



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2016 00747

(22) Data de depozit: 24/10/2016

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

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICA MATERIALELOR (INCDFM),
STR. ATOMIȘTIILOR 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. ATOMIȘTIILOR
NR. 240, BL. B19, SC. 1, ET. 3, AP. 10,
MĂGURELE, IF, RO;
• PINTILIE LUCIAN, STR. ALUNIȘ NR. 10,
MĂGURELE, IF, RO

Această publicație include și modificările descrierii,
revendicărilor și desenelor depuse conform art. 35,
alin. (20), din HG nr. 547/2008.

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

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un element de detecție piroelectrică, ce poate lucra la temperaturi ridicate. Elementul, conform invenției, este format dintr-un strat subțire de AIN depus pe suport de Si de tip p puternic dopat și cu electrod superior de Cu. Într-un montaj de detector piroelectric cu mod de lucru în tensiune, utilizând un încălzitor rezistiv și o sursă de IR de tip corp negru cu temperatura de 700°C, s-a demonstrat că elementul piroelectric pe bază de strat subțire de AIN poate produce semnal piroelectric până ce temperatura sa ajunge aproape de 200°C.

Revendicări inițiale: 2

Revendicări amendate: 2

Figuri: 6

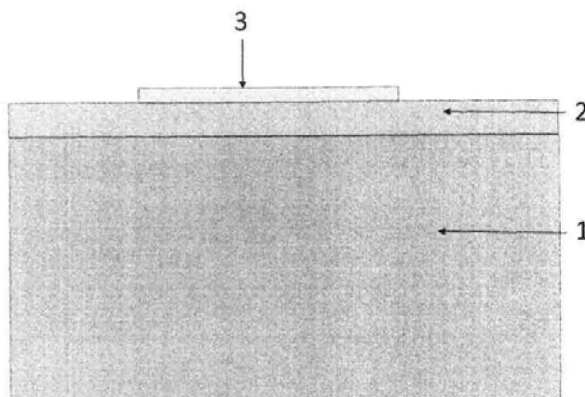


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



Descrierea inventiei

Element de detectie piroelectrica pentru lucru la temperaturi ridicate

George Stan, Ioana Pintilie, Cristina Besleaga Stan, Mihaela Botea, Gabriel Dobrescu, Mihai Cioca,
Liviu Culea, Soare Petre, Lucian Pintilie

Prezenta inventie se refera un element de detectie piroelectrica capabil sa lucreze la temperaturi ridicate. Detectia piroelectrica se bazeaza pe efectul piroelectric, respectiv pe variatia polarizarii electrice cu temperatura (S. G. Porter, *Ferroelectrics* 33, 193-206 (1981)). Fiind un efect termic, efectul piroelectric poate fi utilizat pentru detectia radiatiei din domeniul infrarosu (IR) al spectrului electromagnetic. Une dintre aplicatiile detectorilor piroelectrici de IR consta in monitorizarea de la distanta a temperaturii corpurilor (non-contact temperature measurement).

Materialele utilizate in mod traditional pentru constructia detectorilor piroelectrici sunt materiale cu proprietati feroelectrice sub forma ceramica, mono-cristalina sau strat subtire (R. W. Whatmore, *Ferroelectrics* 118, 241-259 (1991)). Materialele feroelectrice insa isi pierd polarizarea, inclusiv proprietatile piroelectrice, atunci cand temperatura lor trece peste temperatura de tranzitie din faza feroelectrice, cu polarizare diferita de zero, in faza piroelectrica, cu polarizare zero (M. E. Lines, A. M. Glass, "Principles and Applications of Ferroelectrics and Related Materials", Oxford Scholarship, ISBN-13: 9780198507789). Din aceasta cauza, detectorii piroelectrici realizati din materiale feroelectrice nu pot fi utilizati in aplicatii care se desfasoara la temperaturi ridicate, de ordinul sutelor de grade Celsius, in aceste situatii fiind preferati senzorii de tip termocuplu sau termopila (vezi fisa de produs a Electro Optica Components Inc. pentru „High temperature NDIR gas measurement module”, raportat cu temperaturi de operare pana la 180⁰ C). Astfel de senzori au insa timpi de raspuns destul de lungi, in cazul amintit mai sus timpul de raspuns (sau constanta de timp) fiind de 6 ms.

In afara de materialele feroelectrice mai exista si alte materiale care au proprietati piroelectrice si care pot fi utilizate in constructia de detectori piroelectrici capabili sa functioneze la temperaturi ridicate. Aceste materiale sunt semiconductori polari cu banda interzisa larga, precum nitrura de aluminiu (AlN) sau oxidul de zinc (ZnO). Exista lucrari publicate care au raportat despre proprietatile piroelectrice ale acestor materials: V. Fuflyigin si altii, *Applied Physics Letters* 77, 3075 (2000); W. S. Yan si altii, *Applied Physics Letters* 90, 212102 (2007); E. E. Crisman si altii, *Electrochemical and Solid-State Letters* 8, H31-H32 (2005); C.-ping Ye si altii, *Journal of Applied Physics* 70, 5538 (1991). Au fost realizate si dispozitive de detectie pe baza acestor material, dar demonstrarea caracteristicilor de detectie piroelectrica s-a facut numai la temperature camerei (a se vedea pentru

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu

Ms

exemplificare urmatoarele: C.-Ching Hsiao si altii, Sensors 8, 185-192 (2008); Kansho Yamamoto si altii, Applied Physics Letters 104, 111111 (2014); A. Pisano si altii, cerere de brevet SUA numarul US 2015/0035110 A1).

