



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2016 00723**

(22) Data de depozit: **12/10/2016**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/05/2018** BOPI nr. **5/2018**

(41) Data publicării cererii:  
**30/06/2017** BOPI nr. **6/2017**

(73) Titular:

- **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU FIZICA MATERIALELOR (INCDFM), STR. ATOMIȘTILOR NR. 105 BIS, MĂGURELE, IF, RO;**
- **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU MICROTEHNOLOGIE - IMT BUCUREȘTI, STR. EROU IANCU NICOLAE NR. 126A (32B), VOLUNTARI, IF, RO**

(72) Inventatori:

- **SLAV ADRIAN, STR. VITEJESCU NR. 6, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **PALADE CĂTĂLIN, STR. URANUS NR. 42E, BL. 6, ET. 1, AP. 4, SAT VİRTEJU, MĂGURELE, IF, RO;**

- **LEPADATU ANA-MARIA, STR. CÂMPIA LIBERTĂȚII NR. 3, BRAGADIRU, IF, RO;**
- **LAZANU SORINA, STR. PAȘCANI NR. 3, BL. D6, SC. F, ET. 2, AP. 56, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **CIUREA LIDIA MAGDALENA, STR. EMIL GARLEANU NR. 9, BL. A4, SC. 3, ET. 1, AP. 70, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**
- **VASILACHE DAN, STR. FIZICIENILOR NR. 8, BL. 5, SC. A, ET. 1, AP. 5, MĂGURELE, IF, RO;**
- **DRAGOMAN MIRCEA, STR. CÂMPIA LIBERTĂȚII NR. 33, BL. 21, SC. 2, AP. 50, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:

- US 2011/0233610 A1; US 2002/0190343 A1;**
- US 2013/0024796**

(54) **MATRICE CAPACITIVĂ PENTRU MEMORIE NEVOLATILĂ ȘI PROCEDEU DE REALIZARE A ACESTEIA**



# RO 131968 B1

1 Prezenta invenție se referă la o matrice capacitivă pentru memorie nevolatilă (MNV),  
formată din celule de capacitor metal-oxid-semiconductor (MOS) cu trei straturi, și anume  
3  $\text{HfO}_2$  de control/strat intermediar din NC Ge în  $\text{HfO}_2/\text{HfO}_2$  tunel/substrat de Si. Stratul  
intermediar joacă rol de poartă flotantă, iar stratul de  $\text{HfO}_2$  tunel permite încărcarea  
5 nanocristalelor (NC)/noduri de stocare de sarcină cu purtători de sarcină prin tunelarea  
acestora din substratul de Si.

7 Poarta flotantă fabricată din NC imersate în matrici dielectrice, în particular oxidice,  
conduce la caracteristici net superioare ale dispozitivelor MOS de MNV față de dispozitivele  
9 cu poartă flotantă continuă, și anume tensiune de operare mai mică, viteză de operare mai  
mare, retenție, fiabilitate și durabilitate mai bune [J.S. Meena, S. M. Sze, U. Chand and T. -Y.  
11 Tseng, *Nanoscale Res. Lett.* **9** (2014) 526]. În prezent, NC de Ge sunt dintre cele mai  
folosite NC pentru că bugetul termic necesar formării acestora este mic (în raport cu Si) [I.  
13 Capan, A. Carvalho, J. Coutinho, Beilstein J. Nanotechnol. **5** (2014) 1787], și pentru că  
Ge prezintă efect puternic de confinare cuantică, care conduce la un timp de retenție mai  
15 lung față de Si [C. Bonafos, M. Carrada, G. Benassayag, S. Schamm-Chardon,  
J. Groenen, V. Paillard, B. Pecassou, A. Claverie, P. Dimitrakis, E. Kapetanakis,  
17 V. Ioannou-Souglideridis, P. Normand, B. Sahu, A. Slaoui, *Mat. Sci. Semic. Proc.* **15**  
(2012) 615].

