



Kierownik: prof. dr hab. Maciej BUGAJSKI
e-mail: bugajski@ite.waw.pl
tel. (0-prefiks-22) 548 79 32, fax 548 79 25

Zespół: prof. dr hab. inż. Bohdan Mroziewicz,
dr hab. Kazimierz Regiński, doc. dr hab. Jan Muszalski,
dr inż. Agata Jasik, dr Janusz Kaniewski, dr inż. Kamil Kosiel,
dr inż. Anna Kozłowska, dr inż. Dorota Pierścińska,
dr Tomasz Przesławski, dr inż. Michał Szymański,
mgr Krzysztof Hejduk, mgr inż. Piotr Karbownik,
mgr inż. Emil Kowalczyk, mgr inż. J. Kubacka-Traczyk,
mgr inż. Leszek Ornoch, mgr inż. Kamil Pierściński,
mgr inż. Tomasz Piwoński, mgr inż. Emilia Pruszyńska-Karbownik,
mgr inż. Anna Szerling, mgr inż. Anna Wójcik-Jedlińska,
mgr inż. Hanna Wrzesińska

1. Realizowane projekty badawcze

W 2007 r. w Zakładzie Fizyki i Technologii Struktur Niskowymiarowych realizowano następujące projekty:

- „Fotonika podczerwieni. Badania nad strukturami emiterów promieniowania w obszarze bliskiej i średniej podczerwieni wytwarzanymi ze związków półprzewodnikowych III-V” (temat statutowy nr 1.01.047);
- „Analiza procesów termicznych na powierzchni zwierciadeł laserów półprzewodnikowych” (projekt badawczy nr 2.01.119, 153T11 2005 29);
- „Kwantowe lasery kaskadowe z InAlGaAs: projektowanie i technologia epitaksji MBE heterostruktur modułów obszarów aktywnych” (projekt badawczy nr 2.01.120, 3 T11B 063 30);
- „Zaawansowana fotodioda lawinowa InGaAs/InAlAs/InP zintegrowana z monolityczną mikrosoczewką” (projekt badawczy nr 2.01.121, 3T11B06230);
- „Dynamika procesów optyczno-termicznych w laserach półprzewodnikowych” (projekt badawczy nr 2.01.122, 3T 11B04130);
- „Badania nad technologią wytwarzania krawędziowych laserów półprzewodnikowych na pasmo 980 nm i wpływem defektów w strukturach epitaksjalnych na uzysk i końcowe parametry przyrządów” (projekt badawczy nr 2.01.123, 3T11B 028 30);

- „Badanie właściwości optycznych nanostruktur fotonicznych metodą mikrofotoluminescencji” (projekt badawczy nr 2.01.128, N515 003 31/0302);
- „Spektroskopia optyczna struktur laserów kaskadowych” (projekt badawczy nr 2.01.130, N515 013 32/0847);
- „Elementy i moduły optoelektroniczne do zastosowań w medycynie, przemyśle, ochronie środowiska i technice wojskowej” (PBZ nr 3.01.011, PBZ-MNI 009/T11/ 2003);
- „Laserowe źródło promieniowania podczerwonego” VERTIGO (projekt badawczy finansowany przez UE, nr 5.01.037, nr kontraktu 034692, FP6-2005-IST-5);
- „Zaawansowane technologie dla półprzewodnikowej optoelektroniki podczerwieni” (PBZ 3.01.015, PBZ-MNiSW-02/I/2007).

Zakład świadczył również usługi naukowo-badawcze:

- przygotowanie elektrotechniczne płytek centrujących (nr 6.01.584);
- wykonanie procesu osadzania azotku krzemu na płytkach InP metodą PCVD (nr 6.01.595).

2. Najważniejsze osiągnięcia naukowo-badawcze

W Zakładzie prowadzone są prace nad strukturami niskowymiarowymi ze związków półprzewodnikowych III-V i przyrządami optoelektronicznymi wytwarzanymi z tych struktur. Nowoczesne przyrządy półprzewodnikowe są wykonywane metodą epitaksji z wiązek molekularnych MBE (Molecular Beam Epitaxy) w reaktorach RIBER 32P i RIBER Compact 21T. Typowymi materiałami wytwarzanymi tą metodą są takie związki podwójne, jak GaAs, AlAs, InAs oraz ich związki potrójne InGaAs, AlGaAs i poczwórne InGaAlAs.

Badania prowadzone w 2007 r. dotyczyły laserów półprzewodnikowych dużej mocy typu GRIN SCH z InGaAs/GaAs, emiterów kaskadowych z AlGaAs/GaAs, pompowanych optycznie laserów z pionowym rezonatorem (OP VECSEL), przestrajanych laserów z zewnętrznym rezonatorem (ECL), fotodiod lawinowych z InGaAs/InAlAs/InP oraz wszechstronnej charakteryzacji struktur optoelektronicznych metodami optycznymi i elektrycznymi. Główne kierunki badań obejmowały następujące zagadnienia:

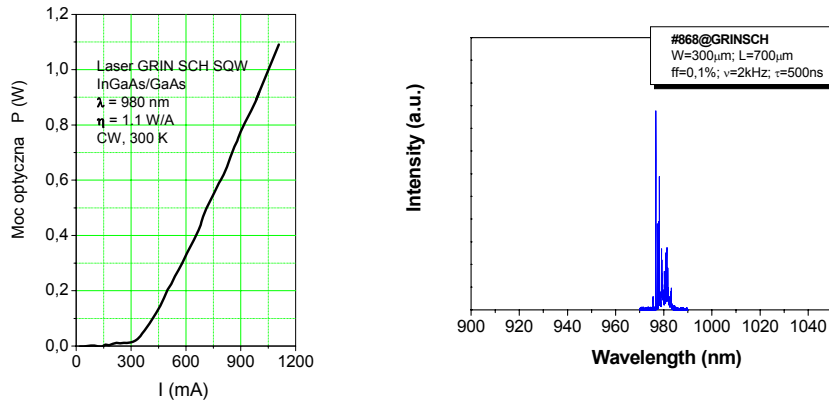
- elementy technologii wytwarzania laserów różnych typów,
- efekty termiczne w strukturach laserowych,
- zjawiska w laserach półprzewodnikowych z zewnętrzną wnęką optyczną,
- zaawansowane techniki i charakteryzacja złożonych struktur laserowych,
- konstrukcja fotodiod lawinowych ze związków III-V.