Un element de detectie piroelectrica pe baza de strat subtire de AlN este in fapt un capacitor in care unul din electrozi este suportul pe care este depus stratul de AlN (un semiconductor puternic dopat, sau un strat subtire metalic depus pe un suport dielectric) iar celalalt electrod este un metal depus pe suprafata AlN printr-un procedeu fizico-chimic care delimiteaza o arie de valoare bine precizata. Metoda prin care se depune stratul de AlN este, in general, pulverizarea catodica cu magnetron (a se vedea G. E. Stan si altii, Applied Surface Science 353, 1195-1202 (2015); D. Neculoiu si altii, Electronics Letters 45, 1196-1197 (2009)).

Elementul de detectie piroelectrica pe baza de AlN, conform prezentei inventii, are avantajul ca functioneaza la temperaturi ridicate comparativ cu raportarile din literatura existenta sau cu dispozitivele fabricate conform brevetelor consultate:

- Stratul de AlN se depune pe un suport de Si puternic dopat, ceea ce reduce numarul de etape tehnologice necesare fabricarii elementului de detectie piroelectric, substratul de Si puternic dopat actionand ca electrode baza;
- Stratul de AlN este puternic texturat si are structura de tip wurtzite, cu proprietati polare care includ piezoelectricitatea si piroelectricitatea, spre deosebire de straturile cu structura de tip blenda care au o structura cubica (a se vedea M. P. Thomposon si altii, brevet SUA numarul US 6,518,637 B1 din 2003);
- Utilizand un cap de caracterizare special se arata ca elementul piroelectric activ pe baza de AlN poate functiona ca detector piroelectric pana la temperatura de 200⁰ C.

Problema pe care o rezolva prezenta inventie consta in a demonstra faptul ca un capacitor pe baza de AlN poate functiona ca detector piroelectric la temperaturi de lucru ridicate, de pana la 200⁰ C. Conform inventiei, realizarea unui element de detectie piroelectrica pentru lucru la temperaturi ridicate pe baza de AlN se face in doi pasi, in primul pas fiind realizat elementul de detectie prin depunerea stratului subtire de AlN pe suportul selectat si definirea elementului de detectie prin depunerea de electrozi metalici cu arie bine definita pe suprafata AlN, iar al doilea pas consta in demonstrarea functionalitatii piroelectrice la temperaturi ridicate prin utilizarea unui cap de testare special proiectat in acest scop.

Figurile atasate reprezinta:

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu

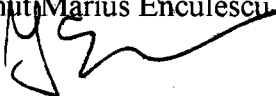


Fig. 1 Structura unui element de detectie piroelectric pe baza de strat subtire de AlN

Fig. 2 Schema capului de testare utilizat pentru a verifica functionarea ca detector piroelectric, la temperaturi ridicate, a capacitorului pe baza de AlN

Fig. 3 Circuitul electronic utilizat pentru preluarea semnalului piroelectric de la capacitorul pe baza de AlN

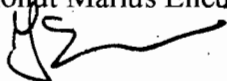
Fig. 4 Schema lantului de masura utilizat pentru inregistrarea semnalului piroelectric la diferite frecvente

Fig. 5 Dependenta de frecventa a semnalului piroelectric la o temperatura fixa (temperatura camerei de 24⁰ C)

Fig. 6 Dependenta de temperatura a semnalului piroelectric pentru o frecventa fixa de modulare a radiatiei infrarosii.

In continuare se prezinta un exemplu de realizare a inventiei. Pentru depunerea stratului de AlN a fost utilizata un suport de Si de tip p puternic dopat (reper 1), cu rezistivitate de $5 \times 10^{-4} - 10^{-3} \Omega \text{cm}$. Stratul de AlN (reper 2) a fost depus prin pulverizare catodica cu magnetron utilizand conditiile din G. E. Stan si altii, Applied Surface Science 353, 1195-1202 (2015). Capacitorul pe baza de AlN a fost realizata prin depunerea unui electrod superior de Cu (reper 3) cu aria de 1.5 mm^2 . Electrocul a fost depus tot prin pulverizare catodica cu magnetron, utilizand o masca metalica fixata pe suprafata libera a AlN. Capacitorul piroelectric pe baza de AlN a fost apoi fixat pe o placheta de alumina (reper 4), fixata la randul ei pe un incalzitor rezistiv (reper 5) inclus in capul de testare la temperaturi ridicate. Prin varierea curentului in incalzitorul rezistiv se poate obtine variatia temperaturii de lucru a elementului piroelectric pe baza de AlN, temperatura elementului fiind monitorizata cu un termocuplu (reper 6) situat in imediata vecinatate a acestuia. Semnalul piroelectric produs de capacitorul pe baza de AlN (reper 7) este preluat cu ajutorul unui tranzistor cu efect de camp (reper 8), detectorul piroelectric astfel construit operand in modul de lucru in tensiune. Sursa de radiatie IR a fost un corp negru (reper 9) cu temperatura fixata la 700⁰ C. Modularea fascicolului IR s-a realizat cu un modulator mecanic cu disc (reper 10), iar semnalul de tensiune generat de circuitul electronic prezentat in Fig. 3 (reper 11) a fost inregistrat cu ajutorul unui amplificator de tip lock-in (reper 12). Primul test a constat in inregistrarea dependentei de frecventa a semnalului masurat la temperatura camerei cu amplificatorul de tip lock-in. Dependenta prezentata in Fig. 5 este tipica pentru un detector piroelectric operand in modul de lucru tensiune. In al doilea test a fost mentinuta fixa frecventa de modulare a fascicolului IR de la corpul negru, la o valoare de 10 Hz, si s-a masurat semnalul piroelectric generat de elementul piroelectric pe baza de strat subtire de AlN la diferite temperaturi

