



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2017 00226**

(22) Data de depozit: **13/04/2017**

(41) Data publicării cererii:
30/10/2018 BOPI nr. **10/2018**

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

(72) Inventatori:
• **BONI GEORGIA ANDRA, STR.FOCSANI,
NR. 10, BL.M193, SC.1, ET.6, AP.37,
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **CHIRILA CRISTINA, DRUMUL TABEREI,
NR.48, BL.G113, ET.10, AP.64, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **HRIB LUMINIȚA, BULEVARD TIMIȘOARA,
NR.29, BL.C, SC.1, AP.12, ETAJ 2,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **PINTILIE IOANA, STR. ALUNIȘ NR. 10,
MĂGURELE, IF, RO;**
• **PINTILIE LUCIAN, STR. ALUNIȘ NR. 10,
MĂGURELE, IF, RO**

(54) MEMORIE FEROELECTRICĂ CU CITIRE NEDISTRUCTIVĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o memorie feroelectrică având citire nedistructivă, și la o metodă de realizare a acesteia. Memoria feroelectrică, conform invenției, este o structură multistrat, în care două straturi feroelectrice, din același material și cu aceeași grosime, sunt separate între ele de un strat dintr-un alt material, cu rezistivitate mare, care poate avea sau nu proprietăți feroelectrice. Metoda de realizare, conform invenției,

constă în depunerea succesivă a primului strat feroelectric, a materialului cu rezistivitate mare, și a celui de-al doilea strat feroelectric, din același material și de aceeași grosime cu primul strat feroelectric.

Revendicări: 3
Figuri: 4



21

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. <u>a 2017 00226</u>
Data depozit <u>13-04-2017</u>

Memorie feroelectrică cu citire nedistructivă

Descrierea invenției:

Prezenta invenție se referă la o nouă memorie feroelectrică pe bază de straturi feroelectrice și izolatoare care se citește nedistructiv prin măsurarea capacității, metoda sa de operare și modalitatea de realizare.

În prezent se manifestă ca o necesitate stringentă dezvoltarea de memorii cu mare viteză de scriere și de citire, cu un timp de retenție al informației cât mai lung și care să permită o cât mai mare capacitate de stocare a informației.

Materialele feroelectrice sunt candidate ideale pentru realizarea memoriilor RAM (non-volatile random acces memories) datorită prezenței polarizării spontane cu două posibile orientări care pot fi asociate cu doi biți de tip Boolean, 0 și 1. De aceea au fost dezvoltate numeroase tipuri de memorii feroelectrice precum 1C FeRAM, (memorie feroelectrică cu un capacitor), 1T FeRAM (memorie feroelectrică cu un tranzistor), 1T-1C FeRAM (memorie feroelectrică cu un transistor și un capacitor), 2T-2C FeRAM (memorie feroelectrică cu două transistoare și două capacitatoare), etc.. Cel mai simplu de realizat din punct de vedere constructiv și prezentând avantajul unui timp de retenție al informației îndelungat este memoria de tip 1 C FeRAM, al cărui element de memorie îl reprezintă un capacitor feroelectric care constă doar într-un material feroelectric plasat între doi electrozi. Un mare dezavantaj al acestui tip de memorie este însă faptul că citirea informației din elementul de memorie este urmată de distrugerea acestei informații care apoi trebuie să fie regenerată. Aceasta se întâmplă pentru că citirea informației se face monitorizând sarcina electrică rezultată din celulă la aplicarea pe aceasta a unei tensiuni electrice suficient de mari astfel încât să determine reversarea polarizării de pe o direcție pe alta. De aceea, dacă se dorește ca informația citită să fie păstrată în continuare, memoria trebuie să fie rescrisă. Aceasta reprezintă un mare impediment al memoriilor feroelectrice de tip 1C FeRAM. Memoria de tip 1 T FeRAM, al cărui element de memorie îl reprezintă un tranzistor feroelectric, poate fi citită nedistructiv, însă prezintă dezavantajul major al unui timp scurt de retenție al informației.

