



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2023 00685**

(22) Data de depozit: **15/11/2023**

(41) Data publicării cererii:
30/05/2024 BOPI nr. **5/2024**

(71) Solicitant:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICA MATERIALELOR R.A.,
STR.ATOMIȘTILOR NR.405 A, MĂGURELE,
IF, RO**

(72) Inventatori:
• **PALADE CĂTĂLIN, STR. URANUS
NR. 42E, BL. 6, ET. 1, AP. 4, SAT VÎRTEJU,
MĂGURELE, IF, RO;**
• **LEPĂDATU ANA-MARIA,
STR. CÂMPUL CU MACI, NR.8A,
MĂGURELE, IF, RO;**

• **SLAV ADRIAN, STR. VITEJESCU NR. 6,
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **STĂVĂRACHE IONEL, STR.
FIZICIENILOR, NR.16, BLOC L3, SC.1,
ET.2, AP.18, MĂGURELE, IF, RO;**
• **AVRAM-DĂSCĂLESCU IOANA- MARIA,
STR.ORADEA, NR.46, ET.2, AP.3,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **STOICA TOMA, STR. SERGENT LĂȚEA
GHEORGHE, NR.18, SC.B, ET.7, AP.9,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **CIUREA LIDIA MAGDALENA,
STR. EMIL GÂRLEANU NR. 9, BL. A4,
SC. 3, ET. 1, AP. 70, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO**

(54) **STRUCTURĂ CAPACITOR DE MEMORIE NEVOLATILĂ
MULTISTRAT CU PORȚI FLOTANTE DIN NANOCRISTALE
DE SiGe BOGATE ÎN Ge SEPARATE DE STRATURI DE HfO₂**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o structură de capacitor de memorie nevolatilă multistrat, cu porți flotante multiple care constau din perechi de straturi de nanocristale de SiGe și, respectiv, de HfO₂ depuse pe substrat de p-Si, iar la suprafața structurii se află un strat de control din nanocristale de HfO₂. Structura conform invenției se obține prin depunerea straturilor folosind metoda pulverizării cu magnetron pe substrat de (100) p-Si.

Structura proaspăt depusă este amorfă și, în consecință, este supusă unui tratament termic rapid în urma căruia se formează nanocristale de SiGe și HfO₂, după care se depun electrozi de Al pe fața structurii și pe spatele plachetei de Si.

Revendicări: 1
Figuri: 2

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).



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr. a	223 0685
Data depozit	15-11-2023

DESCRIEREA INVENȚIEI:

**STRUCTURĂ CAPACITOR DE MEMORIE NEVOLATILĂ MULTISTRAT CU PORȚI
FLOTANTE DIN NANOCRISTALE DE SiGe BOGATE ÎN Ge SEPARATE DE
STRATURI DE HfO₂**

Cătălin Palade, Ana-Maria Lepădatu, Adrian Slav, Ionel Stăvărache, Ioana-Maria Avram-Dăscălescu, Toma Stoica, Magdalena Lidia Ciurea

Invenția prezentă se referă la o structură capacitor de memorie nevolatilă multistrat (M-MNV) de tipul NC HfO₂ -control / (NC SiGe bogate în Ge / NC HfO₂)₃ / p-Si -substrat formată din 3 porți flotante (PF) care constau în (NC SiGe bogate în Ge / NC HfO₂)₃ pe substratul de p-Si și din stratul HfO₂ -control. Specificăm că HfO₂ din PF și din stratul de HfO₂ -control este nanocristalizat.

Creșterea numărului de PF de la 1 la 3 reprezintă o importantă treaptă de progres în valorile parametrilor caracteristici, ca de exemplu fereastra de memorie. În plus, aceste dispozitive au viteză de operare mare de ordinul 100 ns, timp de retenție lung, operează la tensiuni mici (-8 – +8 V) și au fiabilitate și duranță bune. Folosirea nanocristalelor (NC) de SiGe în locul celor de Ge aduce un avantaj semnificativ și anume împiedică difuzia rapidă a Ge în HfO₂, favorizând formarea NC SiGe [A.-M. Lepadatu, C. Palade, A. Slav, O. Cojocaru, V.-A. Maraloiu, S. Iftimie, F. Comanescu, A. Dinescu, V. S. Teodorescu, T. Stoica, M. L. Ciurea, J. Phys. Chem. C 124 (2020) 25043], iar efectul de confinare cuantică a purtătorilor în NC SiGe este mai bine exploatat (timp de retenție mai lung).

