



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2016 00723

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

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

(71) Solicitant:
• 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 VÎRTEJU,
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

(54) **MATRICE CAPACITIVĂ PENTRU MEMORIE NEVOLATILĂ,
BAZATĂ PE NANOCRISTALE DE GERMANIU IMERSATE
ÎN DIOXID DE HAFNIU, ȘI PROCEDEU DE REALIZARE
A ACESTEIA**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o matrice capacitivă pentru memorie nevolatilă și la un procedeu pentru obținerea acesteia. Matricea conform invenției este formată din celule de capacitor metal-oxid-semiconductor (MOS) cu trei straturi active și anume un strat HfO_2 de control/strat intermediar din nanocristale de Ge în $\text{HfO}_2/\text{HfO}_2$ tunel/substrat de Si, celulele MOS fiind legate în paralel. Stratul intermediar de nanocristale de Ge în HfO_2 are rol de poartă flotantă, iar încărcarea nanocristalelor de Ge cu purtători de sarcină realizându-se prin tunelarea acestora din substratul de Si. Procedeu conform invenției constă în depunerea structurii cu trei straturi pe substrat de Si prin pulverizare cu magnetron într-o

singură etapă în atmosferă de Ar, la o presiune de lucru de 4 mTorr, urmată de tratament termic rapid al structurii care apoi se configurează în celule individuale conectate în paralel, matricea rezultată având o fereastră de memorie de 4...5 V determinată de caracteristica capacitate-tensiune, și un timp de retenție probat prin scăderea capacității matricei cu maximum 10% după primele 8000 s.

Revendicări: 2
Figuri: 11



DESCRIEREA INVENȚIEI:

**Matrice capacitiva pentru memorie nevolatila bazata pe nanocristale de germaniu
imersate in dioxid de hafniu si procedeu de realizare a acesteia
A. Slav, C. Palade, A.-M. Lepadatu, S. Lazanu, M.L. Ciurea
D. Vasilache, M. Dragoman**

Prezenta inventie se refera la o matrice capacitiva pentru memorie nevolatila (MNV), formata din celule de capacitor metal-oxid-semiconductor (MOS) cu trei straturi si anume *HfO₂ de control/ strat intermediar din NC Ge in HfO₂/ HfO₂ tunel/ substrat de Si*. Stratul intermediar joaca rol de poarta flotanta iar stratul de HfO₂ tunel permite incarcarea nanocristalor (NC)/ noduri de stocare de sarcina cu purtatori de sarcina prin tunelarea acestora din substratul de Si.

Poarta flotanta fabricata din NC imersate in matrici dielectrice, in particular oxidice, conduce la caracteristici net superioare ale dispozitivelor MOS de MNV fata de dispozitivele cu poarta flotanta continua si anume tensiune de operare mai mica, viteza de operare mai mare, retentie, fiabilitate si anduranta mai bune [J.S. Meena, S.M. Sze, U. Chand and T.-Y. Tseng, **Nanoscale Res. Lett.** **9 (2014) 526**]. In prezent, NC de Ge sunt dintre cele mai folosite NC pentru ca bugetul termic necesar formarii acestora este mic (in raport cu Si) [I. Capan, A. Carvalho, J. Coutinho, **Beilstein J. Nanotechnol.** **5 (2014) 1787**], si pentru ca Ge prezinta efect puternic de confinare cuantica, care conduce la un timp de retentie mai lung fata de Si [C. Bonafos, M. Carrada, G. Benassayag, S. Schamm-Chardon, J. Groenen, V. Paillard, B. Pecassou, A. Claverie, P. Dimitrakis, E. Kapetanakis, V. Ioannou-Sougleridis, P. Normand, B. Sahu, A. Slaoui, **Mat. Sci. Semic. Proc.** **15 (2012) 615**].

Numeroase articole din literatura de specialitate sunt dedicate investigarii unor materiale pentru aplicatii de dispozitive discrete de MNV de tip capacitor sau tranzistor MOS [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) 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 and P.R. Chalker, **Materials** **7 (2014) 5117-5145**; C. Bonafos, Y. Spiegel, P. Normand, G. Ben-Assayag, J. Groenen, M. Carrada, P.

