exc}$ ) modulată armonic, emite radiație optică modulată armonic (8), prin cavitatea de iradiere (20), către materialul piroelectric care răspunde (generând semnalul **V<sub>ppe</sub>**) la fluxul modulată de căldură. Fluxul modulată de căldură este generat în urma absorbției radiației optice pe electrodul metalic depus pe suprafața materialului piroelectric. Conectorii electrici (12 și 13) sunt situați pe placa de circuit imprimat (2), pe fața aflată în exteriorul camerei de iradiere (20). Pe aceeași față a plăcii de circuit imprimat (2) se află un inel izolator (9) cu rol de distanțare. O placă rigidă de susținere a **DPPES** (10), prevăzută cu orificii de susținere (15) și cu două fante (14) pentru accesarea conectorilor (12 și 13) se sprijină pe tubul izolator (3) și pe inelul izolator (9). Patru tije metalice (11), dispuse paralel cu axa de simetrie a tubului izolator (3) sunt lipite la un capăt pe placa de circuit imprimat (2) și la celalalt capăt pe placa rigidă de susținere a **DPPES** (10). Ansamblul alcătuit din placa de circuit imprimat (2), inel izolator (9) și placa rigidă de susținere a **DPPES** (10), este lipit cu adeziv epoxidic (5) pe tubul izolator (3).

Dispozitivul de măsură PPE necesită utilizarea unui senzor compozit (fig. 3) alcătuit prin suprapunerea a patru straturi succesive: I. o placă rigidă circulară (16) din material izolator sau conductor din punct de vedere electric dar cât mai bun conductor din punct de vedere termic (de exemplu: sticlă, bachelita, teflon, inox, aur, safir, siliciu, etc), cu grosimea cuprinsă în intervalul: 10-200  $\mu\text{m}$ , II. un strat de adeziv epoxidic conductor din punct de vedere electric (18), III. un senzor piroelectric (17) (material piroelectric cu fețele dispuse perpendicular pe axa de polarizare maximă, cu electrozi metalici depuși pe cele două fețe ale sale) cu grosimea cuprinsă în intervalul: 50  $\mu\text{m}$  200  $\mu\text{m}$  și iv. un strat de lac izolator din punct de vedere electric (25), transparent pentru radiația emisă de dioda LED. Stratul de lac izolator din punct de vedere electric (25) are rolul de a izola din punct de vedere electric componentele semnalului **V<sub>ppe</sub>** și de a proteja electrozii și contactele electrice (19) dintre electrozi și firele conductoare (23 și 24) de acțiunile chimice care ar putea altera semnalul și integritatea sensorului piroelectric. Peste contactele electrice (19), înainte de aplicarea stratului de lac transparent (25) se pot aplica două picături de adeziv epoxidic (21 și 22) cu rol de rigidizare mecanică a contactelor. Suprafața exterioară a plăcii rigide (16) constituie suprafața sensibilă a sensorului compozit, cu rezistența mecanică și chimică sporită (în comparație cu materialul piroelectric). Simultan, rigiditatea sporită contribuie la asigurarea unei bune planeități a sensorului compozit.

Pentru a efectua măsurători automatizate cu dispozitivul fotopiroelectric simplu (**DPPES**) brevetul se referă la o instalație de măsură a cărei schema bloc este reprezentată în fig. 5. Instalația de măsură constă dintr-un amplificator cu detecție sincronă (**ADS**) care generează un semnal sinusoidal de referință (**V<sub>mod</sub>**), transmis unui circuit de condiționare a semnalului de excitație (**CCSE**) a cărui schemă electrică este prezentată în fig. 6. Simultan, o sursă de tensiune comandată digital (**STCD**) generează un nivel de tensiune continuă (**V<sub>off</sub>**) care este furnizată circuitului de condiționare a semnalului de excitație (**CCSE**). Circuitul de condiționare a semnalului de excitație (**CCSE**) sintetizează un semnal sinusoidal unipolar de comandă (**V<sub>com</sub>**), furnizat unei surse de curent constant comandată în tensiune

# RO 130583 B1

1 (SCCT), care generează curentul de excitație (**lexc**), furnizat diodei LED din interiorul  
dispozitivului fotopiroelectric simplu (**DPPEs**). Sursa de curent constant comandată în  
3 tensiune (**SCCT**), reprezentată în fig. 6, este alcătuită dintr-un circuit integrat stabilizator de  
tensiune, ajustabil (**CIAsT**) conectat în conexiune stabilizatoare de curent. Prin extragerea  
5 curentului din ramura de reacție a circuitului integrat stabilizator de tensiune, ajustabil  
(**CIAsT**), se poate ajusta cu o tensiune externă de comandă/valoarea intensității curentului  
7 (**lexc**) furnizat la ieșirea sursei de curent constant comandată în tensiune (**SCCT**). Dispo-  
zitivul fotopiroelectric simplu (**DPPEs**) generează semnalul piroelectric (**Vppe**) care este  
9 furnizat la intrarea amplificatorului cu detecție sincronă (**ADS**). Măsurătorile fotopiroelectrice  
presupun excitarea sensorului piroelectric cu o excitație optică modulată armonic, și înregist-  
11 trarea componentelor semnalului piroelectric (**Vppe**), de preferat amplitudinea și faza, pentru  
fiecare valoare a frecvenței de modulare a excitației optice. Acest proces este în general  
13 automatizat. Instalația de măsură cu dispozitivul fotopiroelectric simplu (**DPPEs**) este con-  
dusă de către o unitate digitală de comandă și control (**UCC**), care comunică prin intermediul  
15 unor comunicații seriale de tipul Universal asynchronous receiver- transmitter (**UART**) cu  
amplificatorul cu detecție sincronă (**ADS**) cu sursa de tensiune comandată digital (**STCD**),  
17 astfel comandând valoarea amplitudinii și a frecvenței semnalului de referință (**Vmod**) a  
nivelului de tensiune continuă (**Voff**) înregistrând valorile amplitudinii și fazei semnalului  
19 piroelectric (**Vppe**).

Dispozitivul fotopiroelectric intermediar (**DPPEI**), reprezentat în fig. 7 are aceeași  
21 topologie ca și dispozitivul fotopiroelectric simplu (**DPPEs**), dar pe placa de circuit imprimat  
(**2**) sunt montate în camera de iradiere o fotorezistență (**27**) și un senzor de temperatură (**26**),  
23 de tipul NTC, PTC sau RTD, miniatural, în capsula SMD0603 sau SMD1206, amplasate  
astfel încât fotorezistență (**27**) să fie iradiată cu o parte din radiația retroreflectată de senzorul  
25 compozit iar senzorul de temperatura (**26**) să fie obturat de fotorezistență (**27**) astfel încât  
să permită măsurarea valorii medii a temperaturii camerei de iradiere. Senzorul de  
27 temperatura (**26**) și fotorezistență (**27**) sunt interconectate în configurație divizor de tensiune  
(fig. 8) și returnează semnalele  $V_{foto}$  și  $V_{temp}$ . Adicional, un divizor de tensiune conectat în  
29 paralel cu dioda LED (**1**), caracterizat printr-un curent de ramură cu o intensitate mult mai  
mică decât curentul prin dioda LED (**1**), permite extragerea unui semnal (**Vmonit**) propor-  
31 țional cu căderea de tensiune prin LED (**1**). Astfel se poate verifica dacă dioda LED (**1**) este  
energizată, dacă funcționează și care este poziția punctului static de funcționare pe  
33 caracteristica curent/tensiune a diodei LED (**1**). Simultan, cu ajutorul fotorezistenței (**27**) se  
poate verifica dacă există semnal de excitație și dacă excitația respectă o variație sinusoidală  
35 sau este distorsionată. Răspunsul diodei LED (**1**), al fotorezistenței (**27**) și cel al semnalului  
piroelectric (**Vppe**) se pot corela cu temperatura medie a cavității de iradiere.

37 Instalația de măsură automatizată, care utilizează dispozitivul fotopiroelectric  
intermediar (**DPPEI**), este similară cu instalația care utilizează dispozitivul fotopiroelectric  
39 simplu (**DPPEs**), dar conține, aditional (fig. 9), fie trei sisteme de achiziție de date mono-  
canal, fie un sistem de achiziție de date (**SAD**) cu cel puțin trei canale analogice de intrare.  
41 Sistemul de achiziție de date (**SAD**) este de asemenea conectat la unitatea centrală de con-  
trol, care interoghează valorile celor trei semnale aditionale (**Vmonit**, **Vfoto** și **Vtemp**) ale  
43 dispozitivului fotopiroelectric intermediar (**DPPEI**), prelucrează și stochează valorile numerice  
și utilizează aceste date pentru a monitoriza și eventual pentru a ajusta parametrii de funcțio-  
45 nare (amplitudinea semnalelor **Voff** și **Vcom**) ai dispozitivului fotopiroelectric intermediar  
(**DPPEI**).



# RO 130583 B1

Dispozitivului fotopiroelectric complex (**DPPEC**), reprezentat în (fig. 10), este asemănător din punct de vedere funcțional cu dispozitivul fotopiroelectric intermediar (**DPPEI**), dar conține încorporate în carcasa dispozitivului un preamplificator și o sursă de curent constant comandată în tensiune. Adicional, spre diferență de **DPPES** și de **DPPEI**, acesta realizează o separare fizică mai bună a semnalului de excitație și a celui fotopiroelectric, și o ecranare mai bună a semnalelor interne de influențele externe, astfel asigurând reducerea efectelor fenomenului de interferență electromagnetică de la calea de semnal de excitație la calea de semnal piroelectric. Deci, **DPPEC** asigură o reducere a interferențelor electromagnetice emise de calea de semnal de excitație optică și permite îmbunătățirea raportului semnal/zgomot al semnalului piroelectric în condiții de perturbații externe augmentate.