Prace te doprowadziły do powstania wielu wartościowych rezultatów o charakterze poznawczym i praktycznym.

2.1. Badania laserów różnych typów: GRIN, ECL i QCL

2.1.1. Optymalizacja konstrukcji laserów typu GRIN z InGaAs/GaAs pod kątem poprawy parametrów termicznych

Przedmiotem analizy teoretycznej i prac technologicznych były lasery dużej mocy typu GRIN SCH (Graded-Index Separate Confinement Heterostructure) z InGaAs/GaAs/AlGaAs emitujące promieniowanie w zakresie bliskiej podczerwieni. W wyniku przeprowadzonych badań opracowano technologię wytwarzania laserów dużej mocy, pracujących na fali ciągłej w temperaturze pokojowej (rys. 1).



Rys. 1. Charakterystyka P-I oraz widmo emisyjne lasera CW z InGaAs/GaAs na pasmo 980 nm

Lasery są wytwarzane z naprężonych heterostruktur InGaAs/GaAs/AlGaAs otrzymywanych techniką epitaksji z wiązek molekularnych MBE. Opracowane lasery charakteryzowały się dobrymi parametrami, o wartościach zbliżonych do limitów teoretycznych (tab. 1). W przyrządach tych długość fali emitowanego promieniowania, w zależności od szczegółów konstrukcyjnych, może być zmieniana się w zakresie 940 ÷ 1020 nm.

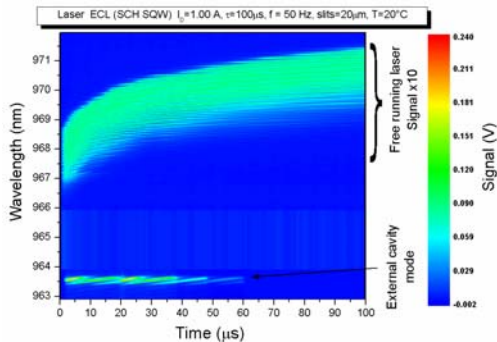
Tabela 1. Parametry laserów	
Prąd progowy	< 200 A/cm ²
Sprawność kwantowa	> 0,6 W/A
Moc CW, 300 K	> 0,5 W
Parametr T_0	> 150 K
Rezystancja termiczna	< 15 K/W

2.1.2. Badanie właściwości optyczno-termicznych laserów typu ECL z wyjściem światłowodowym

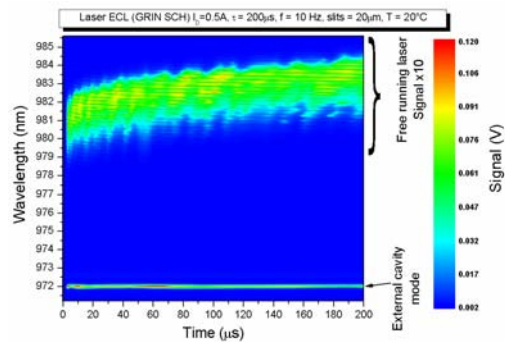
Lasery z zewnętrzną wnęką optyczną typu ECL (External Cavity Laser) tworzą osobną grupę laserów półprzewodnikowych charakteryzujących się jednomodową emisją o przestrajalnej długości fali. Składają się z ośrodka wzmacniającego SOA (Semiconductor Optical Amplifier), którym jest chip diody laserowej z przednim

zwierciadłem pokrytym warstwą antyrefleksyjną, oraz ze zwierciadła odbijającego selektywnie fale o żądanej długości. Funkcję takiego zwierciadła pełni z reguły siatka dyfrakcyjna. Zmiana kąta, pod jakim ustawiona jest siatka względem osi podłużnej chipu SOA, wywołuje zmianę długości fali. Zakres przestrajania lasera jest ograniczony głównie przez charakterystykę wzmocnienia optycznego w półprzewodniku.

Badania przeprowadzono dla wzmacniaczy SOA o dwóch konstrukcjach: SCH SQW (Separate Confinement Heterostructure Single Quantum Well) i GRIN SCH SQW (Graded-Index Separate Confinement Heterostructure Single Quantum Well). Czasowo-przestrzenne mapy wiązki emitowanej przez laser ECL ze wzmacniaczami SCH SQW i GRIN SCH SQW są przedstawione na rys. 2 i 3.



Rys. 2. Czasowo-przestrzenna mapa widma lasera ECL zbudowanego w oparciu o konstrukcję SCH SQW



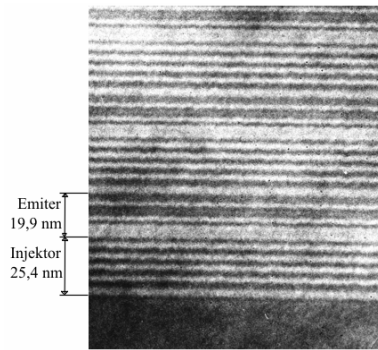
Rys. 3. Czasowo-przestrzenna mapa widma lasera ECL zbudowanego w oparciu o konstrukcję GRIN SCH SQW

W wyniku prac stwierdzono, że wiązka emitowana przez laser typu ECL jest znacznie mniej wrażliwa na zmianę temperatury otoczenia niż wiązka o tej samej długości fali generowana przez klasyczny laser półprzewodnikowy. Jest to wynikiem dominującego wpływu wnęki powietrznej, tworzonej pomiędzy przednim zwierciadłem lasera a siatką dyfrakcyjną umieszczoną w pewnej odległości od wzmacniacza optycznego.