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu



ale elementului piroelectric plasat pe incalzitorul rezistiv. Fig. 6 arata ca semnalul piroelectric in domeniul de temperaturi de la temperatura camerei pana aproape de 200⁰ C ramane aproximativ constant. Se demonstreaza in acest fel ca elementul de detectie piroelectrica pe baza de strat subtire de AlN poate functiona si la temperaturi de lucru ridicate.

Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu



REVENDICARI

1. Element de detectie piroelectrica pe baza de strat subtire de AlN, caracterizat prin faptul ca poate functiona ca detector piroelectric la temperaturi de lucru ridicate, de pana la 200⁰ C.
2. Simplificarea procesului de obtinere a elementului de detectie piroelectrica pe baza de strat subtire de AlN, caracterizat prin faptul ca stratul de AlN se poate depune direct pe un substrat semiconductor puternic dopat, in cazul de fata Si de tip p cu rezistivitate de $5 \times 10^{-4} - 10^{-3} \Omega\text{cm}$, care poate juca rol de electrod de baza pentru elementul de detectie piroelectrica.

Director General INCDEM
Dr. Ionut Marius Enculescu



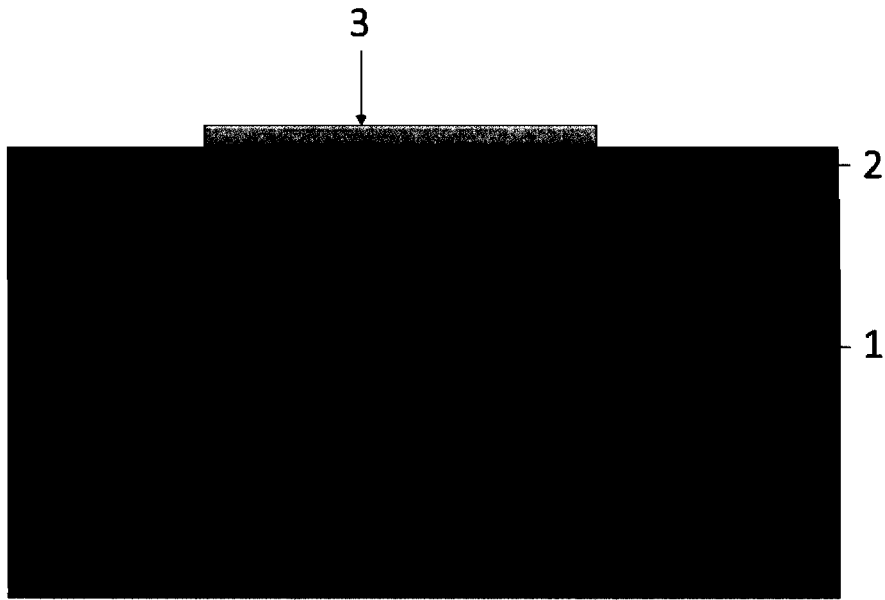
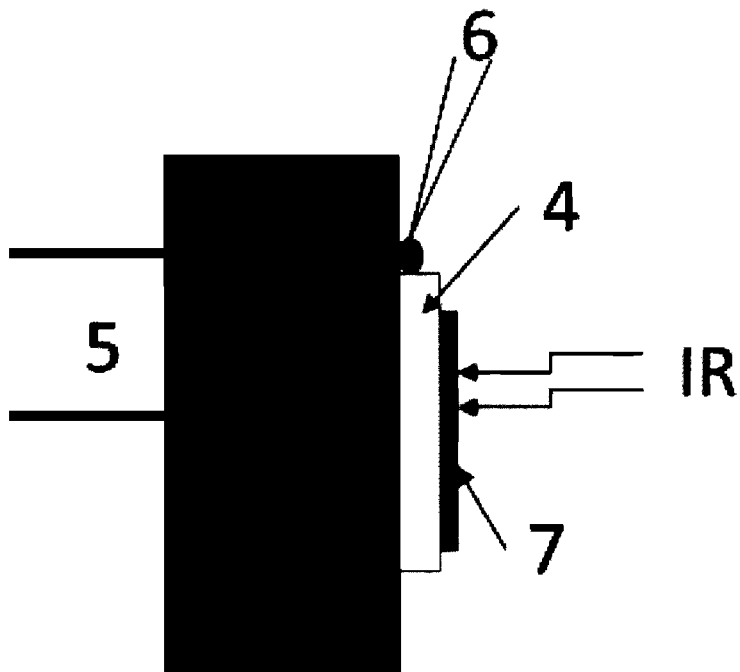