În prezent există puține lucrări publicate în literatura de specialitate privind M-MNV pe bază de NC SiGe, NC Ge, NC Si [S. Manna, R. Aluguri, A. Katiyar, S. Das, A. Laha, H. J. Osten, S. K. Ray, Nanotechnology 24 (2013) 505709; X. Yu, Z. Ma, Z. Shen, W. Li, K. Chen, J. Xu, L. Xu, Nanomaterials 12 (2022) 2459; R. Bar, R. Aluguri, S. Manna, A. Ghosh, P. V. Satyam, S. K. Ray, Appl. Phys. Lett. 107 (2015) 093102; S.W. Fu, H.J. Chen, H.T. Wu, B.R. Chuang, C.F. Shih, Appl. Surf. Sci. 367 (2016) 134] față de numărul lucrărilor privitoare la MNV cu o singură PF pe bază de

Director General INCDFM,
Dr. Ionuț Marius Enculescu



NC Ge [D. Lehninger, P. Seidel, M. Geyer, F. Schneider, V. Klemm, D. Rafaja, J. von Borany, J. Heitmann, *Appl. Phys. Lett.* 106 (2015) 023116; A. Slav, C. Palade, A. M. Lepadatu, M. L. Ciurea, V. S. Teodorescu, S. Lazanu, A. V. Maraloiu, C. Logofatu, M. Braic, A. Kiss, *Scripta Mater.* 113 (2016) 135; R. Bar, R. Aluguri, S. Manna, A. Ghosh, P. V. Satyam, S. K. Ray, *Appl. Phys. Lett.* 107 (2015) 093102; T. H. Ng, W. K. Chim, *ACS Appl. Nano Mater.* 6 (2023) 18222; C. Palade, A. Slav, A. M. Lepadatu, A. V. Maraloiu, I. Dascalescu, S. Iftimie, S. Lazanu, M. L. Ciurea, T. Stoica, *Appl. Phys. Lett.* 113 (2018) 213106; I. Jadli, M. Aouassa, S. Johnston, H. Maaref, L. Favre, A. Ronda, I. Berbezier, R. M'ghaieth, *J. Alloy. Compd.* 756 (2018) 139; C. Palade, A. M. Lepadatu, A. Slav, S. Lazanu, V. S. Teodorescu, T. Stoica, M. L. Ciurea, *Appl. Surf. Sci.* 428 (2018) 698; A. M. Lepadatu, C. Palade, A. Slav, A. V. Maraloiu, S. Lazanu, T. Stoica, C. Logofatu, V. S. Teodorescu, M. L. Ciurea, *Nanotechnology* 28 (2017) 175707].

