



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2008 00767

(22) Data de depozit: 30.09.2008

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: 30.08.2013 BOPI nr. 8/2013

(41) Data publicării cererii:  
27.02.2009 BOPI nr. 2/2009

(73) Titular:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
OPTOELECTRONICĂ - INOE 2000,  
STR.ATOMIȘTILOR NR.409, MĂGURELE,  
IF, RO

(72) Inventatori:  
• BRAIC VIOREL, STR.TELIȚA NR.4,  
BL.66 B, AP.43, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B,  
RO;

• ZOIȚA CĂTĂLIN NICOLAE,  
STR.FIZICENILOR NR.14, BL.O 2, AP.13,  
MĂGURELE, IF, RO;  
• BRAIC MARIANA, STR.TELIȚA NR.4,  
BL.66 B, AP.43, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B,  
RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
R.Butte, I.F.Carlin et al., "Current Status of  
AlInN layers lattice-matched to GaN for  
photonics and electronics", J. Phys. D:  
Appl. Phys., 40, (2007), p.6329;  
US 2004/0070003 A1

(54) MATERIAL SEMICONDUCTOR PE BAZĂ DE  $In_xAl_yN$  PENTRU  
APLICAȚII ÎN OPTOELECTRONICĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un material semiconductor din straturi subțiri pe bază de  $In_xAl_yN_{1-x-y}$ , sub formă de monostraturi depuse pe un substrat flexibil, având un strat intermediar de AlN, aderente la suportul flexibil pe care au fost depuse și care sunt utilizate pentru realizarea de dispozitive optoelectronice diverse. Materialul conform invenției este obținut printr-o metodă de depunere fizică, din faza de vapori, prin pulverizare magnetron, într-o plasmă reactivă, ce conține atomi și ioni de indiu, aluminiu, azot și argon, materialul fiind realizat din două straturi subțiri, individuale, un strat stoichiometric de AlN, ca strat intermediar, depus direct

pe substratul flexibil, cu grosimi cuprinse între 10 și 100 nm, și un strat de  $In_xAl_yN$ , cu grosimi cuprinse între 50 și 3000 nm, unde  $0,5 \leq x \leq 1,0$ , iar  $0 \leq y \leq 0,5$ , cu condiția ca  $0,9 \leq x+y \leq 1,1$ . Materialul are o grosime cuprinsă între 60 și 3100 nm, prezintă aderență ridicată la substrat, are bandă interzisă cuprinsă între 1,2 și 3,8 eV, și emisie prin efect de fotoluminescență, măsurată la temperatura camerei, în domeniul lungimilor de undă cuprins între 430 și 1000 nm.

Revendicări: 2



# RO 123559 B1

1           Invenția se referă la un material semiconductor din straturi subțiri pe bază de  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{N}$ ,  
sub formă de monostraturi depuse pe un substrat flexibil, având un strat intermediar,  
3           aderente la suportul flexibil pe care au fost depuse și care sunt utilizate pentru realizarea de  
dispozitive optoelectronice diverse.

5           În prezent, sunt cunoscute metode de obținere a nitrurii de indiu și nitrurii de indiu-  
aluminiiu, depuse pe diferite substraturi monocristaline, utilizând, ca straturi intermediare, o  
7           varietate de materiale, cu aplicabilitate în industria optoelectronică, ca materiale pentru  
fabricarea LED-urilor, a celulelor solare sau a dispozitivelor emițătoare și/sau detectoare  
9           pentru radiația din domeniul undelor tera-hertziene (THz).

11          Se cunosc straturi subțiri din nitrură de indiu, prezentate, de exemplu, în documentul  
de brevet **WO 2008/009805 A1**, pentru obținerea de nitrură de indiu pe substraturi rigide, prin  
13          procedee tipice depunerii de straturi din faza chimică de vapori (CVD), și anume, prin  
epitaxie moleculară din faza metalo-organică. Ca straturi intermediare, se pot folosi diferite  
15          substraturi (Si, SiC, GaN, InGaN, AlN și AlInGaN), având, drept caracteristică comună, faptul  
că diferența între constanta proprie de rețea și cea a nitrurii de indiu sau a nitrurii de indiu-  
aluminiiu este mai mică de 10%.

17          Astfel de straturi subțiri sunt prezentate și în documentul "Current status of AlInN  
layers lattice -matched to GaN for photonics and electronics" de R. Butte, J-F Carlin et al.,  
19          *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 40 (2007) 6328-6344, care prezintă proprietățile unui material semi-  
conductor din strat subțire de  $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{N}$  cu  $x \approx 0,18$ , depus pe substrat de safir, prin intermediul  
21          unui strat de GaN sau de AlN.