Fig. 1



Director General INCDFM
Dr. Ionut Marius Enculescu

Fig. 2

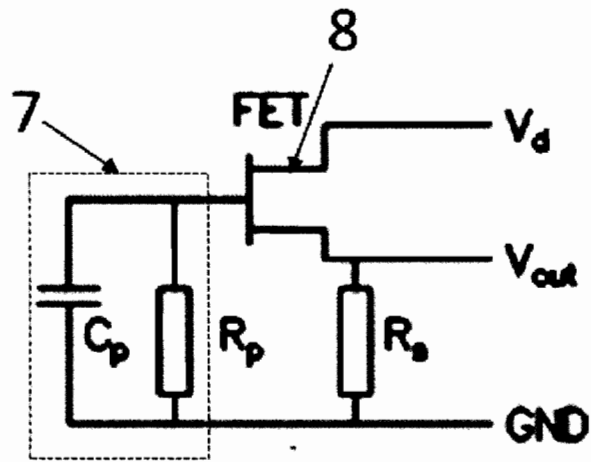


Fig. 3

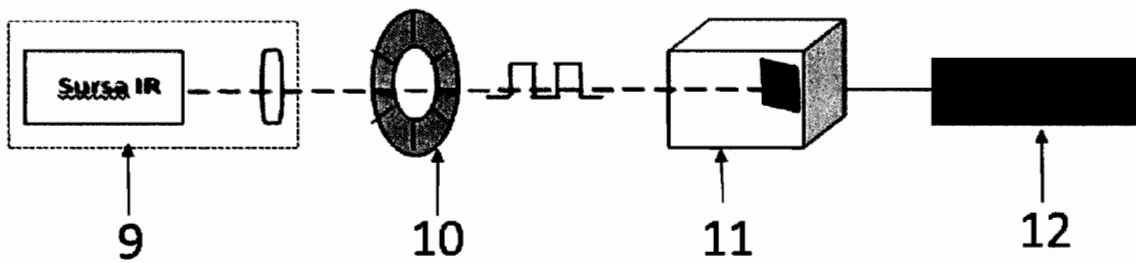


Fig. 4

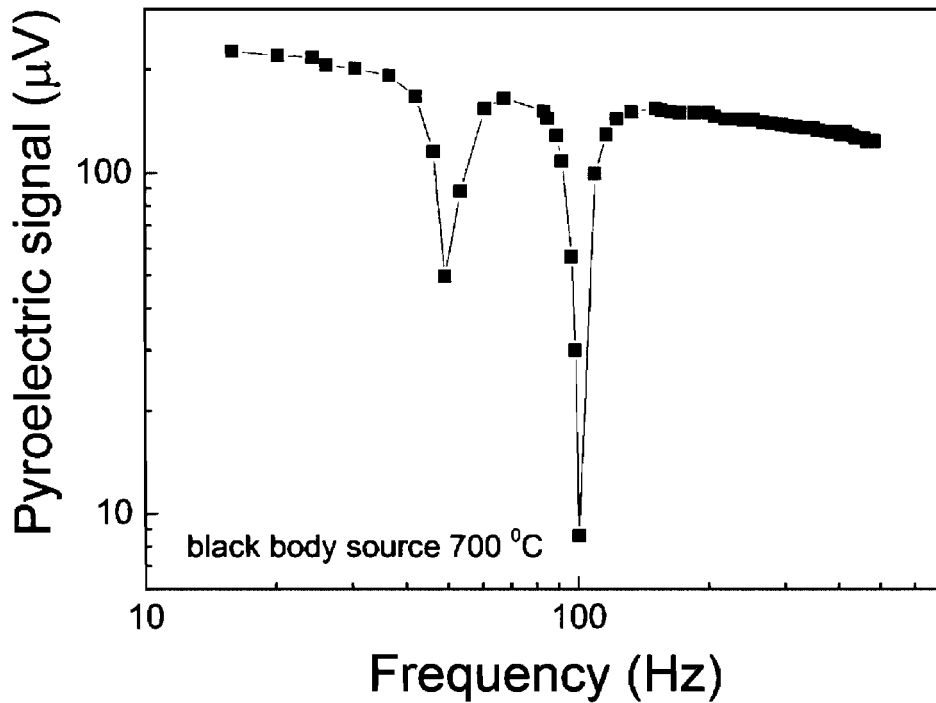


Fig. 5

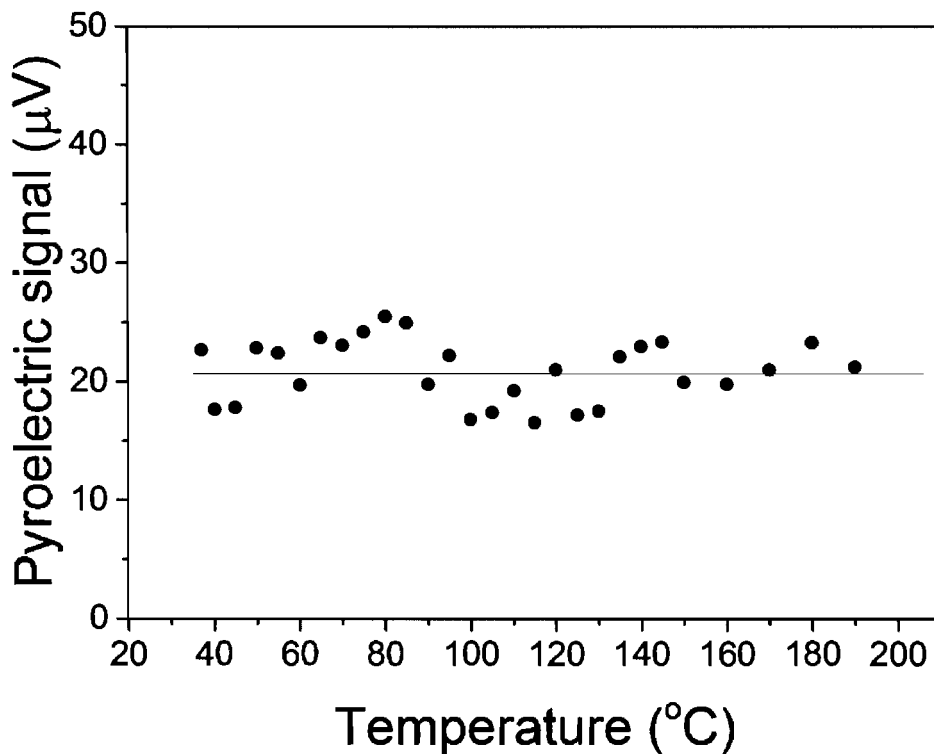


Fig. 6

Director General INCDFM
Dr. Ionuț Marius Enculescu

Descrierea inventiei

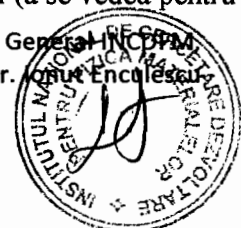
Element de detectie piroelectrica pentru lucru la temperaturi ridicate

George Stan, Ioana Pintilie, Cristina Besleaga Stan, Mihaela Botea, Gabriel Dobrescu, Mihai Cioca,
Liviu Culea, Soare Petre, Lucian Pintilie

Prezenta inventie se refera un element de detectie piroelectrica capabil sa lucreze la temperaturi ridicate. Detectia piroelectrica se bazeaza pe efectul piroelectric, respectiv pe variatia polarizarii electrice cu temperatura (S. G. Porter, Ferroelectrics 33, 193-206 (1981)). Fiind un efect termic, efectul piroelectric poate fi utilizat pentru detectia radiatiei din domeniul infrarosu (IR) al spectrului electromagnetic. Une dintre aplicatiile detectorilor piroelectrici de IR consta in monitorizarea de la distanta a temperaturii corpurilor (non-contact temperature measurement).

Materialele utilizate in mod traditional pentru constructia detectorilor piroelectrici sunt materiale cu proprietati feroelectrice sub forma ceramica, mono-cristalina sau strat subtire (R. W. Whatmore, Ferroelectrics 118, 241-259 (1991)). Materialele feroelectrice insa isi pierd polarizarea, inclusiv proprietatile piroelectrice, atunci cand temperatura lor trece peste temperatura de tranzitie din faza feroelectrice, cu polarizare diferita de zero, in faza piroelectrica, cu polarizare zero (M. E. Lines, A. M. Glass, "Principles and Applications of Ferroelectrics and Related