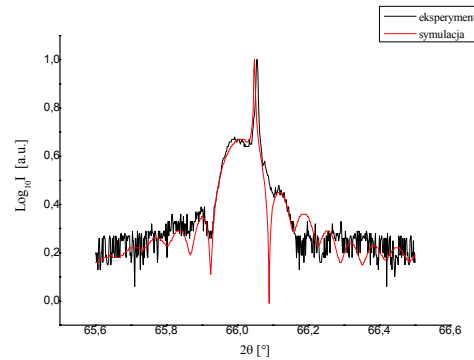
2.1.3. Badania nad technologią wytwarzania laserów kaskadowych

Badania nad technologią wytwarzania emiterów laserów kaskadowych QCL (Quantum Cascade Laser) prowadzono przy użyciu nowego urządzenia do epitaksji z wiązek molekularnych MBE-RIBER Compact 21T. Podstawowym zagadnieniem było określenie grubości i perfekcji warstw niskowymiarowych tworzących obszar aktywny lasera. Analizę wykonano przy użyciu następujących metod badawczych: wysokorozdzielczej dyfraktometrii rentgenowskiej (HRXRD), mikroskopii elektronowej skaningowej (SEM) i transmisyjnej (TEM), fotoluminescencji (PL), fotoodbicia (PR), efektu Halla oraz mikroskopii sił atomowych (AFM).

Przykładowe obrazy uzyskane metodą TEM oraz krzywe dyfrakcyjne (HRXRD) struktur lasera kaskadowego są przedstawione na rys. 4 i 5.



Rys. 4. Obraz struktury QCL uzyskany metodą TEM



Rys. 5. Krzywa dyfrakcyjna struktury QCL

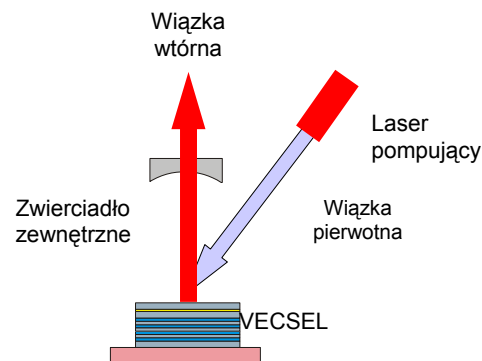
Zastosowanie różnorodnych metod pomiarowych umożliwiło analizę warunków wzrostu, optymalizację technologii epitaksji z wiązek molekularnych oraz wykonanie supersieci hierarchicznych.

2.2. Pompowany optycznie laser o emisji powierzchniowej VECSEL

W przypadku laserów półprzewodnikowych obecnie dominują dwie konstrukcje: o emisji krawędziowej EEL (Edge Emitting Laser) i o emisji powierzchniowej VECSEL (Vertical Extended Cavity Surface Emitting Laser). Zaletą konstrukcji laserów o emisji krawędziowej jest możliwość wypromieniowywana dużej mocy. Natomiast lasery typu VECSEL charakteryzują się dobrymi parametrami wiązki optycznej.

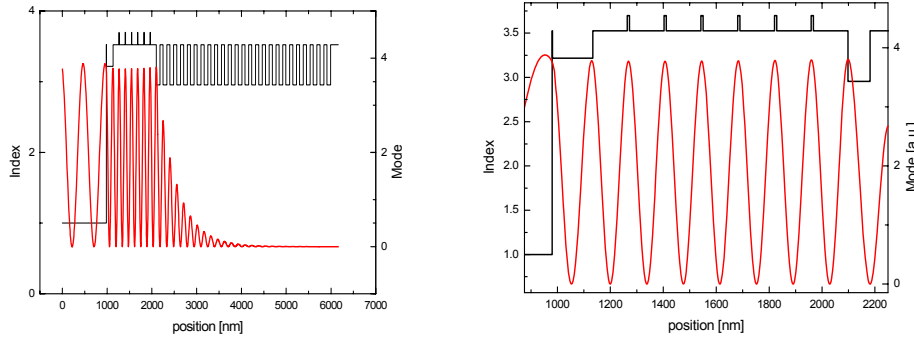
Konstrukcją umożliwiającą emisję promieniowania dużej mocy o dobrej jakości wiązki jest OP VECSEL, nazywany także transformatorem wiązki. Transformacja polega na zamianie promieniowania dużej mocy, ale o niskiej jakości wiązki emitowanej przez wielomodowy laser o emisji krawędziowej (np. 808 nm), na niższej energetyczne (np. 980 nm) promieniowanie również dużej mocy, ale o dobrej jakości wiązki (rys. 6). Osiąga się to poprzez wykorzystanie właściwości planarnych heterostruktur.

W ramach prowadzonych prac wytworzono heterostrukturę działającego lasera VECSEL. Wymagało to: stworzenia modelu numerycznego heterostruktur (rys. 7), przeprowadzenia procesów epitaksjalnych i pomiarów kalibracyjnych w celu opanowania wzrostu DBR (Distributed Bragg Reflector) na zadaną długość fali i QW (Quantum Well) o zadanej długości fali emisji oraz wykonania badań

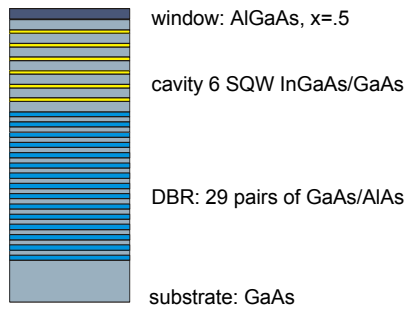


Rys. 6. Schemat OP VECSEL, laser pompujący EEL, emitujący wiązkę pierwotną padającą na heterostrukturę VECSEL, wnęka lasera VECSEL zamknięta jest poprzez zewnętrzne zwierciadło

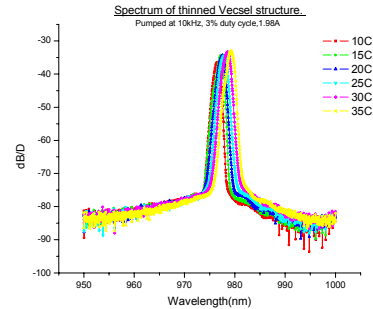
odbicia i fotoluminescencji. Heterostruktura VECSEL (rys. 8), osadzona na podłożu z GaAs, składała się z zwierciadła typu DBR-29 par AlAs/GaAs i obszaru czynnego – wnęki rezonansowej z sześcioma jamami kwantowymi (QW) z InGaAs o zawartości indu ok. 15%. Rozmiar wnęki został tak wybrany, aby emisja zachodziła przy długości fali 980 nm. Wykonana heterostruktura VECSEL laserowała zarówno w trybie pracy impulsowej, jak i na fali ciągłej (rys. 9). Aktualnie prowadzone są prace nad zwiększeniem sprawności konwersji promieniowania.



