

SISTEM CU MULTE CANALE DE REGLARE AUTOMATĂ A PROCESULUI DE CREȘTERE A STRUCTURILOR SEMICONDUCTOARE PRIN HVPE

Baranov S.¹, Cheibaș V.¹, Cojuhari I.²

²Universitatea Tehnică a Moldovei

¹Centrul de Știință și Inginerie "Informinstrument" S.A.

sbaranov2002@yahoo.com

Abstarct. *The automatic control system for IEC-3/4R technological equipment of the gallium arsenide (GaAs) semiconductor structures epitaxial growing by HVPE method was elaborated. The aim of elaboration is increasing economic efficiency of the equipment and epitaxial structures quality for the high temperature ultraspeed semiconductor devices. The system was built on the universal two-channels programmable regulator TRM151 and interface converter AS4, fabricated by OVEN company. The elaboration consists in the IEC-3/4R laboratory technological equipment modernization into industrial technological equipment for microelectronic industry reanimation in Moldova.*

Cuvinte-cheie: *sistem automat., reglare și control , epitaxia GaAs*

I. Introducere.

Succesul oricărei ramuri al industriei moderne este datorat nivelului avansat al tehnologiilor informaționale industriale, care reprezintă fundamentul de automatizare a tuturor tehnologiilor prezente în domeniul industriei și nu numai. Producția ghidată de computer se caracterizează prin costuri scăzute, calitate superioară și randament economic înalt. Orice proces tehnologic nou elaborat, oricât de avansat n-ar fi, are șanse să fie acceptat pentru implementare industrială doar după procesarea unui volum solid de lucrări ingineresti, în rezultatul cărora se acordă utilajul tehnologic respectiv cu sistemul automat de control și reglare. Actualitatea acestor lucrări este demonstrată global de companiile industriale intercontinentale, dar pentru Republica Moldova ingineria va salva economia de la catastrofă, dacă strategia de dezvoltare a țării va fi construită pe baza ramurilor industriale cu valoare adăugată înaltă.

Parcursul a două decenii pentru savanții din țara noastră reprezintă o etapă de succes în elaborarea tehnologiilor avansate și colaborare în domeniul cercetărilor cu savanții țărilor industrial dezvoltate. Ca exemplu servesc elaborările în domeniul microelectronicii, dispozitivelor semiconductoare și fotonice, care sunt menționate cu medalii de aur și argint la expozițiile internaționale. Dar, care este aportul acestor cunoștințe și invenții în dezvoltarea economiei țării Moldova? Aici observăm două probleme. Lipsa specialiștilor de inginerie în domeniu pe de o parte și lipsa domeniului de implementare ca atare, adică lipsa ramurilor industriale respective. Deci implementarea în țară este imposibilă, dar și exportul cunoștințelor și inovațiilor nu au realizare deoarece ele nu sunt protejate intelectual chiar și acolo, unde ele au fost apreciate cu aur și argint. Astfel inovațiile, devenind publice, ele nu mai pot concura comercial. Poate asta și este cauza rămânerii în urmă a țărilor industriale la capitolul medalii.

Scopul prezentei lucrări este elaborarea sistemului de reglare automată și control a procesului tehnologic de creștere a structurilor semiconductoare din arseniură de galiu (GaAs) prin epitaxia straturilor în amestecul de gaze Ga – AsCl₃ – H₂. Tehnologie cunoscută, dar instalații industriale cu reglare digitală pentru tehnologia de epitaxie a straturilor semiconductoare de tip A³B⁵ se produc în SUA și Europa [1] la un preț mare, care nu este accesibil pentru cercetătorii din Moldova. Noi dispunem de instalații tehnologice de laborator IEC-3/4R produse în țară și înzestrate cu sistem automat de reglare autonom, dar dirijate de operator de calificare înaltă, cu pregătire specială și experiență bogată. Instalația de laborator se caracterizează prin diapazon larg de manipulare a

parametrilor tehnologici, care permite elaborarea noilor dispozitive și procese tehnologice respectiv noi. Însă un randament economic competitiv instalația IEC-3/4R nu poate asigura.