Materials", Oxford Scholarship, ISBN-13: 9780198507789). Din aceasta cauza, detectorii piroelectrici realizati din materiale feroelectrice nu pot fi utilizati in aplicatii care se desfasoara la temperaturi ridicate, de ordinul sutelor de grade Celsius, in aceste situatii fiind preferati senzorii de tip termocuplu sau termopila (vezi fisa de produs a Electro Optica Components Inc. pentru „High temperature NDIR gas measurement module”, raportat cu temperaturi de operare pana la 180⁰ C). Astfel de senzori au insa timpi de raspuns destul de lungi, in cazul amintit mai sus timpul de raspuns (sau constanta de timp) fiind de 6 ms.

In afara de materialele feroelectrice mai exista si alte materiale care au proprietati piroelectrice si care pot fi utilizate in constructia de detectori piroelectrici capabili sa functioneze la temperaturi ridicate. Aceste materiale sunt semiconductori polari cu banda interzisa larga, precum nitrura de aluminiu (AlN) sau oxidul de zinc (ZnO). Exista lucrari publicate care au raportat despre proprietatile piroelectrice ale acestor materials: V. Fuflyigin si altii, Applied Physics Letters 77, 3075 (2000); W. S. Yan si altii, Applied Physics Letters 90, 212102 (2007); E. E. Crisman si altii, Electrochemical and Solid-State Letters 8, H31-H32 (2005); C.-ping Ye si altii, Journal of Applied Physics 70, 5538 (1991). Au fost realizate si dispozitive de detectie pe baza acestor material, dar demonstrarea caracteristicilor de detectie piroelectrica s-a facut numai la temperature camerei (a se vedea pentru



exemplificare urmatoarele: C.-Ching Hsiao si altii, Sensors 8, 185-192 (2008); Kansho Yamamoto si altii, Applied Physics Letters 104, 111111 (2014); A. Pisano si altii, cerere de brevet SUA numarul US 2015/0035110 A1).