Pentru obținerea unui strat cu NC SiGe se pot folosi diferite metode cum ar fi depunere chimică în fază de vapori la presiune joasă (RPCVD) [J. E. Halpin, S. D. Rhead, A. M. Sanchez, M. Myronov, D. R. Leadley, *Semicond. Sci. Technol.* 30 (2015) 114009; S. Wirths, D. Buca, A. T. Tiedemann, P. Bernardy, B. Holländer, T. Stoica, G. Mussler, U. Breuer, S. Mantl, *Sol. State Electron.* 83 (2013) 2], epitaxie în flux molecular (MBE) [D. Qi, H. Liu, D. Huang, L. Wang, S. Chen, C. P. Grigoropoulos, *J. Alloy. Compd.* 735 (2018) 588], dar cel mai frecvent prin pulverizare cu magnetron (PM) [K. Fatima, H. Noor, A. Ali, E. Monakhov, M. Asghar, *Coatings* 11 (2021) 1435 (2021); A.-M. Lepadatu, C. Palade, A. Slav, O. Cojocaru, V.-A. Maraloiu, S. Iftimie, F. Comanescu, A. Dinescu, V. S. Teodorescu, T. Stoica, M. L. Ciurea, *J. Phys. Chem. C* 124 (2020) 25043; N. Bensalah, K. A. Mohamed, M. Abdullah, H. Merabet, *Emergent Mater.* 3 (2020) 779; E. M. F. Vieira, J. Toudert, A. G. Rolo, A. Parisini, J. P. Leitão, M. R. Correia, N. Franco, E. Alves, A. Chahboun, J. Martín-Sánchez, *Nanotechnology* 28 (2017) 345701; C. Palade, A.-M. Lepadatu, A. Slav, V. S. Teodorescu, T. Stoica, M. L. Ciurea, D. Ursutiu, C. Samoila, *Materials* 14 (2021) 7040; I. Stavarache, C. Logofatu, M. T. Sultan, A. Manolescu, H. G. Svavarsson, V. S. Teodorescu, M. L. Ciurea, *Sci. Rep.* 10 (2020) 3252; M. T. Sultan, A. V. Maraloiu, I. Stavarache, J. T. Gudmundsson, A. Manolescu, V. S. Teodorescu, M. L. Ciurea, H. G. Svavarsson, *Beilstein J.*

Director General INCDFM,
Dr. Ionuț Marius Enculescu



Nanotechnol. 10 (2019) 1873]. Formarea NC SiGe (în cazul în care stratul proaspăt depus este amorf) se realizează prin tratament termic ulterior depunerii oxidului de control, adică după realizarea structurii M-MNV (fără contacte electrice).

Pentru obținerea filmelor de HfO_2 , metodele utilizate cel mai frecvent sunt depunerea de straturi atomice (ALD) [H. Chen, L. Tang, H. Luo, X. Yuan, D. Zhang, Mater. Lett. 313 (2022) 131732; J. Aziz, Mater. Sci. Eng. B 297 (2023) 116755; A. Nishida, T. Katayama, Y. Matsuo, ACS Appl. Nano Mater. 6 (2023) 18029; F. Preischel, D. Zanders, T. Berning, A. Kostka, D. Rogalla, C. Bock, A. Devi, Adv. Mater. Interfaces 10 (2023) 2300244] și PM [Y. Xi, X. Qin, W. Li, X. Luo, J. Zhang, W. Liu, P. Yang, Micromachines 14 (2023) 1800; T. Mittmann, M. Michailow, P. D. Lomenzo, J. Gaertner, M. Falkowski, A. Kersch, T. Mikolajick, U. Schroeder, Nanoscale 13 (2021) 912; E. Mańkowska, M. Mazur, M. Kalisz, M. Grobelny, J. Domaradzki, D. Wojcieszak, Materials 16 (2023) 5005; M. Dragoman, A. Dinescu, D. Dragoman, C. Palade, V. S. Teodorescu, M. L. Ciurea, Nanomaterials 12, 279 (2022); C. Palade, A. M. Lepadatu, A. Slav, O. Cojocar, A. Iuga, V. A. Maraloiu, A. Moldovan, M. Dinescu, V. S. Teodorescu, T. Stoica, M. L. Ciurea, J. Mater. Chem. C 9, 12353 (2021); C. Palade, A. Slav, A. M. Lepadatu, I. Stavarache, I. Dascalescu, A. V. Maraloiu, C. Negri, C. Logofatu, T. Stoica, V. S. Teodorescu, M. L. Ciurea, S. Lazanu, Nanotechnology 30, 445501 (2019); A. M. Lepadatu, C. Palade, A. Slav, A. V. Maraloiu, S. Lazanu, T. Stoica, C. Logofatu, V. S. Teodorescu, M. L. Ciurea, Nanotechnology 28, 175707 (2017)].

Spre deosebire de rezultatele publicate în articole, brevetele și cererile de brevet publicate privind MNV se referă la dispozitive complexe care au funcții multiple, rețele de MNV și circuite integrate, dispozitive care au în componența lor cel puțin un dispozitiv MNV.