Cercetările experimentale la instalațiile de laborator privind arseniura de galiu (GaAs) au demonstrat, că utilizarea acestei tehnologii în industria elementelor semiconductoare discrete permite fabricarea straturilor semiconductoare omogene groase (80-100 μ) cu suprafața de până la 4 țoli în diametru pentru dispozitive competitive pe piață ca redresoare de putere ultrarapide de temperatură înaltă [2], convertizoare de tensiune înaltă [3], supresoare ultrarapide [4] precum și alte dispozitive optoelectronice. Aceste tehnologii de laborator pot fi multiplicare pe scară industrială prin programarea cunoștințelor și experienței tehnologului de înaltă calificare, acumulate în perioada de elaborare, și transmiterii acestui volum de informație tehnologică computerului, lăsându-i tehnologului meseria de elaborare a produselor noi.

2. Descrierea sistemului automatizat

Instalația tehnologică de epitaxie IEC-3/4R se caracterizează printr-un șir de parametri tehnici, valorile cărora pot fi variate în limitele prezentate în tabela 1. Tehnologul elaborează programa de fabricare a structurii dispozitivului proiectat ($n^{++} - n^0 - p^0 - p^{++}$) prin fixarea valorii parametrului la creșterea stratului respectiv, timpul de ieșire la regim, calitatea de reglare și gradul de stabilitate a parametrului, durata acțiunii, perioada de activizare etc. Astfel format, programul tehnologului conține mai mulți pași cu valori ai parametrilor și date concrete, care servesc ca bază de date pentru funcționarea sistemului automat. Programul tehnologului, ajustat fiind la computer, poate fi activat de mai multe ori cu precizie proiectată, ceea ce caracterizează instalația tehnologică industrială.

Tabela 1. Lista parametrilor de comandă la instalația IEC-3/4R.

| N/r. | Denumirea parametrilor | Index | Unitate de măsură | Valoarea parametrilor |
|------|--|----------|-------------------|-----------------------|
| 1. | Temperatura în zona de creștere a reactorului | T_S | $^{\circ}C$ | 650-800 |
| 2. | Temperatura în zona sursei (Ga) a reactorului | T_G | $^{\circ}C$ | 760-920 |
| 3. | Temperatura în zona sursei (Te) de dopare | T_T | $^{\circ}C$ | 260-360 |
| 4. | Temperatura în zona sursei (Zn) de dopare | T_Z | $^{\circ}C$ | 320-410 |
| 5. | Temperatura în camera sistemului de gaze | T_K | $^{\circ}C$ | 28-30 |
| 6. | Temperatura în zona sursei de clorura ($AsCl_3$) | T_A | $^{\circ}C$ | 19-25 |
| 7. | Consum hidrogen prin canalul sursei (Ga) | V_{HG} | cm^3/min | 200 |
| 8. | Consum hidrogen prin canalul sursei (Te) | V_{HT} | cm^3/min | 60 |
| 9. | Consum hidrogen prin canalul sursei (Zn) | V_{HZ} | cm^3/min | 60 |
| 10. | Consum clorură ($AsCl_3$), canalul (Ga) | V_{AG} | cm^3 | |
| 11. | Consum clorură ($AsCl_3$) canalul (Zn) | V_{AZ} | cm^3 | |
| 12. | Consum total hydrogen (H_2) | V_H | cm^3 | |
| 13. | Consum total clorură de arsen ($AsCl_3$) | V_A | cm^3 | |
| 14. | Durata procesului tehnologic integral | t | min | 60-180 |
| 15. | Durata stării substratului pe etape în proces. | t_s | min | 10-60 |
| 16. | Durata stării sursei (Ga) integral în proces. | t_G | min | 400-800 |
| 17. | Durata stării sursei (Te) de dopare integral | t_T | min | 200-600 |
| 18. | Durata stării sursei (Zn) de dopare integral | t_Z | min | 200-600 |
| 19. | Starea scruberului | | on/off | |

Schema funcțională a instalației IEC-3/4R este prezentată în fig.1. Sistemul termic de reglare și control conține șase obiecte de reglare și control, dintre care o cameră pentru sursa de galiu (Ga) și alta pentru substraturi, ambele instalate în reactor, o cameră pentru alierea stratului de tip n (Te) instalat la intrare în reactor la fel, ca și altă cameră pentru alierea stratului de tip p (Zn), precum și

două barbotoare B1, B2 cu triclorură de arsen (AsCl_3). Sistemul de gaze conține trei rotametre R1, R2, și R3 pentru controlul debitului de hidrogen (H_2) în procesul tehnologic.