Rys. 7. Model VECSEL. Rozkład pola elektromagnetycznego wewnątrz heterostruktury i w obszarze wnęki. Jamy kwantowe umieszczono w strzałkach fali stojącej.



Rys. 8. Schemat heterostruktury lasera VECSEL

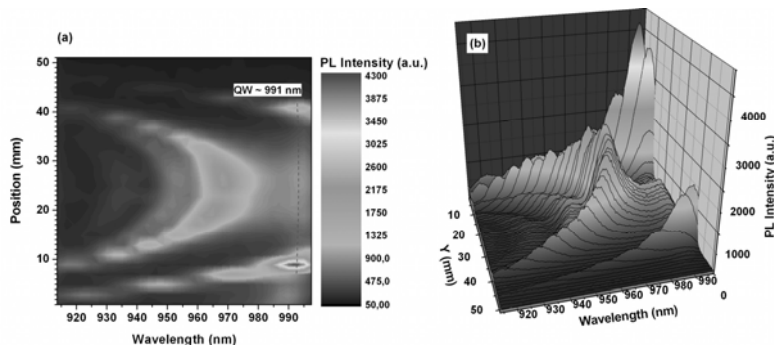


Rys. 9. Widmo laserującego VECSELa

2.3. Charakteryzacja optyczna struktur laserów typu VECSEL

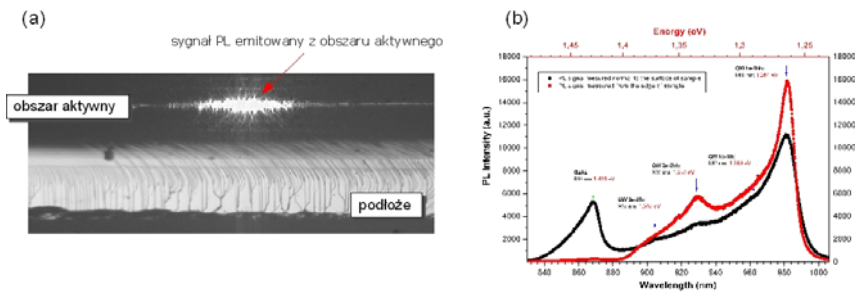
Lasery typu VECSEL należą do grupy laserów emitujących powierzchniowo z rezonatorem poprzecznym. Ze względu na specyficzną architekturę tego typu urządzeń metodologia pomiarów optycznych różni się od charakteryzacji standardowych laserów krawędziowych. Struktura lasera typu VECSEL składa się z trzech części wyodrębnianych pod względem funkcjonalności. Promieniowanie generowane w kwantowym obszarze czynnym jest wzmacniane przez zewnętrzną wnękę rezonansową utworzoną przez zwierciadło DBR, będące integralną częścią struktury epitaksjalnej, oraz zwierciadło zewnętrzne. Dodatkowym funkcjonalnym elementem urządzenia jest tzw. subwnęka utworzona przez zwierciadło DBR

i granicę między strukturą epitaksjalną a powietrzem. Wymiar poprzeczny tej subwnęki jest taki, aby pole elektromagnetyczne generowane w obszarze aktywnym mogło być wzmacniane rezonansowo. Przykładowe wyniki pomiarów fotoluminescencji są przedstawione na rys. 10.



Rys. 10. Przestrzenny rozkład widm PL pełnej struktury typu VECSEL: a) mapa 2D, b) widok trójwymiarowy

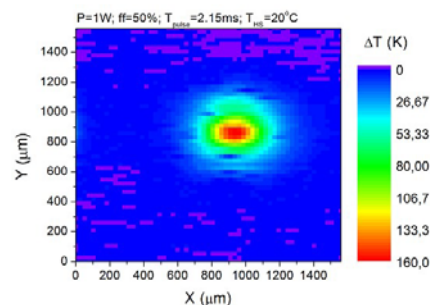
Pełniejszy wgląd w zjawiska optyczne zachodzące wewnątrz struktury daje porównanie wyników otrzymanych metodą fotoluminescencji z pomiarami odbicia oraz widmami mikrofotoluminescencji uzyskanymi na krawędzi struktur (rys. 11).



Rys. 11. a) Widok krawędzi badanej struktury zarejestrowany kamerą CCD; b) porównanie widm fotoluminescencji zmierzonych przez powierzchnię struktury (kolor czarny) oraz z krawędzi próbki (kolor czerwony)

Prowadzono również prace w ramach projektu europejskiego VERTIGO, związanego z optycznie pompowanymi laserami (AlGaIn)/(AsSb) typu VECSEL. Zadanie wykonywane w Zakładzie dotyczy analizy zagadnień cieplnych występujących w tego typu urządzeniach. Na rys. 12 pokazano przykładową mapę rozkładu temperatury na powierzchni pompowanego chipu zmierzoną za pomocą spektroskopii termoodbiciowej. Pomiary pozwoliły na ocenę skuteczności odprowadzania ciepła ze struktur wielowarstwowych.

