

Fig. 4. Structura interioara, plasarea si conexiunea cablajului imprimat.

Pentru conectarea cu PC și dirijarea de la acesta, au fost antrenate principiile ce țin de mediul Visual Studio, limbajul C#. În acest limbaj am realizat conexiunea unui dispozitiv periferic prin portul USB, utilizând driverul RS232. Am utilizat diferite biblioteci cum ar fi ADO.NET pentru înregistrarea, modificarea și ștergerea datelor pacienților în fișierul de tip Acces. Mediul, utilizând interfața grafică, poate să-și aleagă modulul cu care va lucra. În program am realizat transmiterea comenzilor către periferic, și totodată primirea răspunsului de la periferic (dacă a fost executată comanda sau nu). Programul conduce echipamentul periferic printr-un anumit set de comenzi, cum ar fi “help/r/n”, “TENS VOLTAGE 40 mW/r/n” e.t.c. Fiecare modul are proprietățile sale și tabelul său aparte din baza de date. Orice înregistrare în baza de date ține de proprietățile pe care trebuie să le aleagă medicul și, totodată, poate alege schimbarea.

CERCETAREA DIODELOR LASER CU EMISIE VERTICALĂ PENTRU MODULE OPTOELECTRONICE

DOROGAN Valerian, VIERU Tatiana, DOROGAN Andrei, VIERU Stanislav,
Universitatea Tehnică a Moldovei Laboratorul Micro-Optoelectronică

Abstract: *The paper presents the results of measurements and analysis of parameters and characteristics of Vertical Cavity Surface Emitting Laser (VCSEL) Diode to use in optoelectronics module for communication and gas detectors on the basis of the tunable diode laser spectroscopy method. The measurement results showed that the possibility of increasing the output power of VCSEL by enlarging the diameter of the tunnel junction being limited by the increase of the number of modes in the emission spectrum. The analysis of the encapsulated VCSEL modules had demonstrated high SMRS (above 40 dB), high temperature stability of the emission wavelength ($d\lambda/dT \approx 0.05-0.08$ nm/K), possibility of continuous change of emission wavelength with operation current, which allows efficient use of VCSEL for ammoniac detection by TDLS method.*

Au fost studiate parametri și caracteristicile a laserilor cu emisie verticală VCSEL pentru estimarea proprietăților și aplicării lor în telecomunicația și detecția gazelor. Structura dispozitivului VCSEL studiată a fost elaborată de către Școala Politehnică Federală din Lausanne, Laboratorul de Fizică a Nanostructurilor.

În comparație cu laserii tradiționali, laserii VCSEL sunt construiți pentru a asigura o emisie verticală la ieșire, normală la planul substratului de semiconductor. Reflectorii Bragg distribuți (DBR) sunt utilizați ca oglinzi superioară și inferioară formând cavitatea verticală Fabry-Perot. Datorită configurației lor simetrice și mărimii regiunii de emisie relativ largi (câțiva micrometri), VCSEL asigură un semnal de emisie semnificativ îngust și o formă a semnalului mult mai simetrică decât laserii tradiționali. Datorită faptului că lungimea de undă emisă poate fi ajustată continuu cu curentul într-un diapazon de câțiva nanometri (lungimea de undă precisă poate fi setată sau prin schimbarea lungimii cavității sau prin ajustarea temperaturii), laserii VCSEL prezintă un avantaj considerabil în comparație cu laserii tradiționali utilizați în detecție. Totuși, multe aplicații ale laserilor VCSEL de lungime de undă mare, care operează în banda 1.5 μm , necesită putere la ieșire destul de mare.

Structura dispozitivului VCSEL (prezentată schematic în fig. 1) este constituită dintr-o cavitate activă pe bază de InP, care include o regiune cu gropi cuantice multiple (QW) și o joncțiune tunel.

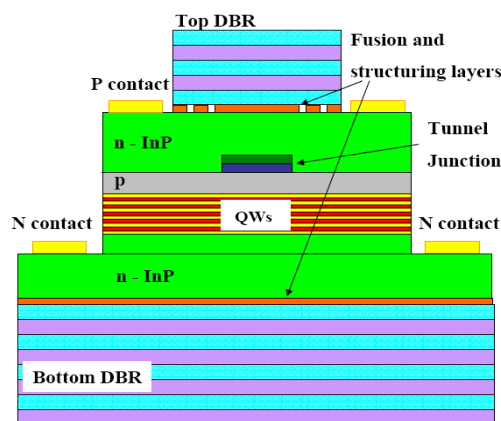


Fig.1. Reprezentarea schematic a structurii VCSEL cu joncțiune tunel recrescută

Cavitatea activă este fuzionată între reflectorii Bragg (DBR) nedopați pe bază de GaAs/AlGaAs cu reflectivitate înaltă. Cavitatea și DBR sunt crescute utilizând depunerea în fază gazoasă metal-organică la presiuni mici. Structura meza formată în interiorul joncțiunii tunel, care este recrescută cu InP de tip-n, servește pentru generarea de fotoni. Contactele electrice sunt poziționate pe partea superioară și inferioară a straturilor intracavitare n-InP. Astfel de schemă de conectare permite utilizarea oglinzilor DBR nedopate.