Un element de detectie piroelectrică pe baza de strat subtire de AlN este in fapt un capacitor in care unul din electrozi este suportul pe care este depus stratul de AlN (un semiconductor puternic dopat, sau un strat subtire metalic depus pe un suport dielectric) iar celalalt electrod este un metal depus pe suprafata AlN printr-un procedeu fizico-chimic care delimiteaza o arie de valoare bine precizata. Metoda prin care se depune stratul de AlN este, in general, pulverizarea catodica cu magnetron (a se vedea G. E. Stan si altii, Applied Surface Science 353, 1195-1202 (2015); D. Neculoiu si altii, Electronics Letters 45, 1196-1197 (2009)).

Elementul de detectie piroelectrică pe baza de AlN, conform prezentei inventii, are avantajul ca functioneaza la temperaturi ridicate comparativ cu raportarile din literatura existenta sau cu dispozitivele fabricate conform brevetelor consultate:

- Stratul de AlN se depune pe un suport de Si puternic dopat, ceea ce reduce numarul de etape tehnologice necesare fabricarii elementului de detectie piroelectric, substratul de Si puternic dopat actionand ca electrode baza;
- Stratul de AlN este puternic texturat si are structura de tip wurtzite, cu proprietati polare care includ piezoelectricitatea si piroelectricitatea, spre deosebire de straturile cu structura de tip blenda care au o structura cubica (a se vedea M. P. Thomposon si altii, brevet SUA numarul US 6,518,637 B1 din 2003);
- Utilizand un cap de caracterizare special se arata ca elementul piroelectric activ pe baza de AlN poate functiona ca detector piroelectric pana la temperatura de 200⁰ C.

Problema pe care o rezolva prezenta inventie consta in a demonstra faptul ca un capacitor pe baza de AlN poate functiona ca detector piroelectric la temperaturi de lucru ridicate, de pana la 200⁰ C. Conform inventiei, realizarea unui element de detectie piroelectrică pentru lucru la temperaturi ridicate pe baza de AlN se face in doi pasi, in primul pas fiind realizat elementul de detectie prin depunerea stratului subtire de AlN pe suportul selectat si definirea elementului de detectie prin depunerea de electrozi metalici cu arie bine definita pe suprafata AlN, iar al doilea pas consta in demonstrarea functionalitatii piroelectrice la temperaturi ridicate prin utilizarea unui cap de testare special proiectat in acest scop.

Figurile atasate reprezinta:

Fig. 1 Structura unui element de detectie piroelectric pe baza de strat subtire de AlN

Fig. 2 Schema capului de testare utilizat pentru a verifica functionarea ca detector piroelectric, la temperaturi ridicate, a capacitorului pe baza de AlN

Fig. 3 Circuitul electronic utilizat pentru preluarea semnalului piroelectric de la capacitorul pe baza de AlN

Fig. 4 Schema lantului de masura utilizat pentru inregistrarea semnalului piroelectric la diferite frecvente

Fig. 5 Dependenta de frecventa a semnalului piroelectric la o temperatura fixa (temperatura camerei de 24° C)

Fig. 6 Dependenta de temperatura a semnalului piroelectric pentru o frecventa fixa de modulare a radiatiei infrarosii.

In continuare se prezinta un exemplu de realizare a inventiei. Pentru depunerea stratului de AlN a fost utilizata un suport de Si de tip p puternic dopat (reper 1), cu rezistivitate de $5 \times 10^{-4} - 10^{-3} \Omega \text{cm}$. Stratul de AlN (reper 2) a fost depus prin pulverizare catodica cu magnetron utilizand conditiile din G. E. Stan si altii, Applied Surface Science 353, 1195-1202 (2015). Capacitorul pe baza de AlN a fost realizata prin depunerea unui electrod superior de Cu (reper 3) cu aria de 1.5 mm^2 . Electrocul a fost depus tot prin pulverizare catodica cu magnetron, utilizand o masca metalica fixata pe suprafata libera a AlN. Capacitorul piroelectric pe baza de AlN a fost apoi fixat pe o placheta de alumina (reper 4), fixata la randul ei pe un incalzitor rezistiv (reper 5) inclus in capul de testare la temperaturi ridicate. Prin varierea curentului in incalzitorul rezistiv se poate obtine variatia temperaturii de lucru a elementului piroelectric pe baza de AlN, temperatura elementului fiind monitorizata cu un termocuplu (reper 6) situat in imediata vecinatate a acestuia. Semnalul piroelectric produs de capacitorul pe baza de AlN (reper 7) este preluat cu ajutorul unui tranzistor cu efect de camp (reper 8), detectorul piroelectric astfel construit operand in modul de lucru in tensiune. Sursa de radiatie IR a fost un corp negru (reper 9) cu temperatura fixata la 700°C . Modularea fascicolului IR s-a realizat cu un modulator mecanic cu disc (reper 10), iar semnalul de tensiune generat de circuitul electronic prezentat in Fig. 3 (reper 11) a fost inregistrat cu ajutorul unui amplificator de tip lock-in (reper 12). Primul test a constat in inregistrarea dependentei de frecventa a semnalului masurat la temperatura camerei cu amplificatorul de tip lock-in. Dependenta prezentata in Fig. 5 este tipica pentru un detector piroelectric operand in modul de lucru tensiune. In al doilea test a fost mentinuta fixa frecventa de modulare a fascicolului IR de la corpul negru, la o valoare de 10 Hz, si s-a masurat semnalul piroelectric generat de elementul piroelectric pe baza de strat subtire de AlN la diferite temperaturi