19 Numeroase articole din literatura de specialitate sunt dedicate investigării unor  
materiale pentru aplicații de dispozitive discrete de MNV de tip capacitor sau tranzistor MOS  
21 [G. Zhou, B. Wu, Z. Li, Z. Xiao, S. Li, P. Li, *Curr. Appl. Phys.* **15** (2015) 279; J. Wang, X.  
Zou, X. Xiao, L. Xu, C. Wang, C. Jiang, J. C. Ho, T. Wang, J. Li, L. Liao, *Small* **11** (2015)  
23 208; D. Lehninger, P. Seidel, M. Geyer, F. Schneider, V. Klemm, D. Rafaja, J. von  
Borany, J. Heitmann, *Appl. Phys. Lett.* **106** (2015) 02311; C. Zhao, C.Z. Zhao, S. Taylor  
25 and P.R. Chalker, *Materials* **7** (2014) 5117-5145; C. Bonafos, Y. Spiegel, P. Normand,  
G. Ben-Assayag, J. Groenen, M. Carrada, P. Dimitrakis, E. Kapetanakis, B. S. Sahu, A.  
27 Slaoui, F. Torregrosa, *Appl. Phys. Lett.* **103** (2013) 253118; R. Tang, K. Huang, H. Lai,  
C. Li, Z. Wu, J. Kang, *Nanoscale Res. Lett.* **8** (2013) 368; P. -Y. Chan, M. Gogna, E.  
29 Suarez, S. Karmakar, F. Al-Amoody, B. I. Miller, and F.C. Jain, *J. Electron. Mater.*, **40**  
(2011) 1685-1688]. De o deosebită atenție se bucură structurile discrete cu poartă flotantă  
31 formată din NC Ge imersate în diferiți oxizi, și anume  $\text{Al}_2\text{O}_3$  [R. Bar, R. Aluguri, S. Manna,  
A. Ghosh, P. V. Satyam, S. K. Ray, *Appl. Phys. Lett.* **107** (2015) 093102],  $\text{SiO}_2$  [M.  
33 Mederos, S. N. M. Mestanza, R. Lang, I. Doia, J. A. Diniz, *Thin Sol. Films* **611** (2016) 39;  
C. Bonafos, M Carrada, G. Benassayag, S. Schamm-Chardon, J. Groenen, V. Paillard,  
35 B. Pecassou, A. Claverie, P. Dimitrakis, E. Kapetanakis, V. Ioannou-Souglideridis, P.  
Normand, B. Sahu, A. Slaoui, *Mater Sci. Semicond. Proc.* **15** (2012) 615],  $\text{HfO}_2$  [A. Slav,  
37 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; S. Das, R. Aluguri, S. Manna,  
39 R. Singha, A. Dhar, L. Pavesi, S. K. Ray, *Nanoscale Res. Lett.* **7** (2012) 143; S. Das, S.  
Manna, R. Singha, A. Anopchenko, N. Daldosso, L. Pavesi, A. Dhar, and S.K. Ray,  
41 *Phys. Status Solidi A* **208** (2011) 635-638; S. Kim, S.W. Hwang, S. -H. Choi, R.G.  
Elliman, Y.-M. Kim, and Y. -J. Kim, *J. Appl. Phys.* **105** (2009) 106112].

43 Pentru realizarea capacitorilor MOS, mai întâi se curăță plachetele de Si folosite ca  
substrat, urmând o rețetă standard (Radio Corporation of America - RCA). Apoi, se  
45 prepară structura cu trei straturi  $\text{HfO}_2$  de control/strat intermediar din NC Ge în  $\text{HfO}_2/\text{HfO}_2$   
tunel/substrat de Si [A. Slav, C. Palade, A.M. Lepadatu, M. L. Ciurea, V. S. Teodorescu,  
47 S. Lazanu, A. V. Maraloiu, C. Logofatu, M. Braic, A. Kiss, *Scripta Mater.* **113** (2016) 135;

