



MD 176 Y 2010.03.31

REPUBLICA MOLDOVA



(19) Agenția de Stat
pentru Proprietatea Intelectuală

(11) **176** ⁽¹³⁾ **Y**
(51) Int. Cl.: *H01L 23/00* (2006.01)
H01L 21/70 (2006.01)
H01L 21/00 (2006.01)
H01L 21/02 (2006.01)
H01L 21/18 (2006.01)
H01L 21/20 (2006.01)
C23C 30/00 (2006.01)
C30B 25/02 (2006.01)

(12) **BREVET DE INVENȚIE
DE SCURTĂ DURATĂ**

În termen de 6 luni de la data publicării mențiunii privind hotărârea de acordare a brevetului de invenție de scurtă durată, orice persoană poate face opoziție la acordarea brevetului	
(21) Nr. depozit: s 2009 0054 (22) Data depozit: 2009.04.15	(45) Data publicării hotărârii de acordare a brevetului: 2010.03.31, BOPI nr. 3/2010
(71) Solicitanți: INSTITUTUL DE INGINERIE ELECTRONICĂ ȘI TEHNOLOGII INDUSTRIALE AL ACADEMIEI DE ȘTIINȚE A MOLDOVEI, MD; BARANOV Simion, MD; CINIC Boris, MD (72) Inventatori: BARANOV Simion, MD; CINIC Boris, MD (73) Titulari: INSTITUTUL DE INGINERIE ELECTRONICĂ ȘI TEHNOLOGII INDUSTRIALE AL ACADEMIEI DE ȘTIINȚE A MOLDOVEI, MD; BARANOV Simion, MD; CINIC Boris, MD	

(54) **Procedeu de fabricare a diodei de tensiune înaltă**

(57) **Rezumat:**

1
Invenția se referă la domeniul de fabricare a elementelor semiconductoare, și anume la fabricarea diodelor de înaltă tensiune ultrarapide de temperatură înaltă.

Procedeul de fabricare a diodei de tensiune înaltă include creșterea structurii de redresare semiconductoare de tip A^3B^5 prin metoda de *chloride* epitaxie din fază gazoasă, depunerea straturilor metalice pentru formarea conexiunilor, decuparea structurii cristaline în formă de disc prin metoda de corodare chimică a acesteia în soluție acidă, care conține un amestec de 25...52% vol. de acid azotic

2
5
10
în acid clorhidric, și apă deionizată, ce constituie până la 10 părți la o parte de amestec de acizi, curățarea suprafeței de ieșire a joncțiunii p-n la suprafața laterală a cristalului, depunerea unui strat de pasivizare din oxidul elementului A pe suprafața de ieșire a joncțiunii p-n la suprafață și prelucrarea termică a acestuia în mediu inert la temperatura de 560...600°C timp de 30...50 min, asamblarea și capsularea diodei de tensiune înaltă.

Revendicări: 1

Fig.: 1

Descriere:

Invenția se referă la domeniul de fabricare a elementelor semiconductoare, și anume la fabricarea diodelor de înaltă tensiune ultrarapide de temperatură înaltă.

5 Este cunoscut procedeul de fabricare a diodei semiconductoare, care include formarea structurilor semiconductoare de redresare, decuparea structurii cristaline de diode, curățarea suprafeței de ieșire a joncțiunii p-n la suprafață și protecția joncțiunii p-n în două etape, totodată, curățarea joncțiunii p-n și prima etapă de protecție reprezintă depunerea substanței de curățare și concomitent de formare a stratului de protecție, care ulterior urmează să fie înlăturat, iar a doua etapă de protecție – depunerea pe această suprafață a stratului din substanța de protecție. În continuare cristalele de diode se montează și se capsulează în masă plastică cu două borne de ieșire [1].

10 Mai este cunoscut un procedeu de fabricare a diodei semiconductoare, conform căruia pe suportul de semiconductor se depun straturi metalice pentru formarea conexiunilor și stratul de protecție, de asemenea suportul este iradiat cu un flux de particule pentru reglarea timpului de viață a purtătorilor de sarcină, totodată, stratul metalic pe suprafața de iradiere și stratul de protecție sunt depuse după iradierea cu fluxul de particule [2].