Așadar, citirea informației stocate reprezintă o mare problemă a memoriilor feroelectrice și în consecință se depun mari eforturi pe plan internațional pentru a îmbunătăți acest aspect.

Astfel, de exemplu, US 7 212 427 B2 descrie memorii feroelectrice cu citire nedistructivă construite cu două capacitatoare feroelectrice și trei tranzistoare sau cu 4 capacitatoare feroelectrice și 5 tranzistoare și având circuite specifice de citire.

Dr. Ionut ENCULESCU



Dr. Lucian PINTILIE



US 7864558 B2 descrie o memorie feroelectrică cu citire nedistructivă care se bazează pe integrarea suplimentară a unui material piezoelectric în structura unui transistor feroelectric.

US 6 819 583 B2 descrie o memorie feroelectrică cu citire nedistructivă conținând un resistor feroelectric și un transistor, în care rezistorul feroelectric trebuie să posede un câmp coercitiv bine definit.

EP 2 482 287 A1 descrie o memorie feroelectrică care este citită nedistructiv realizată pe bază de tranzistoare feroelectrice.

Soluțiile acestea însă, deși propun memorii feroelectrice cu citirea nedistructivă și care, deci, nu mai necesită rescrierea informației inițiale, nu rezolvă în totalitate problema retenției, au arhitecturi complicate, sunt dificil de realizat și au proceduri de operare laborioase.

Prezenta invenție se referă la o nouă memorie feroelectrică, pe bază de structuri multistrat feroelectrice, care se citește nedistructiv. Memoria feroelectrică propusă este o structură de tip multistrat, în care două straturi feroelectrice din același material și cu aceeași grosime sunt separate între ele de un strat din alt material, cu rezistivitate mare, care poate avea sau nu proprietăți feroelectrice. Acest tip de memorie poate fi citită într-un mod simplu și nedistructiv, prin măsurători simple de capacitate. Aceasta reprezintă o simplificare considerabilă a celulelor de memorii de tip FeRAM și un progres substanțial în acest domeniu. Memoria feroelectrică propusă poate fi realizată combinând straturi feroelectrice și izolatoare.

Ca strat feroelectric poate fi folosit, de exemplu, și fără a se limita la acesta, $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$, prescurtat PZT, cu raport Zr/Ti de 20/80.

Ca strat izolator pot fi folosit, de exemplu, și fără a se limita la acestea, SrTiO_3 (STO) sau BaTiO_3 (BTO). Straturile pot fi depuse prin ablație laser în fascicol pulsant (pulsed laser deposition, sau PLD), dar se poate utiliza orice metodă de depunere care duce la o creștere epitaxială.

Suportul poate fi SrTiO_3 monocristalin sau orice alt material care are un strat buffer de SrTiO_3 epitaxial.

Ca un exemplu al modului de obținere, mai întâi se crește un strat de SrRuO_3 care are rol de electrod inferior, cu o grosime de 10-40 nm. Apoi se crește primul strat de PZT, cu o grosime între 20 și 100 nm, preferabil în jur de 50 nm. Următorul strat este SrTiO_3 (izolatorul) cu grosime între 10 și 50 nm, preferabil în jur de 30 nm. Urmează al doilea strat de PZT, care trebuie să aibă grosime egală cu primul.

Condițiile de depunere care se pot utiliza sunt, de exemplu: temperatura suport de la 550 la 700 grade Celsius; fluanta laser între 1 și 2 J/cm^2 ; oxigen între 10 și 30 Pa.

La final se depune electrodul superior de SRO, prin PLD, utilizând o mască mecanică.