Dispozitivul fotopiroelectric complex (**DPPEC**), prezintă un senzor fotopiroelectric compozit (**4**) atașat la capătul unui tub opac (**3**), intocmai ca și în cazul dispozitivului fotopiroelectric simplu (**DPPES**). La capătul tubului opac (**3**), opus celui unde este instalat senzorul fotopiroelectric compozit (**4**), cavitatea de iradiere (**20**) este mărginită de o placă de circuit imprimat (**29**) care prezintă un orificiu central, care este străbătut de corpul diodei LED (**1**). Pe placa de circuit imprimat (**29**) este plasată și fotorezistența (**27**), montată peste senzorul de temperatură (**26**), intocmai ca și în cazul dispozitivului fotopiroelectric intermediar (**DPPEI**). Placa de circuit imprimat (**29**) conține și elementele de polarizare ale senzorilor (**26**, **27**), divizorul de tensiune pentru obținerea semnalului  $V_{\text{monit}}$  și preamplificatorul semnalului  $V_{\text{ppe}}$ , a cărui schemă este ilustrată în fig. 11. Placa de circuit imprimat (**29**) este amplasată pe o placă metalică (**28**), pe care e fixată cu distanțiere cu filet (**31**). Placa metalică prezintă o degajare circulară centrală, în dreptul căreia se instalează tubul opac (**3**) și patru găuri (**40**) cu filet interior, pentru fixarea **DPPEC**. Patru tije metalice (**11**) sunt lipite în patru orificii executate în peretele tubului (**3**), în patru puncte aflate pe două direcții reciproc ortogonale și paralele cu axa de simetrie a tubului (**3**). Acestea străbat placa metalică (**28**), și placa de circuit imprimat unde sunt lipite cu ajutorul a patru punți de cositor (**30**). Ansamblul de distanțiere cu filet (**31**) susține și placa de circuit imprimat (**35**), care conține dioda LED (**1**), ale cărei terminale (**34**) o străbat și sunt lipite prin cositorire pe aceasta. Placa de circuit imprimat (**35**) conține și circuitul sursei de curent comandate în tensiune (fig. 11). Terminalele diodei LED (**1**) sunt ecranate cu un tub metalic (**33**). Simultan, ansamblul de distanțiere cu filet (**31**) susține și o placă metalică de ecranare (**32**) între placa de circuit imprimat (**29**) și placa de circuit imprimat (**35**). Placa metalică de ecranare este străbătută de tubul metalic (**33**). Astfel se obține o ecranare pentru câmpul electromagnetic proximal între calea de semnal de excitație și calea de semnal fotopiroelectric. Ansamblul alcătuit din placa metalică (**28**), distanțiere cu filet (**31**), placa de circuit imprimat (**29**) și placa de circuit imprimat (**35**) este ecranat și protejat cu o carcasă metalică exterioară (**36**), fixată cu șuruburi (**39**) pe patru piloni metalici pentru rigidizare (**38**). Pilonii metalici pentru rigidizare (**38**) sunt fixați cu șuruburi (**39**) pe placa metalică (**28**). Carcasa metalică exterioară (**36**) prezintă o fantă laterală (**37**) pentru accesarea conectorilor (**12** și **13**), unul instalat pe placa de circuit imprimat (**29**) și celălalt instalat pe placa de circuit imprimat (**35**). Carcasa metalică (**36**) prezintă patru găuri (**40**) cu filet interior, pentru fixarea **DPPEC**.

Instalația de măsură automatizată (fig. 12) specifică dispozitivului fotopiroelectric complex (**DPPEC**), diferă de instalația de măsură automatizată specifică dispozitivului fotopiroelectric intermediar (**DPPEI**) prin aceea că **DPPEC** este alimentat cu tensiune bipolară simetrică și cu tensiunea de alimentare a căii de excitație a diodei LED (**1**) și prin faptul că semnalul **Vcom** este trimis către **DPPEC**.

# RO 130583 B1

1            Dacă se utilizează un amplificator cu detecție sincronă (**ADS**) cu cel puțin trei intrări  
auxiliare de semnal analogic și cu cel puțin o ieșire auxiliară de semnal analogic, condiții  
3            îndeplinite de instrumentul SR830 DSP Lock-In Amplifier, acesta poate fi utilizat atât în locul  
sursei de tensiune comandată digital (**STCD**) cât și în locul sistemului de achiziție de date  
5            (**SAD**). Schema bloc a unei instalații de măsură automatizate, realizată cu un asemenea am-  
plificator cu detecție sincronă (**ADS**), utilizabilă fie cu dispozitivul fotopiroelectric intermediar  
7            (**DPPEI**), fie cu dispozitivul fotopiroelectric complex (**DPPEC**), este prezentată în fig. 13.

DPPE asigură sursa de excitație optică fixată astfel încât să ilumineze central un  
9            sistem multistrat cu simetrie axială:

I. aer-

11            II. strat 1, senzor piroelectric (**17**);

III. strat 2, adeziv epoxidic conductiv din punct de vedere electric (**18**);

13            IV. strat 3, placa metalică rigidă (**16**).

Stratul optic absorbant este electrodul metalic cald al senzorului piroelectric (**17**).  
15            Energia electromagnetică absorbită este în parte convertită în energie termică localizată pe  
suprafața stratului optic absorbant. Propagarea căldurii în materie (prin mecanisme difuzive)  
17            este descrisă de către ecuația de difuzie termică. Dacă radiația optică este modulată periodic  
în amplitudine, în stratul 1, sunt generate unde termice care se propagă în straturile  
19            sistemului descris mai sus. Undele termice sunt caracterizate prin lungimea de difuzie  
termică ( $\mu_1$ ). Lungimea de difuzie termică este dependența de frecvența de modulare a  
21            radiației optice ( $f$ ) și de difuzivitatea ( $\alpha_1$ ) mediului în care se propagă acestea:

$$\mu_1 = \left( \sqrt{\alpha_1 / \pi f} \right)$$

23            Lungimea de difuzie termică ( $\mu_1$ ) este un parametru care are dimensiunile fizice ale  
unei lungimi. Teoretic, amplitudinea undelor termice se atenuează exponențial într-un strat,  
25            exponentul fiind direct proporțional cu mărimea:

$$x_1 = L_1 / \mu_1 = L_1 / \left( \sqrt{\alpha_1 / \pi f} \right)$$

27             $L_1$  fiind grosimea fizică a materialului; se pot discrimina două cazuri particulare  
29            ale materialului prin care se propagă undele termice:

31            I. materialul poate fi considerat strat intermediar dacă, fiind parcurs de unde termice,  
acestea nu se atenuează complet. Deci, pentru  $x_1 < 2$  (atenueare mai mică de 90% a  
33            amplitudinii undelor) un strat poate fi considerat intermediar.

35            II. materialul poate fi considerat substrat dacă, fiind parcurs de unde termice, acestea  
se atenuează complet în material. Deci, pentru  $x_1 > 7$  (atenueare mai mare de 99,9% a  
37            amplitudinii undelor) un strat poate fi considerat substrat.

39            Undele termice generate la suprafața senzorului piroelectric se propagă prin fiecare  
strat al sistemului. În cazul straturilor intermediare, propagarea undelor termice prin material  
este guvernată de difuziunea termică a materialului. La interfața dintre straturi are loc un  
41            transfer de căldură dependent de coeficienții de reflexie ai undelor termice. Coeficienții de  
reflexie ai undelor termice sunt dependenți de efuzivitățile celor două medii care vin în  
43            contact. Astfel, propagarea undelor termice în straturile intermediare depinde de cei doi  
parametri termici (efuzivitatea și difuzivitatea termică), de proprietățile geometrice ale  
45            fiecărui strat în care difuzează căldura, de frecvența de modulare a radiației și de  
amplitudinea undelor termice în punctul de generare al acestora. Propagarea undelor termice  
în substrat depinde doar de efuzivitatea termică a acestuia.

În momentul în care, între fețele sensorului piroelectric, apare o diferență de temperatură, materialul piroelectric produce un impuls semnal electric tranzitoriu. În condițiile excitării sensorului piroelectric cu radiație optică modulată periodic, undele termice determină apariția unui semnal piroelectric periodic (V<sub>ppe</sub>). Semnalul piroelectric depinde de coeficientul piroelectric al sensorului, de caracteristicile geometrice ale sensorului, de intensitatea radiației incidente, de caracteristicile impedanței de intrare a circuitului care preia semnalul V<sub>ppe</sub>, de parametrii termici ai sensorului și de parametrii termici și geometrici ai tuturor straturilor prin care se propagă undele termice. Pentru a elimina dependența semnalului PPE de intensitatea radiației incidente și de caracteristicile electrice, geometrice și termice ale sensorului, în practică se utilizează o procedură de normalizare care constă în efectuarea raportului între spectrul semnalului PPE (variația semnalului PPE în funcție de frecvența de modulare a radiației) pentru o configurație de măsură cunoscută și spectrul semnalului PPE pentru configurația necunoscută (care conține stratul de interes). În referința [Pop M. N., **Calorimetrie fototermică de contact și noncontact pentru studiul materiei condensate, rezumatul tezei de doctorat (2012): <https://www.researchgate.net/publication/298170042> PhD thesis summary**] este descrisă teoria sistemelor de măsură multistrat, în cazul configurației FPPE de măsură iar în referința [Pop M N, **A composite layered sub-system for front detection calorimetrie instrumentation, International Journal of Thermal Sciences 104, 2016, pp. 112-121**] sunt descrise atât particularizările teoretice cât și rezultatele obținute în cazul utilizării unui senzor fotopiroelectric compozit, reprezentat în fig. 2. Extragerea parametrilor termici ai substanței investigate se realizează cu ajutorul unor instrumente numerice (programe software specializate) care efectuează fit-area datelor experimentale normalizate, utilizând modelul matematic. Astfel, fit-area datelor experimentale presupune determinarea punctului de minim al unei funcții de tipul „hi-pătrat”, calculată prin compararea globală I. a modelului matematic (în care se introduc valori posibile ale parametrilor termici de interes) și II. a datelor experimentale (variația amplitudinii și fazei semnalului fotopiroelectric, în funcție de frecvența de modulare a radiației optice). Deci, valorile obținute pentru parametrii termici de interes, sunt cele corespunzătoare minimumului funcției hi-pătrat.