15 Astfel de metode rezolvă problemele de extindere funcțională sau reglare a parametrilor electrofizici în dispozitivele semiconductoare fabricate, ca regulă, din siliciu. Aici îmbunătățirea unor parametri produce diminuarea altor parametri din cauza dependenței lor funcționale, cum ar fi temperatura și tensiunea de străpungere a joncțiunii p-n. O rezolvare tehnică este înlocuirea siliciului cu un material semiconductor mai performant, de exemplu semiconductor de tip A^3B^5 (arseniura de galiu cu temperatura de lucru până la 300°C), care se caracterizează prin tehnologie de obținere diferită de cea a siliciului.

20 Dezavantajele procedeelor menționate mai sus constau în eficiența scăzută la utilizarea lor în traseul tehnologic de prelucrare a materialului semiconductor de tip A^3B^5 la fabricarea diodei de redresare, îndeosebi de dimensiuni mici. Este cunoscut faptul că eficiența de producere la decuparea cristalului de tensiune înaltă cu dimensiuni mici (până la 5 mm) este joasă din cauza ratei sporite de trecere a materialului semiconductor în deșeu, ceea ce duce la creșterea costurilor de producere. La decuparea cristalului de siliciu prin metoda de corodare chimică eficiența de producere crește, dar aceste soluții chimice nu dau același rezultat la decuparea în cristale a altor structuri semiconductoare, precum sunt materialele de tip A^3B^5 .

30 Alt dezavantaj constă în costurile de producție mari la depunerea oxidului de siliciu ca material de protecție pe suprafața structurilor de tip A^3B^5 în comparație cu depunerea acestui oxid pe suprafața siliciului.

35 Problemele, pe care le rezolvă prezenta invenție, sunt majorarea stabilității parametrilor electrici la dioda de tensiune înaltă în condiții de funcționare la temperatură înaltă (peste 200°C), precum și creșterea eficienței de producere industrială a diodei redresoare de tensiune înaltă din material semiconductor de tip A^3B^5 .

40 Procedeul de fabricare a diodei de tensiune înaltă, conform invenției, include creșterea structurii de redresare semiconductoare de tip A^3B^5 prin metoda de *chloride* epitaxie din fază gazoasă, depunerea straturilor metalice pentru formarea conexiunilor, decuparea structurii cristaline în formă de disc prin metoda de corodare chimică a acestuia în soluție acidă, care conține un amestec de 25...52% vol. de acid azotic în acid clorhidric, și apă deionizată, ce constituie până la 10 părți la o parte de amestec de acizi, curățarea suprafeței de ieșire a joncțiunii p-n la suprafața laterală a cristalului, depunerea unui strat de pasivizare din oxidul elementului A pe suprafața de ieșire a joncțiunii p-n la suprafață și prelucrarea termică a acestuia în mediu inert la temperatura de 560...600°C timp de 30...50 min, asamblarea și capsularea diodei de tensiune înaltă.

45 Rezultatul invenției constă în majorarea temperaturii de lucru la peste 200°C la dioda de tensiune înaltă (700...1500 V), micșorarea timpului de revenire inversă mai jos de 60 ns și sporirea randamentului la producția diodei de tensiune înaltă cu peste 40%.

50 Spre deosebire de cea mai apropiată soluție, procedeul propus permite fabricarea diodei de tensiune înaltă din materiale semiconductoare de tip A^3B^5 , datorită tehnologiei de *chloride* epitaxie din fază gazoasă, care are un randament sporit pe scară industrială și reduce costurile de producție la obținerea straturilor groase (60...100 μm) și omogene, de exemplu din GaAs sau InP. Tehnologia de *chloride* epitaxie permite producerea structurilor de redresare cu tensiune inversă peste 1500 V. Totodată, utilizarea unui compus semiconductor cu banda interzisă mai mare decât a siliciului, de exemplu a unui compus de tipul A^3B^5 , pentru fabricarea diodei de tensiune înaltă, duce la creșterea performanței și calității produsului. Arseniura de galiu (GaAs), de exemplu, utilizată în dioda de tensiune înaltă, micșorează curenții de scurgere la tensiunea de blocare astfel încât prin majorarea temperaturii la 300°C curenții de scurgere sunt mai mici decât curenții diodei din siliciu măsurați la 120°C. Mobilitatea sporită a purtătorilor de curent în GaAs (4000...5000 cm²/V·s la temperatura de 25°C) duce la micșorarea timpului de revenire inversă (30...60 ns) la dioda de tensiune înaltă.