Prezenta invenție este descrisă în continuare și în legătură cu figurile ce reprezintă:

Fig. 1 descrie o reprezentare schematică a structurii de memorie feroelectrică propusă;

Dr. Ionut ENCULESCU



Dr. Lucian PINTILIE



Fig. 2 prezintă rezultatul măsurătorii de histerezis electric în polarizare și curent în funcție de tensiunea aplicată, realizate pe o structură PZT/STO/PZT; sunt marcate stările corespunzătoare bitilor 0 (capacitate joasă- C_L) și 1 (capacitate ridicată- C_H), precum și tensiunile cu care se scriu cei doi biți;

Fig. 3 prezintă rezultatele măsurătorilor capacității în funcție de frecvență pe o structură PZT/BTO/PZT după aplicarea tensiunilor de scriere indicate în figura 2;

Fig. 4 prezintă măsurătoarea de capacitate funcție de timp, la o frecvență de 1 kHz, pentru o structură PZT/BTO/PZT, după aplicarea tensiunilor de scriere indicate în figura 2.

Așa cum este ilustrat în fig. 1, memoria feroelectrică propusă este o structură simetrică de tip multistrat, în care două straturi feroelectrice din același material și cu aceeași grosime sunt separate între ele de un strat din alt material, cu rezistivitate mare, care poate avea sau nu proprietăți feroelectrice.

În urma experimentelor efectuate s-a demonstrat că acest tip de structură simetrică prezintă, pentru fiecare polaritate a tensiunii aplicate, 2 stări diferite de polarizare, corespunzătoare celor două maxime care apar în curba de histerezis în curent (fig. 2).

Remarcabil este faptul că cele două stări de polarizare marcate prin cele două maxime în curent din fig. 2 se diferențiază prin valori diferite de capacități, după cum se poate observa în graficul prezentat în fig. 3. Practic, starea de capacitate ridicată se obține prin aplicarea tensiunii notate V_1 în fig. 2 iar starea de capacitate joasă se obține prin aplicarea tensiunii notate V_2 în fig. 2. În felul acesta se poate scrie informația binară, asociind bitul 1 stării de capacitate ridicată și bitul 0 stării de capacitate joasă.

Memoria propusă permite astfel o modalitate cu totul nouă de operare a memoriilor feroelectrice și anume prin citirea capacității. Aceasta este foarte avantajoasă fiind nedistructivă, deci nu necesită rescrierea informației după citire. Un alt avantaj este că citirea nu implică reversarea polarizării, adică modificarea stării de polarizare, deci elimină practic problema îmbătrânirii (fatigue), problemă întâlnită la memoriile feroelectrice cu citire distructivă (bazată pe reversarea polarizării), care duce la distrugerea celulei de memorie după un anumit număr de cicluri de citire și scriere. Un al doilea avantaj constă în faptul că, odată scrisă informația, pe celulă nu mai este necesar să se aplice nici un fel de tensiune directă (d.c.), citirea efectuându-se prin aplicarea unei tensiuni a.c. de amplitudine mică (până în 0,2 V) și frecvență fixă în domeniul 1-10 kHz.

O proprietate importantă a unei memorii nevolatile este retenția, adică proprietatea de a reține un timp cât mai lung informația scrisă fără ca aceasta să se degradeze. În cazul de față retenția se traduce în menținerea unui raport constant între cele două valori de capacitate asociate biților 0 și 1. Fig. 4 prezintă un test de retenție în care se observă că raportul între cele două stări de capacitate a rămas de 1.4 +/-0.03 pentru un timp de 10.000 secunde, ceea ce reprezintă o valoare promițătoare pentru aplicații.

