ZAKŁAD FOTONIKI

Kierownik: prof. dr hab. Maciej BUGAJSKI
e-mail: bugajski@ite.waw.pl
tel. (22) 54 87 932, fax (22) 54 87 925

Zespół: prof. dr hab. inż. Bohdan Mroziewicz,
dr hab. Janusz Kaniewski, prof. nadzw. w ITE,
dr hab. Kamil Kosiel, prof. nadzw. w ITE,
dr hab. Jan Muszalski, prof. nadzw. w ITE,
dr hab. Kazimierz Regiński, prof. nadzw. w ITE,
dr inż. Agata Jasik, dr Ewa Papis-Polakowska,
dr inż. Dorota Pierścińska, dr inż. Kamil Pierściński,
dr Maciej Sakowicz, dr Iwona Sankowska, dr inż. Anna Szerling,
dr inż. Michał Szymański, dr Artur Trajnerowicz,
dr inż. Anna Wójcik-Jedlińska, mgr inż. Anna Filipowska,
mgr inż. Artur Broda, mgr inż. Krzysztof Czuba
mgr inż. Piotr Gutowski, mgr Krzysztof Hejduk,
mgr inż. Jarosław Jureńczyk, mgr inż. Piotr Karbownik,
mgr inż. Justyna Kubacka-Traczyk, mgr inż. Ewa Maciejewska,
mgr inż. Leszek Ornoch, mgr inż. Emilia Pruszyńska-Karbownik,
mgr inż. Dominika Urbańczyk, Małgorzata Nalewajk,
Tomasz Supryn

1. Projekty badawcze realizowane w 2013 r.

W 2013 r. w Zakładzie Fotoniki realizowano następujące projekty:

Statutowe projekty badawcze

Projekt A. Nanofotonika podczerwieni – badania nad strukturami do generacji i detekcji promieniowania (kierownik projektu: prof. dr hab. Maciej Bugajski)

- Zadanie A1. Badania nad epitaksją struktur periodycznych na potrzeby laserów VECSEL i modulatorów promieniowania
- Zadanie A2. Technologia epitaksji struktur laserów kaskadowych z GaAs/ /AlGaAs
- Zadanie A3. Badania nad epitaksją struktur laserów kaskadowych z InAlAs/ /InGaAs/InP
- Zadanie A4. Zastosowanie spektroskopii rentgenowskiej do badania naprężeń w strukturach supersieciowych InAs/GaSb i strukturach laserów kaskadowych
- Zadanie A5. Rozwój technik spektroskopii w podczerwieni
- Zadanie A6. Badania nad generacją promieniowania w laserach VECSEL

- Zadanie A7. Symulacja numeryczna laserów półprzewodnikowych i detektorów promieniowania podczerwonego
- Zadanie A8. Badania nad technologią wytwarzania laserów kaskadowych z InAlAs/InGaAs/InP
- Zadanie A9. Pasywacja siarczkowa struktur antymonkowych

Inne projekty

- Opracowanie laserów kaskadowych do zastosowań w układach wykrywania śladowych ilości substancji gazowych (nr zlecenia 11.01.008/MIRSENS, nr O R00 0053 12)
- Thermal Optimization of the Quantum Cascade Lasers by Complementary Application of Experimental Thermometric Techniques (nr zlecenia 9.01.010 /POMOST/)
- Opracowanie technologii epitaksji struktur laserów kaskadowych na pasmo 2 – 6 THz (nr zlecenia 2.01.156, decyzja nr 5028/B/T02/2011/40)
- Opracowanie i wykonanie lasera impulsowego Yb:KYW z półprzewodnikowym lustrem SDCM (nr zlecenia 11.01.009, decyzja nr 0876/R/T02/2010/10)
- Detektory średniej podczerwieni na bazie supersieci II rodzaju ze związków półprzewodnikowych InAs/GaSb (nr zlecenia 53.01.001, decyzja nr 01/2011/ /PB-ITE/1)
- Emitery i detektory podczerwieni nowej generacji do zastosowań w urządzeniach do detekcji śladowych ilości zanieczyszczeń gazowych (nr zlecenia 17.01.001, nr umowy PBS1/B3/2/2012)
- Jednomodowe lasery kaskadowe do zastosowań w spektroskopii molekularnej (nr zlecenia 12.01.003, nr umowy LIDER/36/70/L-3/11/NCBR/2012)
- Badania nad układami metal-półprzewodnik oraz ich zastosowaniem w inżynierii falowodów plazmonowych dla laserów kaskadowych emitujących promieniowanie z terahercowego zakresu częstotliwości TERAMY (nr zlecenia 2.01.162, nr umowy UMO-2011/03/D/ST7/03146)
- Badanie procesów termicznych w diodach laserowych na azotku galu przy wykorzystaniu spektroskopii teroodbiciowej. TR-GAN (nr zlecenia 2.01.161, nr umowy UMO-2011/03/D/ST7/03093)
- Symulacja, pomiar i kontrola rozkładu promieniowania w polu dalekim ze źródła THz (nr zlecenia 2.01.164, nr umowy UMO-2012/07/D/ST7/02568)
- Modyfikacja właściwości kwantowych laserów kaskadowych za pomocą technologii trawienia zogniskowaną wiązką jonową FIP (nr zlecenia 17.01.007.01, nr umowy PBS2/A3/15/2013)