În brevetul **US 10741719 B2 / 2020** se prezintă fabricarea de dispozitive discrete și de circuite integrate pe bază de doturi cuantice de Ge, care au funcții multiple (funcționează ca tranzistori cu efect de câmp, MNV, diode electroluminiscente și fotodetectori). În brevetele **US 10529729 B2 / 2020** și **US 9899398 B1 / 2018** este descris un circuit integrat care are în componență un dispozitiv MNV cu PF din NC, împreună cu metoda lui de fabricare. Aceste 2 brevete sunt

Director General INCDFM,
Dr. Ionuț Marius Enculescu



24

corelate, în sensul că în primul brevet se prezintă circuitul integrat, pe când în al doilea, metoda de obținere a acestuia. Dispozitivul MNV conține PF formată din NC SiGe poziționată în regiunea de canal a unei heterostructuri (MOS) între 2 nanofire de Si care leagă regiunile de sursă și de drenă. Brevetul **US 7262991 B2 / 2007** prezintă un tranzistor MNV care folosește NC Si pentru PF și nanotuburi de C pentru canal. Această combinație oferă avantajul unei ferestre de memorie largi și a unui curent de drenă uni-electron. În plus, dispozitivul are consum redus, tensiuni mici de operare, retenție mare și densitate mare de biți. Altă memorie MNV multi-bit (**US 6855979 B2 / 2005**) s-a fabricat prin separarea tehnologică a zonei de sursă de cea de drenă, rezultând 2 dispozitive distincte cu comandă (scriere/ștergere) țintită, și anume pe electrodul de poartă și sursă și/sau drenă. Brevetul **US 7170128 B2 / 2007** prezintă de asemenea o altă memorie de tip multi-bit cu NC.

Brevetul **US 10164061 B2 / 2018** prezintă fabricarea unui dispozitiv de memorie de tip rețea de celule de memorie pe bază de NC Ge. Structura constă într-o succesiune de straturi de Si și de SiGe pe un substrat de Si peste care se crește oxidul de poartă. Structurarea dispozitivului (prin mască) se finalizează cu corodarea straturilor până la nivelul stratului de SiGe care apoi se oxidează. Astfel, Ge se segregă și formează NC Ge, iar Si se oxidează, devenind matrice de SiO_x care înglobează NC Ge.

Fabricarea unui tranzistor cu efect de câmp cu rol de M-MNV cu PF multiplă poziționată între canalul tranzistorului (oxid dielectric) și oxidul de poartă este descrisă în cererea de brevet **US 0175696 A1 / 2012**. Prima PF (PF1) este separată de canalul tranzistorului prin primul strat dielectric, iar PF2 este separată de PF1 de asemenea printr-un strat dielectric. Autorii demonstrează că acest dispozitiv funcționează ca MNV, ca memorie dinamică sau ca amândouă. Brevetul **US 8193568 B2 / 2012** se referă la o celulă universală de memorie pe bază de NC. Aceasta conține memorii MNV și DRAM, fiecare dintre ele bazându-se pe un anumit tip de NC. Structura MNV este o structură în care PF este alcătuită din 2 straturi, primul strat fiind format din NC mai mari față de cel de-al doilea strat de NC. Memoria DRAM conține un singur strat de stocare de sarcină și este format din NC cu două dimensiuni. Brevetul **US 9331209 B2 / 2016** se referă la fabricarea unei MNV și a unui tranzistor cu efect de câmp cu 3 stări (funcții) pe bază de doturi cuantice.