Dr. Ionut ENCULESCU



Dr. Lucian PINTILIE



Revendicări:

1. Structura de memorie feroelectrică care poate fi citită nedistructiv prin măsurarea capacității bazată pe o structură simetrică de tip multistrat, în care două straturi feroelectrice din același material și cu aceeași grosime sunt separate între ele de un strat din alt material, cu rezistivitate mare, care poate avea sau nu proprietăți feroelectrice.
2. Metoda de obținere a structurii descrise în revendicarea 1, în care structura multistrat se obține prin depunerea succesivă a primului strat feroelectric, apoi a materialului de rezistivitate mare, și în final a celui de al doilea strat feroelectric din același material și cu aceeași grosime ca primul strat feroelectric.
3. Metoda de citire nedistructivă bazată pe citirea capacității nu implică reversarea polarizării și elimină problema îmbătrânirii (fatigue), problemă prezentă la memoriile feroelectrice cu citire distructivă bazată pe reversarea polarizării și rescrierea informației inițiale.

Dr. Ionut ENCULESCU



Dr. Lucian PINTILIE



Figuri:

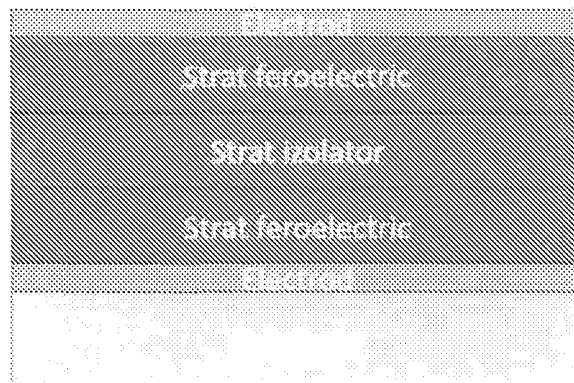


Figura 1

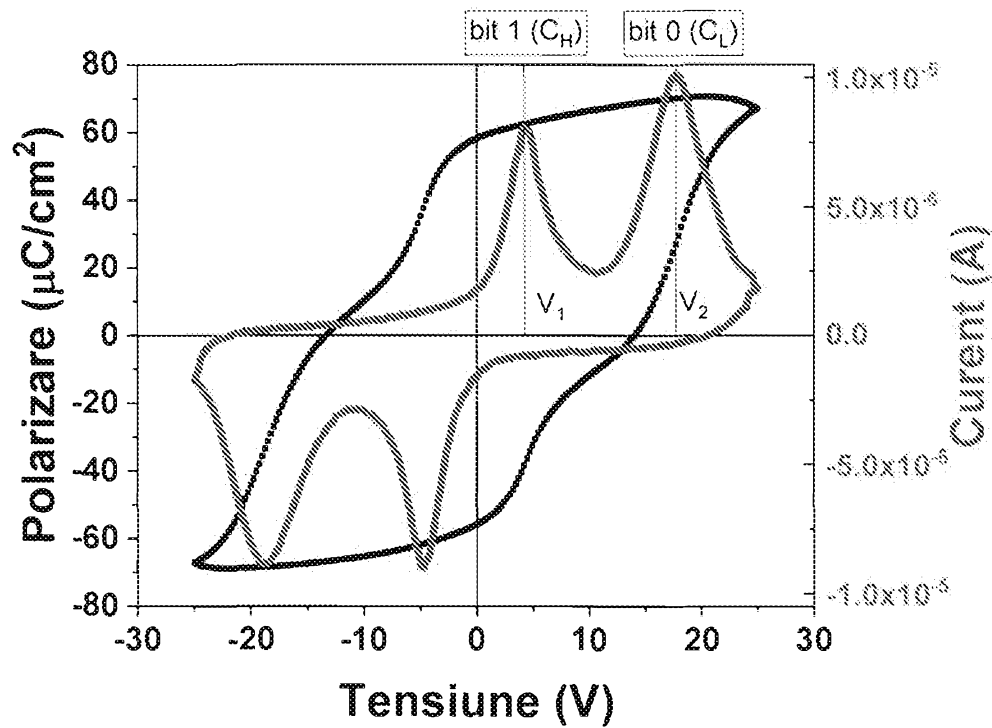
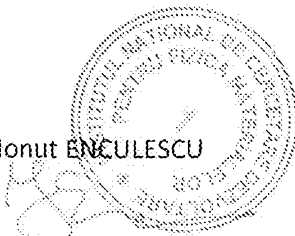