Usługi naukowo-badawcze

- Wykonanie diafragm na podłożach szafirowych (nr zlecenia 16.01.012)
- Wykonanie struktur supersieci InAs/GaSb (nr zlecenia 16.01.013)

2. Najważniejsze osiągnięcia naukowo-badawcze

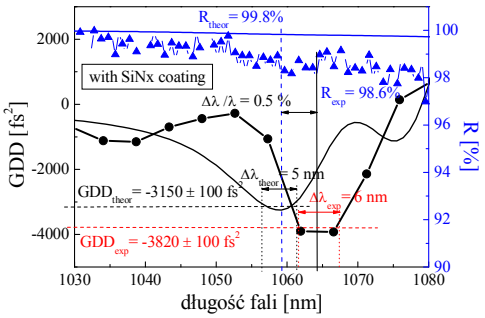
Przedmiotem badań były fotoniczne struktury niskowymiarowe ze związków półprzewodnikowych III-V wytwarzane metodą MBE. Do najbardziej wartościowych wyników uzyskanych w 2013 r. należą:

- Opracowanie technologii epitaksji struktur laserów kaskadowych na podłożach z InP. Prowadzone prace, obejmujące epitaksję i zaawansowaną charakteryzację struktur za pomocą wysokorozdzielczej dyfrakcji rentgenowskiej (HR XRD) oraz processing, zaowocowały wytworzeniem pierwszych tego typu laserów pracujących w temperaturze pokojowej.
- Opracowanie technologii osadzania warstw zwierciadeł Bragga (DBR) do zastosowań w laserach o emisji powierzchniowej oraz wykonanie półprzewodnikowych luster z kontrolowaną dyspersją dla potrzeb laserów femtosekundowych pracujących na krysztale aktywnym Yb:KYW. W tym przypadku wyzwaniem technologicznym była kontrola grubości osadzanych warstw i ich składu chemicznego oraz kontrola naprężeń.

3. Statutowy projekt badawczy
Nanofotonika podczerwieni – badania nad strukturami do generacji i detekcji promieniowania

Zadanie A1. Badania nad epitaksją struktur periodycznych na potrzeby laserów VECSEL i modulatorów promieniowania

Wykonano heterostruktury laserów VECSEL dla potrzeb badań nad generacją promieniowania oraz struktury luster z kontrolowaną dyspersją stosowane w laserach femtosekundowych. W wyniku analizy wpływu spektralnej zmiany fazy zwierciadła Bragga i przeprowadzenia procesów epitaksji w sposób ciągły wykazano, że możliwe jest wykonanie heterostruktur z dokładnością wynoszącą 0,5%. Pozwoliło to na wykonanie zwierciadła o dyspersji poniżej 2500 fs^2 i współczynniku odbicia bliskim jedności. Charakterystyki tego zwierciadła przedstawione są na rys. 1.



Rys. 1. Współczynnik odbicia i dyspersja lustra z kontrolowaną dyspersją

Na bazie półprzewodnikowych struktur luster z kontrolowaną dyspersją zbudowano impulsowy laser Yb:KYW. Duża ujemna wartość GDD pozwoliła wyeliminować wszystkie pozostałe elementy dyspersyjne.

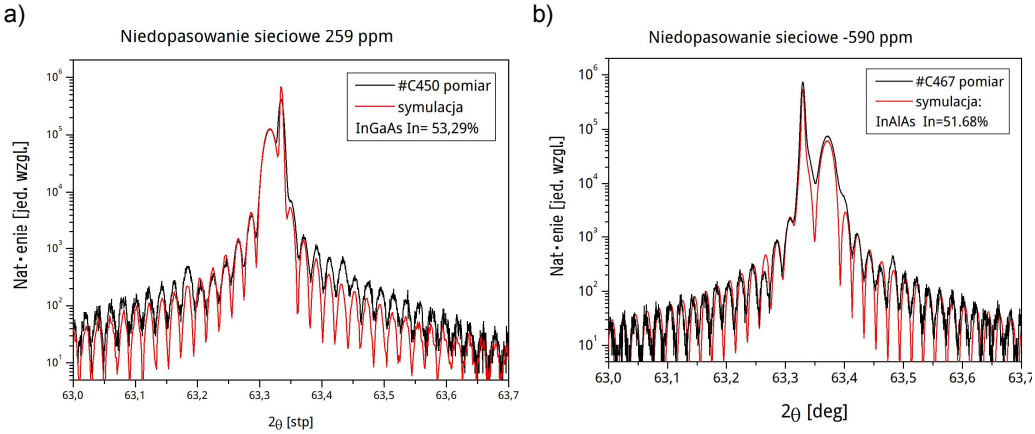
Zadanie A2. Technologia epitaksji struktur laserów kaskadowych z GaAs/AlGaAs