Au fost efectuate măsurările caracteristicilor Volt-Amperice și Watt-Amperice (CVA și CWA) pentru un șir de diode laser VCSEL la temperatura de 20°C. Placheta conține lasere cu diferite diametre ale ferestrei de emisie (7 μm , 10 μm , 20 μm , 25 μm , 35 μm , 40 μm , 45 μm , 50 μm). Unele rezultate ale măsurătorilor sunt prezentate în figura 2.

Rezultatele obținute au demonstrat o emisie maximală a laserelor pentru dimensiunile diametrului ferestrei de emisie 7, 10, 20, 35 μm . Laserele VCSEL cu diametrul mai mare de 40 μm nu au prezentat caracteristici satisfăcătoare de emisie.

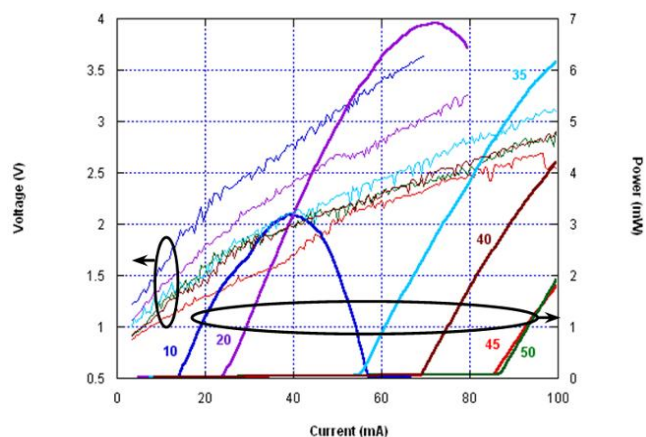


Fig. 2. Caracteristici VA și WA pentru diode VCSEL

După studiu tuturor laserelor VCSEL din plachetă au fost selectate dispozitivele cu puterile de emisie maximale la diferite valori ale diametrelor ferestrei de emisie. Pentru aceste dispozitive au fost efectuate măsurători repetate ale caracteristicilor VA și WA la valorile de temperatură 5°C, 15°C, 30°C cu scopul determinării regimului de lucru la variația temperaturii. Rezultate pentru VCSEL cu diametrul joncțiunii tunel 15μm sunt prezentate în figura 3.

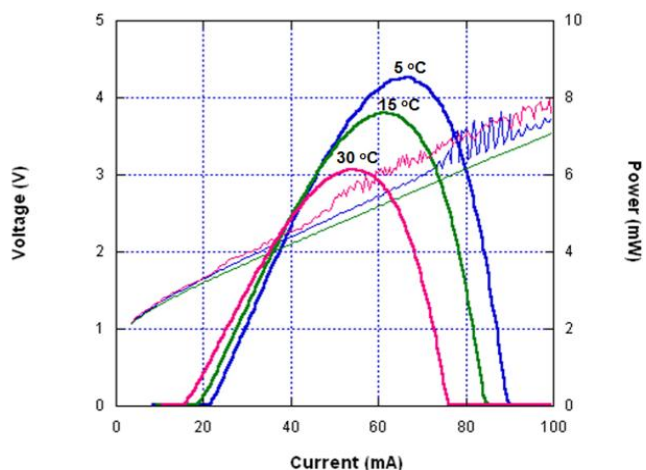


Fig.3. Caracteristici VA și WA pentru VCSEL cu diametrul joncțiunii tunel 15μm

În urma studiului au fost estimate și prelucrate rezultatele măsurătorilor și a fost determinată valoarea și dependența densității curentului de prag în funcție de diametrul joncțiunii tunel a diodei VCSEL (figura 4).

