



MD 719 G2

REPUBLICA MOLDOVA



(19) Agenția de Stat
pentru Protecția Proprietății
Industriale

(11) **719** (13) **G2**
(51) Int. Cl.⁶: H 01 L 29/42

(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. depozit: 94-0256

(22) Data depozit: 22.07.1994

(42) Data publicării hotărârii
de acordare a brevetului:
30.04.1997, BOPI nr. 4/97

(71) Solicitant: Universitatea de Stat din Moldova, MD

(72) Inventatori: Gagara Ludmila, Negru Elena, Pleșca Valentin, Simășchevici Alexei,
Șerban Dormidont, MD

(73) Titular: Universitatea de Stat din Moldova, MD

(54) **Procedeu de preparare a structurilor comutatoare cu
caracteristică curent-tensiune de tip S**

(57) Rezumat:

1
Invenția se referă la tehnologia semi-conductorilor și poate fi utilizată la prepararea structurilor comutatoare cu caracteristica curent-tensiune de tip S.

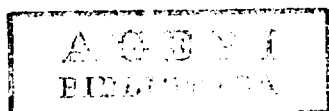
În procedeul propus de preparare a structurii comutatoare cu caracteristica curent-tensiune de tip S pe bază de siliciu, care include formarea unei joncțiuni anizotipice p⁺-n și a unei joncțiuni izotipice n-n⁺, notatează constă în aceea că joncțiunea izotipică

2
n-n⁺ pe suprafața de siliciu se prepară prin depunerea în aer a unui strat de In₂O₃:SnO₂ cu grosimea de 0,3 μm.

5
Rezultatul tehnic al invenției constă în formarea barierei de potențial fotosensibile în joncțiunea izotipică n-n⁺ care la o polarizare inversă este caracterizată prin mecanismul-tunel de trecere a curentului.

10
Revendicări: 1

MD 719 G2



Descriere:

Invenția se referă la tehnologia semiconductorilor și poate fi utilizată la prepararea structurilor comutatoare cu caracteristica curent-tensiune de tip S.

5 Este cunoscut procedeul de preparare a structurilor cvadrilaterale p-n-p-n - fototiristori - cu trei joncțiuni p-n consecutive din siliciu, care include formarea heterojoncțiunilor p⁺-n [1].

Dezavantajul acestui procedeu constă în complexitatea lui. Pentru a obține caracteristica curent-tensiune de tip S este necesară prepararea unei structuri multistrat cu regiuni alternative de tip p și n, procesul fiind complicat din punct de vedere tehnologic. În al doilea rând, iluminarea fototiristorului cu lumină integrală conduce la comutarea structurii numai în direcția din stare cu rezistență înaltă în stare cu rezistență joasă.

Cea mai apropiată soluție tehnică de cea revendicată-cel mai apropiat analog - este procedeul de preparare a diodei cu caracteristica curent-tensiune de tip S pe bază de siliciu, care include formarea unei joncțiuni anizotipice p⁺-n și a unei joncțiuni izotipice n-n⁺ [2].

Pe una din cele două suprafețe de lucru ale materialului semiconductor de tip p cu concentrația purtătorilor de sarcină majorată (regiunea p⁺) se efectuează creșterea epitaxială a unui strat de rezistență înaltă din același material, dar de conductibilitate prin electroni (regiunea n). Suprafața acestui din urmă strat, prin intermediul unuia din procedeele cunoscute (difuzie sau implantare), este dopată pentru obținerea contractului ohmic (regiunea n⁺). Așa structură p⁺-n-n⁺ are o caracteristică curent-tensiune de tip S în cazul când grosimea stratului epitaxial n (baza diodei) depășește lungimea de difuzie a purtătorilor de sarcină, iar rata micșorării rezistenței acestei baze la creșterea curentului este mai mare decât a rezistenței joncțiunii p⁺-n. Pentru aceasta este necesar ca conductibilitatea bazei să crească nu numai datorită injectiei, dar și datorită altor mecanisme, respectiv creșterea timpului de viață sau a mobilității purtătorilor de sarcină injectați în semiconductorul compensat, creșterea coeficientului de injecție a joncțiunii p-n la creșterea curentului, mărirea conductibilității bazei, datorită căldurii degajate în bază la trecerea curentului electric sau datorită absorbției iradierii de recombinare în joncțiunea p-n a S-diodei. Iluminarea din exterior micșorează tensiunea de amorsare la trecerea structurii din stare cu rezistență înaltă în stare cu rezistență joasă.

Dezavantajele procedurii cunoscute de preparare a structurii comutatoare cu caracteristica curent-tensiune de tip S sunt: în primul rând sunt înaintate cerințe stricte față de baza structurii, fapt ce complică procedeul de preparare a acestor structuri și cauzează instabilitatea caracteristicilor lor; în al doilea rând, ca și în cazul fototiristorului, iluminarea din exterior provoacă scăderea tensiunii de amorsare și comutează structura numai în direcția din stare cu rezistență înaltă în stare cu rezistență joasă.

