



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2009 00415**

(22) Data de depozit: **02.06.2009**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.01.2013** BOPI nr. 1/2013

(41) Data publicării cererii:
30.03.2011 BOPI nr. 3/2011

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
MICROTEHNOLOGIE,
STR.EROU IANCU NICOLAE NR.32B,
BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **GĂLĂȚEANU LUCIAN, BD.LACUL TEI
NR.126-228, BL.17-18, SC.1, ET.6, AP.359,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **BAZU MARIUS, BD.TIMIȘOARA NR.49,
BL.Cc6, SC.A, ET.9, AP.34, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **ILIAN VIRGIL EMIL, STR.DOAMNA GHICA
NR.5, BL.3, SC.A, ET.8, AP.36, SECTOR 2,
BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 6870378 B1

(54) **PROCEDEU DE SELECȚIE DE FIABILITATE A
STRUCTURILOR SEMICUNDUCTOARE CU JONȚIUNI P-N
BAZAT PE ACCELERAREA OPTICĂ A
GENERĂRII-RECOMBINĂRII PE NIVELE ADÂNCI**



RO 126169 B1

1 Prezenta invenție se referă la un procedeu care realizează selecția de fiabilitate a
2 structurilor semiconductoare cu joncțiuni p-n, prin accelerarea optică a generării - recombi-
3 nării pe niveluri adânci.

4 Selecția de fiabilitate este o etapă a procesului de fabricație a dispozitivelor semi-
5 conductoare. Aceasta se realizează prin îmbătrânirea accelerată a dispozitivelor din lotul de
6 fabricație, în urma căreia sunt eliminate dispozitivele nefiabibile, care au timpi scurți de funcțio-
7 nare până la defectare. Procedeele clasice de îmbătrânire accelerată a dispozitivelor
8 semiconductoare constau în aplicarea unui cumul și/sau a unei succesiuni de factori de
9 stres, dintre care cei mai utilizați sunt temperatura ridicată și polarizarea electrică. Factorii
10 de stres sunt aplicați asupra dispozitivelor încapsulate, după sortarea electrică a acestora,
11 și la niveluri crescute față de condițiile normale de utilizare a componentelor, ceea ce asigură
12 accelerarea procesului de îmbătrânire. Aceste niveluri sunt însă limitate, deoarece nu pot fi
13 depășite valorile de stres la care apar mecanisme de defectare noi, nespecifice funcționării
14 la condiții normale. Rezultă durate ale încercărilor la care se obține eliminarea populațiilor
15 cu timpi scurți de viață, de ordinul zilelor - săptămânilor, până la 1...2 luni. În aceste condiții,
16 încercările de îmbătrânire accelerată clasice prezintă o serie de dezavantaje, și anume: i.
17 durate mari; ii. consumuri mari de energie (termică, electrică); iii. consumuri ridicate de
18 materiale și de manoperă (sunt eliminate componentele la finalul procesului de fabricație).

19 Unul dintre mecanismele de defectare importante în tehnologia bipolară de realizare
20 a structurilor semiconductoare este determinat de creșterea locală a generării - recombinării
21 purtătorilor minoritari, la centri care introduc niveluri energetice adânci în banda interzisă a
22 materialului semiconductor. "Nivelurile adânci" sunt stări locale de energie, situate în
23 regiunea de mijloc a benzii interzise a materialului semiconductor, astfel încât acestea nu au
24 o contribuție semnificativă la generarea purtătorilor în competiție cu doparea, dar constituie
25 șunturi de recombinare crescută a purtătorilor minoritari. Nivelurile adânci sunt introduse de
26 impurități (îndeosebi metale de tranziție), de defecte cristalografice (cu sau fără asocierea
27 unor impurități), de stări de interfață și de regiuni tensionate mecanic. Creșterea locală, la
28 centri de niveluri adânci, a curentului de recombinare, determină, prin efect Joule, o creștere
29 locală a temperaturii. Activarea termică crescută a purtătorilor minoritari înseamnă creșterea
30 locală a probabilității de recombinare a acestora. În acest fel, curenții locali sunt multiplicați
31 printr-un proces în avalanșă. Se formează microzone de conducție crescută și de
32 temperatură ridicată, numite în literatura de specialitate "hot spots". Gradul crescut de
33 neuniformitate al conducției face ca local să se depășească capacitatea de disipare termică
34 a structurii semiconductoare, ceea ce conduce la instalarea unui proces de ambalare termică
35 locală. Se poate ajunge la topirea locală a materialului semiconductor, a metalizărilor și a
36 oxizilor.