Director General INCDFM,
Dr. Ionuț Marius Enculescu



Dispozitivul conține 1 sau 2 PF, fiecare PF fiind formată din două straturi succesive de doturi cuantice de Si, fiecare dot fiind acoperit de un film subțire de SiO_x . Canalul este format din 2 perechi succesive de gropi cuantice separate de bariere cu dimensiuni care controlează procesul de încărcare/descărcare și crește timpul de retenție. În tranzistorul cu efect de câmp straturile de doturi cuantice de Si acoperite cu SiO_x pot fi folosite ca strat cu constantă dielectrică k mare cu rol de izolator de poartă peste canalul de transport. În brevetul **US 7683438 B2 / 2010** se prezintă fabricarea unui element de memorie pe bază de dublu strat de NC Si și NC metal care se autoaliniază și de asemenea se descrie memoria care conține acest element. NC metalice favorizează stocarea mai multor sarcini (mai multe stări în banda de conducție). În consecință, retenția de sarcină este semnificativ crescută.

O structură M-MNV în care PF este fabricată într-o singură etapă și este formată din straturi de NC metalice care alternează cu straturi separatoare de polimer este prezentată în brevetul **US 7745874 B2 / 2010**. NC metalice din PF se formează prin autoasamblare pe substrat adecvat de polimer, nefiind nevoie de tratament termic.

Un alt tip de celule de memorie descris în brevetul **US 7821055 B2 / 2010** se bazează pe câmpul de stres creat prin depuneri succesive de straturi urmate de corodări selective (pentru intensificarea câmpului de stres), astfel încât după depunerea contactelor să rezulte o celulă de memorie cu o poartă de forma L.

Structura capacitor pentru M-MNV cu 3 PF, conform prezentei invenții, are avantaje semnificative față de structurile cu o singură PF după cum urmează:

- NC SiGe bogate în Ge sunt mai stabile din punct de vedere termodinamic față de NC Ge în prezența Si, iar matricea de NC HfO_2 împiedică difuzia rapidă a Ge;

- ca urmare, NC SiGe prezintă efect puternic de confinare cuantică care asigură stocarea mai eficientă a sarcinii;

- separarea foarte bună dintre NC SiGe asigurată de matricea de NC HfO_2 (formarea NC SiGe la intersecția granițelor NC HfO_2);

Director General INCDFM,
Dr. Ionuț Marius Enculescu



- curenți de scurgere semnificativ reduși în PF superioară prin efect de blocadă Coulomb – avantaj semnificativ;

- depunerea capacitorului M-MNV prin PM prezintă raport cost-eficiență optim și are aplicații industriale multiple.

Problema tehnică pe care o rezolvă prezenta invenție se referă la obținerea unei structuri de tip capacitor M-MNV de tipul NC HfO₂ -control / (NC SiGe bogate în Ge / NC HfO₂)₃ -PF / p-Si - substrat cu 3 PF în care NC SiGe bogate în Ge au rol de noduri/centri de stocare de sarcină, iar transportul purtătorilor de sarcină între straturile de NC SiGe se realizează prin tunelare prin straturile de NC HfO₂.

Structura capacitor M-MNV conform prezentei invenții are fereastra de memorie de 2,5...4,0 V și caracteristica de retenție $C - t$ măsurată timp de 10³ s arată o scădere a capacității cu 10%...16% în primele 200 s, după care rămâne constantă. Structura capacitor M-MNV cu 3 PF este fabricată folosind materiale ieftine, procese tehnologice simple și costuri reduse astfel încât raportul eficiență-cost este optim. Fabricarea structurii capacitor M-MNV pe substrat de Si de tip p cu orientare (100) cuprinde depunerea prin PM a tuturor straturilor componente și procesarea prin tratament termic rapid pentru nanostructurarea straturilor componente.

Figurile atașate reprezintă:

Figura 1, caracteristica capacitate – tensiune (C-V) măsurată pe structura de capacitor Al / NC HfO₂ -control / (NC SiGe bogate în Ge / NC HfO₂)₃ / p-Si substrat / Al.

Figura 2, caracteristica de retenție (C-t) măsurată pe structura de capacitor Al / NC HfO₂ -control / (NC SiGe bogate în Ge / NC HfO₂)₃ / p-Si substrat / Al.