ale elementului piroelectric plasat pe incalzitorul rezistiv. Fig. 6 arata ca semnalulu piroelectric in domeniul de temperaturi de la temperatura camerei pana aproape de 200⁰ C ramane aproximativ constant. Se demonstreaza in acest fel ca elementul de detectie piroelectrica pe baza de strat subtire de AlN poate functiona si la temperaturi de lucru ridicate.

REVENDICARI

1. Element de detectie piroelectrica format dintr-un suport de Si monocristalin si conductor (reper 1 in figura 1), un strat de AlN (reper 2 in figura 1), si un electrod superior de Cu avand spre exemplu o arie de $1,5 \text{ mm}^2$ (reper 3 in figura 1), caracterizat prin aceea ca poate fi utilizat ca element activ (reper 7 in figura 2) in constructia unor detectori piroelectrici capabili sa functioneze la temperaturi ridicate, de pana la 200° C .
2. Metoda simplificata de obtinere a elementului de detectie piroelectrica (reper 7 in figura 2), caracterizata prin faptul ca acesta nu se obtine prin depunerea succesiva a unui electrod metalic pe suport de Si, a stratului de AlN si a electrodului superior de Cu (3 etape de depunere), ci se obtine prin depunerea directa a stratului subtire de AlN, prin pulverizare catodica cu magnetron, pe un substrat de Si monocristalin puternic dopat, spre exemplu Si de tip p cu rezistivitate de $5 \times 10^{-4} - 10^{-3} \Omega \text{ cm}$, care joaca si rolul de electrod inferior, urmata apoi de depunerea electrodului superior de Cu (doar 2 etape de depunere).