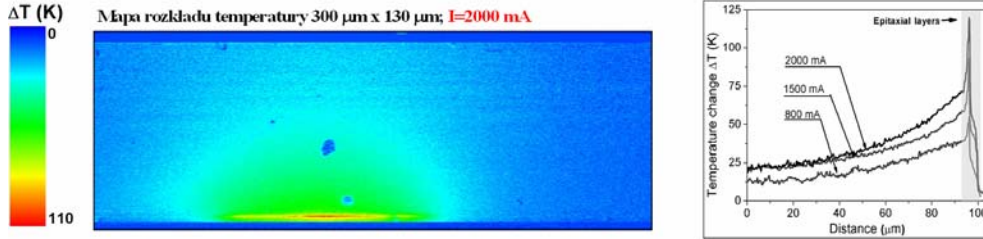
projektu europejskiego VERTIGO,



Rys. 12. Mapa rozkładu temperatury na powierzchni VECSELA

2.4. Badania nad zjawiskami termicznymi w laserach dużej mocy

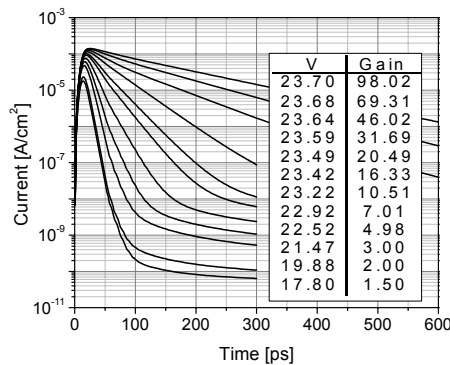
Wzrost temperatury obszaru aktywnego i zwierciadeł jest jednym z głównych czynników powodujących degradację laserów. Zastosowanie spektroskopii termooptycznej do badania rozkładu temperatury na powierzchni zwierciadeł laserów półprzewodnikowych (GaAsP)/(GaAs) dużej mocy okazało się bardzo owocne. Przedstawione przykładowe wyniki pozwalają na analizę mechanizmów grzania na powierzchni zwierciadeł laserów półprzewodnikowych dużej mocy (rys. 13). Uzyskane wyniki są bardzo istotne przy optymalizacji termicznej projektu lasera półprzewodnikowego, a także w analizie mechanizmu degradacji zwierciadeł laserowych.



Rys. 13. Mapa rozkładu temperatury zwierciadła lasera (GaAsP)/(GaAs) dla prądu zasilania 2000 mA oraz liniowe pomiary temperatur dla prądów 800 mA, 1500 mA i 2000 mA

2.5. Fotodioda lawinowa InGaAs/InAlAs/InP

Opracowano konstrukcję fotodiody lawinowej o stosunkowo grubym obszarze absorpcji z InGaAs oraz cienkim obszarze powielania z InAlAs. Fotodioda ta, przeznaczona do detekcji promieniowania o długości fali 1,55 μm , charakteryzuje się bardzo niskimi prądami ciemnymi oraz stosunkowo dużą wartością iloczynu wzmocnienie-szerokość pasma wynoszącą ok. 160 GHz. Charakterystyki czasowe fotodiody z InGaAs/InAlAs/InP zostały przedstawione na rys. 14.



Rys. 14. Zależność foteodpowiedzi fotodiody lawinowych z InGaAs/InAlAs/InP od napięcia polaryzacji

3. Współpraca międzynarodowa

W 2007 r. Zakład współpracował z następującymi ośrodkami zagranicznymi:

- Tyndall National Institute, Cork, Irlandia;
- University of Nottingham, Nottingham, Wielka Brytania;
- Fraunhofer Institut für Angewandte Festkörperphysik, Fryburg, Niemcy;
- Max-Born Institut, Berlin, Niemcy.

4. Uzyskane stopnie naukowe, nagrody i wyróżnienia

- dr inż. Dorota Pierścińska „Analiza procesów termicznych na powierzchni zwierciadeł laserów półprzewodnikowych” (praca doktorska),
- mgr inż. Justyna Kubacka-Traczyk „Technologia struktur laserów kaskadowych i metody charakteryzacji rentgenowskiej” (praca magisterska),
- mgr inż. Magdalena Winkowska „Epitaksja z wiązek molekularnych MBE oraz wytwarzanie lasera półprzewodnikowego o emisji krawędziowej z kwantowym obszarem czynnym InGaAs/GaAs” (praca magisterska),
- mgr inż. Andrzej Zalewski „Badania nad technologią wytwarzania laserów o emisji powierzchniowej VECSEL z InGaAs/GaAs na pasmo 980 nm” (praca magisterska).

Publikacje'2007

[P1] BUGAJSKI M., MACHOWSKA-PODSIADŁO E., MACZKA M.: 3-D Self-Consistent Solution of Poisson and Schrödinger Equations for Electrostatically Formed Quantum Dot. *Bull. of the Polish Academy of Sciences: Technical Sci.* 2007 vol. 55 nr 2 s. 245–249.

[P2] CZERWIŃSKI A., PLUSKA M., RATAJCZAK J., SZERLING A., KĄTCKI J.: Layer or Strip Resistance Measurement by EBIC. *Mater. Trans.* 2007 vol. 48 nr 5 s. 949–953.

[P3] GOŁASZEWSKA-MALEC K., KAMIŃSKA E., PIOTROWSKA A., RUTKOWSKI J., KRUSZKA R., KOWALCZYK E., PAPIŚ-POLAKOWSKA E., PIOTROWSKI T. T., WAWRO A.: Transparent Ohmic Contacts to GaSb/In(Al)GaAsSb Photovoltaic Cells. *phys. stat. sol. (a)* 2007 vol. 204 nr 4 s. 1051–1055.

[P4] JASIK A., SASS J., WESOŁOWSKI M.: Investigation of Strained InGaAs Layers on GaAs Substrate. *Opt. Appl.* 2007 vol. XXXVII nr 3 s. 237–242.

[P5] KOSIEL K., KOSMALA M., REGIŃSKI K., BUGAJSKI M.: MBE Technology of Saturable Bragg Reflectors for Mode Locking of Solid State Lasers. Laser Technology VIII: Progress in Lasers. *Proc. of SPIE* 2007 t. 6599 s. 659904-1-5.

[P6] KOSIEL K., MUSZALSKI J., SZERLING A., BUGAJSKI M., JAKIELA R.: Improvement of Quantum Efficiency of MBE Grown AlGaAs/InGaAs/GaAs Edge Emitting Lasers by Optimisation of Construction and Technology. *Vacuum* 2007 vol. 82 nr 4 s. 383–388.

[P7] KOWALCZYK E., ORNOCH L., GNAZDOWSKI Z., MROZIEWICZ B.: Dynamics of Thermo-Optical Properties of Semiconductor Lasers. High-Power Diode Laser Technology and Applications V. *Proc. of SPIE* 2007 t. 6456 s. 64561G-1-9.