60 Invenția se explică prin desenul din figură, în care este reprezentat un fotoșablon de decupare chimică a cristalului.

Una din deosebirile invenției constă în decuparea structurii cristaline în formă de disc prin metoda de corodare chimică a acesteia în soluție acidă, care conține un amestec de 25...52% vol. de acid azotic în acid clorhidric, și apă deionizată, ce constituie până la 10 părți la o parte de amestec de acizi. Intensitatea mare a câmpului electric în regim de străpungere la diodele de tensiune înaltă cauzează restricții față de calitatea și forma suprafeței de ieșire a joncțiunii p-n. Forma de disc a acestei suprafețe omogenizează câmpul electric, ceea ce duce la diminuarea posibilității de străpungere aleatorie pe suprafață. Înșă prelucrarea acestei suprafețe începe la etapa de decupare a structurilor cristaline, cu calitatea suprafeței obținute după decupare. Decuparea prin tăiere, utilizată în prezent în industria microelectronică, devine tot mai costisitoare la decuparea cristalelor cu diametrul mai mic de 5 mm. Sunt cunoscute metode de decupare a cristalelor cu dimensiuni mici, de exemplu, prin sablare. Înșă decuparea cu jet de nisip prelungește procesul tehnologic necesitând operațiuni tehnologice suplimentare, implică materiale noi în tehnologie, majorând astfel costurile de producție. Prezenta invenție diminuează costurile prin utilizarea materialelor implementate în procesul tehnologic de dizolvare a deșeurilor depuse în reactorul de epitaxie a GaAs – acidul clorhidric și acidul azotic în amestec cu până la 10 părți (volum) de apă deionizată, care permite realizarea controlului asupra valorii pH în soluție. Costurile se reduc și din cauza evitării unor operațiuni tehnologice la depunerea oxidului de galiu pe suprafața joncțiunii p-n, dacă utilizăm aceeași mască, de exemplu din material fotorezistent, depusă în procesul de decupare.

Altă deosebire a invenției constă în depunerea stratului de protecție pe suprafața joncțiunii p-n la dioda din semiconductor de tip A³B⁵, care reprezintă oxidul elementului A al acestui semiconductor. Joncțiunile p-n de tensiune înaltă sunt caracterizate prin valori mari ale intensității câmpului electric (10⁵...10⁶ V/m) atât în masivul semiconductorului, cât și la suprafața de ieșire a joncțiunii p-n. Sunt cunoscute mai multe metode de majorare a tensiunii de străpungere prin avalanșă a dispozitivului, așa ca depunerea armăturii de câmp, formarea cercurilor de protecție, formarea fațetei pentru joncțiunea p-n. Aceste metode au ca scop micșorarea probabilității străpungerii electrice pe suprafața de ieșire a joncțiunii p-n, creând astfel condiții de străpungere în volumul semiconductorului.

La fabricarea diodei din siliciu, ca material de pasivizare și protecție este utilizat oxidul de siliciu, ca oxid propriu formând cu siliciul o adeziune calitativă. Oxidul de siliciu, ca și nitru de siliciu, sunt în prezent utilizate și în producția diodelor cu GaAs de tensiuni până la 600 V. Înșă sarcina pozitivă fixă în stratul oxidului de siliciu depus pe suprafața GaAs provoacă efectul de invertire a suprafeței semiconductorului, în urma căruia tensiunea de străpungere scade. Mobilitatea sarcinii electrice în stratul inversat, care apare din cauza prezenței pe suprafață a oxizilor de arsen și a altor impurități, provoacă instabilitatea caracteristicilor electrice. În intervalul tensiunilor de străpungere purtătorii fierbinți injectați în stratul oxidului de siliciu duc la modulația conductibilității suprafeței GaAs, care poate provoca o străpungere haotică sau aleatorie.