# RO 131968 B1

L. Khomenkova, X. Portier, M. Carrada, C. Bonafos, B. S. Sahu, A. Slaoui and F. Gourbilleau, ECS Trans. 45 (2012) 331-344; Y. Q. Wang, J. H. Chen, W. J. Yoo, and Y. -C. Yeo, Mater. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 830 (2005)]. Straturile HfO<sub>2</sub> de control/HfO<sub>2</sub> de poartă și HfO<sub>2</sub> tunel se depun folosind diferite metode, ca, de exemplu, pulverizare cu magnetron (MS) [L. Khomenkova, X. Portier, M. Carrada, C. Bonafos, B. S. Sahu, A. Slaoui and F. Gourbilleau, ECS Trans. 45 (2012) 331-344], depunere chimică în faza de vapori (CVD) [Y. Q. Wang, J. H. Chen, W. J. Yoo, and Y. -C. Yeo, Mater. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 830 (2005)], evaporare în fascicul de electroni (EBE) [S. Wang, W. Liu, Q. Wan, J. Y. Dai, P. F. Lee, L. Suhua, Q. Shen, M. Zhang, Z. Song, and C. Lin, Appl. Phys. Lett. 86 (2005) 113105], depunere de straturi atomice (ALD) [S. Kim, S. W. Hwang, S. -H. Choi, R. G. Elliman, Y. -M. Kim, and Y. -J. Kim, J. Appl. Phys. 105 (2009) 106112]. Stratul de HfO<sub>2</sub> de control are rolul de a bloca transportul de sarcină, și, ca urmare, este mai gros decât stratul HfO<sub>2</sub> tunel care trebuie să aibă grosime tunelabilă. Stratul intermediar, format din NC de Ge imersate în HfO<sub>2</sub> se realizează prin depunerea unui strat continuu de Ge [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] sau prin co-depunerea unui strat de Ge și HfO<sub>2</sub>, folosind metodele MS [S. Das, S. Manna, R. Singha, A. Anopchenko, N. Daldosso, L. Pavesi, A. Dhar, and S.K. Ray, Phys. Status Solidi A 208 (2011) 635-638; L. Khomenkova, X. Portier, M. Carrada, C. Bonafos, B. S. Sahu, A. Slaoui and F. Gourbilleau, ECS Trans. 45 (2012) 331-344], EBE [S. Wang, W. Liu, Q. Wan, J. Y. Dai, P. F. Lee, L. Suhua, Q. Shen, M. Zhang, Z. Song, and C. Lin, Appl. Phys. Lett. 86 (2005) 113105] sau CVD [Y. Q. Wang, J. H. Chen, WJ. Yoo, and Y. -C. Yeo, Mater. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 830 (2005)]. Stratul intermediar de Ge poate fi, de asemenea, obținut prin implantarea de ioni de Ge în HfO<sub>2</sub> [S. Kim, S. W. Hwang, S. -H. Choi, R. G. Elliman, Y. -M. Kim, and Y. -J. Kim, J. Appl. Phys. 105 (2009) 106112]. Pentru formarea de NC de Ge și pentru stabilizarea lor și, de asemenea, pentru realizarea morfologiei de structură cu trei straturi, structura cu trei straturi este tratată termic în condiții controlate, ulterior depunerii.

Brevetele de invenție privitoare la dispozitive de MNV pe bază de NC de Ge înglobate în HfO<sub>2</sub> se referă la tranzistori MOS cu efect de câmp (MOSFET), cu configurație de structură cu trei straturi. Abordarea din brevetul **US 2006/0166435 A1/2006** privește formarea NC de Ge din stratul intermediar dintr-un strat continuu de SiGe printr-un proces de oxidare/tratament termic. În brevetul **US 7821055 B2/2010**, stratul intermediar cu noduri de stocare de sarcină NC de Ge este stresat. Stresul are ca efect creșterea barierei de potențial între NC și dielectricul tunel și, de asemenea, creșterea masei efective a purtătorilor de sarcină în NC, îmbunătățind astfel retenția sarcinii. Stratul intermediar cu NC de Ge provine fie dintr-un strat continuu de Ge, GeSi, etc. (brevetele **US 6320784 B1/2001** și **US 2006/0166435 A1/2006**), fie dintr-un strat obținut prin codepunerea Ge și HfO<sub>2</sub> (brevetele **US 6808986 B2/2004**, **US 6831310 B1/2004** și **US 7098502 B2/2004**). În brevetele mai recente, se raportează circuite integrate, care conțin printre alte dispozitive, unele MNV (**US 6531731 B2/2002**, **US 8951863 B2/2015**).