În cazul în care materialul investigat este substratul, determinarea efuzivității termice a acestuia presupune fit-area datelor experimentale normalizate (a amplitudinii și fazei, în funcție de frecvența de modulare a radiației), parametrul de fit fiind efuzivitatea termică a substratului. În cazul în care materialul investigat este strat intermediar, dacă se cunoaște grosimea fizică a stratului, necunoscut, prin efectuarea unei fit-ari a datelor experimentale cu un singur parametru de fit se pot determina oricare din cei doi parametri termici (difuzivitatea sau efuzivitatea termică) caracteristici ale acestuia, dacă se cunoaște celalalt parametru. Totodată prin fit-area datelor experimentale cu doi parametrii de fit, din moment ce efuzivitatea și difuzivitatea termică intervin în moduri diferite în modelul matematic, se poate determina atât difuzivitatea cât și efuzivitatea termică a stratului intermediar.

Toate cele trei variante de dispozitive de măsură piroelectrice (**DPPES**, **DPPEI** și **DPPEC**) propuse prezintă aceeași topologie și principiu de funcționare ale cavității de iradiere (20). Prin urmare, în cele ce urmează prin dispozitiv fotopiroelectric (**DPPE**) se va face referire la oricare din variantele propuse. În cazul în care se măsoară efuzivitatea termică a unui substrat solid (fig. 14.a), între suprafața exterioară a **DPPE** și solidul investigat (42), dispus drept substrat, este necesară dispunerea unui strat de lichid fluid de cuplaj (41), pentru a elimina golurile microscopice de aer și pentru a asigura continuitatea temperaturii și a fluxului de temperatură la interfața dintre solide. Dacă grosimea stratului de lichid de

# RO 130583 B1

1 cuplaj (41) este foarte mică, influența acestuia se poate neglija. În cazul în care este necesară  
2 determinarea ambelor proprietăți termice ale unui material solid investigat (42), este  
3 necesară dispunerea acestuia drept strat intermediar. Pentru aceasta, DPPE se poate monta  
4 pe un suport metalic inert (43), iar stratul intermediar se poate dispune peste suprafața  
5 exterioră a DPPE (fig. 14a). Într-un caz (fig. 14.b), materialul solid investigat (42) se poate  
6 dispune drept strat intermediar împreună cu un substrat (44) solid cunoscut. În alt caz (fig.  
7 14.c), dacă natura materialului permite (porozitate redusă, lipsa interacțiunii cu lichidele etc.),  
8 materialul solid investigat 42 se poate dispune drept strat intermediar împreună cu un  
9 substrat 44 cunoscut, peste stratul solid investigat 42 amplasându-se un cilindru solid gol 45  
10 în care se introduce substratul 44 lichid.

11 Pentru determinarea efuzivității termice a lichidelor este propus dispozitivul adițional  
12 din (fig. 15.a). Dispozitivul fotopiroelectric DPPE se montează pe o suprafață plană a unui  
13 suport mecanic inert 43, cu senzorul piroelectric orientat în sus. Dispozitivul adițional este  
14 alcătuit dintr-un tub opac 46, izolator din punct de vedere termic, cu diametrul exterior egal  
15 cu cel al tubului 3 și cu diametrul interior cel mult egal cu diametrul interior al tubului 3.  
16 Îmbinarea dintre tubul opac 3 al DPPE și tubul opac se etanșează cu adeziv siliconic 6.  
17 Tubul opac 46 este prevăzut cu un capac 46. Cavitatea limitată de placa rigidă 16, tubul opac  
18 46 și capacul 47 este cavitatea în care este conținut lichidul investigat dispus drept substrat  
19 44. În jurul tubului opac 3 și tubului opac 46 se introduce un tub metalic 48 pentru rigidizare,  
20 omogenizare a temperaturii și pentru izolație a radiației electromagnetice. În jurul tubului 48  
21 se poate introduce un suport de bobinare 49 alcătuit dintr-un material izolator din punct de  
22 vedere electric. Suportul de bobinare 49, conține unul sau mai mulți galeți și pentru fiecare  
23 galeț, cât mai aproape de axa de simetrie este plasat un senzor de temperatură 51 și apoi  
24 este bobinată câte o înfășurare rezistivă 50 pentru încălzirea ansamblului. Ansamblul alcătuit  
25 din DPPE și dispozitivul adițional poate fi înconjurat cu un înveliș izolator din punct de vedere  
26 termic 52, confecționat dintr-un material stabil pentru întreg domeniul de temperaturi la care  
27 se fac măsurătorile. Înfășurările rezistive 50 pot fi utilizate pentru încălzire, prin injectarea  
28 unui curent electric prin conductorii acestora, iar senzorii de temperatură 51 pentru măsura-  
29 rea temperaturii. Astfel se pot stabili bucle de control a temperaturii și se poate asigura omo-  
30 genitatea temperaturii camerei de iradiere (20) și a cavității în care este conținut substratul  
31 44 lichid în timpul proceselor de măsură cu scanarea frecvenței de modulație a radiației  
32 optice 8.

33 În fig. 15.b este prezentat un dispozitiv care prezintă în plus față de cel din fig. 15.a  
34 un suport metalic rigid 53, ancorat în suportul mecanic inert 43. În suportul metalic rigid 53  
35 este fixat un șurub micrometric 54 care prezintă la capătul inferior un cilindru solid 55 obținut  
36 dintr-un material izotrop și omogen, scufundat în lichidul investigat (45). Prin ajustarea  
37 șurubului micrometric 54, cilindru solid 55 este apropiat sau depărtat de suprafața exterioră  
38 a DPPE și se poate modifica grosimea fizică a lichidului investigat. Astfel, se poate studia  
39 lichidul investigat în calitate de substrat 44 și de strat intermediar și se poate determina  
40 efuzivitatea și difuzivitatea lichidului investigat [Pop M N, Calorimetrie fototermică de con-  
41 tact și noncontact pentru studiul materiei condensate, rezumatul tezei de doctorat  
42 (2012):[https://www.researchgate.net/publication/298170042\\_PhD\\_thesis\\_summary](https://www.researchgate.net/publication/298170042_PhD_thesis_summary)].

43 În fig. 16 sunt prezentate o serie de dispozitive adiționale care se instalează în jurul  
44 suprafeței sensibile a DPPE și care permit circulația fluidelor (lichidele investigate, solvenți  
45 pentru spălare, aer pentru uscarea) prin cavitățile care conțin lichidul 62, 66 și 69 în timpul  
proceselor de măsurare, lichidele fiind aduse la dispozitivul adițional prin intermediul unor

tuburi flexibile. În felul acesta se poate utiliza **DPPE**, pentru investigarea lichidelor, fără a fi necesară intervenția unui operator uman în timpul proceselor de măsurare sau în timpul proceselor de umplere, golire, spălare și uscare. Dispozitivele adiționale asigură de fapt o grosime constantă și cunoscută a lichidului investigat, în timpul proceselor de măsurare.

În fig. 16.a este prezentat un dispozitiv alcătuit dintr-un material prelucrabil pe cale mecanică, izolator din punct de vedere termic, opac (de exemplu, bachelita neagră, material acrilic, polipropilenă, poliamidă, politetrafluoretilenă etc), preferabil transparent (de exemplu, plexiglas, caz în care, se poate observa starea conținutului cavității de măsură. Dispozitivul adițional este alcătuit din corpul dispozitivului **57**, prevăzut cu patru orificii pentru fixare **58** și prevăzut cu o cavitate centrală **62**, închisă la un capăt, cu diametrul interior egal cu diametrul exterior al tubului opac **3** al **DPPE**. În interiorul cavității centrale **62** este prevăzută o îngustare a diametrului **67**, pe care se sprijină suprafața laterală a plăcii rigide **16**. Astfel, tubul opac **3** al **DPPE** este introdus în cavitatea centrală **62**, îmbinarea fiind etanșată cu adeziv siliconic **6**, ansamblu **DPPE**, dispozitiv adițional este fixat pe corpul dispozitivului **57** cu șuruburi care trec prin orificiile **58** și **15**, respectiv **40**. Astfel se formează o cavitate cuprinsă între placa rigidă **16** și capătul închis a cavității **62**, în care este dispus substratul lichid investigat. Corpul dispozitivului **57** este prevăzut cu patru orificii filetate **60**, dispuse de-a lungul a doua direcții ortogonale, perpendiculare pe axa de simetrie a cavității (**62**), care comunică cu cavitatea centrală **62**. În aceste găuri se pot introduce prin înfiletare fie racorduri înfiletate **59**, fie bușoane **63**, îmbinările fiind de asemenea etanșate. În felul acesta se formează căi de circulare ale fluidelor **61** prin cavitatea centrală **62**.

