



(12)

BREVET DE INVENȚIE

- (21) Nr. cerere: **a 2016 00747**
- (22) Data de depozit: **24/10/2016**
- (45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/04/2023** BOPI nr. **4/2023**

(41) Data publicării cererii:
27/04/2018 BOPI nr. **4/2018**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICA MATERIALELOR (INCDFM),
STR. ATOMIȘTILOR NR. 105 BIS,
MĂGURELE, IF, RO**

(72) Inventatori:
• **STAN GEORGE, CALEA 13 SEPTEMBRIE
NR. 216, SC.1, BL. V46, ET. 2, AP. 12,
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **PINTILIE IOANA, STR. ALUNIȘ NR. 10,
MĂGURELE, IF, RO;**
• **BEȘLEAGA STAN CRISTINA,
CALEA 13 SEPTEMBRIE NR. 216, BL. V46,
ET. 2, AP. 12, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B,
RO;**

• **BOTEA MIHAELA, STR. BUJORILOR
NR. 5, BL. 21, SC. 2, ET. 2, AP. 20,
MĂGURELE, IF, RO;**
• **DOBRESCU GABRIEL,
STR.FIZICIENILOR NR.5, BL.6, SC.2,
AP.20, MĂGURELE, IF, RO;**
• **CIOCA MIHAI, ALEEA CIUCEA NR. 5,
BL. P20, SC. 3, ET. 3, AP. 37, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **CULEA LIVIU, STR. VIITORULUI NR. 93,
ET. 1, AP. 2, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B,
RO;**
• **SOARE PETRE, STR. ATOMIȘTILOR
NR. 240, BL. B19, SC. 1, ET. 3, AP. 10,
MĂGURELE, IF, RO;**
• **PINTILIE LUCIAN, STR. ALUNIȘ NR. 10,
MĂGURELE, IF, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
RU 2174696 C2; SU 1840384 A1

(54) **ELEMENT DE DETECȚIE PIROELECTRICĂ PENTRU LUCRU
LA TEMPERATURI RIDICATE**



RO 132504 B1

1 Prezenta invenție se referă la un element de detecție piroelectric capabil să funcțio-
neze la temperaturi ridicate. Detectarea piroelectrică se bazează pe efectul piroelectric și pe
3 modificarea polarizării electrice cu temperatura (**SG Porter, Ferroelectrics 33, 193-206**
(1981)). Ca efect termic, efectul piroelectric poate fi utilizat pentru a detecta radiația în
5 câmpul infraroșu (IR) al spectrului electromagnetic. Una dintre aplicațiile detectorilor piro-
electrici IR este monitorizarea de la distanță a temperaturii (măsurarea temperaturii fără
7 contact).

8 Materialele utilizate în mod tradițional pentru construcția detectorilor piroelectrici sunt
9 materiale cu proprietăți feroelectrice sub formă de strat ceramic, monocristalin sau subțire
(**RW Whatmore, Ferroelectrics 118, 241-259 (1991)**). Cu toate acestea, materialele
11 feroelectrice își pierd polarizarea, inclusiv proprietățile piroelectrice, atunci când temperatura
lor depășește temperatura de tranziție în faza feroelectrică, cu polarizare zero, în faza
13 piroelectrică cu polarizare zero (**ME Lines, AM Glass, „Principles and Applications of**
Ferroelectrics and Related Materials”, Bursa Oxford, ISBN-13: 9780198507789). Din
15 acest motiv, detectoarele piroelectrice din materiale feroelectrice nu pot fi utilizate în aplicații
la temperaturi ridicate de ordinul sutelor de grade Celsius, caz în care sunt preferați senzorii
17 termocuplu sau termoplastici (**vezi Electro Optica Components Inc. pentru „Modul de**
măsurare a gazului NDIR la temperatură înaltă”, temperaturi de funcționare raportate
de până la 180°C). Astfel de senzori au timpi de răspuns destul de mari, în cazul menționat
19 mai sus timpul de răspuns (sau constanta de timp) fiind de 6 ms.