În continuare se prezintă un exemplu de realizare a invenției. Structura a fost fabricată pe substrat de (100) Si de tip p, cu rezistivitate 7...14 Ωcm. Anterior introducerii în echipamentul de depunere prin PM, plachetele de Si se spală în camera curată utilizând rețeta standard RCA, în soluție Piranha la 65 °C, urmată de clătire în apă deionizată și apoi de ultrasonare în 3...4 cicluri a 15 min fiecare. Apoi, suportii de Si sunt introduși în camera de încărcare „load lock” a echipamentului PM, în care sunt degazați timp de 5 min la 200 °C în vid, după care suportii sunt

Director General INCDFM,
Dr. Ionuț Marius Enculescu



transferați în camera de depunere și așezați pe un platan care se rotește în timpul depunerii cu 10...20 rpm pentru obținerea de filme cu compoziție și grosime uniforme.

Structurile de capacitor M-MNV $\text{HfO}_2 / (\text{SiGe} / \text{HfO}_2)_3 / \text{p-Si}$ -substrat se depun prin PM folosind ținte separate de HfO_2 pentru straturile de HfO_2 și de SiGe având compoziția de 10:90 at.% pe țintă pentru straturile de SiGe. Pe țintele de HfO_2 și SiGe s-au aplicat puterile de $P_{\text{HfO}_2} = 40...50 \text{ W RF}$ și $P_{\text{SiGe}} = 11...15 \text{ W DC}$. Ca atmosferă de lucru se folosește Ar 6N (puritate), iar presiunea de lucru este de 4 mTorr. Structura se realizează prin depunerea succesivă a straturilor de HfO_2 și de SiGe pentru obținerea PF formate din 3 perechi de straturi de SiGe / HfO_2 pe substrat de p-Si. Structura proaspăt depusă este amorfă și ca urmare este supusă unui tratament termic rapid (RTA) în atmosferă de N_2 6N (puritate) la temperatura de 600...625 °C pentru formarea de NC SiGe. Temperatura de tratament termic a fost astfel aleasă încât HfO_2 să se nanocristalizeze simultan, formând NC HfO_2 . Grosimile straturilor din PF sunt de 3...5 nm pentru straturile de SiGe și de 8...10 nm pentru straturile de HfO_2 . Stratul de HfO_2 -control are grosimea de 25...35 nm. În continuare se depun electrozi de Al cu aria de $1 \times 1 \text{ mm}^2$ prin evaporare termică în vid pe fața structurii și pe spatele plachetei de Si, rezultând structura de capacitor Al / NC HfO_2 -control / (NC SiGe bogate în Ge / NC HfO_2)₃ / p-Si substrat / Al.

Structura M-MNV conform invenției are proprietăți de memorie nevolatilă după cum rezultă din Figurile 1 și 2. În Figura 1 se prezintă o caracteristică capacitate-tensiune, $C - V$, măsurată la frecvența de 1 MHz, în intervalul de tensiuni -4 – +7 V. Caracteristica $C - V$ prezintă buclă de histerezis cu fereastră de memorie de 2,5...4,0 V. În Figura 2 se prezintă caracteristica de retenție $C - t$ măsurată timp de 10^3 s , în care capacitatea scade cu 10%...16% în primele 200 s, apoi rămâne constantă. Măsurarea curbei continue începe cu tensiunea de -4 V, pe când cea punctată, de la +7 V (capetele intervalului de histerezis a curbei $C - V$).

Director General INCDFM,
Dr. Ionuț Marius Enculescu




REVENDICARE

1. Structura capacitor de memorie nevolatilă multistrat (M-MNV) de tipul NC HfO₂-control / (NC SiGe / NC HfO₂)_n / p-Si -substrat în care porțile flotante (PF) constau în perechi de straturi de NC SiGe și respectiv de NC HfO₂ pe substrat de p-Si, peste care se află stratul de HfO₂-control, structura fiind depusă prin pulverizare cu magnetron pe substrat de (100) Si de tip p cu rezistivitate de 7...14 Ωcm, structura proaspăt depusă este amorfă și ca urmare este supusă unui tratament termic rapid, în urma căruia se formează NC SiGe și NC HfO₂, după care se depun electrozi de Al pe fața structurii și pe spatele plachetei de Si,