37 O metodă de evaluare a fiabilității unor dispozitive semiconductoare de putere este
38 prezentată în brevetul **US 6870378 B1** (Cole Melanie W., 2005). Etapele metodei includ
39 măsurători structurale, microstructurale și chimice, efectuate înainte de testarea electrică,
40 montarea dispozitivului de testat pe un suport izolator, determinarea parametrilor de
41 temperatură, putere și împrăștierea unei radiații laser, determinarea distanței de la sursa
42 laser la dispozitivul electronic, stabilirea valorilor parametrilor termici și electrici ai ciclului de
43 testare și aplicarea acestora cu ajutorul unei rețele de formare a impulsurilor pe dispozitivul
44 de testat, etape urmate de măsurători post-testare și o comparare a valorilor pre- și post-
45 testare ale parametrilor structurali, microstructurali și chimici obținuți. Rețeaua de formare
46 a impulsurilor se calibrează cu valori de temperatură, durata ciclurilor, numărul de cicluri și
47 aria de expunere, pentru a reproduce mediul de lucru al dispozitivului de putere testat. Se
48 testează dispozitive încapsulate.

RO 126169 B1

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este aceea a îmbunătățirii condițiilor de testare a structurilor semiconductoare cu joncțiuni p-n, în procesele de îmbătrânire accelerată a acestora. Soluția tehnică pentru rezolvarea acestei probleme se bazează pe accelerarea optică a generării - recombinării pe niveluri adânci.

Procedeul de selecție de fiabilitate a structurilor semiconductoare cu joncțiuni p-n, conform invenției, este caracterizat prin aceea că:

- se aplică secvențial, structură cu structură, o tensiune de polarizare în invers a joncțiunii de interes, la un nivel cât mai apropiat de străpungerea în avalanșă a acesteia;

- structura astfel polarizată este supusă unei iradiere cu fascicul laser, având lungimea de undă adecvată pentru obținerea excitării tranzițiilor purtătorilor minoritari pe niveluri adânci, ceea ce determină o accelerare locală, la centrii de niveluri adânci, a mecanismului de defectare, prin formarea de "hot spot", factorii de accelerare fiind cu ordine de mărime mai mari decât în cazul accelerării termice (utilizată în încercările de îmbătrânire clasice) și degradarea locală a structurilor apărând la durate de stres de ordinul minutului, modul de manifestare fiind o modificare a caracteristicii inverse a joncțiunii, de tipul celei ilustrate în fig. 1, în care o regiune de străpungere prematură, de conducție rezistivă, apare pe caracteristica inversă a joncțiunii, prin salt, după un interval de stres de ordinul minutului, în condițiile în care, dacă stresul este întrerupt imediat, adică la maximum 1.2 s, după modificarea caracteristicii inverse, se constată că modificarea caracteristicii inverse este ireversibilă, iar dacă, după apariția modificării caracteristicii inverse a joncțiunii, nu se întrerupe aplicarea stresului, atunci apare o degradare catastrofală a joncțiunii, care devine scurtcircuit;

- structurile astfel degradate sunt identificate ca structuri nefiabile, sunt marcate ca defecte și eliminate din fluxul de fabricație.

Prin folosirea procedurii, se obțin avantaje majore, legate de scurtarea ciclului de fabricație și de reducerea consumului de materiale, manoperă și energie, deoarece în operațiile de montaj - încapsulare și sortare, se introduc doar structurile de dispozitiv fiabile.

Procedeul conform invenției prezintă avantajul unor performanțe superioare, pentru realizarea selecției de fiabilitate, și anume, durata mult mai scurtă, de ordinul minutului/dispozitiv, și consum redus de energie față de accelerarea termică a îmbătrânirii.