21 Pe lângă materialele feroelectrice, există și alte materiale care au proprietăți
piroelectrice și care pot fi utilizate în construcția detectorilor piroelectrici capabili să funcțio-
23 neze la temperaturi ridicate. Aceste materiale sunt benzi de bandă largă polarizate semicon-
ductoare, cum ar fi nitrura de aluminiu (AlN) sau oxidul de zinc (ZnO). Există lucrări publi-
25 cate care au raportat proprietățile piroelectrice ale acestor materiale: **V. Fulyigin și colab.,**
Applied Physics Letters 77, 3075 (2000); **W.S. Yan și colab., Applied Physics Letters**
90, 212102 (2007); **E.E. Crisman și colab., Electrochemical and Solid-State Letters 8,**
H31-H32 (2005); **C.-ping Ye și colab., Journal of Applied Physics, 70, 5538 (1991)**. Pe
29 baza acestor materiale au fost realizate și dispozitive de detecție, dar demonstrarea
caracteristicilor detectorului piroelectric s-a făcut doar la temperatura camerei (vezi, de
31 exemplu, **C.-Ching Hsiao și colab., Sensors 8, 185-192, (2008)**; **Kansho Yamamoto și**
colab., Applied Physics Letters 104, 111111 (2014); **A. Pisano și colab., cererea de**
33 **brevet US nr. 2015/0035110 A1**).

35 Un element de detecție piroelectric în strat subțire AlN este de fapt un condensator
în care unul dintre electrozi este suportul pe care este depus stratul AlN (un semiconductor
puternic dopat, sau un strat subțire metalic depus pe un suport dielectric), iar celălalt elec-
37 trod este un metal depus pe suprafața AlN printr-un proces fizico-chimic care delimitează
o zonă de valoare bine definită. Metoda prin care se depune stratul AlN este, în general,
39 pulverizarea catodică cu magnetron (vezi **G.E. Stan et al., Applied Surface Science, 353,**
1195-1202, (2015), **D. Neculoiu et al., Electronics Letters, 45, 1196-1197, (2009)**).

41 Elementul de detecție piroelectric pe bază de AlN din prezenta invenție are avantajul
de a funcționa la temperaturi ridicate în comparație cu referințele existente din literatură sau
43 cu dispozitivele fabricate conform brevetelor consultate:

45 - stratul de AlN se depune pe un suport de Si puternic dopat, ceea ce reduce numărul
de pași tehnologici necesari fabricării elementului de detecție piroelectric, substratul de Si
puternic dopat acționând ca electrod de bază;

RO 132504 B1

- stratul AIN este puternic texturat și are o structură asemănătoare cu proprietăți polare, inclusiv piezoelectricitate și piroelectricitate, spre deosebire de straturile cu structură amestecată având o structură cubică (vezi M.P. Thompson și colab., brevetul US 6518637 B1 din 2003);	1 3
- folosind un cap de caracterizare special, elementul piroelectric activ pe bază de AIO poate funcționa ca detector piroelectric până la 200°C.	5
Problema rezolvată prin prezenta invenție este de a demonstra că un condensator pe bază de AIN poate funcționa ca detector piroelectric la temperaturi de funcționare ridicate de până la 200°C. Conform invenției, realizarea unui element de detecție piroelectric pentru lucrul la temperaturi bazate pe AIN se realizează în două etape, primul pas fiind elementul de detectare prin depunerea stratului subțire de AIN pe suportul selectat și definirea elementului de detectare prin depunerea de electrozi metalici cu o zonă bine delimitată pe suprafața AIN, iar a doua etapă constă în demonstrarea funcționalității piroelectrice la temperaturi ridicate prin utilizarea unui cap de testare special conceput în acest scop.	7 9 11 13
Cifrele atașate:	15
- fig. 1, structura unui element detector piroelectric în strat subțire AIN;	15
- fig. 2, diagrama capului de testare utilizată pentru a verifica funcționarea ca detector piroelectric de înaltă presiune al condensatorului pe bază de AIN;	17
- fig. 3, circuitul electronic utilizat pentru a prelua semnalul piroelectric de la condensatorul pe bază de AIN;	19
- fig. 4, diagrama lanțului de măsurare utilizat pentru înregistrarea semnalului piroelectric la diferite frecvențe;	21
- fig. 5, dependența de frecvență a semnalului piroelectric la o temperatură fixă (temperatura camerei de 24°C);	23
- fig. 6, dependența de temperatură a semnalului piroelectric pentru frecvența fixă a modulării radiației infraroșii.	25
Următorul este un exemplu de realizare a invenției. Pentru depunerea stratului AIN a fost utilizat un suport de Si puternic dopat (referința 1) cu o rezistivitate de 5×10^{-4} - 10^{-3} Ωcm. Stratul AIN (referința 2) a fost depus prin pulverizare cu catod magnetron folosind condițiile G. E. Stan și colab., Applied Surface Science, 353, 1195-1202, (2015) . Condensatorul pe bază de AIN a fost realizat prin depunerea unui electrod de Cu superior (referința 3) cu suprafața de 1,5 mm ² . Electroful a fost de asemenea depus prin pulverizarea catodului magnetron folosind o mască metalică fixată pe suprafața liberă a AIN. Condensatorul piroelectric pe bază de AIN a fost apoi fixat pe o placă de alumină (referința 4), care a fost la rândul său montată pe un încălzitor rezistiv (referința 5) inclus în capul de testare la temperatură înaltă. Variind curentul din încălzitorul rezistiv, temperatura de lucru a elementului piroelectric pe baza de AIN poate fi variată, temperatura elementului fiind monitorizată de un termocuplu (referința 6) situat în imediata apropiere a acestuia. Semnalul piroelectric produs de condensatorul pe bază de AIN (referința 7) este preluat de un tranzistor cu efect de câmp (referința 8), detectorul piroelectric astfel construit funcționând în regim de tensiune. Sursa de radiație IR a fost un corp negru (referința 9) cu temperatura setată la 700°C. Modularea fasciculului IR a fost efectuată cu un modulator mecanic disc (referința 10) și semnalul generat de circuitul electronic prezentat în fig. 3 (referința 11) a fost înregistrată folosind un amplificator de blocare (referința 12). Primul test a constatat în înregistrarea dependenței de frecvență a semnalului măsurat la temperatura camerei cu amplificatorul de blocare. Dependența prezentată în fig. 5 este tipică unui detector piroelectric care funcționează în modul de tensiune. În al doilea test, frecvența fixă a fasciculului IR din corpul negru a fost menținută la o valoare de 10 Hz, iar semnalul piroelectric generat de elementul	27 29 31 33 35 37 39 41 43 45 47