23          De asemenea, și documentul **US 2004/0070003 A1** prezintă un material semicon-  
ductor pentru tranzistori cu efect de câmp, diode electroluminiscente sau laseri, obținut prin  
25          depunerea a minimum unui strat subțire din AlGaInN peste un strat subțire din AlN crescut  
epitaxial pe un substrat utilizat în stadiul tehnicii.

27          Problema tehnică, pe care o rezolvă invenția, constă în obținerea unui material  
semiconductor pe bază de straturi subțiri din nitrură de indiu și nitrură de indiu-aluminiiu, tip  
29          InAlN, cu o compoziție și grosime adecvate fixării acestora pe substrat flexibil tip kapton,  
pentru creșterea ariei de aplicabilitate a dispozitivelor optoelectronice.

31          Materialul semiconductor din straturi subțiri din nitrură de indiu și nitrură de indiu-  
aluminiiu, conform invenției, rezolvă această problemă tehnică, prin aceea că este realizat  
33          din două straturi subțiri, individuale: un strat stoichiometric de AlN, ca strat intermediar,  
depus direct pe substratul flexibil, cu grosimi cuprinse între 10 și 100 nm, și un strat subțire  
35          de  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{N}$ , cu grosimi cuprinse între 50 și 3000 nm, unde  $0,5 \leq x \leq 1,0$ , iar  $0 \leq y \leq 0,5$  și cu  
condiția ca  $0,9 \leq x+y \leq 1,1$ .

37          Materialul semiconductor, conform invenției, are grosimea cuprinsă între 60 și  
3100 nm, prezintă aderență ridicată la substrat, bandă interzisă în domeniul 1,2...3,8 eV și  
emisie prin efect de fotoluminescență, măsurată la temperatura camerei, în domeniul de  
39          lungimi de undă cuprins între 400 și 1000 nm.

41          Materialul semiconductor, depus pe substrat flexibil, pentru aplicații în  
optoelectronică, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- 43           - se caracterizează prin conducție de tip n;
- se caracterizează prin aderență ridicată la substratul flexibil;
- 45           - se caracterizează prin grosime totală, cuprinsă de la zeci de nanometri până la  
câțiva micrometri.

Invenția este prezentată pe larg, în continuare.

47          Conform invenției, materialul semiconductor pe bază de  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{N}$ , pentru aplicații în  
optoelectronică, este realizat din strat subțire de  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{N}$ , depus peste un strat intermediar  
49          stoichiometric din AlN, depus direct pe un substrat de depunere flexibil, tip kapton sau alt

# RO 123559 B1

material compatibil, stratul intermediar de AlN, depus pe acesta, având grosimea de 10...100 nm, iar stratul final de  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{N}$  având grosimea între 50 și 3000 nm. Proportia elementelor de compoziție este:  $0,5 \leq x \leq 1,0$  și  $0 \leq y \leq 0,5$ , cu:  $0,9 \leq x+y \leq 1,1$ .

Pentru obținerea unui astfel de material semiconductor utilizabil pentru fabricarea a diferite dispozitive optoelectronice pe bază de nitrură de indiu și/sau nitrură de indiu-aluminiu, până în prezent, se cunosc tehnologiile de tip CVD (MOVPE, MBE) sau PVD (pulverizare magnetron), fiind cunoscute numai straturi cu structură mono sau policristalină, depuse pe substraturi rigide. Ca materiale semiconductoare, alese pentru prezenta invenție, s-au utilizat nitrură de indiu și nitrură de indiu-aluminiu, depuse pe substrat flexibil, de tip kapton, având, ca strat intermediar față de substratul flexibil, un strat stoichiometric de AlN.

Proprietățile superioare, ale materialelor semiconductoare care fac obiectul invenției, sunt generate de obținerea acestora pe substrat flexibil, ceea ce lărgeste considerabil aria de aplicabilitate a materialelor.

Materialul semiconductor, conform invenției, este obținut printr-o metodă de tip depunere din fază fizică de vapori (pulverizare magnetron) într-o plasmă reactivă. Conform unui exemplu de realizare a unui material semiconductor, acesta este constituit dintr-un strat intermediar de AlN, cvasistoichiometric ( $0,95 < \text{N}/\text{Al} < 1,02$ ) și un strat cvasistoichiometric ( $0,95 < \text{N}/(\text{In}+\text{Al}) < 1,03$ ) de  $\text{In}_{0,9}\text{Al}_{0,1}\text{N}$ , care prezintă un raport al concentrațiilor atomice ale metalelor componente In și Al în stratul de InAlN, de:  $(\text{In}/\text{Al}) = 0,9$ .

Materialul semiconductor este aderent la substrat, rezultatele obținute în urma testului de aderență prin zgâriere (realizat conform cu ANSI/ASTM B 571-79) fiind bune, nefiind pusă în evidență desprinderea stratului de pe substratul flexibil.