Director General INCDFM,
Dr. Ionut Marius Enculescu



Director General IMT-Bucuresti,
Dr. Ing. Raluca Muller



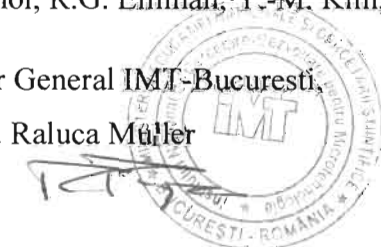
30 Dimitrakis, E. Kapetanakis, B. S. Sahu, A. Slaoui, F. Torregrosa, **Appl. Phys. Lett.** **103** (2013)
 31 **253118**; R. Tang, K. Huang, H. Lai, C. Li, Z. Wu, J. Kang, **Nanoscale Res. Lett.** **8** (2013) **368**;
 32 P.-Y. Chan, M. Gogna, E. Suarez, S. Karmakar, F. Al-Amoody, B. I. Miller, and F.C. Jain, *J.*
 33 *Electron. Mater.*, **40** (2011) 1685-1688]. De o deosebita atentie se bucura structurile discrete cu
 34 poarta flotanta formata din NC Ge imersate in diferiti oxizi si anume Al₂O₃ [R. Bar, R. Aluguri,
 35 S. Manna, A. Ghosh, P. V. Satyam, S. K. Ray, **Appl. Phys. Lett.** **107** (2015) **093102**], SiO₂ [M.
 36 Mederos, S.N.M. Mestanza, R. Lang, I. Doia, J.A. Diniz, **Thin Sol. Films** **611** (2016) **39**; C.
 37 Bonafos, M. Carrada, G. Benassayag, S. Schamm-Chardon, J. Groenen, V. Paillard, B. Pecassou,
 38 A. Claverie, P. Dimitrakis, E. Kapetanakis, V. Ioannou-Sougleridis, P. Normand, B. Sahu, A.
 39 Slaoui, **Mater Sci. Semicond. Proc.** **15** (2012) **615**], HfO₂ [A. Slav, C. Palade, A.M. Lepadatu, M.
 40 L. Ciurea, V. S. Teodorescu, S. Lazanu, A. V. Maraloiu, C. Logofatu, M. Braic, A. Kiss, **Scripta**
 41 **Mater.** **113** (2016) **135**; S. Das, R. Aluguri, S. Manna, R. Singha, A. Dhar, L. Pavesi, S. K. Ray,
 42 **Nanoscale Res. Lett.** **7** (2012) **143**; S. Das, S. Manna, R. Singha, A. Anopchenko, N. Daldosso,
 43 L. Pavesi, A. Dhar, and S.K. Ray, **Phys. Status Solidi A** **208** (2011) **635–638**; S. Kim, S.W.
 44 Hwang, S.-H. Choi, R.G. Elliman, Y.-M. Kim, and Y.-J. Kim, **J. Appl. Phys.** **105** (2009) **106112**].

45 Pentru realizarea capacitorilor MOS, mai intai se curata plachetele de Si folosite ca substrat
 46 urmand o reteta standard (Radio Corporation of America – RCA). Apoi se prepara structura cu trei
 47 straturi HfO₂ de control/ strat intermediar din NC Ge in HfO₂/ HfO₂ tunel/ substrat de Si [A. Slav,
 48 C. Palade, A.M. Lepadatu, M. L. Ciurea, V. S. Teodorescu, S. Lazanu, A. V. Maraloiu, C.
 49 Logofatu, M. Braic, A. Kiss, **Scripta Mater.** **113** (2016) **135**; L. Khomenkova, X. Portier, M.
 50 Carrada, C. Bonafos, B. S. Sahu, A. Slaoui and F. Gourbilleau, **ECS Trans.** **45** (2012) **331-344**;
 51 Y.Q. Wang, J.H. Chen, W.J. Yoo, and Y.-C. Yeo, **Mater. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 830** (2005)].
 52 Straturile HfO₂ de control/ HfO₂ de poarta si HfO₂ tunel se depun folosind diferite metode, ca de
 53 exemplu pulverizare cu magnetron (MS) [L. Khomenkova, X. Portier, M. Carrada, C. Bonafos, B.
 54 S. Sahu, A. Slaoui and F. Gourbilleau, **ECS Trans.** **45** (2012) **331-344**], depunere chimica in faza
 55 de vapori (CVD) [Y.Q. Wang, J.H. Chen, W.J. Yoo, and Y.-C. Yeo, **Mater. Res. Soc. Symp. Proc.**
 56 **Vol. 830** (2005)], evaporare in fascicul de electroni (EBE) [S. Wang, W. Liu, Q. Wan, J. Y. Dai,
 57 P. F. Lee, L. Suhua, Q. Shen, M. Zhang, Z. Song, and C. Lin, **Appl. Phys. Lett.** **86** (2005) **113105**],
 58 depunere de straturi atomice (ALD) [S. Kim, S.W. Hwang, S.-H. Choi, R.G. Elliman, Y.-M. Kim,