RO 132504 B1

1 piroelectric în strat subțire AIN la diferite temperaturi ale elementului piroelectric plasat pe
încălzitorul rezistiv. Fig. 6 arată că semnalul piroelectric în intervalul de temperatură de la
3 temperatura camerei până la aproape 200°C rămâne aproximativ constant. Acest lucru
demonstrează că elementul de detectare piroelectric în strat subțire AIN poate funcționa și
5 la temperaturi ridicate de funcționare, și semnalul piroelectric generat de elementul
piroelectric în strat subțire AIN la diferite temperaturi ale elementului piroelectric plasat pe
7 încălzitorul rezistiv. Fig. 6 arată că semnalul piroelectric în intervalul de temperatură de la
temperatura camerei până la aproape 200°C rămâne aproximativ constant. Acest lucru
9 demonstrează că elementul de detectare piroelectric în strat subțire AIN poate funcționa și
la temperaturi ridicate de funcționare, și semnalul piroelectric generat de elementul
11 piroelectric în strat subțire AIN la diferite temperaturi ale elementului piroelectric plasat pe
încălzitorul rezistiv. Fig. 6 arată că semnalul piroelectric în intervalul de temperatură de la
13 temperatura camerei până la aproape 200°C rămâne aproximativ constant. Acest lucru
demonstrează că elementul de detectare piroelectric în strat subțire AIN poate funcționa și
15 la temperaturi ridicate de funcționare.

RO 132504 B1

Revendicări

- | | |
|---|----|
| | 1 |
| 1. Metoda simplificată de realizare a capacitorului pe bază de AlN care acționează ca element de detecție piroelectrică cu semnal constant la temperaturi de lucru de la temperatura camerei până la 200°C este caracterizată prin următoarele etape: | 3 |
| - depunerea directă a stratului (2) de nitrură de aluminiu (AlN) prin pulverizare catodică cu magnetron pe un substrat (1) de Si de tip P, puternic dopat cu rezistivitate de $5 \times 10^{-4} - 10^{-3} \Omega\text{cm}$, pentru realizarea electrodului inferior; | 5 |
| - depunerea electrodului (3) superior, de cupru, cu aria de 1,5 mm ² , depus tot prin pulverizare catodică cu magnetron, utilizând o mască metalică fixată pe suprafața liberă de nitrură de aluminiu (AlN), apoi | 7 |
| - se fixează capacitorului pe bază de nitrură de aluminiu (AlN) pe o plachetă de alumină (4) fixată la rândul ei pe un încălzitor rezistiv (5) inclus în capul de testare la temperaturi ridicate. | 9 |
| 2. Elementul de detecție piroelectric caracterizat prin aceea că este alcătuit din: | 11 |
| - un strat (2) subțire de nitrură de aluminiu (AlN) depus prin pulverizare catodică cu magnetron pe un substrat (1) de Si de tip P, cu rolul de electrod inferior; | 13 |
| - un electrod (3) superior, de cupru, cu aria de 1,5 mm ² , depus tot prin pulverizare catodică cu magnetron, pe suprafața liberă a stratului subțire de nitrură de aluminiu (AlN). | 15 |
| | 17 |
| | 19 |