- [P8] KOWALCZYK E., ORNOCH L., MROZIEWICZ B.: Heat-Induced Wavelength Shifts in Emission Spectra of Pulse-Operated Diode Lasers. *Laser Technology VIII: Progress in Lasers. Proc. of SPIE* 2007 t. 6599 s. 659908.1-6.
- [P9] KOZŁOWSKA A.: Infrared Imaging of Semiconductor Lasers. *Semicond. Sci. a. Technol.* 2007 vol. 22 s. R27-R40.
- [P10] KOZŁOWSKA A., SZYMAŃSKI M., PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., BUGAJSKI M., POMRAENKE R., RENARD J., LIENAU CH., MALAG A.: Tailoring of Optical Mode Profiles of High-Power Diode Lasers Evidenced by Near-Field Photocurrent Spectroscopy. *Appl. Phys. Lett.* 2007 vol. 91 s. 101103-1-3.
- [P11] KOZŁOWSKA A., ZIEGLER M., TOMM J. W., SARZAŁA R. P., NAKWASKI W.: Thermal Imaging of Actively Cooled High-Power Laser Bars. *Proc. of the 14th Int. Conf. Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES 2007*. Ciechocinek, 21–23.06.2007, IEEE, Łódź, 2007 s. 396–400.
- [P12] MACHOWSKA-PODSIADŁO E., MAĆZKA M., BUGAJSKI M.: 3-D Self-Consistent Solution of Poisson and Schrödinger Equations for Electrostatically Formed Quantum Dot. *Bull. of the Polish Academy of Sciences: Technic. Sci.* 2007 vol. 55 nr 2 s. 245–249.
- [P13] MROZIEWICZ B.: Jednomodowe przestrajalne lasery półprzewodnikowe do zastosowań w układach czujnikowych spektroskopii absorpcyjnej. *Elektronika* 2007 nr 5 s. 31–41.
- [P14] MROZIEWICZ B., KOWALCZYK E., DOBRZAŃSKI L., RATAJCZAK J., LEWANDOWSKI S. J.: External Cavity Diode Lasers with E-Beam Written Silicon Diffraction Gratings. *Opt. a. Quantum Electron.* 2007 vol. 39 nr 7 s. 585–595.
- [P15] PIERŚCIŃSKA D., PIERŚCIŃSKI K., BUGAJSKI M., TOMM J. W.: Thermal Properties of High Power Laser Bars Investigated by Spatially Resolved Thermoreflectance Spectroscopy. *phys. stat. sol. (a)* 2007 vol. 204 nr 2 s. 422–429.
- [P16] PIERŚCIŃSKI K., PIERŚCIŃSKA D., KOZŁOWSKA A., BUGAJSKI M.: Investigation of Thermal Processes in High Power Laser Bars by Thermoreflectance Spectroscopy. *Proc. of the 13th Int. Workshop on Thermal Investigations of ICs and Systems*, Budapeszt, Węgry, 17–19.09.2007, s. 168–173.
- [P17] PIERŚCIŃSKA D., PIERŚCIŃSKI K., KOZŁOWSKA A., MALAG A., JASIK A., BUGAJSKI M.: Facet Heating Mechanisms in High Power Semiconductor Lasers Investigated by Spatially Resolved Thermoreflectance. *Proc. of the 14th Int. Conf. Mixed Design of Integrated Circuits and Systems*. Ciechocinek, 21–23.06.2007 r., IEEE, Łódź, 2007 s. 506–510.
- [P18] PRZESŁAWSKI T.: Peculiarities of Quantum Magnetotransport in $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}/\text{In}_{0.52}\text{Al}_{0.48}\text{As}$ Heterostructures Grown on (100) InP. *Electron Technol. - Internet J.* 2007 vol. 39 nr 2 s. 1–3. www.ite.waw.pl/etij
- [P19] PRZESŁAWSKI T., WOLKENBERG A.: Kwantowy (2DEG) czujnik pola magnetycznego z pseudomorficzną warstwą aktywną $\text{In}_{0.52}\text{Al}_{0.48}\text{As}/\text{In}_{0.8}\text{Ga}_{0.2}\text{As}$ na podłożu (411)A InP. *Elektronika* 2007 nr 1 s. 55–61.
- [P20] PRZESŁAWSKI T., WOLKENBERG A.: Parametry galwanomagnetyczne i przewodnościowe warstw epitaksjalnych MBE z InAs/GaAs, $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}/\text{InP}$ i GaAs/GaAs. *Elektronika* 2007 nr 6 s. 26–38.
- [P21] SZYMAŃSKI M.: Two-Dimensional Model of Heat Flow in Broad-Area Laser Diode: Discussion of the Upper Boundary Condition. *Microelectron. J.* 2007 vol. 6–7 s. 771–776.
- [P22] SZYMAŃSKI M., KOZŁOWSKA A., MALAG A., SZERLING A.: Two-Dimensional Model of Heat Flow in Broad-Area Laser Diode Mounted to the Non-Ideal Heat Sink. *J. of Phys. D: Appl. Phys.* 2007 vol. 40 nr 3 s. 924–929.

[P23] TEISSEYRE H., SZYMAŃSKI M., KHACHEPURIDZE A., SKIERBISZEWSKI C., FEDUNIEWICZ-ŻMUDA A., SIEKACZ M., ŁUCZNIK B., KAMLER G., KRYŚKO M., SUSKI T., PERLIN P., GRZEGORY L., POROWSKI S.: Optically Pumped Laser Action on Nitride Based Separate Confinement Heterostructures Grown Along the (1 120) Crystallographic Direction. *Acta Phys. Pol. A* 2007 vol. 112 nr 2 s. 467–472.

[P24] WOLKENBERG A., PRZESŁAWSKI T.: Parametry galwanomagnetyczne i przewodnościowe warstw epitaksjalnych MBE z InAs/GaAs, In_{0,53}Ga_{0,47}As/InP i GaAs/GaAs. *Elektronika* 2007 nr 6 s. 26–38.

[P25] WOLKENBERG A., PRZESŁAWSKI T.: Wpływ grubości epitaksjalnych warstw InAs na GaAs wykonywanych metodą MBE na ich parametry transportu ładunków elektrycznych. *Elektronika* 2007 nr 7 s. 39.