caracterizată prin aceea că structura capacitor M-MNV proaspăt depusă este amorfă, compoziția straturilor de SiGe este de 10 at.% Si : 90 at.% Ge, structura este supusă unui tratament termic rapid la 600...625 °C pentru formarea de NC SiGe și de NC HfO₂ astfel încât se obține structura NC HfO₂-control / (NC SiGe bogate în Ge / NC HfO₂)₃ / p-Si substrat cu 3 PF în care grosimile straturilor din PF sunt de 3...5 nm pentru straturile de SiGe și de 8...10 nm pentru straturile de HfO₂, stratul de HfO₂-control are grosimea de 25...35 nm, structura are proprietăți de memorie nevolatilă și anume caracteristica $C - V$ măsurată la o frecvență de 1 MHz prezintă buclă de histerezis în intervalul de tensiuni -4 – +7 V cu fereastră de memorie de 2,5...4,0 V și caracteristică de retenție $C - t$ măsurată timp de 10³ s care arată o scădere a capacității cu 10%...16% în primele 200 s, după care rămâne constantă.

Director General INCDFM,
Dr. Ionuț Marius Enculescu



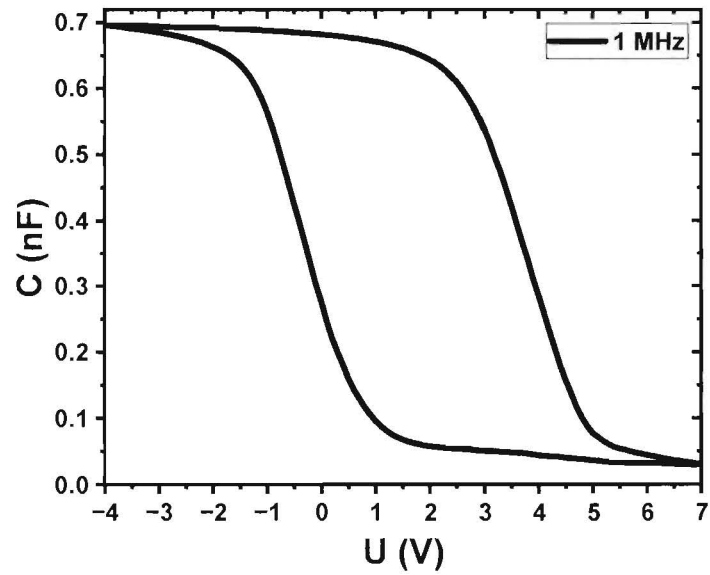


Figura 1.

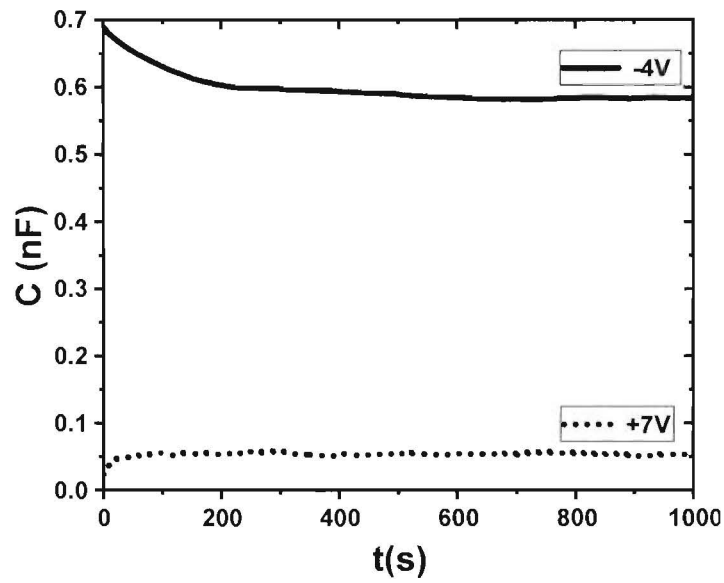


Figura 2.

Director General INCDFM,
Dr. Ionuț Marius Enculescu