Matricea capacitivă conform prezentei invenții are următoarele avantaje în raport cu dispozitivele raportate anterior în literatură și fabricate conform brevetelor de invenție:

- structura cu trei straturi se depune folosind metoda MS, mai ieftină în raport cu CVD, ALD și implantare; structura de tip capacitor MOS este mai ușor de realizat din punct de vedere tehnologic decât dispozitivele MOSFET și, în consecință, este mai ieftină. Ca urmare, fabricarea matricii capacitive este mai ieftină decât fabricarea dispozitivului MOSFET integrat;

# RO 131968 B1

1 - stratul intermediar cu rol de poartă flotantă, care este format din NC de Ge imersate  
în HfO<sub>2</sub>, se obține prin depunerea (MS) a unui strat continuu de Ge. Structura proaspăt  
3 depusă este supusă unui tratament termic rapid (RTA), proces tehnologic care asigură  
realizarea stratului intermediar format din NC de Ge imersate în HfO<sub>2</sub>, NC având concentrație  
5 mare și fiind poziționate la distanță optimă față de substrat. Tratamentul RTA în condiții  
controlate conduce la formarea NC de Ge prin gestionarea proceselor opuse de segregare  
7 a atomilor de Ge în NC și de difuzie a acestora în matricea oxidică;

- HfO<sub>2</sub> este cristalizat în tot volumul structurii, formând NC atât în straturile HfO<sub>2</sub> tunel,  
9 și HfO<sub>2</sub> de control, cât și în matricea de HfO<sub>2</sub> din stratul intermediar în care sunt imersate NC  
de Ge. Ca urmare, densitatea centrilor de captură prezenți de regulă în HfO<sub>2</sub> cristalin [A.  
11 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] este mică, iar  
13 contribuția acestora la proprietățile de memorie este nesemnificativă;

- matricea de capacitori este versatilă, prin ajustarea numărului de celule capacitor  
15 MOS în funcție de necesități.

Menționăm că realizarea matricii capacitive conform invenției se bazează pe procese  
17 tehnologice precis stabilite și controlate.

Prin prezenta invenție, se rezolvă problema tehnică, care se referă la obținerea unei  
19 matrici capacitive versatile, formate din celule capacitor MOS pe baza structurii cu trei straturi  
HfO<sub>2</sub> de control/strat intermediar din NC de Ge în HfO<sub>2</sub>/HfO<sub>2</sub> tunel/substrat de Si. Prin  
21 controlul precis al condițiilor de depunere MS și de tratament RTA, se obține stratul  
intermediar/poartă flotantă, poziționat la o distanță controlată față de substrat, format din NC  
23 de Ge imersate în HfO<sub>2</sub> cu densitate mare, separate între ele prin distanțe optime. Conform  
invenției, realizarea matricii capacitive pentru MNV constă în două etape tehnologice  
25 principale, în prima etapă sunt implicate procese de depunere MS pentru realizarea unei  
structuri cu trei straturi (straturile active) într-o singură etapă de depunere, urmată de  
27 tratament RTA, iar în a doua etapă, această structură este configurată prin procesare  
tehnologică pentru realizarea matricii de celule capacitor conectate în paralel.

29 Figurile atașate reprezintă:

- fig. 1, structura cu trei straturi după depunere MS, HfO<sub>2</sub> de control/strat intermediar  
31 Ge/HfO<sub>2</sub> tunel/substrat de Si;

- fig. 2, structura cu trei straturi din fig. 1 după tratament RTA pentru formarea NC de  
33 Ge, HfO<sub>2</sub> de control/strat intermediar din NC Ge în HfO<sub>2</sub>/HfO<sub>2</sub> tunel/substrat de Si;

- fig. 3, structura din fig. 2 după depunerea și configurarea fotorezistului pentru  
35 corodarea straturilor active;

- fig. 4, structura din fig. 3 după corodarea straturilor active prin corodare uscată de  
37 tip RIE (Reactive Ion Etching) și îndepărtarea stratului de fotorezist utilizat pentru mascare  
în timpul procesului;

- fig. 5, structura din fig. 4 cu depunerea de Ti/Au pentru realizarea metalizărilor  
39 celulelor de memorie;

- fig. 6, structura din fig. 5, în care se configurează stratul de mascare de fotorezist  
41 (depus și corodat) pentru realizarea metalizării celulelor de memorie și îngroșarea  
43 electrochimică a metalizării;

- fig. 7, structura din fig. 6 în care stratul de fotorezist este îndepărtat, iar straturile de  
45 Au și Ti utilizate pentru îngroșarea electrochimică sunt corodate;

- fig. 8, structura din fig. 7, în care se realizează configurarea stratului de fotorezist  
47 și corodarea substratului pentru izolarea celulelor de memorie;