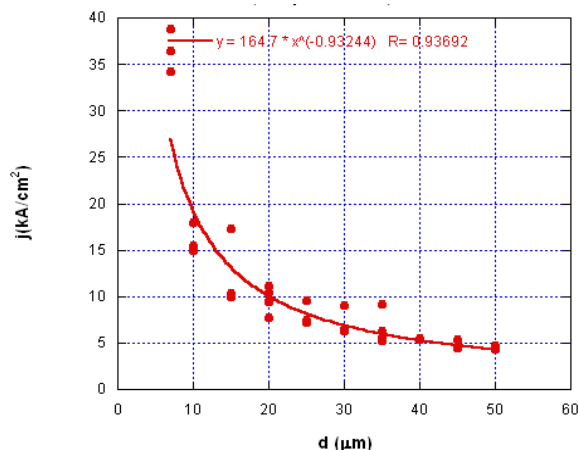


Fig. 4. Dependența densității curentului de prag de diametrul joncțiunii tunel

Este evident din figura 4 ca densitatea curentului de prag scade odată cu mărirea diametrului joncțiunii tunel. Cea mai mică valoare a densității curentului de prag în cadrul seriei de diode VCSEL este $j = 4.08 \text{ kA/cm}^2$ pentru diametrul joncțiunii tunel de $50\mu\text{m}$.

Pentru mostre, care posedă curenți de prag mici și puteri de emisie maximale la temperatura camerei, au fost efectuate studiul spectrelor de emisie pentru diferite valori ale curentului aplicat. Rezultatele pentru mostra cu diametrul joncțiunii tunel $15\mu\text{m}$ sunt prezentate în figura 5. Rezultatele măsurătorilor au arătat prezența emisiei stimulate în lasere în intervalul lungimilor de undă $1490 - 1495\text{nm}$, pentru valorile curentului aplicat în intervalul $20 \text{ mA} - 70 \text{ mA}$. La valori mai mari de 50mA , laserele demonstrează, deja, un regim de emisie multimod, ceea ce impune o valoare a curentului de operare nu mai mare de 50mA .

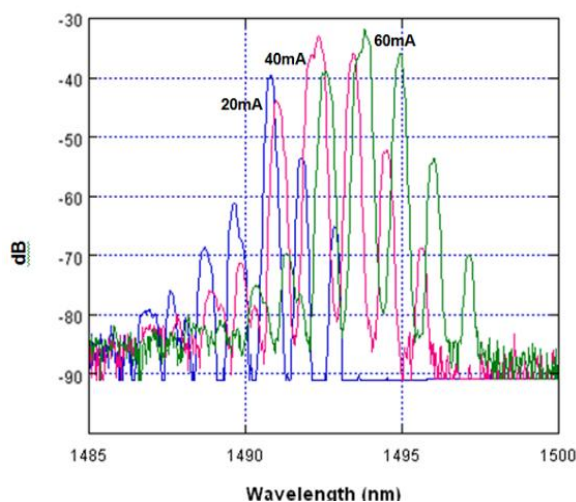


Fig. 5. Spectre de emisie pentru VCSEL cu diametrul joncțiunii tunel $15 \mu\text{m}$ pentru curent aplicat: 20 mA , 40 mA și 60 mA

A fost efectuat studiul spectrelor de emisie pentru diode VCSEL din alta placheta, care posedau puteri maximale de emisie. Măsurătorile au fost efectuate pentru determinarea valorii curentului aplicat și temperaturii de lucru pentru emisia laserelor VCSEL în jurul lungimii de undă 1512 nm . Rezultatele obținute pentru dioda VCSEL cu diametrul joncțiunii tunel $7 \mu\text{m}$ sunt prezentate în figura 6.

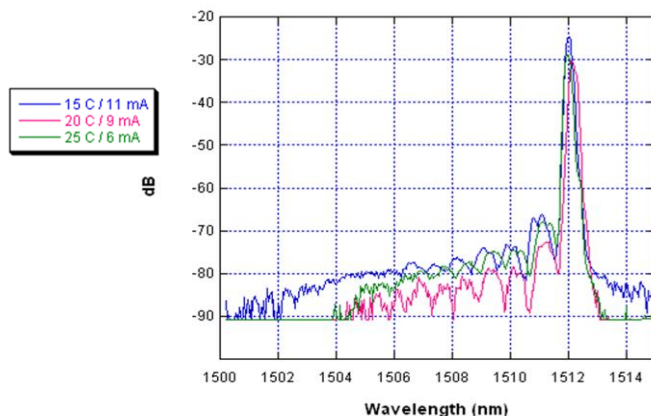


Fig.6. Spectre de emisie

Rezultatele obținute arată că o emisie monomod a laserelor VCSEL studiate este prezentă pentru valorile curentului în intervalul 5 mA – 11 mA pentru temperaturile de operare în intervalul 15 – 25°C. Pentru aceste mostrele a fost efectuat studiul caracteristicilor electrice și de emisie pentru un interval mai discret de temperaturi de operare (5°C, 10°C, 15°C, 30°C, 50°C) cu scopul determinării puterii maxime de emisie și a curentului de prag. Rezultatele demonstrează ca regimul optimal de temperaturi pentru o funcționare satisfăcătoare a laserelor VCSEL din punct de vedere utilizării lor în cadrul senzorilor de gaze prezintă valorile nu mai mari de 30-40°C. La temperaturi mai mari de 50°C puterea de emisie scade substanțial.