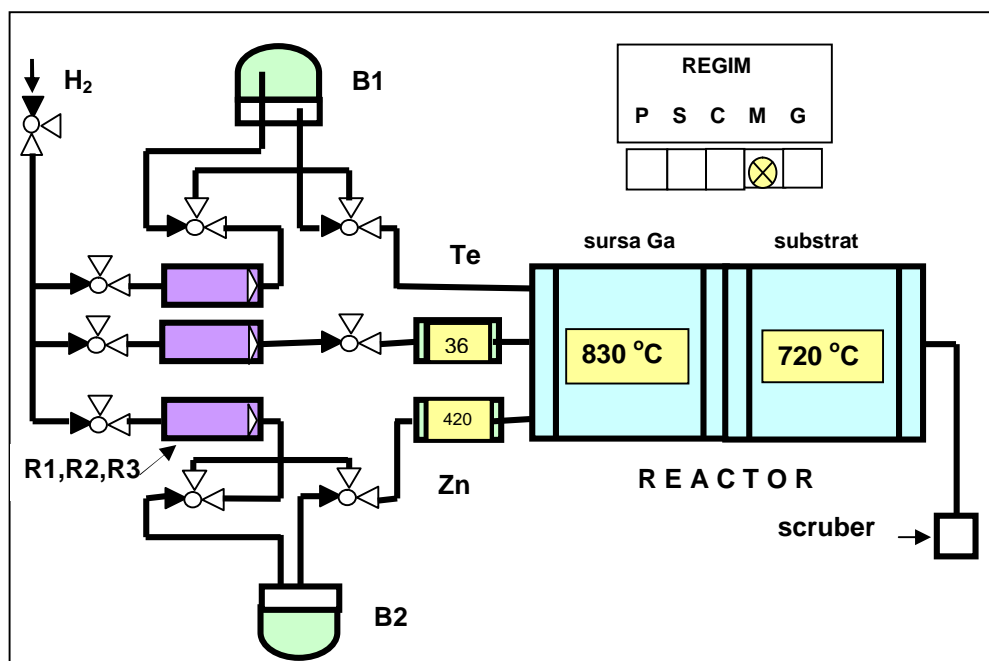


Fig. 1. Schema funcțională a instalației de epitaxie a GaAs cu transport de reacții.

Sistemul termic al instalației a fost elaborat în baza regulatorului universal și programabil cu două canale TRM151-01 (TU 4211-009-46526536-03), care are posibilități extinse de configurare la computer [5]. Vedere generală a regulatorului este prezentată în fig. 2.



Fig. 2. Vedere generală a regulatorului TRM151-01

Dispozitivul TRM151 efectuează mai multe funcții de bază, printre care măsurarea a două valori fizice, controlate de convertoare primare, reglarea mărimilor fizice conform legii PID sau poziționale on/off, schimbarea de reglaj a valorilor de reglare conform programului tehnologului, transmiterea în rețea RS-485 a valorile curente ale oricărei mărimi măsurate sau calculate precum și semnalul de ieșire a regulatorului și a parametrilor de reglaj în programul tehnologului, stocarea valorile parametrilor programați în memoria cu alimentare autonomă față de sursa de alimentare a TRM151-01.

Rețeaua informațională a sistemului este elaborată în baza convertorului de interfețe AS4 (TU 4218-003-46526536-2006) conform standardului EIA RS-485. Dispozitivul este destinat pentru convertirea reciprocă a semnalelor electrice a interfețelor USB și RS-485 cu asigurarea izolării galvanice a intrărilor. Convertorul AS4 prevede transmiterea datelor cu ajutorul semnalului

diferențial pe două linii și utilizarea liniei suplimentare pentru compensarea potențialului legăturilor cu pământul ale dispozitivelor. Utilizarea acestei interfețe permite utilizarea liniilor de comunicare între dispozitivele extreme cu lungimea maximală de 1200 m. Schema rețelei informaționale a sistemului proiectat este prezentat în fig. 3.