66

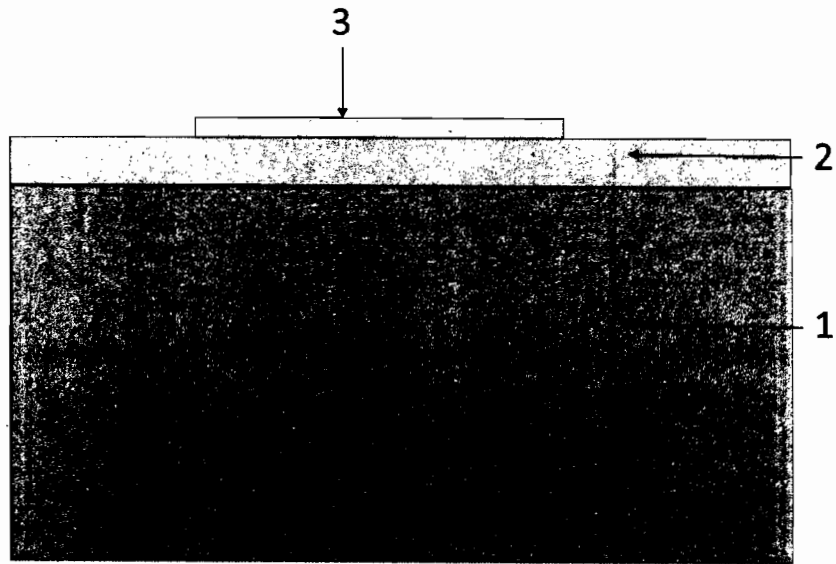


Fig. 1

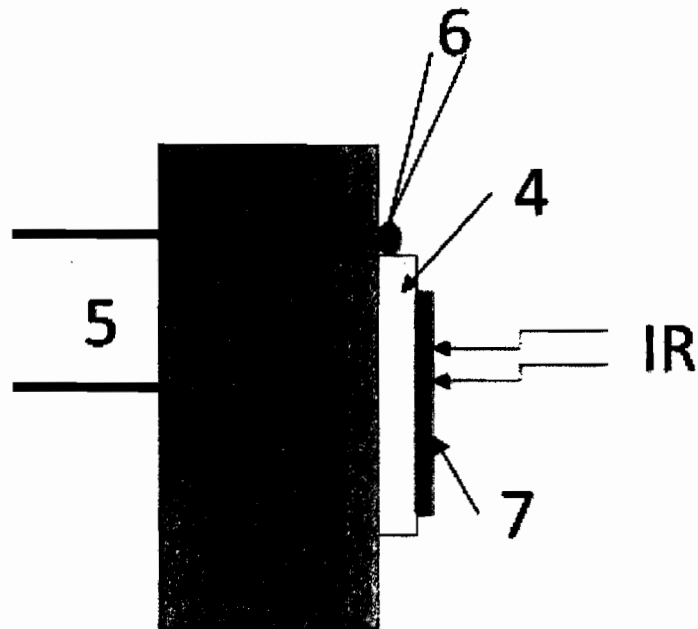


Fig. 2

Director General I.N.C.D.P.M.
Dr. Ioan Enculescu



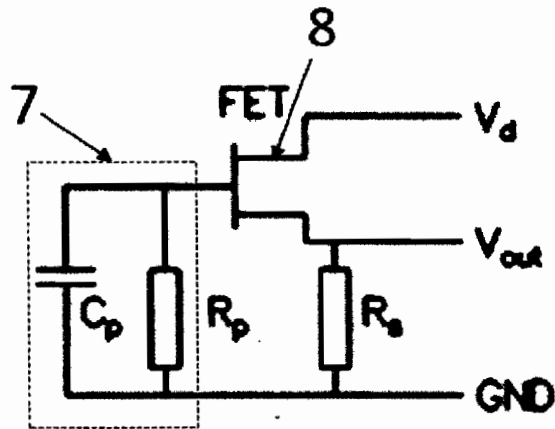


Fig. 3

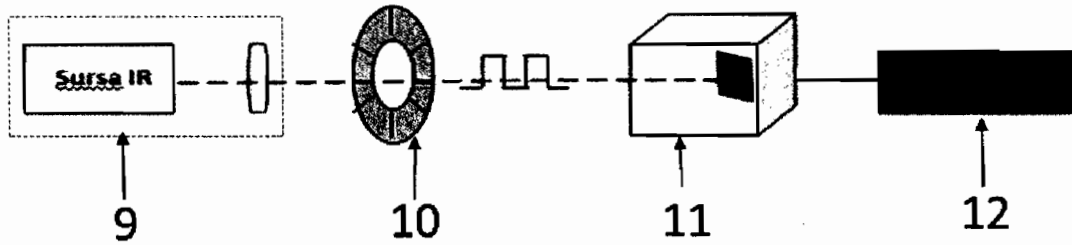


Fig. 4

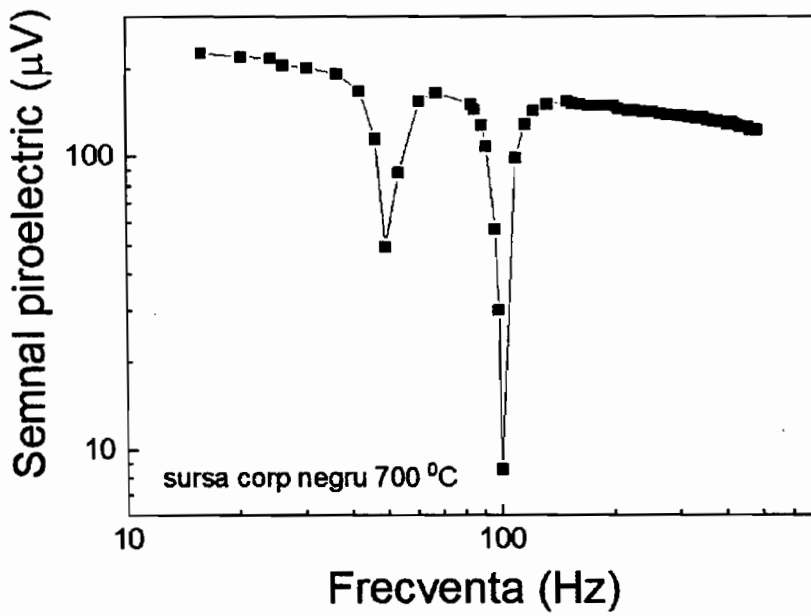


Fig. 5

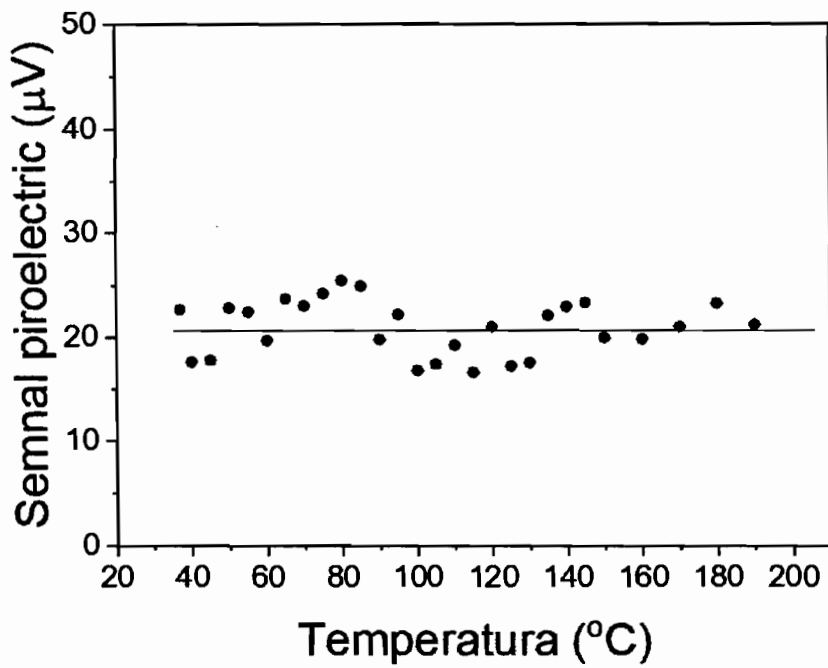


Fig. 6