În fig. 13.b este prezentat un dispozitiv adițional care permite dispunerea automată a lichidului investigat drept strat intermediar. Astfel, întocmai ca și în cazul prezentat în fig. 13.b, tubul opac **3** este introdus în cavitatea centrală **66** a corpului dispozitivului **68** iar îngustarea diametrului **67** este de asemenea natură executată încât o cavitate cuprinsă între placa rigidă **16** și capătul închis a cavității **66**, să asigure o asemenea grosime a lichidului investigat încât acesta să fie strat intermediar, substratul fiind materialul din care este obținut corpul dispozitivului **68**.

În fig. 13.c este prezentat un dispozitiv adițional care conține două cavități separate printr-un strat separator circular **73**, rigid (de exemplu: o lamă subțire de sticlă), dispus drept strat intermediar, etanșat cu adeziv siliconic **6** pe circumferința unei îngustări a diametrului **72**. Cavitatea centrală **69**, formată între placa rigidă **16** și stratul separator circular **73** este suficient de subțire astfel încât lichidul conținut de aceasta să fie strat intermediar. Cavitatea centrală **69**, formată între stratul separator circular **73** și peretele închis al cavității **69** este de o asemenea grosime încât lichidul conținut de aceasta să fie substrat. Ambele cavități sunt prevăzute cu canale comunicante, prevăzute cu filet interior **60**. Acest dispozitiv permite investigarea fie a lichidului dispus drept strat intermediar fie a substratului lichid și permite investigarea secvențială a aceluiași lichid, dispus drept substrat și drept lichid intermediar [D. Dadarlat, M. N. Pop, *Self-consistent photopyroelectric calorimetry for liquids*, *International Journal of Thermal Sciences*, Volume 56, June 2012, pp. 1922].

În fig. 17 este prezentat un dispozitiv adițional care permite investigarea și monitorizarea efuzivității termice a unui lichid conținut într-un balon de sticlă **74**, prevăzut cu o gură de acces **75**, în timp ce lichidul suferă schimbări fizice sau chimice (de exemplu, în timpul unei reacții chimice sau degradări fizice etc). Două piese termostatare **76**, prevăzute cu orificii laterale **83**, se îmbină cu șuruburi care trec prin orificiile **78**, cuprinzând între ele balonul de sticlă **74**, dar permițând accesarea gurii de acces **75**. Dispozitivul fotopyroelectric **DPPE** este fixat cu șuruburi **79** care trec prin orificiile **83** pe una din cele două piese

# RO 130583 B1

1 termostate **76**, astfel încât tubul opac **3** să străbată orificul **83**, executat în suprafața  
laterală a piesei termostate **76**. Între cele două piese termostate **76** este dispus balonul  
3 de sticlă **74** prevăzut cu cel puțin un orificiu lateral **77**. Placa rigidă este fixată și etanșată cu  
adeziv siliconic **6** pe orificiul lateral **77**. În partea laterală a balonului de sticlă **74**, diametral  
5 opusă orificiului lateral **77** poate exista un al doilea orificiu **81** în balonul de sticlă unde să fie  
etanșată o fereastră plană rigidă **82**, posibil etanșată cu adeziv siliconic **6**, care poate fi  
7 utilizată pentru iradiere, vizualizare etc.

## 9 Bibliografie

11 Kraftmakher Y., Modulation calorimetry and related techniques, physics reports 356,  
2002, pp. 1-117.

13 Almond D.P and Patel P. M, Photothermal Science and Techniques, Chapman and  
Hali, London 1996.

15 Marin Moares E, Basic Principles of thermal wave physics and related techniques,  
în Thermal Wave Physics and Related Photothermal techniques: Basic Principles and  
17 Recent Developments, Ch1, pp.1-27 Ed. by E. Marin, Transworld Research Network, Kerala,  
India, 2009.

19 Dadarlat D and Neamtu C, Recent developments of photopyroelectric calorimetry of  
liquids, în Thermal Wave Physics and Related Photothermal techniques: Basic Principles  
21 and Recent Developments, Ch3, pp.65-97, Ed. by E. Marin, Transworld Research Network,  
Kerala, India, 2009.

23 Chirtoc M, Glorieux C and Thoen J, Thermophysical properties and critical  
phenomena studied by the photopyroelectric (PPE) method, în Thermal Wave Physics and  
25 Related Photothermal techniques: Basic Principles and Recent Developments, Ch5,  
pp.125-158, Ed. by E. Marin, Transworld Research Network, Kerala, India, 2009

27 Pop M N, Calorimetrie fototermică de contact și noncontact pentru studiul materiei  
condensate, rezumatul tezei de doctorat (ian. 2012), disponibil la adresa web:  
29 <https://www.researchgate.net/publication/298170042> PhD thesis summary.

Dadarlat D, Photopyroelectric calorimetry of solids, Journal of Thermal Analysis and  
31 Calorimetry, 2010; 101(1):397-402.

Dadarlat D, Pop M.N, 2010, New front photopyroelectric methodology based on  
33 thickness scanning procedure for measuring the thermal parameters of thin solids, Meas. Sci.  
Technol. 21 (2010) 105701.

35 Pop M.N, Dadarlat D, Streza M. and Tosa V, Photopyroelectric Investigation of  
Thermal Effusivity of Binary Liquid Mixtures by FPPE-TWRC Method, Acta Chim. Slov. 2011,  
37 58, 549-554.

Dadarlat D, Pop M.N, Self-consistent photopyroelectric calorimetry for liquids,  
39 International Journal of Thermal Sciences, Volume 56, June 2012, pp. 19-22.

Pop M N, A composite layered sub-system for front detection calorimetric  
41 instrumentation, International Journal of Thermal Sciences 104, 2016, pp.112-121.

Pop M N, A Photopyroelectric Measurement Device for Liquid Investigation and  
43 Monitoring, 2014 International Conference and Exposition on Electrical and Power  
Engineering (EPE2014).

45 William A. H, Chevy C, Shuko Y, Pyroelectric calorimeter, US 5030012 Andreas M,  
Mahendra M, Non-contact photothermal method for measuring thermal diffusivity and  
47 electronic defect properties of solids, US 5667300.

## RO 130583 B1

- Popescu A și Savastru D, Metoda neinvaziva și dispozitiv de măsură a coeficientului de difuzie termică, RO 127565-B1. 1
- Mandelis A, Diffusion - Wave Fields: Mathematical Methods and Green Funcțiuni, New York - Springer, 2001. 3
- Pop M.N, Contact and Noncontact Conținuous Thickness Evaluation Using Photothermal Techniques, AIP Conference Series, 1565 (1), pp. 145. 5

# RO 130583 B1

## Revendicări

1  
3  
5  
7  
9  
11  
13  
15  
17  
19  
21  
23  
25  
27  
29  
31  
33  
35  
37  
39  
41  
43  
45

1. Dispozitiv fotopiroelectric (**DPPES**) pentru măsurarea proprietăților termice ale materiei condensate, **caracterizat prin aceea că**, este alcătuit dintr-o diodă LED (**1**), situată la unul din capetele unui tub opac (**3**), izolator din punct de vedere termic și electric, și dintr-un senzor piroelectric multistrat (**4**), montat la capătul opus al tubului (**3**) opac și etanșat cu adeziv siliconic (**6**), astfel încât în interiorul tubului (**3**) se formează o cavitate de iradiere (**20**) în care dioda LED iluminează cu radiație optică modulată armonic (**8**) fața superioară a senzorului piroelectric (**4**) care generează un semnal piroelectric dependent inclusiv de proprietățile termice și geometrice ale straturilor adiacente senzorului piroelectric (**4**).

2. Dispozitiv fotopiroelectric, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, senzorul fotopiroelectric (**4**) compozit, multistrat, prezintă o placă rigidă (**16**) cu rezistență sporită la agenți chimici sau acțiuni mecanice, peste care este aplicat un strat de adeziv (**18**), conductor din punct de vedere electric, peste care este lipit senzorul piroelectric (**17**), astfel încât există posibilitatea preluării semnalului electric, de pe aceeași față a senzorului compozit (**17**), cu ajutorul a doi conductori electrici (**23** și **24**) lipiți cu ajutorul unor punți conductoare (**19**), unul pe suprafața superioară a senzorului piroelectric (**17**) și celălalt pe stratul de adeziv conductor (**18**), placa rigidă (**16**) constituind suprafața exterioară a senzorului piroelectric compozit (**4**).

3. Dispozitiv fotopiroelectric, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, mai este prevăzut inclusiv cu o serie de căi de monitorizare a stării de funcționare, pe aceeași parte a tubului opac (**3**) cu dioda LED (**1**), pe placa de circuit imprimat (**2**), conținând și un senzor de temperatură (**26**), situat în interiorul tubului fără să fie iradiat direct sau indirect, care furnizează un semnal (**Vtemp**) proporțional cu temperatura medie a cavității de iradiere și o fotorezistență (**27**) care furnizează un semnal electric (**Vfoto**) proporțional cu radiația optică retroreflectată în cavitatea de iradiere (**20**).