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu fig. 1 și 2, care reprezintă:

- fig. 1, modificarea caracteristicii inverse a joncțiunii C-B la un tranzistor bipolar, sub acțiunea stresului de iradiere laser;

- fig. 2, echipament de testare pe plachetă.

Realizarea procedurii de selecție de fiabilitate a structurilor semiconductoare cu joncțiuni p-n, bazat pe accelerarea optică a generării - recombinării pe niveluri adânci, conform invenției, constă în montarea plachetei cu structuri semiconductoare procesate (fig. 2, reperul e) pe masa de lucru a unui echipament de testare pe plachetă, astfel încât sondele de test ale acestui echipament (fig. 2, reperul c) sunt utilizate pentru polarizarea electrică, în invers, a joncțiunii de interes, precum și pentru monitorizarea, pe un caracterograf, a caracteristicii inverse a joncțiunii respective. Are loc iradierea cu laser a zonei active a structurii, prin intermediul unui obiectiv de focalizare a radiației laser (fig. 2, reperul a), fixat cu ajutorul unui dispozitiv de prindere (fig. 2, reperul b), radiația laser în IR este emisă de o diodă laser și transmisă printr-un cablu cu fibre optice (fig. 2, reperul f). Se folosește o metodă de împletire a fibrelor optice, permițând transmisia prin același obiectiv și a unei radiații laser în vizibil - roșu (fig. 2, reperul g), care servește la alinierea sistemului de către operator. Dispozitivul de marcarea a echipamentului de testare pe plachetă (fig. 2, reperul d) este utilizat pentru marcarea structurilor nefiabile, în situația în care se constată, pe caracterograf, degradarea, sub acțiunea stresului electric și optic, a caracteristicii inverse a joncțiunii.

RO 126169 B1

1 Pentru structurile nefiabile, stresul aplicat determină o accelerare locală, la centrul de
nivele adânci, a mecanismului de defectare, prin formarea de "hot spot", degradarea locală
3 a structurilor apărând pentru structurile nefiabile, degradarea locală a structurilor apărând
la durate de stres de ordinul minutului, modul de manifestare fiind o modificare a caracte-
5 risticilor inverse a joncțiunii, de tipul celei ilustrate în fig. 1, în care o regiune de străpungere
prematură, de conducție rezistivă, apare pe caracteristica inversă a joncțiunii, prin salt, în
7 condițiile în care, dacă stresul este întrerupt imediat, adică la maximum 1...2 s după modifi-
carea caracteristicilor inverse, se constată că modificarea caracteristicilor inverse este irevers-
9 ibilă, iar dacă, după apariția modificării caracteristicilor inverse a joncțiunii, nu se întrerupe apli-
carea stresului, atunci apare o degradare catastrofală a joncțiunii, care devine scurtcircuit.

11 Structurile astfel degradate sunt marcate ca structuri nefiabile, prin utilizarea
dispozitivului de marcare a echipamentului de testare pe plachetă (fig. 2, reperul **d**), după
13 care aceste structuri sunt eliminate din fluxul de fabricație.

RO 126169 B1

Revendicare

	1
Procedeu de selecție de fiabilitate a structurilor semiconductoare cu joncțiuni p-n, bazat pe accelerarea optică a generării - recombinării pe niveluri adânci, caracterizat prin aceea că,	3 5
- într-o primă etapă, se montează placheta cu structuri semiconductoare procesate (e) pe masa de lucru a echipamentului de testare plachete,	7
- într-o a doua etapă, se fixează sondele de test ale echipamentului (c), folosite pentru polarizarea electrică a joncțiunii de interes, la un nivel cât mai apropiat de străpungerea în avalanșă a acesteia și pentru monitorizarea pe un caracterograf a caracteristicii inverse a joncțiunii alese,	9 11
- într-o a treia etapă, se iradiază secvențial, structură cu structură, zona activă a fiecărei structuri, cu o radiație laser, focalizată cu un obiectiv de focalizare (a), fixat cu ajutorul unui dispozitiv de prindere (b), radiația laser fiind emisă de o diodă laser în domeniul IR și transmisă printr-un cablu de fibre optice (f), în care este împletită și o fibră pentru transmisia unei radiații laser în vizibil-roșu (g), folosită la alinierea sistemului de către operator,	13 15 17
- urmată de o a patra etapă de observare a efectului aplicării radiației în IR, care pentru structurile nefiabile, determină o accelerare locală, la centrii de niveluri adânci, a mecanismului de defectare, prin degradarea locală a structurilor după durate de stres de ordinul minutului, degradare observabilă pe caracteristica inversă a joncțiunii, prin apariția unei regiuni de străpungere prematură, prin salt de conducție rezistivă și	19 21
- dacă stresul este întrerupt la maximum 1...2 s după modificarea formei caracteristicii inverse, se constată că modificarea are caracter ireversibil, iar	23
- dacă, după apariția modificării formei caracteristicii inverse, nu se întrerupe aplicarea stresului, se observă o degradare catastrofală a joncțiunii, care devine scurtcircuit și	25
- într-o a cincea etapă, structurile degradate sunt marcate ca structuri nefiabile, cu ajutorul unui dispozitiv de marcarea (d) al echipamentului de testare pe plachetă și sunt eliminate din fluxul de fabricație.	27 29