Director General INCDFM,
 Dr. Ionut Marius Enculescu



Director General IMT-Bucuresti,
 Dr. Ing. Raluca Müller



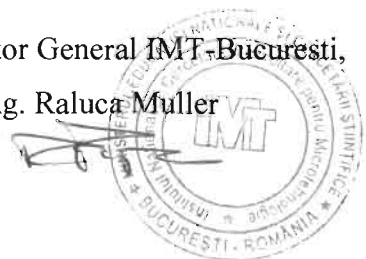
59 and Y.-J. Kim, **J. Appl. Phys.** **105 (2009) 106112**]. Stratul de HfO₂ de control are rolul de a bloca
60 transportul de sarcina, si ca urmare este mai gros fata de stratul HfO₂ tunel care trebuie sa aiba
61 grosime tunelabila. Stratul intermediar format din NC de Ge imersate in HfO₂ se realizeaza prin
62 depunerea unui strat continuu de Ge [A. Slav, C. Palade, A.M. Lepadatu, M. L. Ciurea, V. S.
63 Teodorescu, S. Lazanu, A. V. Maraloiu, C. Logofatu, M. Braic, A. Kiss, **Scripta Mater.** **113 (2016)**
64 **135**] sau prin co-depunerea unui strat de Ge si HfO₂ folosind metodele MS [S. Das, S. Manna, R.
65 Singha, A. Anopchenko, N. Daldosso, L. Pavesi, A. Dhar, and S.K. Ray, **Phys. Status Solidi A**
66 **208 (2011) 635–638**; L. Khomenkova, X. Portier, M. Carrada, C. Bonafos, B. S. Sahu, A. Slaoui
67 and F. Gourbilleau, **ECS Trans.** **45 (2012) 331-344**], EBE [S. Wang, W. Liu, Q. Wan, J. Y. Dai,
68 P. F. Lee, L. Suhua, Q. Shen, M. Zhang, Z. Song, and C. Lin, **Appl. Phys. Lett.** **86 (2005) 113105**]
69 sau CVD [Y.Q. Wang, J.H. Chen, W.J. Yoo, and Y.-C. Yeo, **Mater. Res. Soc. Symp. Proc. Vol.**
70 **830 (2005)**]. Stratul intermediar de Ge poate fi de asemenea obtinut prin implantarea de ioni de Ge
71 in HfO₂ [S. Kim, S.W. Hwang, S.-H. Choi, R.G. Elliman, Y.-M. Kim, and Y.-J. Kim, **J. Appl.**
72 **Phys.** **105 (2009) 106112**]. Pentru formarea de NC de Ge si pentru stabilizarea lor si de asemenea
73 pentru realizarea morfologiei de structura cu trei straturi, structura cu trei straturi este tratata termic
74 in conditii controlate, ulterior depunerii.

75 Brevetele de inventie privitoare la dispozitive de MNV pe baza de NC de Ge inglobate in
76 HfO₂ se refera la tranzistori MOS cu efect de camp (MOSFET), cu configuratie de structura cu trei
77 straturi. Abordarea din brevetul **US 2006/0166435 A1/ 2006** priveste formarea NC de Ge din stratul
78 intermediar dintr-un strat continuu de SiGe printr-un proces de oxidare/tratament termic. In
79 brevetul **US 7,821,055 B2 / 2010** stratul intermediar cu noduri de stocare de sarcina NC de Ge este
80 stressat. Stressul are ca efect cresterea barierei de potential intre NC si dielectricul tunel si de
81 asemenea cresterea masei efective a purtatorilor de sarcina in NC, imbunatatind astfel retentia
82 sarcinii. Stratul intermediar cu NC de Ge provine fie dintr-un strat continuu de Ge, GeSi, etc.
83 (brevetele **US 6,320, 784 B1/ 2001** si **US 2006/0166435 A1/ 2006**), fie dintr-un strat obtinut prin
84 codepunerea Ge si HfO₂ (brevetele **US 6,808,986 B2/ 2004**, **US 6,831,310 B1/ 2004** si **US**
85 **7,098,502 B2 /2004**). In brevetele mai recente se raporteaza circuite integrate, care contin printre
86 alte dispozitive, dispozitive MNV (**US 6,531,731 B2 / 2002**, **US 8.951.863 B2 / 2015**).