4. Dispozitiv fotopiroelectric, conform revendicărilor 1 și 3, **caracterizat prin aceea că**, în carcasa (**36**) a dispozitivului mai sunt prevăzute două circuite: al preamplificatorului semnalului fotopiroelectric și al sursei de curent constant, comandată în tensiune (**SCCT**) care generează curentul modulată armonic prin dioda LED, sursa de curent utilizând un circuit integrat ajustabil stabilizator de tensiune (**CIAS**), conectat în configurație stabilizatoare de curent, la terminalul de ajustare a tensiunii fiind conectată în serie cu o diodă (**D6**), ieșirea unui etaj tampon cu amplificator operațional (**IC6A**), la a cărei intrare neinversoare este adusă tensiunea de comandă a modulării (**Vcom**).

5. Dispozitiv fotopiroelectric, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, în scopul măsurării efuzivității termice a lichidelor, este prevăzut cu termostatarea cavității de iradiere (**20**) și a substratului lichid investigat, având montat în jurul tubului opac (**3**), îmbinarea fiind etanșată cu adeziv siliconic (**6**), un dispozitiv adițional cu simetrie circulară alcătuit dintr-un tub (**46**), obținut din material opac, izolator din punct de vedere termic care se sprijină pe suprafața exterioară (**16**) a senzorului piroelectric (**4**) și care este prevăzut cu un capac (**47**) obținut din material opac, izolator din punct de vedere termic, astfel încât suprafața exterioară (**16**) a senzorului piroelectric compozit (**4**), tubul (**46**) și capacul (**47**) delimitează cavitatea substratului (**45**) în care se introduce lichidul investigat; dispozitivul adițional prezentând una sau mai multe înfășurări rezistive (**50**) dispuse pe un suport de bobinare (**48**), fiecare înfășurare fiind prevăzută cu câte un senzor de temperatura (**51**),



# RO 130583 B1

- dispus în proximitatea suportului de bobinare, astfel încât atât cavitatea de iradiere (20) cât și cavitatea substratului (45) pot fi încălzite și menținute la o temperatură superioară mediului ambiant, constantă și uniform distribuită de-a lungul axei de simetrie a senzorului piroelectric compozit (4). 1  
3
6. Dispozitiv fotopiroelectric, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, pentru măsurarea efuzivității termice a unui substrat lichid, care permite circularea lichidului, tubul opac (3) este inserat într-o cavitate centrală (62) a unui dispozitiv adițional (57), astfel încât: 5  
7
- I. Îmbinarea este etanșată cu adeziv siliconic (6); 9
- II. cavitatea circulară centrală (62) este închisă la un capăt și este prevăzută cu o îngustare a diametrului (67), care sprijină suprafața laterală a plăcii rigide (16) a senzorului piroelectric (4), iar cavitatea delimitată de suprafața exterioară (12) a senzorului piroelectric (4) și capătul închis al dispozitivului adițional (57) este suficient de adâncă astfel încât lichidul conținut de aceasta să poată fi considerat substrat, în care undele termice se atenuază complet; 11  
13  
15
- III. cavitatea circulară centrală (62) este prevăzută cu niște orificii filetate (60), dispuse de-a lungul a două direcții ortogonale între ele și perpendiculare pe axa de simetrie a tubului opac (3), în care pot fi montate prin înfiletare fie racorduri, adaptate pentru tuburi flexibile (59), fie bușoane (63), astfel formându-se căi de circulare pentru fluide (61) care străbat cavitatea centrală (62) și care pot fi folosite pentru efectuarea operațiilor de spălare, uscare și înlocuire a lichidului investigat fără a fi necesară intervenția manuală asupra ansamblului de măsurare. 17  
19  
21
7. Dispozitiv fotopiroelectric, conform revendicărilor 1 și 9, **caracterizat prin aceea că**, pentru determinarea inclusiv a difuzivității termice a unui lichid investigat, care permite circularea lichidului menționată cavitate centrală (66) a dispozitivului adițional (68) în care este inserat tubul opac (3), prezintă o îngustare a diametrului (67), astfel încât, cavitatea delimitată de suprafața exterioară (12) a senzorului piroelectric compozit (4) și capătul închis al dispozitivului adițional (68) să fie suficient de subțire pentru ca lichidul conținut de aceasta să poată fi considerat strat intermediar prin care se propagă undele termice. 23  
25  
27  
29
8. Dispozitiv fotopiroelectric, conform revendicărilor 1 și 9, **caracterizat prin aceea că**, pentru determinarea fie a difuzivității termice a unui lichid investigat dispus drept strat intermediar, fie a efuzivității termice a unui lichid investigat dispus drept substrat, care permite circularea lichidului, mai conține un dispozitiv adițional (70), în a cărui cavitate centrală (69) este inserat tubul opac (3), care prezintă o primă îngustare a diametrului (71) pe care se sprijină suprafața dispozitivului fotopiroelectric și o a doua îngustare a diametrului (72) pe care se sprijină o placă circulară rigidă (73), atașată cu adeziv siliconic (6), de așa natură încât, atât lichidul conținut în cavitatea delimitată de suprafața exterioară a senzorului piroelectric compozit (4) și de placa circulară rigidă (73), să permită introducerea unui lichid astfel încât stratul de lichid cât și lama de sticlă placa circulară rigidă (73) să fie straturi intermediare, prin care se propagă undele termice iar cavitatea (62) delimitată placa circulară rigidă (73) și capătul închis al dispozitivului adițional (70) să fie suficient de adâncă astfel încât lichidul conținut de aceasta să poată fi considerat substrat. 31  
33  
35  
37  
39  
41
9. Dispozitiv fotopiroelectric, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, pentru investigarea și monitorizarea efuzivității termice a soluțiilor lichide în timp ce acestea trec prin schimbări fizice și/sau chimice, este montat pe una din cele două piese termostatate (76) prevăzute cu orificii laterale (83) iar tubul opac (3) străbate piesa termostată, suprafața exterioară a senzorului piroelectric fiind fixată și etanșată cu adeziv siliconic (6) pe orificiul 43  
45  
47

# RO 130583 B1

1 lateral al unui balon de sticlă (74), astfel încât, piesele termostatate (76) ansamblate să  
înconjoare balonul de sticlă (74), fiind posibilă accesarea gurii de acces a balonului (75), iar  
3 în dreptul orificiului lateral al piesei termostatate (76), pe care nu este montat dispozitivul foto-  
piroelectric este prevăzut un al doilea orificiu (81) pe care este montată o fereastră  
5 transparentă care poate fi utilizată pentru vizualizare.

10. Instalație de măsură fotopiroelectrică, destinată automatizării funcționării dispoziti-  
7 vului fotopiroelectric de la revendicarea 1, **caracterizată prin aceea că**, este prevăzută cu  
o unitate digitală de comandă și control (UCC) care asigură automatizarea procesului de  
9 măsură și comunică:

11 I. cu o sursă de tensiune comandată digital (STCD) care generează un semnal de  
tensiune continuă (Voff) și

13 II. cu un amplificator cu detecție sincronă (ADS), capabil să genereze un semnal  
sinusoidal de referință (Vmod) cu amplitudine și frecvență ajustabile și să extragă atât  
faza cât și amplitudinea semnalului de intrare, semnalele Voff și Vmod fiind furnizate unui  
15 circuit de condiționare analogică (CCSE), generator al semnalului de comandă al excitației  
(Vcom) care este furnizat unei surse de curent comandată în tensiune (SCCT), care la  
17 rândul său generează un curent de ieșire (lexc) care străbate dioda LED (1) iar semnalul  
(Vppe) generat de senzorul piroelectric (4) este adus la intrarea amplificatorului cu detecție  
19 sincronă astfel încât unitatea de comandă și control este capabilă să achiziționeze valorile  
amplitudinii și fazei semnalului PPE, pentru diferite valori ale frecvenței semnalului de  
21 referință.

11. Instalație de măsură fotopiroelectrică, conform revendicării 10, destinată auto-  
23 matizării funcționării dispozitivului fotopiroelectric de la revendicările 1 și 3, **caracterizată  
prin aceea că**, mai conține cel puțin un sistem de achiziție de date cu intrări multiple (SAD)  
25 conectate la unitatea centrală de comandă și control (UCC), menite achiziției semnalelor  
(Vmonit, Vfoto și Vtemp), astfel încât unitate de comandă și control (UCC) poate monitoriza  
27 temperatura cavității de iradiere (20), căderea de tensiune pe dioda LED (1) și intensitatea  
radiației diodei LED, acești parametri putând fi corelați cu caracteristicile semnalului de  
29 excitație (lexc) și ale semnalului piroelectric (Vppe).

12. Instalație de măsură fotopiroelectrică, conform revendicărilor 10 și 11, destinată  
31 automatizării funcționării dispozitivului fotopiroelectric de la revendicările 1, 3 și 4,  
**caracterizată prin aceea că**, utilizează un amplificator cu detecție sincronă (ADS), care  
33 admite comandă digitală, capabil să genereze cel puțin un nivel de tensiune continuă și  
capabil să achiziționeze cel puțin trei semnale analogice auxiliare, astfel încât amplificatorul  
35 cu detecție sincronă (ADS) este folosit atât în locul sursei de tensiune continuă comandată  
digital (STCD) cât și în locul sistemului de achiziție de date (SAD).