Au fost studiate spectrele de emisie ale modulului VCSEL cu $\lambda = 1533$ nm la variația curentului de operare în intervalul 5 – 15mA, cu pasul 1mA și temperaturii la valorile 18°C, 20°C, 22°C. Rezultatele măsurătorilor spectrelor de emisie pentru temperatura 22°C sunt prezentate în figura 7, a. Caracteristici VA și WA sunt prezentate în figura 7, b.

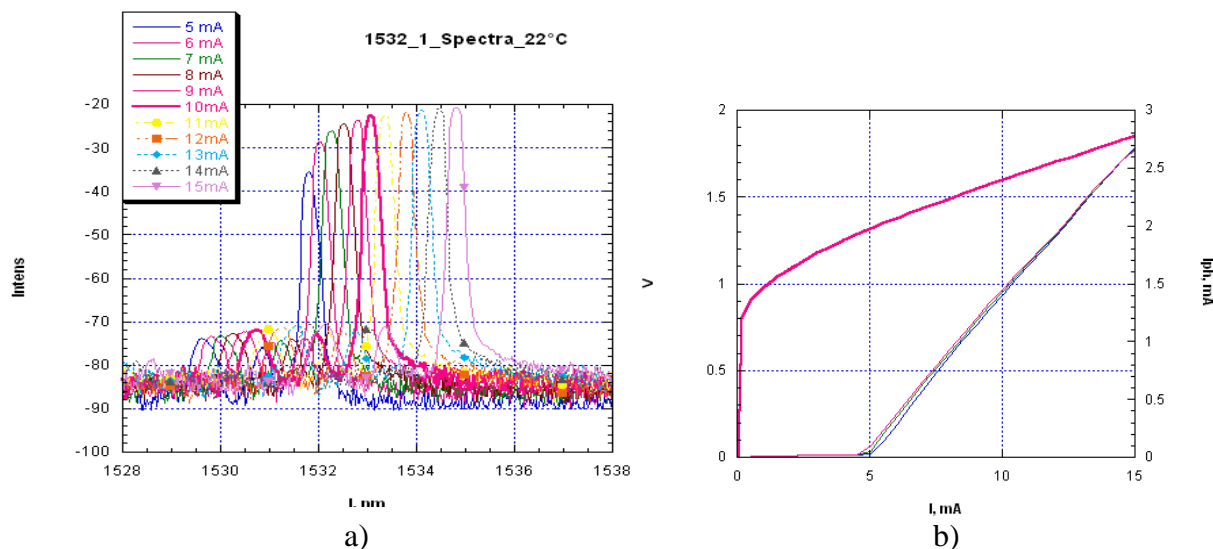


Fig. 7. Caracteristicile modulului VCSEL:

- a) spectre de emisie la variația curentului de operare în intervalul 5 – 15mA
- b) CVA și CWA la variația temperaturii în intervalul 17 °C – 22 °C

Creșterea curentului de operare de la valoarea 5 mA până la 15 mA a demonstrat o variație a lungimii de undă a luminii emise de către VCSEL în intervalul 1531,7 – 1534,8 nm la temperatura 22°C, ce este suficient pentru scanarea liniei de absorbție a gazului. Rezultatele arată că variația temperaturii în intervalul 18C - 22°C nu influențează esențial spectrul emisie al modulelor VCSEL .

Toate caracteristicile măsurate au fost analizate și au fost determinate dependențele Side-Mode Suppression Ratio (SMSR) și lungimii de undă a luminii emise de valoarea curentului de operare pentru module VCSEL la valorile temperaturii 17°C, 20°C, 22°C (fig. 8). Coeficientul SMSR peste 40

dB pentru curentul de operare 6 mA demonstrează regim de funcționare monomod și stabilitate înaltă la temperatură a lungimii de undă emise ($d\lambda/dT \approx 0.05-0.08$ nm/K).