# RO 131968 B1

- fig. 9, structura din fig. 8, în care stratul de fotorezist utilizat pentru corodarea substratului a fost îndepărtat, după care s-a depus un strat de  $\text{SiO}_2$  pentru pasivarea celulelor de memorie, urmată de depunerea fotorezistului și configurarea acestuia pentru deschiderea padurilor și îndepărtarea stratului de  $\text{SiO}_2$  de pe paduri;

- fig. 10, structura din fig. 9 în care stratul de fotorezist utilizat pentru eliberarea contactelor de pe fața probei a fost îndepărtat, după care s-a realizat contactul de pe spate din TiAu;

- fig. 11, structura de memorie cu celule de  $100 \times 100 \mu\text{m}$ , analizată cu ajutorul unui interferometru cu lumina albă (WLI - White Light Interferometer).

În continuare, se prezintă un exemplu de realizare a invenției. S-au folosit, ca substrat, plachete de Si (100) de tip p, având rezistivitatea în domeniul  $4 \dots 10 \Omega\text{cm}$ .

În prima etapă tehnologică, plachetele de Si **1** sunt mai întâi curățate în camera albă folosind o rețetă standard (spălare în soluție Piranha  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$  în proporție 3:1, la  $65^\circ\text{C}$ , apoi în apă deionizată și ultrasonare timp de  $3 \times 15$  min). Ulterior, oxidul nativ existent pe placheta de Si se îndepărtează în soluție diluată de HF (2%) timp de  $15 \dots 60$  s, după care placheta de Si se usucă în flux de  $\text{N}_2$  (5N). Placheta astfel curățată se așează pe suportul de probe din echipamentul MS, suport care se rotește în timpul depunerii cu 15 rot/min. Echipamentul MS este un echipament de vid înalt ( $\sim 10^{-7}$  Torr) și are geometrie confocală. Depunerea structurii cu trei straturi  $\text{HfO}_2$  de control/strat intermediar Ge/ $\text{HfO}_2$  tunel/substrat de Si se realizează într-o singură etapă de depunere, în atmosferă de Ar la o presiune de lucru de 4 mTorr. Straturile de  $\text{HfO}_2$  tunel **2** și de control **4** se depun în regim RF la  $30 \dots 50$  W, iar stratul intermediar de Ge **3** se depune în regim continuu, la putere de 5 W. Structura cu trei straturi depusă pe placheta de Si se tratează RTA în Ar la temperatura de  $600 \dots 650^\circ\text{C}$ , timp de  $400 \dots 600$  s, pentru nanostructurarea Ge în NC poziționate la distanța controlată față de substratul de Si. Structura cu trei straturi obținută în urma tratamentului RTA,  $\text{HfO}_2$  de control/strat intermediar din NC Ge în  $\text{HfO}_2/\text{HfO}_2$  tunel/substrat de Si, are dimensiunile de  $7 \dots 10$  nm pentru  $\text{HfO}_2$  tunel **2**,  $4 \dots 6$  nm pentru stratul strat intermediar din NC Ge imersate în  $\text{HfO}_2$  **5** și  $20 \dots 25$  nm pentru  $\text{HfO}_2$  de control **4**. În urma procesării RTA,  $\text{HfO}_2$  se cristalizează sub formă de NC în tot volumul structurii cu trei straturi. Cele trei straturi (straturile active), și anume stratul tunel **2**, intermediar **5** și de control **4**, obținute în urma depunerii MS și procesării RTA, sunt definite împreună cu numărul de referință **6**.

Structura cu trei straturi este folosită în continuare, în cea de-a doua etapă tehnologică, pentru realizarea matricii de condensatori, în care celulele individuale sunt conectate în paralel, unul dintre electrozi fiind situat pe fața probei, iar cel de-al doilea pe spatele plachetei.

În exemplul pe care îi prezentăm, matricea capacitivă este formată din celule având dimensiunile  $100 \times 100 \mu\text{m}$ .

Electrodul de pe față este configurat pentru a forma celule individuale, în timp ce pe spate metalizarea este continuă. Pe fața plachetei, mai întâi se depune și se configurează fotorezistul, pentru deținerea celulelor de memorie **7**, a padurilor de măsură **8** și a liniilor de alimentare **9**. Apoi se corodează straturile active folosind un procedeu de corodare uscată de tip RIE (Reactive Ion Etching), după care se îndepărtează stratul de fotorezist. Electrocul de față din Ti/Au **10**, cu grosimile de  $5 \dots 6$  nm pentru Ti și aproximativ  $1,9 \mu\text{m}$  pentru Au este depus prin MS în regim continuu.