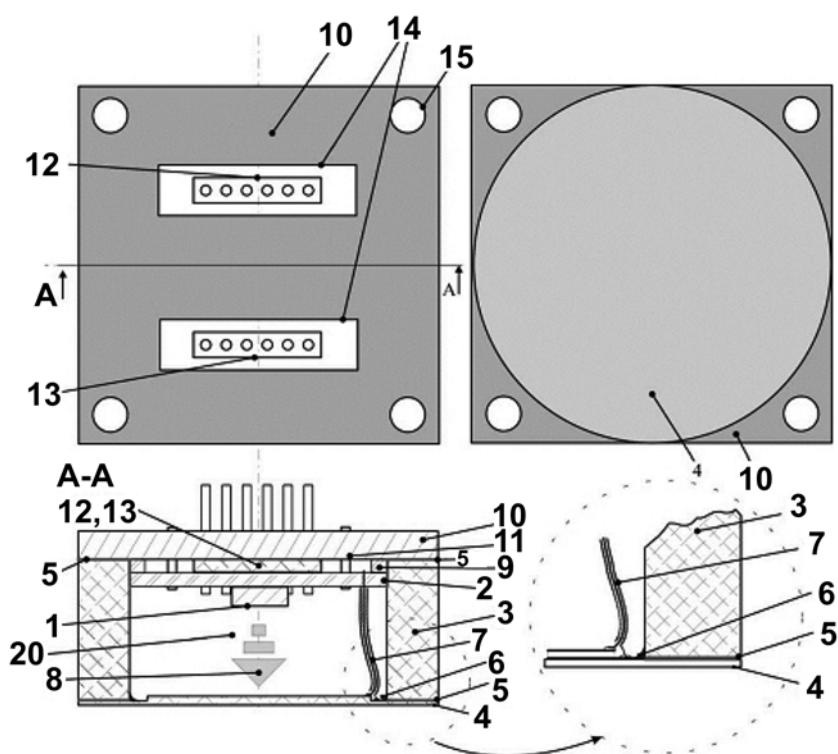


Fig. 1

(51) Int.Cl.

G01N 25/20 (2006.01);

G01J 5/00 (2006.01)

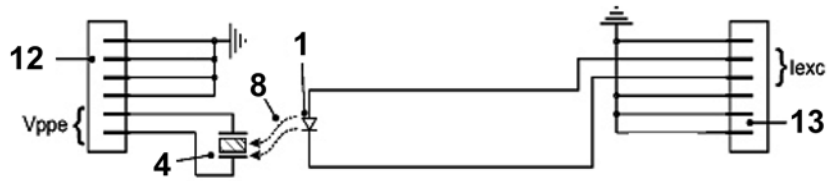


Fig. 2

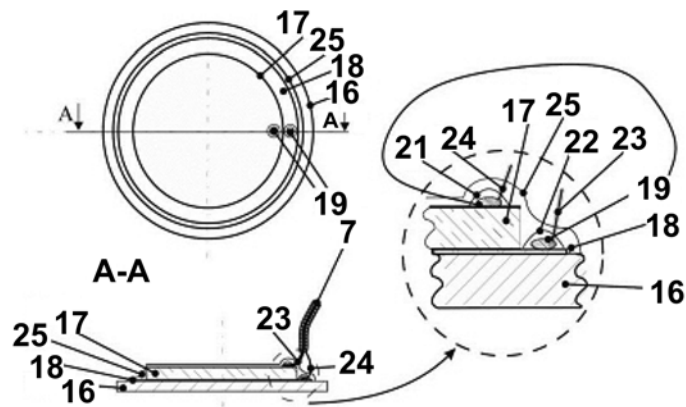


Fig. 3

(51) Int.Cl.

G01N 25/20 (2006.01);

G01J 5/00 (2006.01)

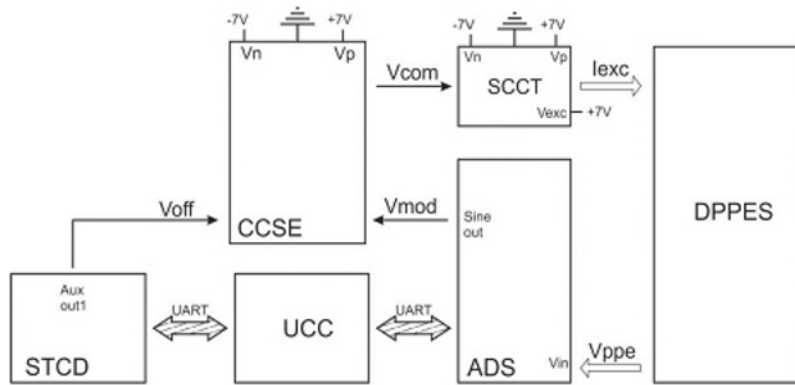


Fig. 4

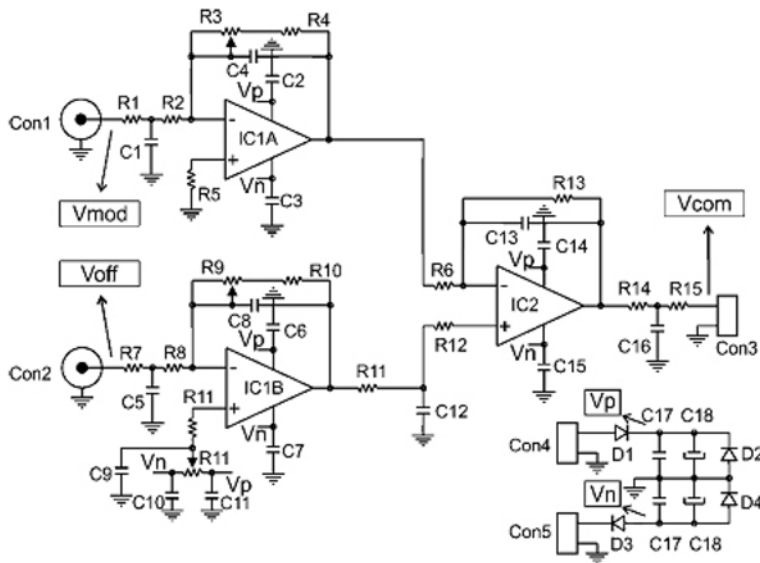
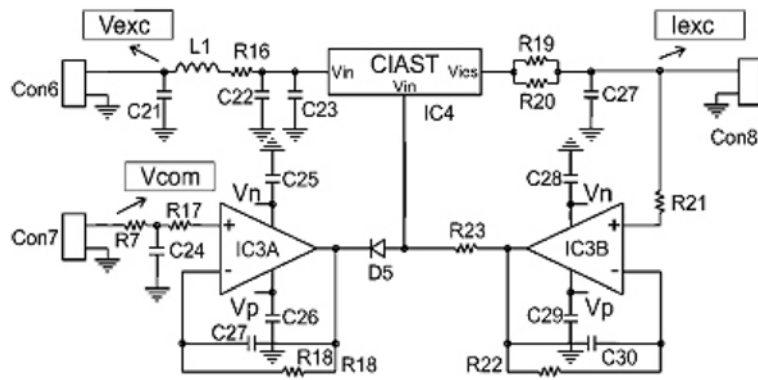


Fig. 5

(51) Int.Cl.

**G01N 25/20** (2006.01),

**G01J 5/00** (2006.01)



**Fig. 6**

(51) Int.Cl.

G01N 25/20 (2006.01);

G01J 5/00 (2006.01)

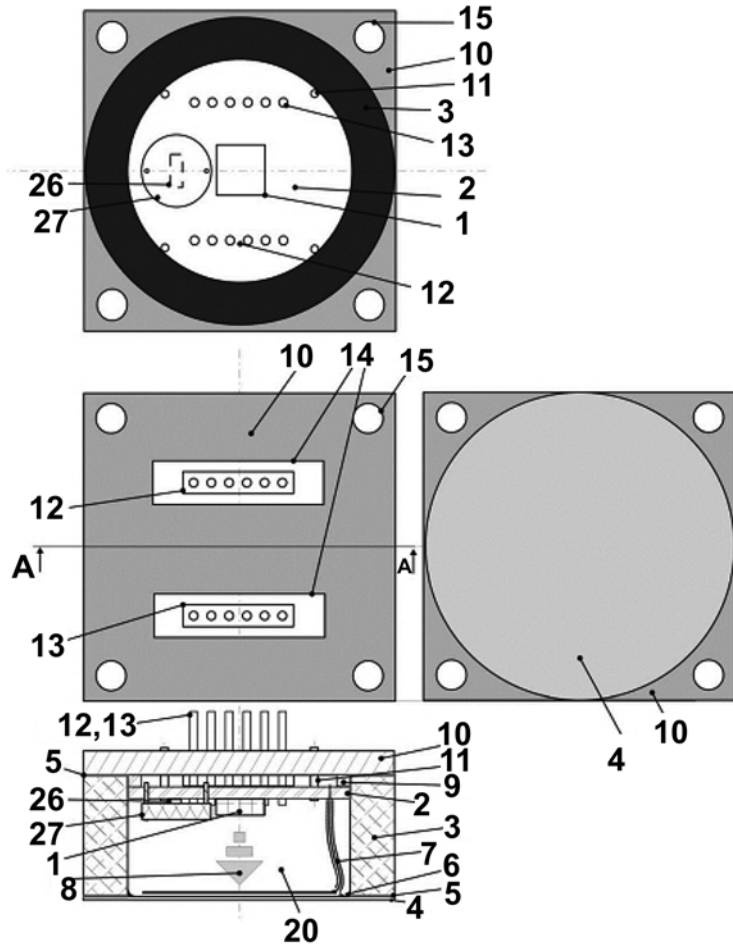


Fig. 7 a,b,c,d

(51) Int.Cl.