Depunerea stratului de oxid de galiu pe suprafața de ieșire a joncțiunii p-n se efectuează din contul materialului GaAs masiv, ce asigură o adezivitate calitativă între materiale, stabilizează la suprafață potențialul chimic Fermi și mărește rezistivitatea stratului la suprafață prin doparea lui cu oxigen, care în GaAs formează niveluri adânci în banda energetică interzisă. Deci, oxidul de galiu pasivizează și în același timp protejează joncțiunea p-n, măbind tensiunea de străpungere a diodei la creșterea intensității câmpului electric. Totodată, este cunoscut faptul că oxidul de galiu are mai multe modificări în funcție de tehnologia de depunere. Deosebirea de cea mai apropiată soluție constă în prelucrarea termică a oxidului de galiu în mediu inert la temperatura de 560...600°C timp de 30...50 min. Prin tratarea termică a oxidului se obține modificarea β, care este cea mai stabilă dintre modificările cunoscute și la încălzire își pierde proprietatea de a se dizolva în acizi și baze.

Exemplu de realizare a invenției

Modele de diode cu tensiune înaltă au fost fabricate din structuri redresoare n⁺ - n⁰ - p⁺, crescute pe suporturi de GaAs de tip AGCO-1-35b 2(2*18), dopate cu staniu până la 2·10¹⁸ cm⁻³, cu grosimea bazei de 60 μm și concentrația impurităților de 6·10¹⁴ cm⁻³ în instalația IEC-3/4R de depunere prin metoda de *chloride* epitaxie din fază gazoasă, tehnologie considerată una din cele mai pure tehnologii de obținere a materialelor semiconductoare de tipul A³B⁵, datorită gradului ridicat de puritate a componentelor inițiate în producție, cum ar fi galiul, triclorura de arsen etc. Structurile crescute aveau tensiunea de blocare 900 V. După metalizare (Ni) prin metoda chimică structurile redresoare au fost acoperite cu material fotorezistent pozitiv pe ambele suprafețe metalizate și supuse tehnologiei de deschidere a ferestrelor rotunde cu diametrul de 2 mm pentru decuparea chimică a cristalelor conform șablonului din figură. Totodată, decuparea chimică permite și formarea fațetei pe suprafața de ieșire a joncțiunii p-n.

Condițiile de corodare chimică au fost supuse controlului prin schimbarea dimensiunilor ferestrelor și componența soluției de decupare. Grosimea cercului de fereastră în experiențe a fost de 0,25...0,75 mm. Viteza de decupare a fost controlată prin diluarea soluției acide, compusă din apă regală (AR) cu apă deionizată în raportul de până la 1:10. Cristalul obținut după decupare reprezintă dioda de redresare cu suprafața de ieșire a joncțiunii p-n deschisă, dar suprafețele metalizate rămân protejate prin stratul din material fotorezistent. Astfel, cristalele spălate de soluția acidă pot fi supuse procesului de depunere a oxidului de galiu prin metodele chimice cunoscute. Oxidarea suprafeței cu joncțiunea p-n a fost efectuată în soluție acidă cu pH 1...2. După spălarea intensivă și uscarea la temperatura de 60...90°C cristalele au fost introduse în reactorul cu hidrogen și stocate la temperatura de 570°C timp de 40 min.

MD 176 Y 2010.03.31

5

La controlul de clasificare a tensiunii de blocare toate cristalele obținute de pe structură s-au aranjat în intervalul de valori 700...900 V.

5 Diodele au fost selectate și montate în construcția a două coloane de diode. Pentru capsulare a fost utilizată rășina KJR-9033E cu regim de polimerizare: la temperatura de 150°C - 2 ore, apoi la temperatura de 200°C - 6 ore.

10 Două modele de coloane de diode au fost montate cu trei și șase elemente de redresare cu tensiunile de blocare inversă 1,8 și 4,2 kV respectiv la curent de scurgere de 10 μ A la temperatura de 200°C, limitată doar de proprietățile fizice ale materialelor auxiliare utilizate, de exemplu ale rășinii pentru capsulare.

15 (57) Revendicări:

Procedeu de fabricare a diodei de tensiune înaltă, care include creșterea structurii de redresare semiconductoare de tip A^3B^5 prin metoda de *chloride* epitaxie din fază gazoasă, depunerea straturilor metalice pentru formarea conexiunilor, decuparea structurii cristaline în formă de disc prin metoda de corodare chimică a acestora în soluție acidă, care conține un amestec de 25...52% vol. de acid azotic în acid clorhidric, și apă deionizată, ce constituie până la 10 părți la o parte de amestec de acizi, curățarea suprafeței de ieșire a joncțiunii p-n la suprafața laterală a cristalului, depunerea unui strat de pasivizare din oxidul elementului A pe suprafața de ieșire a joncțiunii p-n la suprafață și prelucrarea termică a acestuia în mediu inert la temperatura de 560...600°C timp de 30...50 min, asamblarea și capsularea diodei de tensiune înaltă.