Urmează depunerea și configurarea stratului de mascare (de fotorezist) **11** pentru îngroșarea electrochimică a contactului de Au **12**, în vederea realizării metalizărilor celulelor de memorie, apoi stratul de fotorezist este îndepărtat. În ferestrele deschise, se corodează

# RO 131968 B1

1 straturile de Au și Ti utilizate pentru îngroșarea electrochimică. În continuare, se depune și  
configurează un nou strat de fotorezist **13** pentru corodarea **14** a substratului de Si în  
3 vederea izolării celulelor individuale de memorie. Substratul se corodează prin corodare  
uscă RIE până la o adâncime de aproximativ 20  $\mu\text{m}$  în substratul de Si, astfel încât  
5 conexiunea cu linia de alimentare este de tip „punte aeriană” **15**. Pe acest profil corodat se  
depune  $\text{SiO}_2$  pentru pasivare **16** prin PECVD la 300°C. Urmează depunerea și configurarea  
7 unui nou strat de fotorezist **17** pentru deschiderea ferestrelor pentru padurile de măsură și  
pentru îndepărtarea stratului de  $\text{SiO}_2$  de pe paduri. Ultima procesare constă în îndepărtarea  
9 stratului de fotorezist utilizat pentru eliberarea contactelor de pe fața plachetei, urmată de  
realizarea contactului de spate de Ti/Au **18**, depus prin MS în regim continuu, având  
11 grosimile de 20 nm pentru Ti și 50 nm pentru Au.

Matricea de condensatori conform invenției are proprietăți bune de memorie, și anume:  
13 a) fereastra de memorie  $\Delta V$  obținută din caracteristica C-V măsurată la frecvența de 1 MHz  
în intervalul de tensiuni -10...15 V are valoarea  $\Delta V = 4...5$  V; b) timp de retenție mare probat  
15 prin scăderea capacității matricii cu maximum 10% după primele 8000 s.

# RO 131968 B1

## Revendicări

1. Matrice capacitivă pentru memorie nevolatilă, **caracterizată prin aceea că** este formată din celule de tip capacitor MOS legate în paralel, fiecare capacitor MOS având o structură cu trei straturi, HfO<sub>2</sub> de control/strat intermediar din NC Ge în HfO<sub>2</sub>/HfO<sub>2</sub> tunel/ /substrat de Si, și **prin aceea că** este crescută prin pulverizare cu magnetron pe substrat de Si (100) de tip p (1), cu rezistivitatea 4...10 Ωcm, având următoarele dimensiuni: pentru stratul HfO<sub>2</sub> control (4) de 20...25 nm, pentru stratul intermediar din NC Ge în HfO<sub>2</sub> (5) de 4...6 nm, pentru stratul HfO<sub>2</sub> tunel (2) de 7...10 nm, stratul intermediar din nanocristale de Ge imersate în HfO<sub>2</sub> fiind obținut prin depunerea unui strat continuu de Ge. 3 5 7 9
2. Procedeu de obținere a unei matrici capacitive conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** etapa tehnologică se realizează prin depunerea și configurarea fotorezistului prin definirea celulelor de memorie (7), a padurilor de măsură (8) și a liniilor de alimentare (9), se corodează straturile active prin procedeul RIE, se îndepărtează fotorezistul și se depune, prin MS, electrodul de față din Ti/Au (10), cu dimensiunile de 5...6 nm/1,9 μm, apoi urmează îngroșarea electro-dinamică a contactului de Au (12) și, în vederea izolării celulelor individuale de memorie, se corodează substratul de Si (14), prin RIE, până la adâncimea de 20 μm în substratul de Si, astfel încât conexiunea cu linia de alimentare este de tip "punte aeriană" (15), pe profilul astfel format se depune SiO<sub>2</sub> de pasivare (16) prin PECVD la 300°C, apoi se depune și se configurează un nou strat de fotorezist (17) pentru deschiderea ferestrelor pentru padurile de măsură și pentru îndepărtarea stratului de SiO<sub>2</sub> paduri și, în final, se depune contactul continuu de spate de Ti/Au cu grosime de 20/50 nm (18). 11 13 15 17 19 21

(51) Int.Cl.