Problema tehnică de înlăturare a dezavantajelor constă în stabilizarea caracteristicilor structurii comutatoare și comutarea ei la iluminare din stare cu rezistență joasă în stare cu rezistență înaltă. Problema poate fi rezolvată cu ajutorul procedurii revendicate de preparare a structurilor semiconductorilor comutatoare cu caracteristica curent-tensiune de tip S pe bază de siliciu, care include formarea unei joncțiuni p⁺-n anizotipice și a unei joncțiuni n-n⁺ izotipice. Joncțiunea izotipică pe suprafața de siliciu se prepară prin depunerea în aer a unui strat de In₂O₃:SnO₂ cu grosimea de 0,3 μm. Prin acest procedeu joncțiunea izotipică n-n⁺ este preparată cu barieră de potențial, fotosensibilă și la polarizare inversă caracterizată prin mecanismul de tunelare la trecerea curentului prin barieră.

50 Rezultatul tehnic al invenției constă în formarea barierei de potențial fotosensibile în joncțiunea izotipică n-n⁺ care la o polarizare inversă este caracterizată prin mecanismul-tunel de trecere a curentului.

Cercetarea parametrilor structurilor comutatoare cu caracteristica curent-tensiune de tip S a demonstrat că acești parametri sunt instabili din cauza cerințelor stricte față de baza structurii. Spre exemplu, pentru a obține caracteristica de tip S a structurii prin intermediul măririi timpului de viață a purtătorilor de sarcină injectați, materialul semiconductor al bazei trebuie să fie compensat, dopat cu impurități donoare și acceptoare, față de care sunt înaintate cerințe suplimentare. În cazul obținerii

caracteristicii curent-tensiune de tip S pe baza măririi mobilității purtătorilor de sarcină, materialul bazei trebuie să fie un semiconductor compensat cu centre de impurități cu nivele adânci în zona interzisă etc.

În soluția tehnică propusă joncțiunea izotipică $n-n^+$, care în cel mai apropiat analog este preparată pentru asigurarea contactului ohmic, este substituită printr-o joncțiune izotipică $n-n^+$ fotosensibilă, cu barieră de potențial și pentru care, la polarizare inversă, începând cu o anumită valoare a tensiunii, diferită de zero, este caracteristic mecanismul de tunelare la trecerea curentului. Se aplică polarizare directă pe structura p^+-n-n^+ . Tensiunea aplicată cade aproape în întregime pe joncțiunea izotipică $n-n^+$, deoarece în cadrul structurii întregre p^+-n-n^+ ea este conectată în sens invers și are rezistență mult mai mare. Odată cu creșterea tensiunii directe, aplicate pe structura integră p^+-n-n^+ , crește și tensiunea inversă, aplicată pe joncțiunea $n-n^+$. Se ajunge la tensiuni, la care se declanșează procesul de tunelare a purtătorilor de sarcină prin joncțiunea $n-n^+$. Are loc micșorarea rezistenței joncțiunii izotipice. Purtătorii de sarcină sunt injectați în baza n . Are loc redistribuirea între joncțiunea anizotipică p^+-n , bază și joncțiunea $n-n^+$ a tensiunii externe aplicate. Se declanșează procesul de injecție a purtătorilor de sarcină din regiunea p^+ a structurii în baza n . Are loc o scădere bruscă a rezistenței bazei ca rezultat al efectului de injecție dublă a purtătorilor de sarcină din regiunile p^+ și n^+ în bază, proces care se manifestă în caracteristica curent-tensiune prin apariția unui sector cu rezistență diferențială negativă și comutarea structurii din stare cu rezistență înaltă în stare cu rezistență joasă. Iluminarea structurii din direcția regiunii n^+ cu lumină integrală sau cu radiație monocromatică care se absoarbe în baza n , conduce la apariția tensiunii fotoelectrice în joncțiunea $n-n^+$. Această tensiune conduce la apariția unei polarizări aplicate la joncțiunea izotipică în sens direct. La un anumit nivel de iluminare această polarizare compensează o parte a tensiunii aplicate pe joncțiunea izotipică în sens invers și poate fi suficientă pentru a opri procesul de tunelare a purtătorilor de sarcină din regiunea n^+ în regiunea n . Crește rezistența joncțiunii izotipice. Are loc o nouă redistribuire a tensiunii aplicate structurii întregre. Se înlătură premisele efectului injecției duble. Structura dezamorsează în stare cu rezistență înaltă.

Folosirea în procedeul revendicat a joncțiunii izotipice fotosensibile $n-n^+$ cu barieră de potențial și efect de tunelare a purtătorilor de sarcină prin barieră la polarizare inversă contribuie la stabilizarea caracteristicilor structurii p^+-n-n^+ și comutarea ei din stare cu rezistență joasă în stare cu rezistență înaltă.