În continuare, este prezentat un exemplu concret de realizare a invenției. Materialul semiconductor este obținut într-o plasmă reactivă, care conține atomi și ioni de indiu, aluminiu, azot și argon, la presiuni cuprinse între  $5 \times 10^{-2}$  și 1 Pa, la temperaturi ale substratului pe care se face depunerea cuprinse între 350 și 500°C, timpul de depunere fiind cuprins în intervalul 60 și 480 min. Obținerea straturilor prin pulverizare magnetron, care poate fi în curent continuu, în radio frecvență sau pulsată bipolar, se poate face până la temperaturi ale substratului de maximum 550°C, astfel că materialul substrat flexibil nu va fi afectat. Materialul flexibil, ce urmează a fi utilizat ca substrat pentru depunerea straturilor subțiri semiconductoare, este spălat și degresat în baie de ultrasunete cu solvenți organici, apoi este introdus în incinta tehnologică. Pentru obținerea materialului semiconductor, se utilizează un suport de substrat cu temperatura controlabilă, pe care sunt plasate piesele ce urmează a fi acoperite. Catozii pe care sunt amplasate țintele de In și Al sunt amplasați în exteriorul caruselului pe care este amplasat suportul de substraturi. În incinta tehnologică de depunere, se introduc argon (cu rol de gaz, ce va pulveriza eficient țintele metalice de In și Al) și azot (cu rol de gaz reactiv, ce se va combina cu ionii și atomii metalici ajunși la substrat și va crea straturile semiconductoare). În timpul depunerii prin pulverizare intensificată în câmp magnetic (magnetron), caruselul se rotește, astfel că, în timpul în care o piesă trece prin dreptul unui anumit catod, se acoperă cu un strat subțire din nitrura aceluși material. Prin controlul vitezei de rotație a caruselului și/sau a curentului de alimentare a catodilor, se pot controla grosimea și compoziția stratului depus. Este posibilă și aplicarea unui potențial negativ de polarizare a substratului, cuprins între 20 și 1000 V, care poate duce la creșterea aderenței straturilor depuse la substrat, la reducerea tensiunilor mecanice în straturi și la creșterea densității acestora. Au rezultat astfel materiale semiconductoare cu strat subțire de InAlN, cu următoarele concentrații atomice ale metalelor componente:

$\text{In}_{0,9}\text{Al}_{0,1}\text{N}$ ,  $\text{In}_{0,9}\text{Al}_{0,2}\text{N}$ ,  $\text{In}_{0,8}\text{Al}_{0,1}\text{N}$ ,  $\text{In}_{0,8}\text{Al}_{0,2}\text{N}$ ,  $\text{In}_{0,8}\text{Al}_{0,3}\text{N}$ ,  $\text{In}_{0,7}\text{Al}_{0,2}\text{N}$ ,  $\text{In}_{0,7}\text{Al}_{0,3}\text{N}$ ,  $\text{In}_{0,7}\text{Al}_{0,4}\text{N}$ ,  $\text{In}_{0,6}\text{Al}_{0,3}\text{N}$ ,  $\text{In}_{0,6}\text{Al}_{0,4}\text{N}$ ,  $\text{In}_{0,6}\text{Al}_{0,5}\text{N}$ ,  $\text{In}_{0,5}\text{Al}_{0,4}\text{N}$ ,  $\text{In}_{0,5}\text{Al}_{0,5}\text{N}$ ,  $\text{In}_{0,5}\text{Al}_{0,6}\text{N}$ .

# RO 123559 B1

1

## Revendicări

3

1. Material semiconductor pe bază de  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{N}$ , pentru aplicații în optoelectronică, din strat subțire de  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{N}$ , depus peste un strat intermediar stoichiometric din AlN, depus direct pe un substrat de depunere adecvat, **caracterizat prin aceea că** substratul de depunere menționat este un substrat flexibil, tip kapton sau alt material compatibil, stratul intermediar de AlN, depus pe acesta, are grosimea de 10...100 nm, iar stratul final de  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{N}$  are grosimea între 50 și 3000 nm și proporția atomică a elementelor de compoziție:  $0,5 \leq x \leq 1,0$  și  $0 \leq y \leq 0,5$ , cu:  $0,9 \leq x+y \leq 1,1$ .

9

11

2. Material semiconductor pe bază de  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{N}$ , conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** prezintă conducție de tip n, valori ale benzii interzise în domeniul 1,2...3,8 eV și emisie prin efect de fotoluminescență, măsurată la temperatura camerei, în domeniul de lungimi de undă cuprins între 430 și 1000 nm.

13



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM  
Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci  
sub comanda nr. 758/2013