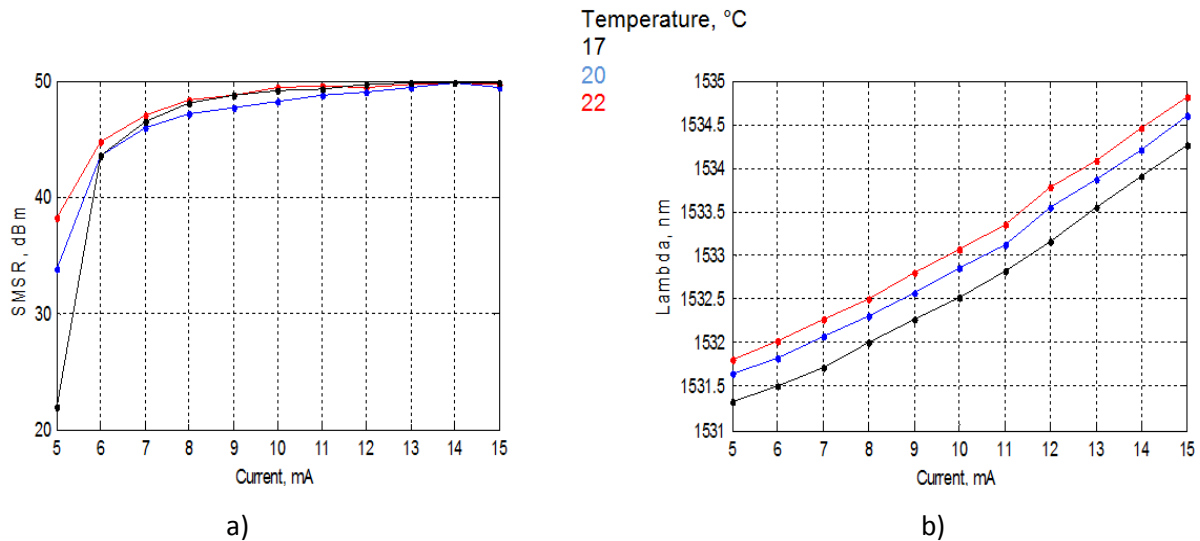


Fig.8. Dependența SMSR (a) și lungimii de undă emise (b) de curentul de operare pentru module VCSEL la valorile temperaturii 17°C, 20°C, 22°C

Multe gaze posedă linii de absorbție caracteristice în domeniul lungimilor de undă infraroșu. O metodă binevenită pentru măsurarea precisă a concentrației gazelor este spectroscopia cu utilizarea laserilor ajustabili (TDLS). Pentru determinarea concentrației gazului cu TDLS, se utilizează un laser ajustabil monomod centrat după lungimea de undă la una din liniile de absorbție a gazului de detectat. Laserul este ajustat pentru a obține modularea lungimii de undă și liniile de absorbție scanate într-un domeniu foarte îngust. Absorbția luminii infraroșii cu lungimea de undă specificată de către moleculele de gaz duce la micșorarea intensității pe detector, în funcție de concentrația gazului. Detectarea fotocurentului la frecvența de modulare originală reduce considerabil zgomotul prin ajustarea detecției la frecvențe mai înalte, acolo unde zgomotul sursei laser devine neglijabila.

Dioda laser pentru TDLS funcționează în două regimuri: emisie optică monomod, lungime de undă flotantă li asigură eficiență înaltă; divergență minimă; consum redus al puterii; stabilitate înaltă la temperatură; preț redus. Au fost studiați parametri și caracteristicile a Laserilor cu Emisie Verticală VCSEL pentru estimarea proprietăților și aplicării lor în detecția gazelor, inclusiv, utilizând metoda TDLS.

Spectrul de absorbție al gazului NH_3 arată posibilitatea utilizării laserilor cu diferite lungimi de undă de emisie în diapazonul 1490-1550 nm pentru detecția NH_3 , unde absorbția NH_3 prevalează asupra altor gaze. Metoda spectroscopiei cu laser ajustabil necesită o precizie și stabilizare înaltă și un control al temperaturii și curentului de lucru al emițătorului, care specifică și modulează lungimea de undă emisă.

Studiul modulelor VCSEL efectuate au demonstrat valori înalte ale SMSR în regim de funcționare monomod (peste 40dB), stabilitate înaltă la temperatură a lungimii de undă emise ($d\lambda/dT \approx 0.05-0.08$ nm/K), posibilitatea ajustării continue a lungimii de undă emise cu curentul de lucru, ceea ce permite utilizarea eficientă a laserilor VCSEL pentru detecția NH_3 utilizând metoda TDLS. A fost estimat un regim optimal de lucru pentru detectarea NH_3 la lungimea de undă 1532nm, în intervalul curentului 7 - 15mA și cel al temperaturii 15-20°C, după efectuarea măsurărilor caracteristicilor volt-ampere la diferite valori ale temperaturii și curenților de lucru.