G01N 25/20 (2006.01);

G01J 5/00 (2006.01)

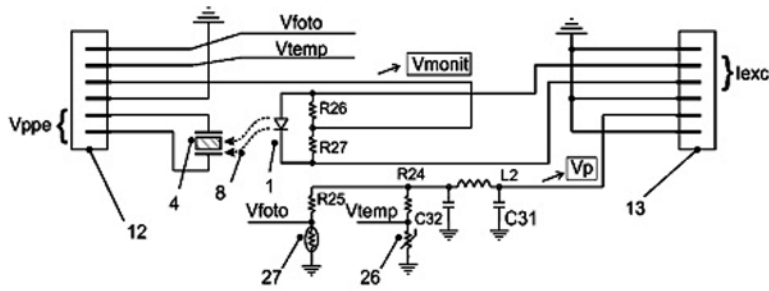


Fig. 8

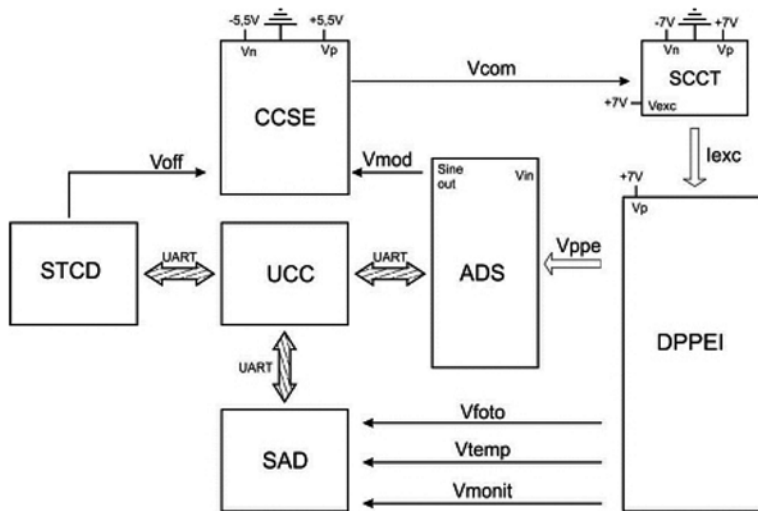


Fig. 9



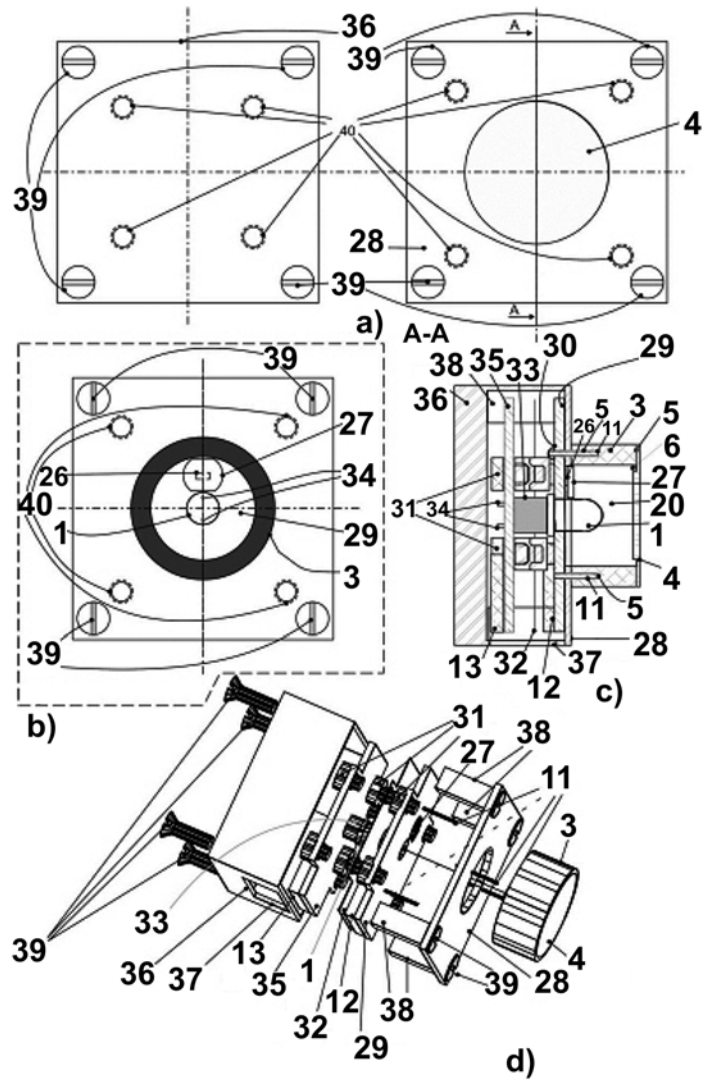


Fig. 10

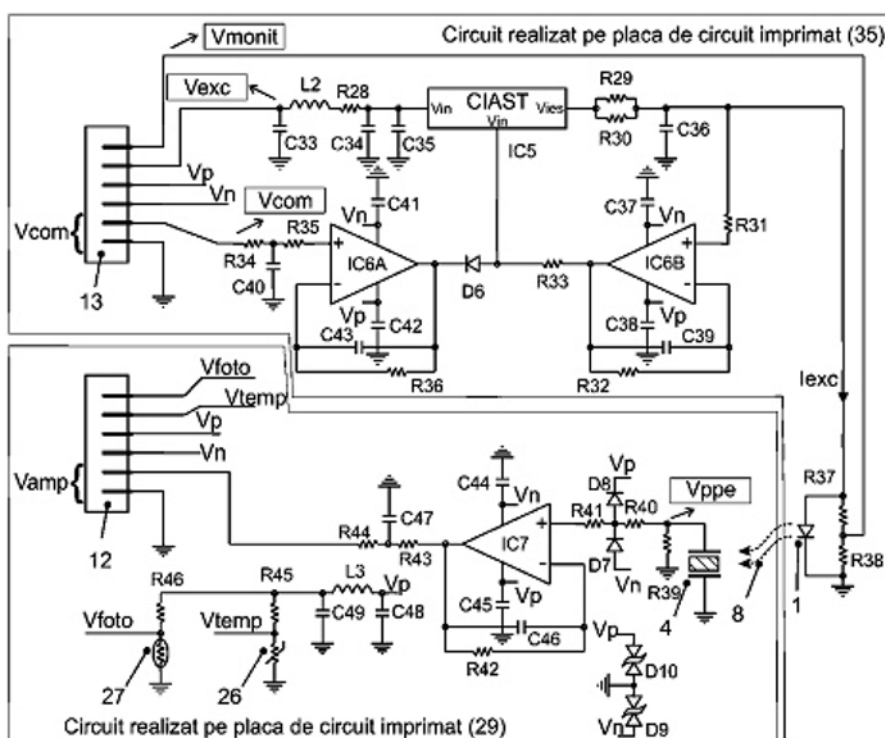


Fig. 11

(51) Int.Cl.

G01N 25/20 (2006.01);

G01J 5/00 (2006.01)