H01L 21/8229 (2006.01),

H01L 21/8249 (2006.01)

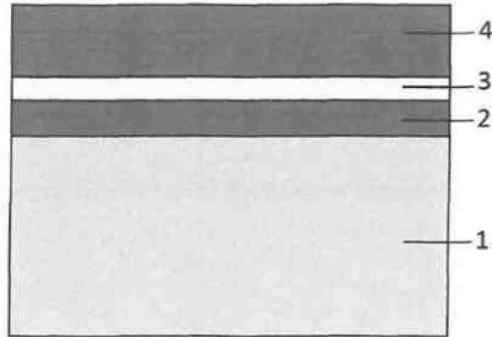


Fig. 1

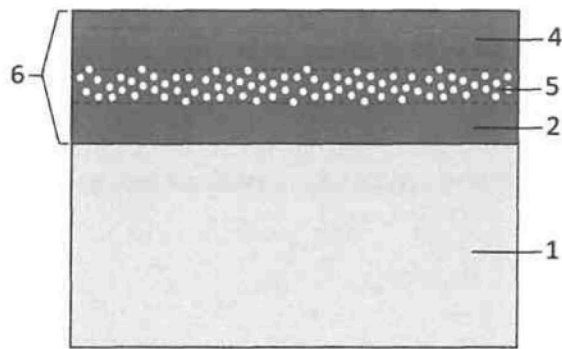


Fig. 2

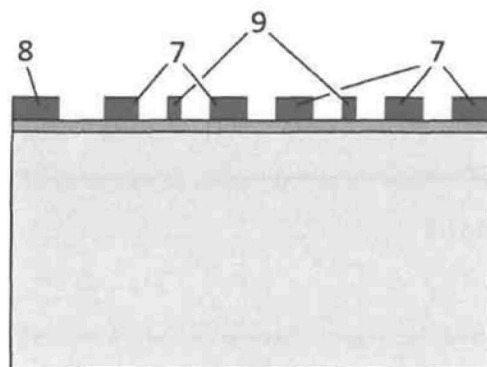


Fig. 3



(51) Int.Cl.

H01L 21/8229 (2006.01),

H01L 21/8249 (2006.01)

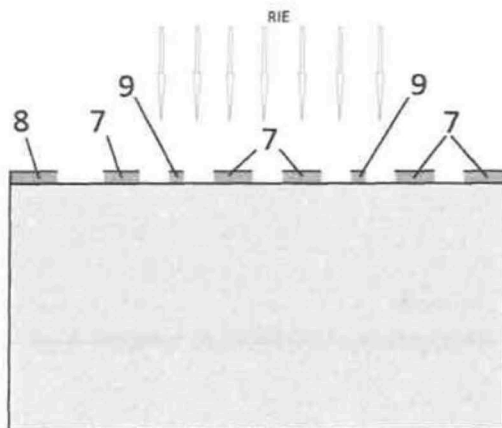


Fig. 4

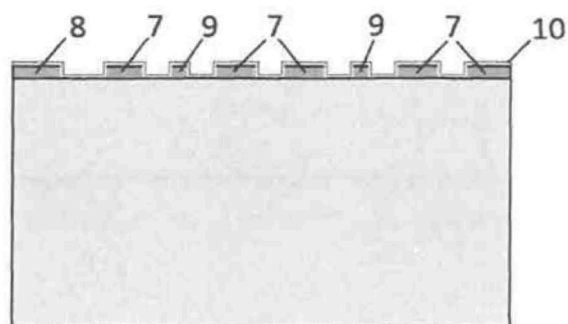


Fig. 5

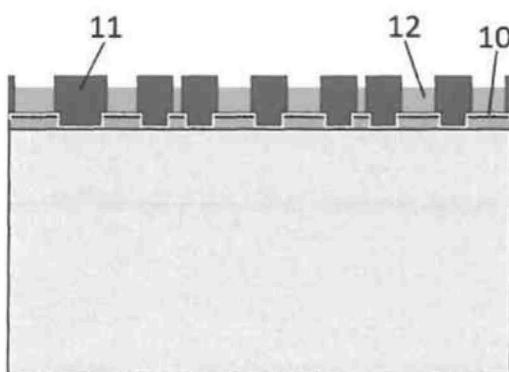


Fig. 6

(51) Int.Cl.