Director General INCDFM,
Dr. Ionut Marius Enculescu



Director General IMT-Bucuresti,
Dr. Ing. Raluca Muller



87 Matricea capacitiva conform prezentei inventii are urmatoarele avantaje in raport cu
88 dispozitivele raportate anterior in literatura si fabricate conform brevetelor de inventie:

89 - Structura cu trei straturi se depune folosind metoda MS, mai ieftina in raport cu CVD,
90 ALD si implantare; structura de tip capacitor MOS este mai usor de realizat din punct de vedere
91 tehnologic decat dispozitivele MOSFET si in consecinta este mai ieftina. Ca urmare, fabricarea
92 matricii capacitiv este mai ieftina decat fabricarea dispozitivului MOSFET integrat;

93 - Stratul intermediar cu rol de poarta flotanta care este format din NC de Ge imersate in
94 HfO_2 se obtine prin depunerea (MS) a unui strat continuu de Ge. Structura proaspat depusa este
95 supusa unui tratament termic rapid (RTA), proces tehnologic care asigura realizarea stratului
96 intermediar format din NC de Ge imersate in HfO_2 , NC avand concentratie mare si fiind pozitionate
97 la distanta optima fata de substrat. Tratamentul RTA in conditii controlate conduce la formarea NC
98 de Ge prin gestionarea proceselor opuse de segregare a atomilor de Ge in NC si de difuzie a acestora
99 in matricea oxidica;

100 - HfO_2 este cristalizat in tot volumul structurii formand NC atat in straturile HfO_2 tunel, si
101 HfO_2 de control, cat si in matricea de HfO_2 din stratul intermediar in care sunt imersate NC de Ge.
102 Ca urmare, densitatea centrilor de captura prezenti de regula in HfO_2 cristalin [A. Slav, C. Palade,
103 A.M. Lepadatu, M. L. Ciurea, V. S. Teodorescu, S. Lazanu, A. V. Maraloiu, C. Logofatu, M.
104 Braic, A. Kiss, **Scripta Mater.** 113 (2016) 135] este mica, iar contributia acestora la proprietatile
105 de memorie este nesemnificativa;

106 - matricea de capacitori este versatila, prin ajustarea numarului de celule capacitor MOS in
107 functie de necesitati.

108 Mentionam ca realizarea matricii capacitiv conform inventiei se bazeaza pe procese
109 tehnologice precis stabilite si controlate.

110 Prin prezenta inventie se rezolva problema tehnica care se refera la obtinerea unei matrici
111 capacitiv versatile, formate din celule capacitor MOS pe baza structurii cu trei straturi *HfO₂ de*
112 *control/ strat intermediar din NC de Ge in HfO₂/ HfO₂ tunel/ substrat de Si*. Prin controlul precis
113 al conditiilor de depunere MS si de tratament RTA se obtine stratul intermediar / poarta flotanta,
114 pozitionat la o distanta controlata fata de substrat, format din NC de Ge imersate in HfO_2 cu
115 densitate mare, separate intre ele prin distante optime. Conform inventiei, realizarea matricii

Director General INCDFM,

Dr. Ionut Marius Enculescu

Director General IMT-Bucuresti,

Dr. Ing. Raluca Muller



116 capacitive pentru MNV consta in doua etape tehnologice principale, in prima etapa sunt implicate
117 procese de depunere MS pentru realizarea unei structuri cu trei straturi (straturile active) intr-o
118 singura etapa de depunere urmata de tratament RTA, iar in a doua etapa aceasta structura este
119 configurata prin procesare tehnologica pentru realizarea matricii de celule capacitor conectate in
120 paralel.

121 Figurile atasate reprezinta:

122 fig. 1, structura cu trei straturi dupa depunere MS, *HfO₂ de control/ strat intermediar Ge /*
123 *HfO₂ tunel/ substrat de Si;*

124 fig. 2, structura cu trei straturi din fig. 1 dupa tratament RTA pentru formarea NC de Ge,
125 *HfO₂ de control/ strat intermediar din NC Ge in HfO₂/ HfO₂ tunel/ substrat de Si,*

126 fig. 3, structura din fig. 2 dupa depunerea si configurarea fotorezistului pentru corodarea
127 straturilor active;

128 fig. 4, structura din fig. 3 dupa corodarea straturilor active prin corodare uscata de tip RIE
129 (Reactive Ion Etching) si indepartarea stratului de fotorezist utilizat pentru mascare
130 in timpul procesului;

131 fig. 5, structura din fig. 4 cu depunerea de Ti/Au pentru realizarea metalizarilor celulelor
132 de memorie;

133 fig. 6, structura din fig. 5 in care se configureaza stratul de mascare de fotorezist (depus si
134 corodat) pentru realizarea metalizarii celulelor de memorie si ingrosarea
135 electrochimica a metalizarii;

136 fig. 7, structura din fig. 6 in care stratul de fotorezist este indepartat, iar straturile de Au si
137 Ti utilizate pentru ingrosarea electrochimica sunt corodate;

138 fig. 8, structura din fig. 7 in care se realizeaza configurarea stratului de fotorezist si
139 corodarea substratului pentru izolarea celulelor de memorie;