Figura 2

Dr. Ionut ENCULESCU



Dr. Lucian PINTILIE

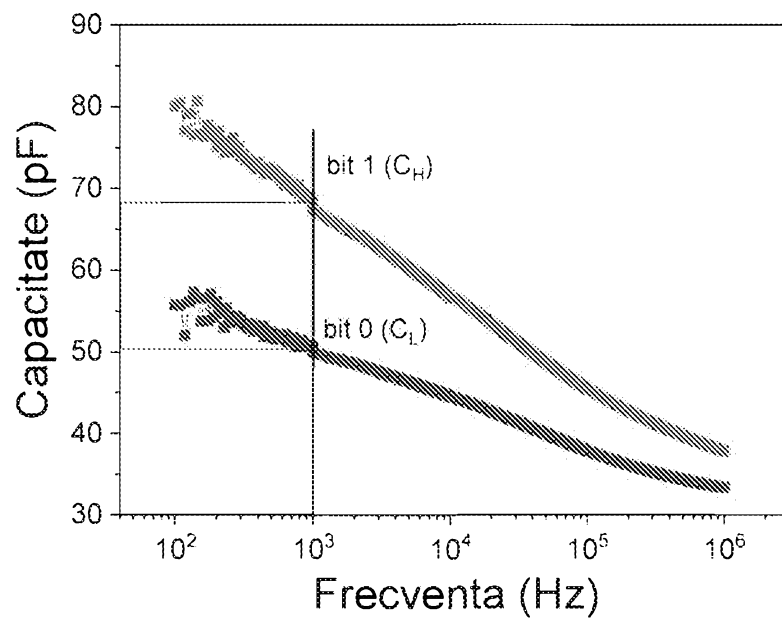


Figura 3

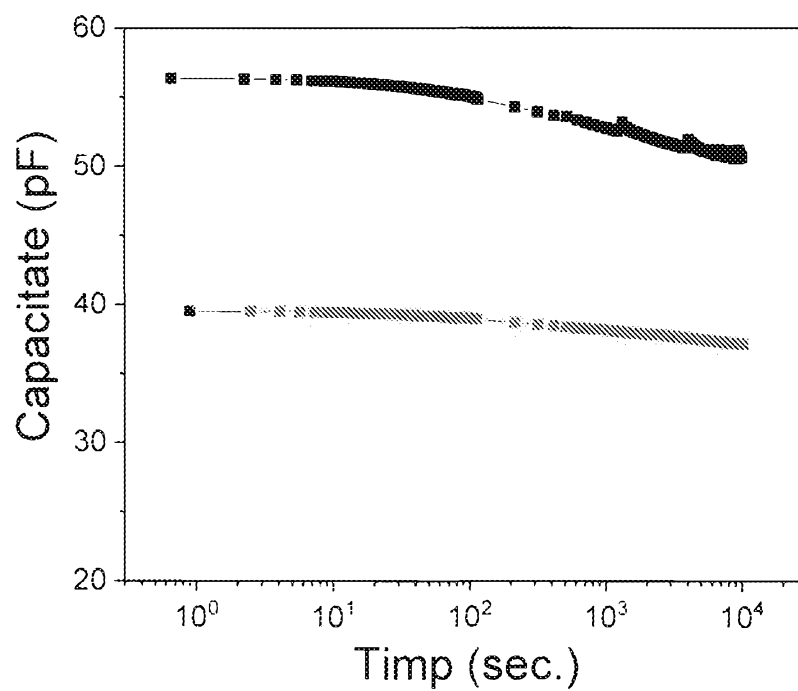


Figura 4

Dr. Ionuț ENCULESCU



Dr. Lucian PINTILIE