Konferencje'2007

[K1] BUGAJSKI M., KOSIEL K., MUSZALSKI J., KUBACKA-TRACZYK J., RATAJCZAK J., ŁASZCZ A., ROMANOWSKI P., MOGILIŃSKI R., GACA J., WÓJCIK M.: Design and MBE Growth Optimization of Mid-Infrared Quantum Cascade Laser Structures. Int. Conf. on Semiconductor Materials and Optics - SMMO 2007. Warszawa Miedzeszyn, 18–21.10.2007 (ref. zapr.)

[K2] GACA J., WÓJCIK M., JASIK A., MUSZALSKI J., PIERŚCIŃSKI K., TUROS A., ABDUL-KADER A. M.: Characterization of MBE-Grown AlAs/GaAs Distributed Bragg Reflector Structures by HR XRD, Rutherford Backscattering and Optical Reflectance. 15th Int. Conf. on Crystal Growth. Salt Lake City, Utah, USA, 12–17.08.2007 (plakat).

[K3] GACA J., WÓJCIK M., JASIK A., PIERŚCIŃSKI K., KOSMALA M., TUROS A., ABDUL-KADER A. M.: Effects of Composition Grading at the Heterointerfaces Layers Thickness Variations on Bragg Mirror Quality. 5th Int. Conf. on Solid State Crystals and 8th Polish Conf. on Crystal Growth ICSSC-5 & PCCG-8. Zakopane, 20–24.05.2007 (plakat).

[K4] JASIK A., WNUK A., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., MUSZALSKI J., STRUPIŃSKI W., BUGAJSKI M.: The Influence of Technological Parameters on the Crystal Quality of InGaAs/GaAs QW Structures Made by MBE and MO CVD Methods. IX Konf. „Technologia Elektronowa” ELTE 2007, Kraków, 4–7.09.2007 (plakat).

[K5] KANIEWSKI J., MUSZALSKI J., PIOTROWSKI J.: Mikrownęki rezonansowe w technologii detektorów podczerwieni. I Kraj. Konf. Nanotechnologii. Wrocław, 26–28.04.2007 (kom.).

[K6] KANIEWSKI J., MUSZALSKI J., PIOTROWSKI J.: Modeling of InGaAs/InAlAs/InP Avalanche Photodiodes for Detection of 1.55 μm Infrared Radiation. Advanced Infrared Technology and Applications Int. Workshop 2007. Leon, Meksyk, 8–12.10.2007 (plakat).

[K7] KOSIEL K.: MBE-Technology for Nanoelectronics. IX Konf. Nauk. „Technologia Elektronowa” ELTE 2007. Kraków, 4–7.09.2007 (ref. zapr.).

[K8] KOSIEL K., BUGAJSKI M., MUSZALSKI J., KUBACKA-TRACZYK J., RATAJCZAK J., ŁASZCZ A., ROMANOWSKI P., MOGILIŃSKI R., GACA J., WÓJCIK M.: Design and MBE Growth Optimization of Mid-Infrared Quantum Cascade Laser Structures. Int. Conf. on Semiconductor Materials and Optics - SMMO 2007. Warszawa Miedzeszyn, 18–21.10.2007 (ref.).

[K9] KOSIEL K., BUGAJSKI M., MUSZALSKI J., KUBACKA-TRACZYK J., RATAJCZAK J., ŁASZCZ A., ROMANOWSKI P., MOGILIŃSKI R., GACA J., WÓJCIK M.: Kwantowe lasery kaskadowe z AlGaAs/GaAs. Konf. Nauk. Warsztaty Laserowe 2007. Warszawa, 26–27.11.2007 (ref.).

[K10] KOSIEL K., MUSZALSKI J., SZERLING A., BUGAJSKI M.: Lasery półprzewodnikowe dużej mocy (>1W) z InGaAs/GaAs/AlGaAs na pasmo u = 940 – 1020 nm, pracujące na fali ciągłej CW) w temperaturze pokojowej. I Kraj. Konf. Nanotechnologii. Wrocław, 26–28.04.2007 (ref.).