30

(56) Referințe bibliografice:

1. RU 2007106293 A 2008.08.27
2. RU 99117920 A 2001.07.20

Șef Secție:

SĂU Tatiana

Examinator:

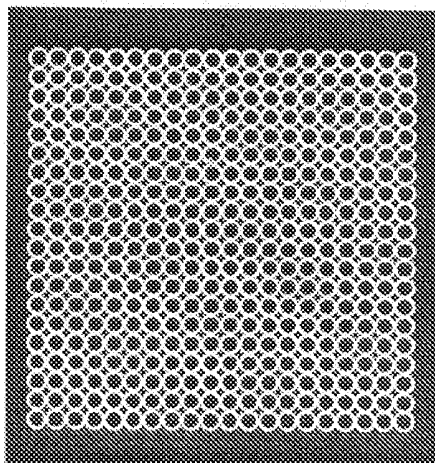
CERNEI Tatiana

Redactor:

CANȚER Svetlana

MD 176 Y 2010.03.31

6



RAPORT DE DOCUMENTARE

pentru cerere de brevet de invenție de scurtă durată conform art.52(2) a Legii nr. 50/2008

(21) Nr. depozit: s 2009 0054	(85) Data fazei naționale PCT:	
(22) Data depozit: 2009.04.15	(86) Cerere internațională PCT:	
(51) IPC: Int. Cl.: H01L 23/00 (2006.01) H01L 21/70 (2006.01) H01L 21/00 (2006.01) H01L 21/02 (2006.01) H01L 21/18 (2006.01) H01L 21/20 (2006.01) C23C 30/00 (2006.01) C30B 25/02 (2006.01) Titlul: Metodă de fabricare a diodei de tensiune înaltă (71) Solicitantul: INSTITUTUL DE INGINERIE ELECTRONICĂ ȘI TEHNOLOGII INDUSTRIALE AL ACADEMIEI DE ȘTIINȚE A MOLDOVEI, MD; BARANOV Simion, MD; CINIC Boris, MD		
I. Condiția de unitate a invenției ☐ satisface ☐ nu satisface. Notă:		
II. Minimul de documente consultate: MD, EA		
III. Domeniul de documentare: Indicii IPC (ultima redacție): H01L *, C23C 30/00, C30B 25/02 a) Termeni caracteristici, cuvinte-cheie, sinonime: creșterea cristalelor, A3B5, epitaxie, faza gazoasă, decupare, corodarea chimică, dioda, redresare		
IV. Documente considerate a fi relevante		
Categoria	Date de identificare ale documentelor citate și, unde este cazul, indicarea pasajelor pertinente	Relevant față de revendicarea nr.
A	MD 0930 G2 1998.02.28	1
A	MD 2937 C2 2005.12.31.	1
A	MD 3257 G2 2007.02.28.	1
A	SU 1800856 A1 1995.06.19.	1
A	SU 1788871 A1 1996.01.20.	1
A	SU 1589918 A1 1996.11.27.	1
A	JP 8083782 A 1996.03.26.	1
A	JP 2096327 A 1990.04.29.	1
A	JP 1244612 A 1989.09.29.	1
A	JP 59086215 A 1984.05.18.	1
A	CN 1588612 A 2005.03.02	1
A	KR 960003850 B1 1996.03.23.	1
Categorii de documente citate		
A - document care definește stadiul anterior în general		O - document referitor la o divulgare orală, un act de folosire, la o expunere etc.
X - document de relevanță deosebită: invenția revendicată nu poate fi considerată nouă sau implicând activitate inventivă		P - document publicat înainte de data de depozit dar după data priorității invocate
Y - document de relevanță deosebită: invenția revendicată nu poate fi considerată ca implicând activitate inventivă când documentul este asociat cu unul sau mai multe alte documente de aceeași natură		T - document publicat după data de depozit sau a priorității invocate, citat pentru a pune în evidență principiul sau teoria care fundamentează invenția
E - document anterior dar publicat la data de depozit național reglementar sau după această dată		D - Document menționat în descrierea cererii de brevet
Data finalizării documentării 2010.01.21.		
Examinatorul CERNEI Tatiana		