140 fig. 9, structura din fig. 8 in care stratul de fotorezist utilizat pentru corodarea substratului
141 a fost indepartat, dupa care s-a depus un strat de SiO₂ pentru pasivarea celulelor de
142 memorie, urmata de depunerea fotorezistului si configurarea acestuia pentru
143 deschiderea padurilor si indepartarea stratului de SiO₂ de pe paduri;

Director General INCDFM,
Dr. Ionut Marius Enculescu



Director General IMT-Bucuresti,
Dr. Ing. Raluca Muller



144 fig. 10, structura din fig. 9 in care stratul de fotorezist utilizat pentru eliberarea contactelor
145 de pe fata probei a fost indepartat, dupa care s-a realizat contactul de pe spate din
146 TiAu;

147 fig. 11, structura de memorie cu celule de $100 \times 100 \mu\text{m}$, analizata cu ajutorul unui
148 interferometru cu lumina alba (WLI – White Light Interferometer).

149 In continuare se prezinta un exemplu de realizare a inventiei. S-au folosit ca substrat
150 plachete de Si (100) de tip p, avand rezistivitatea in domeniul $4 - 10 \Omega\text{cm}$.

151 In prima etapa tehnologica, plachetele de Si (reper 1) sunt mai intai curatate in camera alba
152 folosind o reteta standard (spalare in solutie Pirahna $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ in proportie 3:1, la 65°C , apoi
153 in apa deionizata si ultrasonare timp de 3×15 min). Ulterior, oxidul nativ existent pe placheta de Si
154 se indeparteaza in solutie diluata de HF (2%) timp de 15 – 60 s, dupa care placheta de Si se usuca
155 in flux de N_2 (5N). Placheta astfel curatata se aseaza pe suportul de probe din echipamentul MS,
156 suport care se roteste in timpul depunerii cu 15 rot/min. Echipamentul MS este un echipament de
157 vid inalt ($\sim 10^{-7}$ Torr) si are geometrie confocala. Depunerea structurii cu trei straturi *HfO₂ de*
158 *control/ strat intermediar Ge/ HfO₂ tunel/ substrat de Si* se realizeaza intr-o singura etapa de
159 depunere, in atmosfera de Ar la o presiune de lucru de 4 mTorr. Straturile de HfO₂ tunel (reper 2)
160 si de control (reper 4) se depun in regim RF la 30-50 W, iar stratul intermediar de Ge (reper 3) se
161 depune in regim continuu, la putere de 5 W. Structura cu trei straturi depusa pe placheta de Si se
162 trateaza RTA in Ar la temperatura de $600 - 650^\circ\text{C}$, timp de 400 – 600 s, pentru nanostructurarea
163 Ge in NC pozitionate la distanta controlata fata de substratul de Si. Structura cu trei straturi obtinuta
164 in urma tratamentului RTA, *HfO₂ de control/ strat intermediar din NC Ge in HfO₂/ HfO₂ tunel/*
165 *substrat de Si*, are dimensiunile de 7-10 nm pentru HfO₂ tunel (reper 2), 4-6 nm pentru stratul strat
166 intermediar din NC Ge imersate in HfO₂ (reper 5) si 20-25 nm pentru HfO₂ de control (reper 4). In
167 urma procesarii RTA, HfO₂ se cristalizeaza sub forma de NC in tot volumul structurii cu trei
168 straturi. Cele trei straturi (starturile active), si anume stratul tunel (reper 2), intermediar (reper 5) si
169 de control (reper 4) obtinute in urma depunerii MS si procesarii RTA sunt definite impreuna ca
170 reperul 6.

Director General INCDFM,
Dr. Ionut Marius Enculescu

Director General IMT-Bucuresti,
Dr. Ing. Raluca Muller



171 Structura cu trei straturi este folosita in continuare, in cea de-a doua etapa tehnologica,
172 pentru realizarea matricii de condensatori, in care celulele individuale sunt conectate in paralel, unul
173 dintre electrozi fiind situat pe fata probei, iar cel de al doilea pe spatele plachetei.

174 In exemplul pe care il prezentam matricea capacitiva este formata din celule avand
175 dimensiunile 100 x 100 μm .

176 Electroful de pe fata este configurat pentru a forma celule individuale, in timp ce pe spate
177 metalizarea este continua. Pe fata plachetei mai intai se depune si se configureaza fotorezistul,
178 pentru definirea celulelor de memorie (reper 7), a padurilor de masura (reper 8) si a liniilor de
179 alimentare (reper 9). Apoi se corodeaza straturile active folosind un procedeu de corodare uscata
180 de tip RIE (Reactive Ion Etching) dupa care se indeparteaza stratul de fotorezist. Electroful de fata
181 din Ti / Au (reper 10) cu grosimile de 5-6 nm pentru Ti si aproximativ 1.9 μm pentru Au este depus
182 prin MS in regim continuu.