H01L 21/8229 (2006.01);

H01L 21/8249 (2006.01)

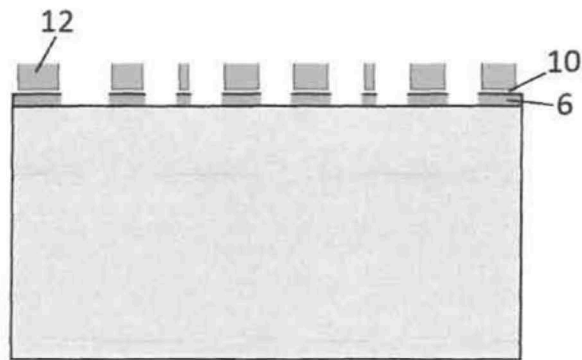


Fig. 7

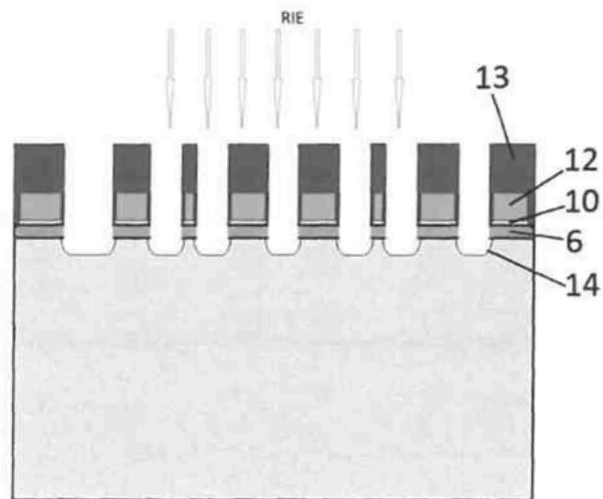
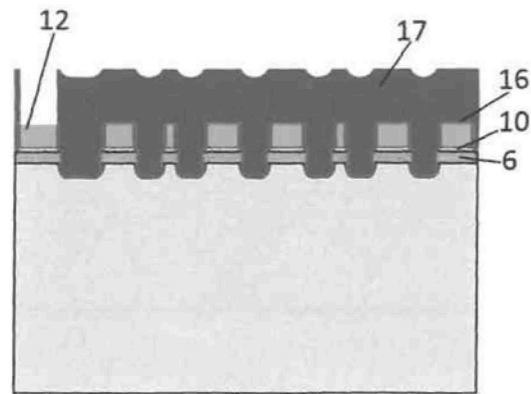
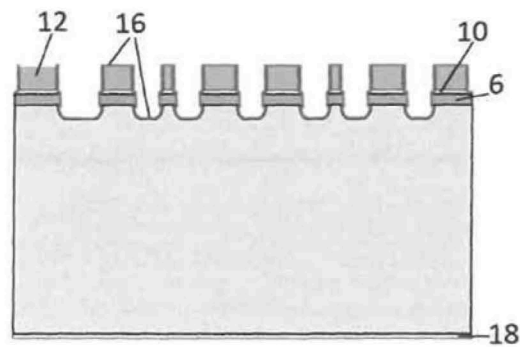


Fig. 8

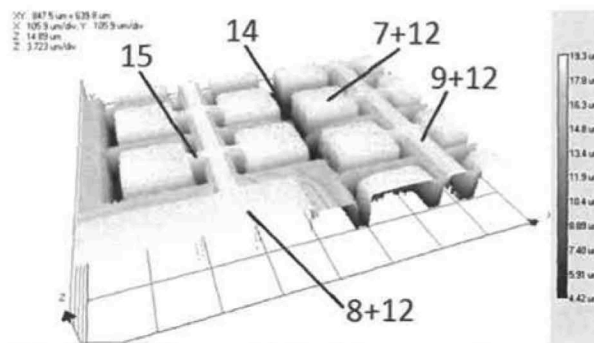
(51) Int.Cl.  
**H01L 21/8229** (2006.01),  
**H01L 21/8249** (2006.01)



**Fig. 9**



**Fig. 10**



**Fig. 11**



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM  
 Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci  
 sub comanda nr. 234/2018