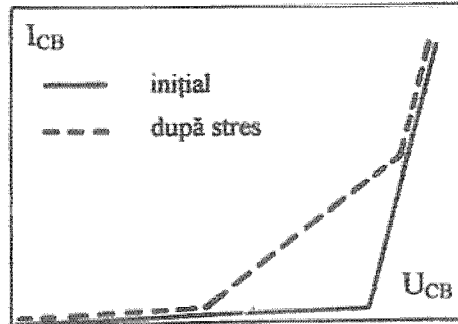


Fig. 1

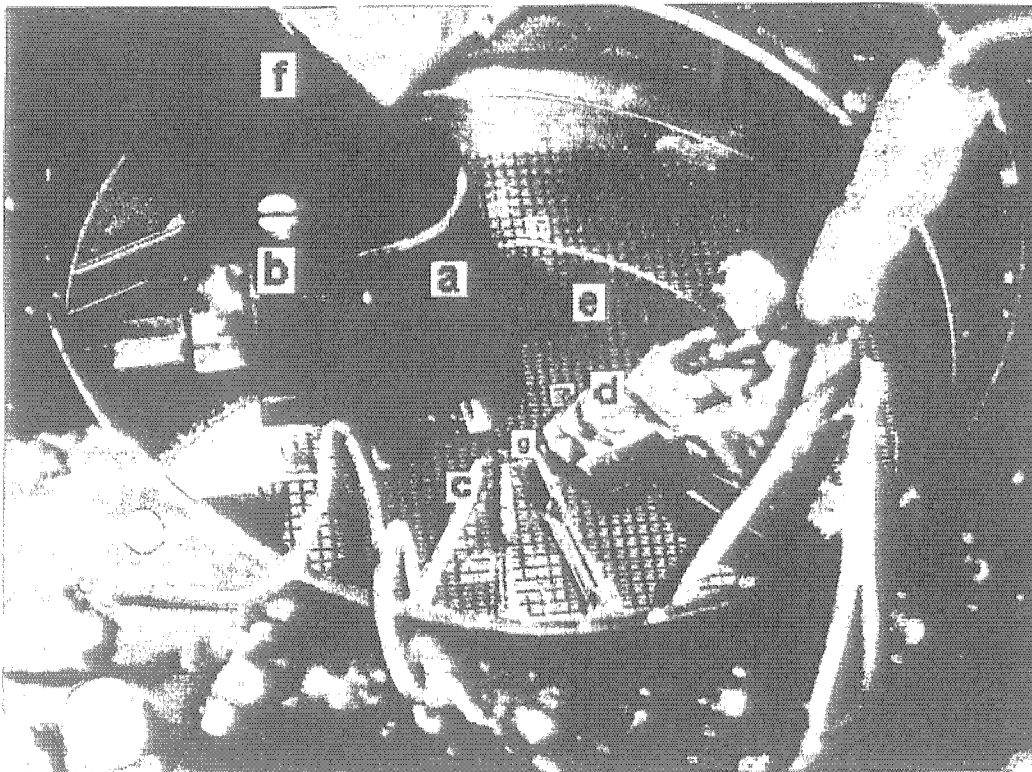


Fig. 2