- [K11] KOSMALA M., JASIK A., REGIŃSKI K., KARBOWNIK P., WNUK P.: Półprzewodnikowy nasycalny absorber promieniowania laserowego na pasmo 808 nm. IX Konf. Nauk. „Technologia Elektronowa” ELTE 2007, Kraków, 4–7.09.2007 (plakat).
- [K12] KOWALCZYK E., ORNOCH L., GNIAZDOWSKI Z., MROZIEWICZ B.: Dynamics of Thermo-optical Properties of Semiconductor Lasers. SPIE Photonic West. San Jose, Kalifornia, USA, 20–25.01.2007 (plakat).
- [K13] KOZŁOWSKA A., ZIEGLER M., TOMM J. W., SARZAŁA R.P., NAKWASKI W.: Thermal Imaging of Actively Cooled High-Power Laser Bars. 14th Int. Conf. Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES 2007. Ciechocinek, 21–23.06.2007 (ref.).
- [K14] MACHOWSKA-PODSIADŁO E., MAĆZKA M., BUGAJSKI M.: Samouzgodnione rozwiązania równań Poissona i Schrödingera w przestrzeni 3D dla kropki kwantowej formowanej elektrostatycznie. VI Kraj. Konf. Elektroniki 2007. Darłówko, 11–13.06.2007 (ref.).
- [K15] MUSZALSKI J., JASIK A., PIERŚCIŃSKI K., PIERŚCIŃSKA D., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., BUGAJSKI M., OCHALSKI T. J., DE BURCA A., HUYET G.: InGaAs/GaAs VECSEL Operating in the 980-nm Band. Int. Conf. on Semiconductor Materials and Optics - SMMO 2007. Warszawa Miedzeszyn, 18–21.10.2007 (ref.).
- [K16] MUSZALSKI J., JASIK A., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., PIERŚCIŃSKA D., PIERŚCIŃSKI K., KOZŁOWSKA A., BUGAJSKI M.: Vertical Extended Cavity Surface Emitting Laser (VECSEL) – a New Source of the High Power Coherent Light. IX Konf. Nauk. „Technologia Elektronowa” ELTE 2007. Kraków, 4–7.09.2007 (plakat).
- [K17] MUSZALSKI J., KALINOWSKI K., BUGAJSKI M.: RHEED Oscillation Analysis of Molecular Beam Epitaxial (MBE) Growth of Quantum Cascade Laser Structures. IX Konf. Nauk. „Technologia Elektronowa” ELTE 2007. Kraków, 4–7.09.2007 (plakat).
- [K18] MUSZALSKI J., KANIEWSKI J.: Modeling of InGaAs/InAlAs/InP Avalanche Photodiodes by Crosslight APSYS. IX Konf. Nauk. „Technologia Elektronowa” ELTE 2007. Kraków, 4–7.09.2007 (plakat).
- [K19] PIERŚCIŃSKA D., KOZŁOWSKA A., PIERŚCIŃSKI K., BUGAJSKI M., TOMM J. W., ZIEGLER M., WEIK F.: Thermal Processes in High-Power Laser Bars Investigated by Spatially Resolved Thermoreflectance. 12th Int. Conf. on Defects Recognition, Imaging & Physics in Semiconductors. Berlin, Niemcy, 9–13.09.2007 (ref.).
- [K20] PIERŚCIŃSKI K., PIERŚCIŃSKA D., KOZŁOWSKA A., BUGAJSKI M.: Investigation of Thermal Processes in High Power Laser Bars by Thermoreflectance Spectroscopy. 13th Int. Workshop on Thermal Investigations of ICs and Systems. Budapeszt, Węgry, 17–19.09.2007 (ref.).
- [K21] PIERŚCIŃSKA D., PIERŚCIŃSKI K., KOZŁOWSKA A., MALAG A., JASIK A., BUGAJSKI M.: Facet Heating Mechanisms in High Power Semiconductor Lasers Investigated by Spatially Resolved Thermoreflectance. 14th Int. Conf. Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES 2007. Ciechocinek, 21–23.06.2007 (ref.).
- [K22] PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., SZERLING A., KARBOWNIK P., KOSIEL K., BUGAJSKI M.: Diagnostyka technologii laserów i linii laserowych z InGaAs. Konf. Nauk. Warsztaty Laserowe 2007. Warszawa, 26–27.11.2007 (ref.).
- [K23] PRZEŹDZIECKA E., KAMIŃSKA E., PASTERNAK I., BOGUSŁAWSKI P., JAKIELA R., KOWALCZYK E., KILAŃSKI Ł., PIOTROWSKA A., KOSSUT J.: Optical Analysis of Sb-Doped p-Type ZnO Grown by Thermal Oxidation of Zn-Sb Films. XXXVI Int. School on the Physics of Semiconducting Compounds. Ustroń-Jaszowiec, 9–15.06.2007 (plakat).

- [K24] RZEPJEWSKA-MALYSKA K., WRZESIŃSKA H., PARLIŃSKA M., MICHLER J., WYROBEK J. T.: Mechanical Characterisation of Multilayer Nitride Coatings. Int. Conf. on Thin Films and Metallurgical Coating. San Diego, USA, 23–27.04.2007 (ref.).
- [K25] SZERLING A., KARBOWNIK P., KOSIEL K., BUGAJSKI M., ŁASZCZ A.: Low Resistance p-Type Ohmic Contacts for High Power InGaAs/GaAs - 980 nm cw Semiconductor Lasers. IX Konf. Nauk. „Technologia Elektronowa” ELTE 2007. Kraków, 4–7.09.2007 (plakat).
- [K26] SZERLING A., KOSIEL K., MUSZALSKI J., PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., KARBOWNIK P., BUGAJSKI M.: Lasery dużej mocy na pasmo 980 nm z InGaAs. Konf. Nauk. Warsztaty Laserowe 2007. Warszawa, 26–27.11.2007 (ref.).
- [K27] TEISSEYRE H., KHACHEPURIDZE A., ŚWIETLIK T., GRZEGORY L., SKIERBISZEWSKI C., FEDUNIEWICZ-ŻMUDA A., SIEKACZ M., ŁUCZNIK B., KAMLER G., KRYŚKO M., SUSKI T., PERLIN P., POROWSKI S., SZYMAŃSKI M.: Optical Properties of Nitride Laser Structures Grown Along a Non-Polar Crystallographic Direction. 7th Int. Conf. of Nitride Semiconductors. Las Vegas, USA, 16–21.09.2007 (ref.).
- [K28] TEISSEYRE H., SKIERBISZEWSKI C., KHACHEPURIDZE A., FEDUNIEWICZ-ŻMUDA A., SIEKACZ M., ŁUCZNIK B., KAMLER G., KRYŚKO M., SUSKI T., PERLIN P., GRZEGORY L., POROWSKI S., SZYMAŃSKI M.: Optically Pumped Laser Action on Nitride Based Separate Confinement Heterostructures Grown Along the (1 120) Crystallographic Direction. XXXVI Int. School on the Physics of Semiconducting Compounds. Ustroń-Jaszowiec, 9–15.06.2007 (plakat).
- [K29] WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., MUSZALSKI J., KOSIEL K., JASIK A., BUGAJSKI M.: Photoluminescence Investigation of Recombination Mechanisms in Coupled Quantum Well Systems. XXXVI Int. School on the Physics of Semiconducting Compounds. Ustroń-Jaszowiec, 9–15.06.2007 (plakat).
- [K30] WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., PIERŚCIŃSKI K., JASIK A., MUSZALSKI J., BUGAJSKI M.: Charakteryzacja optyczna struktur laserów o emisji powierzchniowej z pionowym rezonatorem zewnętrznym (VECSEL). I Kraj. Konf. Nanotechnologii. Wrocław, 26–28.04.2007 (kom.).

Patenty i zgłoszenia patentowe’2007

- [PA1] MROZIEWICZ B.: Laser półprzewodnikowy z zewnętrzną wnęką optyczną. Zgł. pat. nr P.383539 z dn. 15.10.2007.
- [PA1] MROZIEWICZ B.: Laser półprzewodnikowy z zewnętrzną optyczną wnęką rezonansową. Zgł. pat. nr P.383594 z dn. 23.10.2007.