183 Urmeaza depunerea si configurarea stratului de mascare (de fotorezist) (reper 11) pentru
184 ingrosarea electrochimica a contactului de Au (reper 12) in vederea realizarii metalizarilor celulelor
185 de memorie, apoi stratul de fotorezist este indepartat. In ferestele deschise, se corodeaza straturile
186 de Au si Ti utilizate pentru ingrosarea electrochimica. In continuare, se depune si configureaza un
187 nou strat de fotorezist (reper 13) pentru corodarea, reper 14, a substratului de Si in vederea izolarii
188 celulelor individuale de memorie. Substratul se corodeaza prin corodare uscata RIE pana la o
189 adancime de aproximativ 20 μm in substratul de Si, astfel incat conexiunea cu linia de alimentare
190 este de tip „punte aeriana” (reper 15). Pe acest profil corodat se depune SiO_2 pentru pasivare (reper
191 16) prin PECVD la 300 $^\circ\text{C}$. Urmeaza depunerea si configurarea unui nou strat de fotorezistul (reper
192 17) pentru deschiderea ferestrelor pentru padurile de masura si pentru indepartarea stratului de SiO_2
193 de pe paduri. Ultima procesare consta in indepartarea stratului de fotorezist utilizat pentru
194 eliberarea contactelor de pe fata plachetei, urmata de realizarea contactului de spate de Ti/Au (reper
195 18), depus prin MS in regim continuu, avand grosimile de 20 nm pentru Ti si 50 nm pentru Au.

196 Matricea de condensatori conform inventiei are proprietati bune de memorie si anume: a)
197 fereastra de memorie ΔV obtinuta din caracteristica C-V masurata la frecventa de 1 MHz in
198 intervalul de tensiuni -10 ÷ 15 V are valoarea $\Delta V = 4 - 5$ V; b) timp de retentie mare probat prin
199 scaderea capacitatii matricii cu maxim 10% dupa primele 8000 s.

Director General INCDFM,
Dr. Ionut Marius Enculescu



Director General IMT-Bucuresti,
Dr. Ing. Raluca Muller



REVENDICARI

200

201

202 **1.** Matrice capacitiva pentru memorie nevolatila **caracterizata prin aceea ca** este formata din
203 celule de tip capacitor MOS legate in paralel, fiecare capacitor MOS avand structura cu trei straturi,
204 *HfO₂ de control/ strat intermediar din NC Ge in HfO₂/ HfO₂ tunel/ substrat de Si* **caracterizata**
205 **prin aceea ca** este crescuta prin pulverizare cu magnetron pe substrat este Si (100) de tip p cu
206 rezistivitatea 4 – 10 Ωcm, avand dimensiunile HfO₂ control (20-25 nm), strat intermediar din NC
207 Ge in HfO₂ (4-6 nm), HfO₂ tunel (7-10 nm), in care stratul intermediar din nanocristale de Ge
208 imersate in HfO₂ este obtinut prin depunerea unui strat continuu de Ge.

209 **2.** Procedeu de realizare a matricii capacitive conform revendicarii 1, **caracterizat** prin aceea ca
210 celulele individuale conectate in paralel sunt realizate prin configurarea structurii cu trei straturi si
211 anume mai intai se definesc celulele de memorie, padurile de masura si liniile de alimentare prin
212 depunerea si configurarea unui strat de fotorezist, apoi se corodeaza straturile active folosind un
213 procedeu de corodare uscata, se indeparteaza fotorezistul si se depune electrodul de fata de Ti/Au
214 cu dimensiunile de 5-6 nm pentru Ti si aproximativ 1.9 μm pentru Au, dupa care se depune si se
215 configureaza un nou strat de fotorezist pentru ingrosarea electrochimica a contactului de Au in
216 vederea realizarii metalizarilor celulelor de memorie, stratul de fotorezist este indepartat, se
217 corodeaza substratul de Si prin corodare uscata astfel incat conexiunea cu linia de alimentare este
218 de tip „punte aeriana”, ultimele operatii fiind depunerea si configurarea unui nou strat de fotorezist
219 pentru deschiderea ferestrelor pentru padurile de masura si pentru indepartarea stratului de SiO₂ de
220 pe paduri, operatie urmata de indepartarea stratului de fotorezist pentru eliberarea contactelor de
221 pe fata plachetei si de realizarea contactului de spate de Ti/Au.