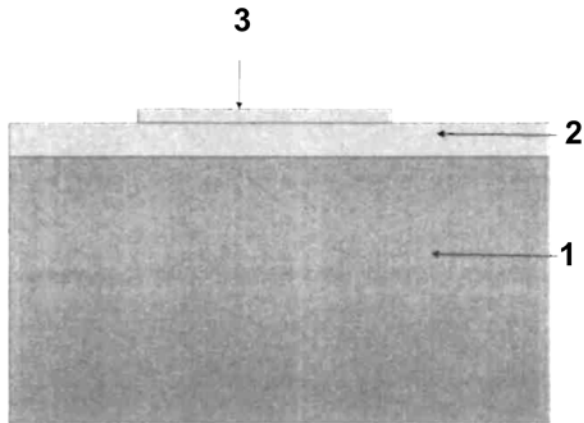


Fig. 1

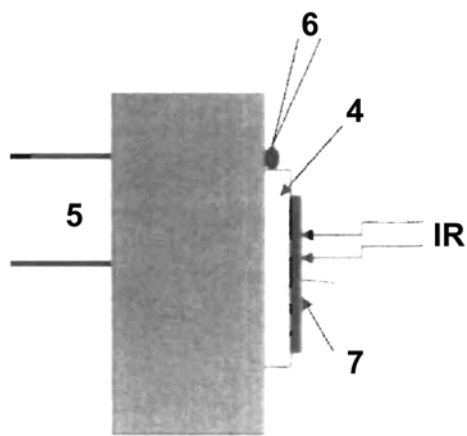


Fig. 2

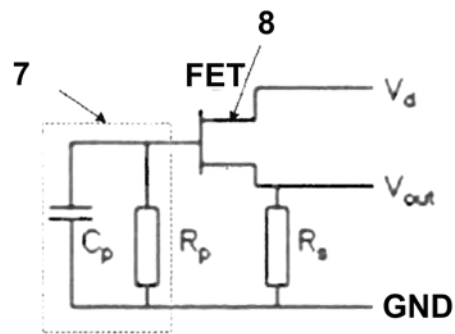


Fig. 3

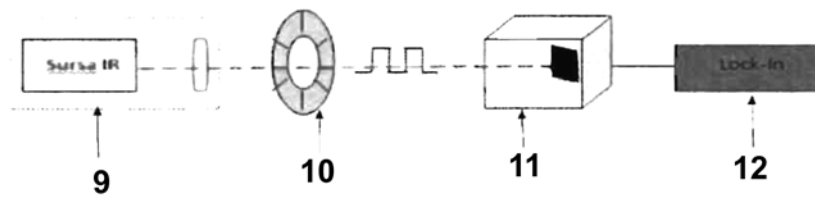


Fig. 4

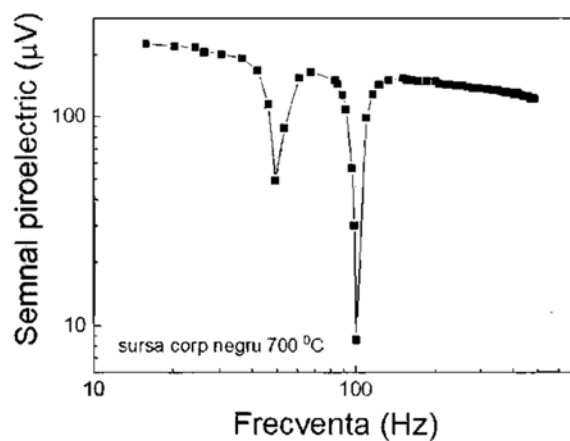


Fig. 5

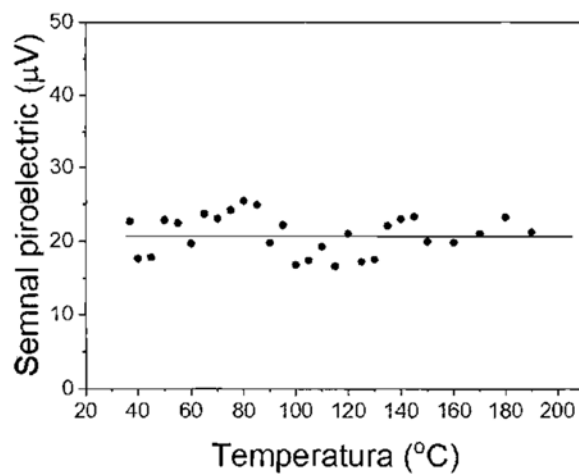


Fig. 6