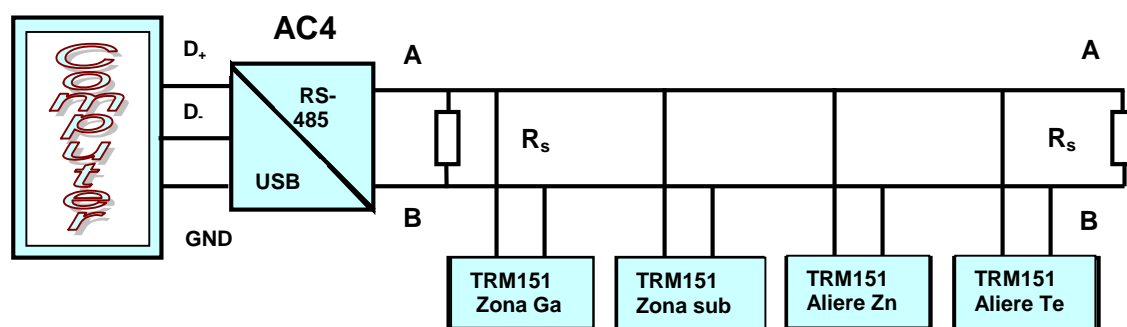


Fig. 3. Scheme rețelei informaționale RS-485

Computerul cu interfața USB 2.0 accesibil în prezent permite transmiterea datelor cu viteza de 480 Mbit/s. Interfața USB 2.0, ca și RS-485, sunt simetrice și la fel permit transmiterea datelor pe două linii (D+, D-). Nivelele logice sunt analogice cu nivelele respective ale standardului RS-485. Interfața mai conține și linii de alimentare U_{cc} , GND, dacă curentul dispozitivului nu depășește 500 mA. Rezistențele R_s servesc pentru acordarea finală a dispozitivului împreună cu DIP-întrerupătorul și rezistențele R_1 , R_2 instalate în AC4.

Noutatea actualei elaborări constă în transformarea instalației tehnologice de laborator IEC-3/4R în instalație tehnologică cu capacități industriale și multiplicarea acestor mijloace de producere pentru reanimarea industriei electronice în Moldova.

III. Concluzii

Tehnologiile informaționale aderente tehnicii și serviciilor de inginerie au ca destinație fundamentală primară implementarea industrială, ceea ce se observă din istoria de dezvoltare a țărilor industriale. Tehnologiile industriale avansate conțin în sine componenta informațională avansată. Componenta informațională a tehnologiilor determină industria avansată, care la rândul său devine o garanție a valorii adăugate maximale în creșterea produsului intern brut al economiei.

De obicei, tehnologiile industriale avansate nu se exportă împreună cu investițiile de capital din țara de origine, ca fiind un secret comercial și, uneori de caz la caz, sunt protejate de statul de origină. Din acest punct de vedere elaborarea sistemului de reglare și control automat a procesului de creștere a structurilor semiconductoare (GaAs) prin tehnologia HVPE poate fi calificat ca o posibilitate de reanimare în țara noastră a industriei de microelectronică și dispozitive semiconductoare discrete la un nivel avansat și competitiv.

IV. Referințe.

1. AIXTRON Ltd. (AIXTRON Group) <http://www.aixtron.com/index.php?id=708&L=1>
2. Baranov S., Cheibas V., Cinic B. The Ultrafast High Temperature Power Elements Output in Moldova. Proceeding of the 1st International Conference „Radio electronics, Informatics and technology” 15-16 Oct. 2008, Chisinau Moldova, TUV, pp.70-75.
3. Baranov S. Cinic B. Coloană de diode de temperatură înaltă. MD Patent Document nr. 196, MD-BOPI, 4/2010, p.p.41-42, Int.Cl.: H 01 L 25/00, 23-00, 21/70.
4. Baranov S., Cinic B., Suman V. and Dudca T.. Ultrafast Suppressor for the Protection of Electronic Telecommunication Stations from Overvoltage. Proceedings of the 2th International Conference “Telecommunications, Electronics and Informatics”, vol. II, Chisinau, may 15-18, 2008, pp. 109-112.
5. ОБЕИ, Каталог продукции 2010. Оборудования автоматизации. с. 114-121.