Director General INCDFM,
Dr. Ionut Marius Enculescu

Director General IMT-Bucuresti,
Dr. Ing. Raluca Muller



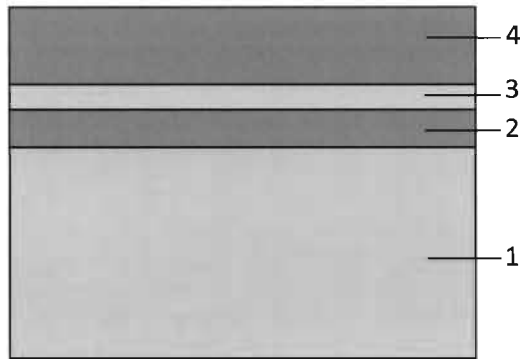


Fig. 1

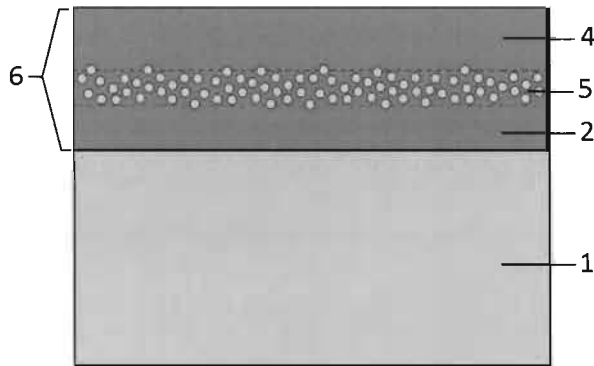


Fig. 2

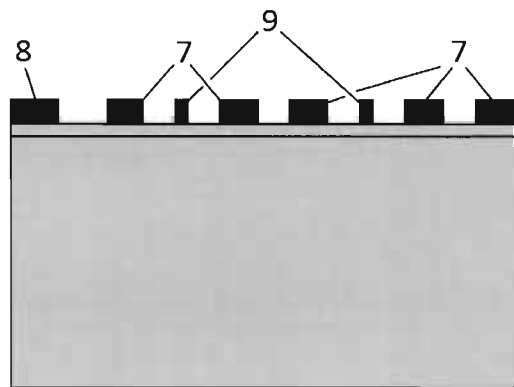


Fig. 3

Director General INCDFM,
Dr. Ionut Marius Enculescu

Director General IMT-Bucuresti,
Dr. Ing. Raluca Muller



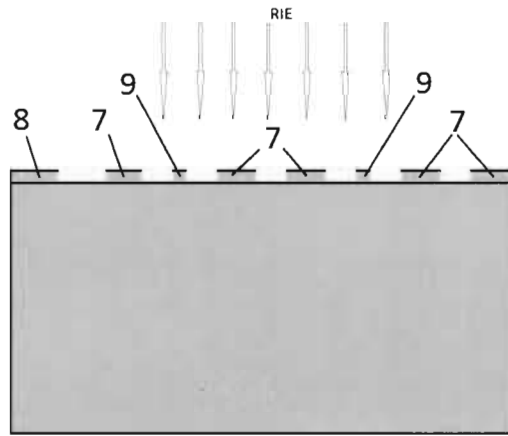


Fig. 4

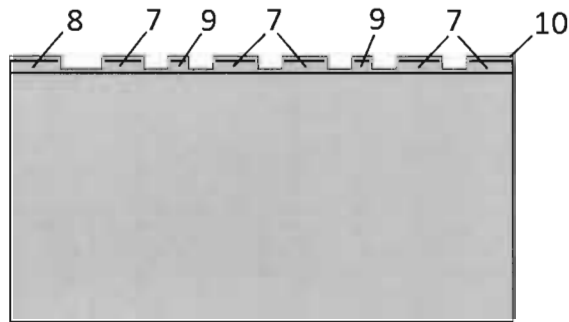


Fig. 5

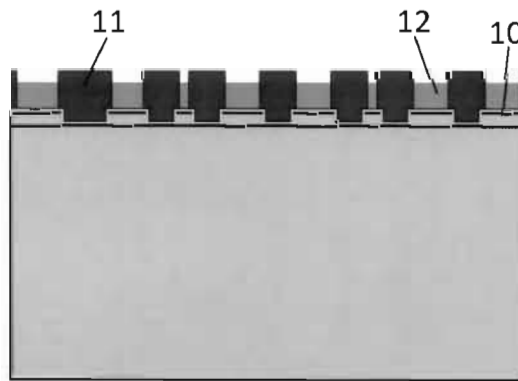


Fig. 6

Director General INCDFM,