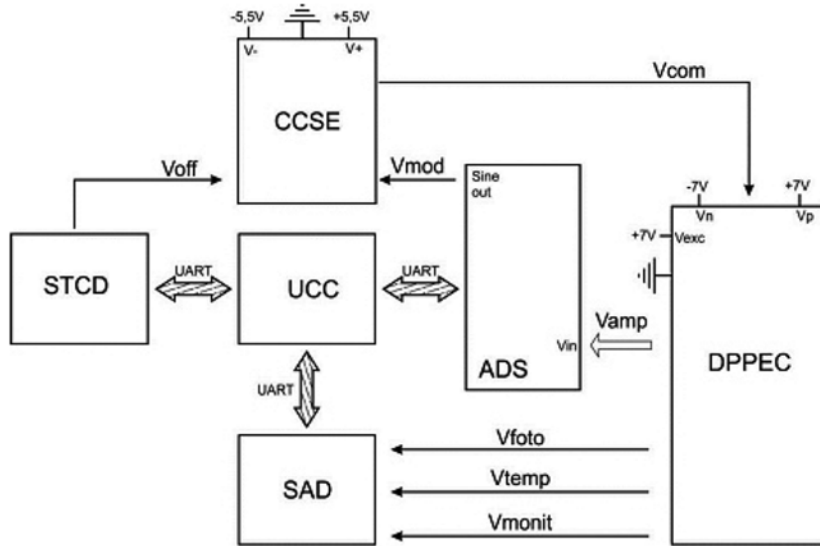


Fig. 12

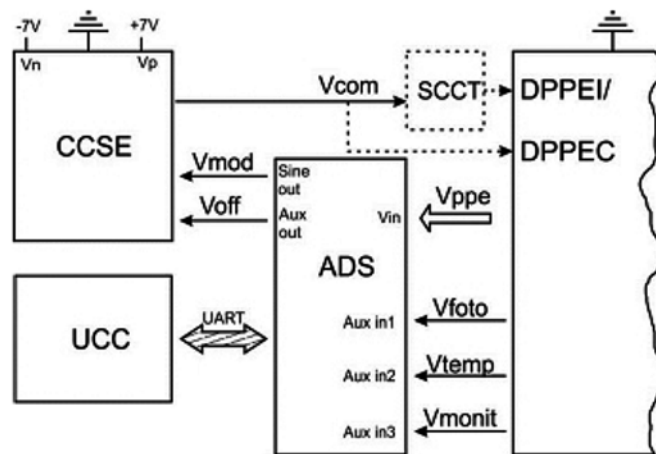


Fig. 13

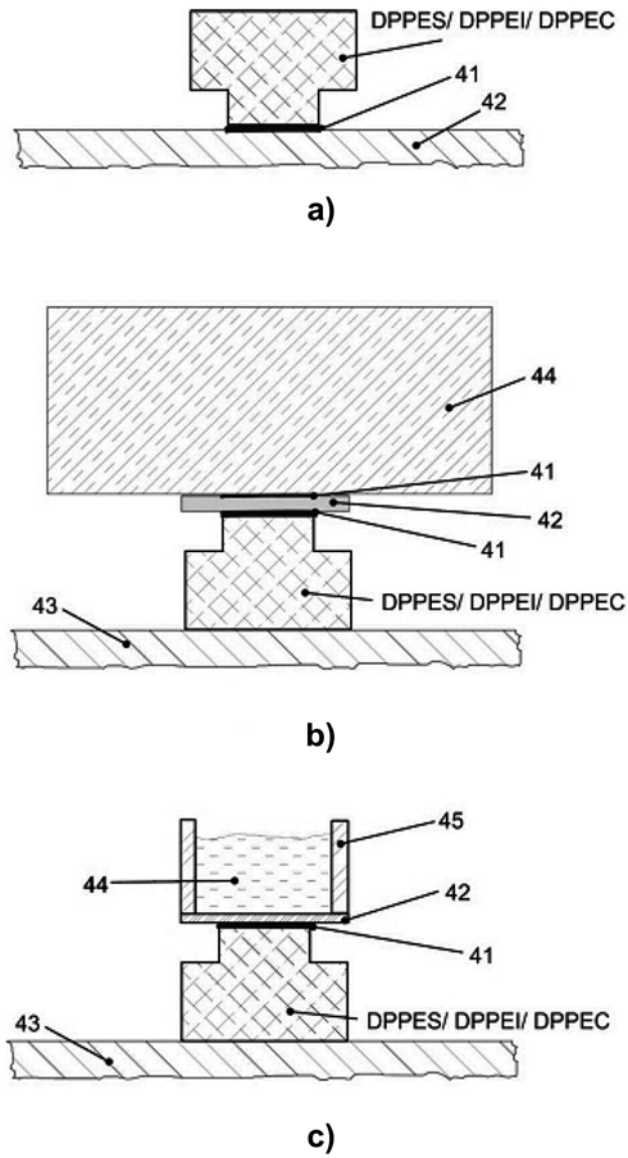
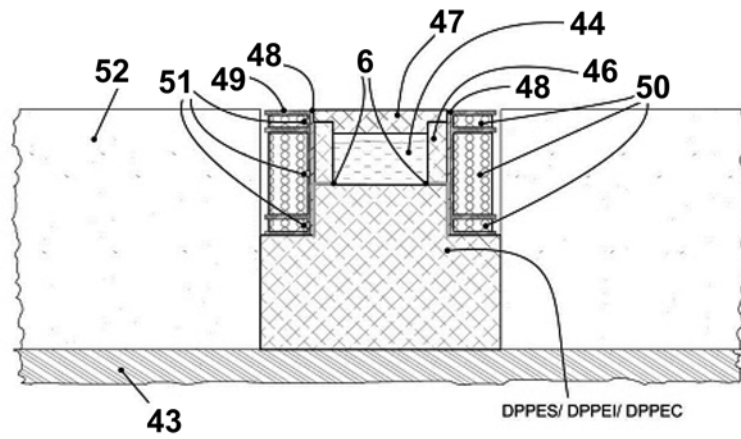
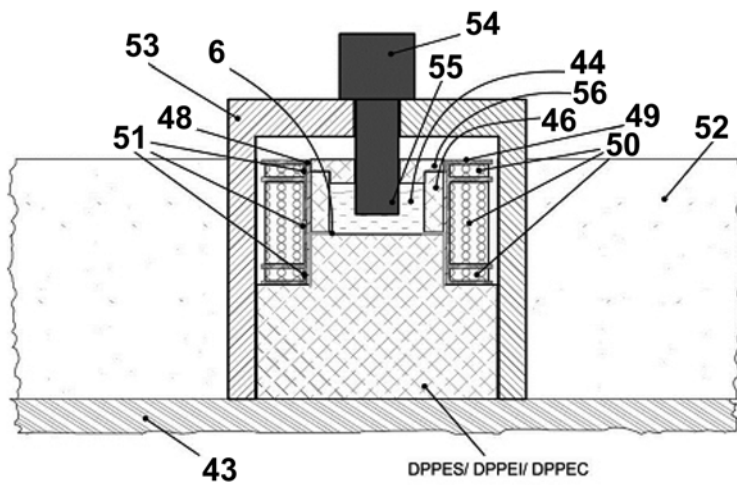


Fig. 14



a)



b)

Fig. 15

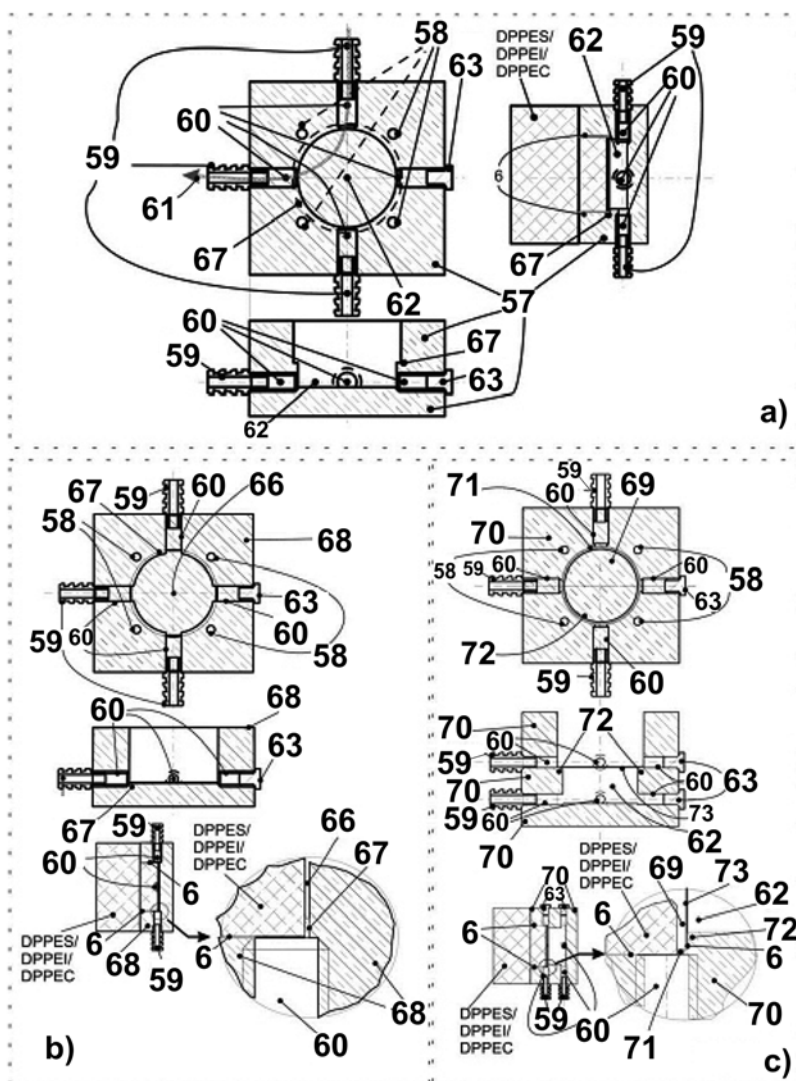


Fig. 16

(51) Int.Cl.

G01N 25/20 (2006.01);

G01J 5/00 (2006.01)

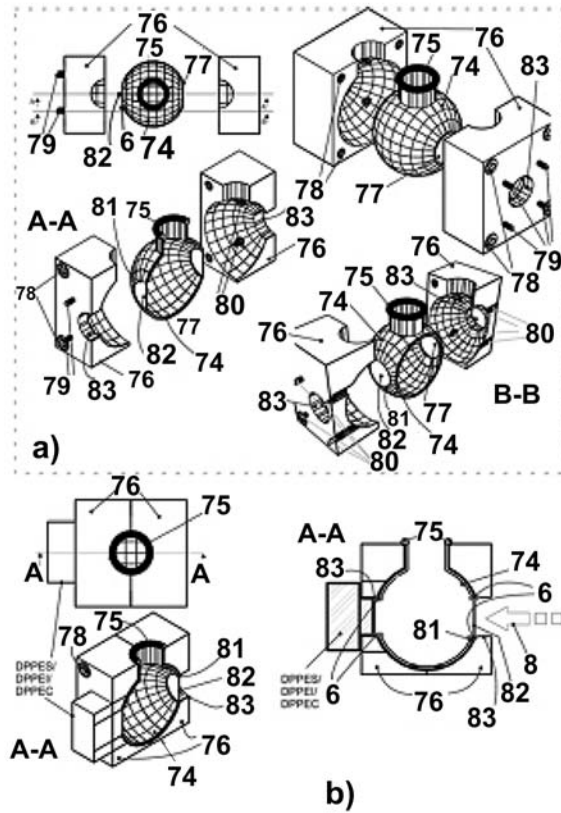


Fig. 17