Exemplu. Se folosește o placă standardă de siliciu de tip p cu concentrația purtătorilor de sarcină $5 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, produsă pe cale industrială. Pe una din cele două suprafețe de lucru, prin intermediul unuia din procedeele cunoscute, de exemplu, prin epitaxie din fază gazoasă, se crește un strat de siliciu de tip n cu grosimea de cca $50 \text{ } \mu\text{m}$ și concentrația electronilor de $3 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$. Pe acest strat prin procedeul pulverizării soluțiilor în alcool ale clorurilor de In și Sn se depune un strat subțire cu grosimea de $0,3 \text{ } \mu\text{m}$ de semiconductor oxid $\text{In}_2\text{O}_3:\text{SnO}_2$ (ITO) cu concentrația electronilor de $2 \cdot 10^{21} \text{ cm}^{-3}$. Grosimea stratului se alege din cerințele transparenței maxime pentru lumina vizibilă și conductibilității electrice maxime. Aceste două cerințe sunt contradictorii. Este cunoscut că cu cât este mai mică grosimea stratului $\text{In}_2\text{O}_3:\text{SnO}_2$, cu atât este mai mare coeficientul de transparență, însă în același timp conductibilitatea acestui strat este minimă. Experimental s-a demonstrat, că grosimea stratului $\text{In}_2\text{O}_3:\text{SnO}_2$ de $0,3 \text{ } \mu\text{m}$ permite tranziția a 90% din lumina vizibilă incidentă, rezistența de suprafață fiind de $10 \text{ ohm}/\square$, ceea ce este în concordanță cu cerințele transparenței și conductibilității maxime. În cazul în care grosimea stratului este de $0,1 \text{ } \mu\text{m}$, valoarea coeficientului de transparență este de 95%, însă rezistența de suprafață a lui este de $10 \text{ kohm}/\square$, ceea ce este inadmisibil. În cazul în care grosimea stratului este de $1 \text{ } \mu\text{m}$, valoarea coeficientului de transparență este de cca 60% și, de asemenea, este insuficient, cu toate că rezistența de suprafață este optimă și are valoarea de $7 \text{ ohm}/\square$. Pe suprafețele libere ale substratului $p^+\text{Si}$ și stratului ITO se aplică contacte ohmice prin depunerea în vid a Al pe Si și a In pe ITO. La polarizare directă, în întuneric, structura $\text{Al}-p^+\text{Si}-n\text{Si}-n^+\text{ITO}-\text{In}$, care se constituie din homojoncțiunea $p^+\text{Si}$ și joncțiunea izotipică $n\text{Si}-n^+\text{ITO}$, demonstrează o caracteristică I-V de tip S cu parametrii respectivi: tensiunea de

MD 719 G2

5

amorsare $V_B=4V$, curentul de amorsare $I_B=75\text{ mA}$, tensiunea de dezamorsare $V_H=1,5V$, curentul de dezamorsare $I_H=160\text{ mA}$. Dezamorsarea se efectuează prin micșorarea tensiunii externe aplicate sau prin iluminarea structurii cu lumină integrală cu intensitatea $\geq 300\text{ lx}$.

5 Evaluarea reproductibilității parametrilor structurilor comutatoare, preparate prin procedeul revendicat, a demonstrat că, în comparație cu procedeul propus în cel mai apropiat analog, reproductibilitatea, prin urmare și stabilitatea parametrilor, este mult mai mare. În șapte cazuri din zece parametrii structurilor, preparate prin procedeul revendicat, diferă nu mai mult decât cu 5% (vezi tabelul).

10

Tabel

Nr. exp.	V_B, V	I_B, mA	V_H, V	I_H, mA
1	4	75	1,5	158
2	3,8	72,5	1,45	159
3	3,9	74	1,5	162
4	4,2	77	1,55	160
5	4,4	75	2	140
6	4,3	80	1,2	145
7	4	75	1,5	153
8	4,1	74	1,45	160
9	3,9	75	1,4	160
10	3,4	75	1,2	180
Valoarea medie	4	75,25	1,48	158,3

15 Procedeul propus de preparare a structurilor comutatoare cu caracteristica I-V de tip S este accesibil, ușor dirijabil și poate fi reprodus cu utilaj modern în condiții industriale.

20 (57) Revendicări:

Procedeu de preparare a structurilor comutatoare cu caracteristică curent-tensiune de tip S pe bază de siliciu care include formarea unei joncțiuni anizotipice p^+-n și a unei joncțiuni izotipice $n-n^+$, caracterizat prin aceea că joncțiunea izotipică pe suprafața de siliciu se prepară prin depunerea în aer a unui strat de $\text{In}_2\text{O}_3:\text{SnO}_2$ cu grosimea de 0,3 μm .

25

(56) Referințe bibliografice:

1. "Äëîäü è òëðñîîðü", ïä îäüäë öäâäëöëäë A.A. xäðîüöäââ, 1980 ä., èçä-äî "Yîäöäëÿ", l., ñ. 126.
2. È.î. Äëëöëëî, Ä.È. Ñöäöäââ, "Öëçëëä ïëöîðîäîäîëëîäüö îöëäîðîä", 1980 ä., èçä-äî "Ñîäâöñëîä öäâëî", l., ñ. 296.

Şef secție:

CRECETOV Veaceslav

Examinator:

POPOVA Svetlana

Redactor:

GORDILĂ Lucia