Dr. Ionut Marius Enculescu

Director General IMT-Bucuresti,
Dr. Ing. Raluca Muller



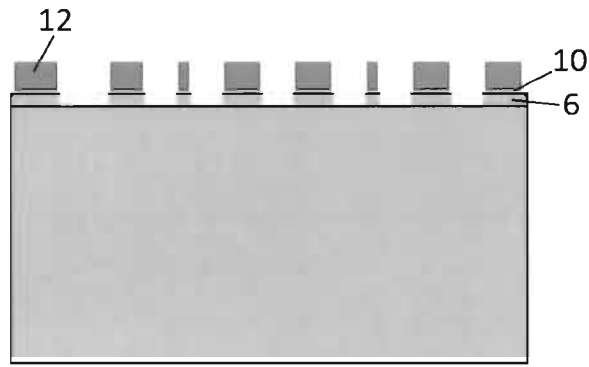


Fig. 7

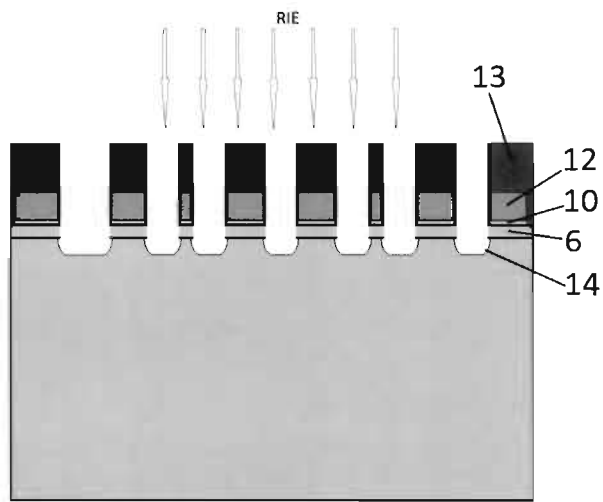


Fig. 8

Director General INCDFM,
Dr. Ionut Marius Enculescu

Director General IMT-Bucuresti,
Dr. Ing. Raluca Muller



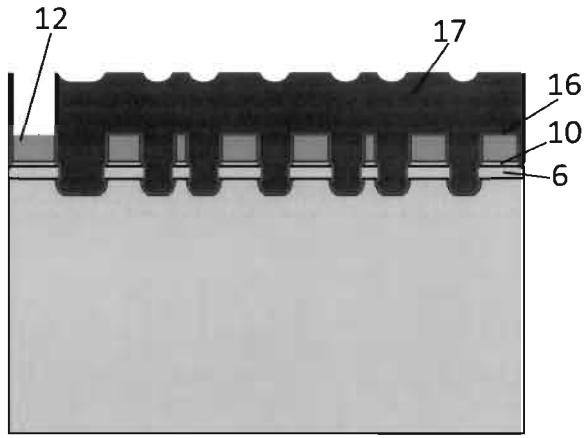


Fig. 9

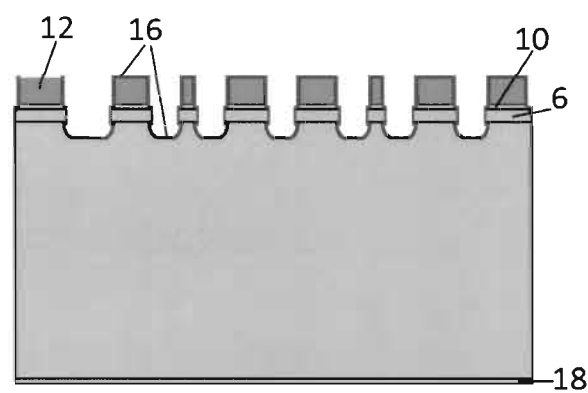


Fig. 10

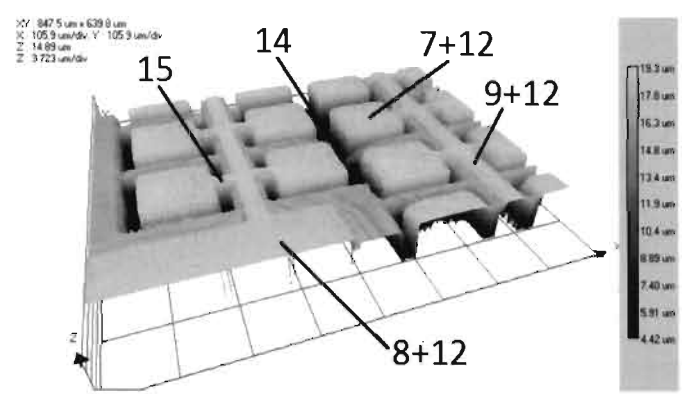


Fig. 11

Director General INCDFM,
Dr. Ionut Marius Enculescu

Director General IMT-Bucuresti,
Dr. Ing. Raluca Muller