Określono właściwości termiczne kaskadowych struktur epitaksjalnych GaAs/ /AlGaAs wykonanych w Laboratorium Epitaksji Struktur. Zagadnienia transportu ciepła mają bardzo istotne znaczenie w technologii wytwarzania laserów. Zastosowano specjalnie opracowaną metodę badawczą opartą na przestrzennie rozdzielczych pomiarach fotoluminescencji i zbudowanym w tym celu układzie pomiarowym. Stosując tę metodę oszacowano przewodność cieplną obszarów aktywnych dla wykonanych struktur laserów kaskadowych GaAs/AlGaAs, która wynosi ok. 0,05 W/cm K.

Zadanie A3. Badania nad epitaksją struktur laserów kaskadowych z InAlAs/InGaAs/InP

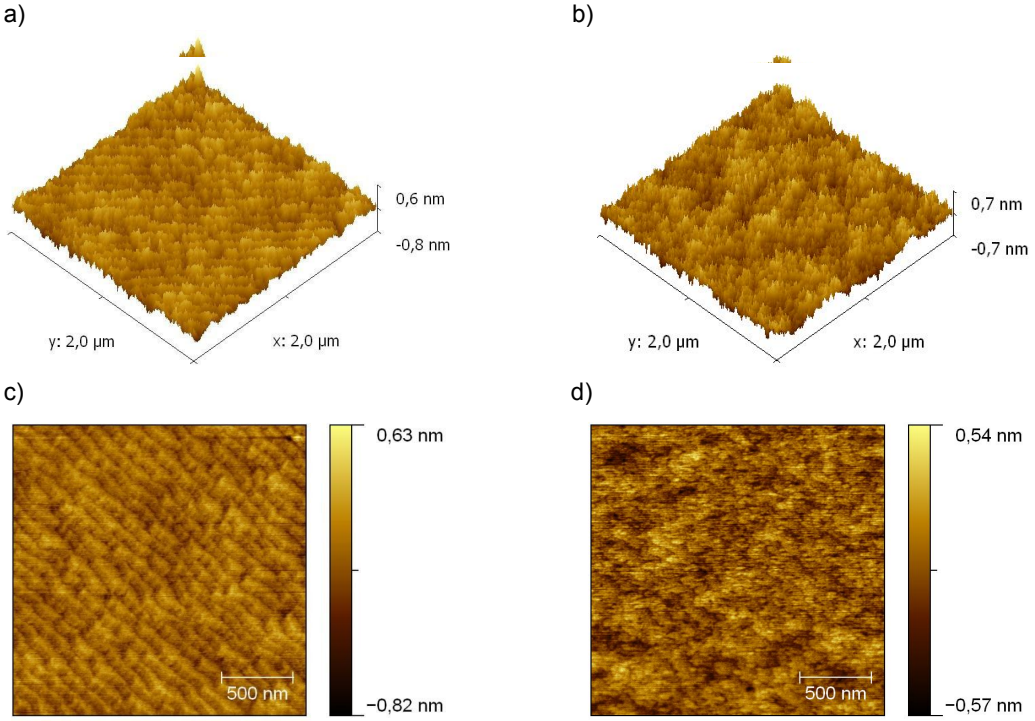
Optymalizacja osadzanych techniką epitaksji z wiązek molekularnych warstw InGaAs i InAlAs dopasowanych sieciowo do podłoża InP została przeprowadzona w oparciu o wykonaną serię struktur testowych. Charakteryzacja wysokorozdzielczą dyfrakcją rentgenowską (XRD), pomiar mikroskopem sił atomowych oraz pomiar luminescencji pozwoliły na określenie jakości struktur.

Przykładowe dyfraktogramy struktur InGaAs i InAlAs zoptymalizowanych ze względu na dopasowanie sieciowe warstwy do podłoża z InP przedstawione są na rys. 2.



Rys. 2. Dyfraktogram warstwy InGaAs (a) i InAlAs (b) o dopasowanej stałej sieci do podłoża z InP

Obserwowane obrazy, uzyskane metodą mikroskopu sił atomowych (AFM), wskazują na tarasowy mechanizm wzrostu. Jest on lepiej widoczny w przypadku próbek InGaAs niż InAlAs (rys. 3).



Rys. 3. Porównanie morfologii powierzchni InGaAs (a, c) z powierzchnią uzyskaną dla InAlAs (b, d) dla wybranych procesów

Zadanie A4. Zastosowanie spektroskopii rentgenowskiej do badania naprężeń w strukturach supersieciowych InAs/GaSb i strukturach laserów kaskadowych

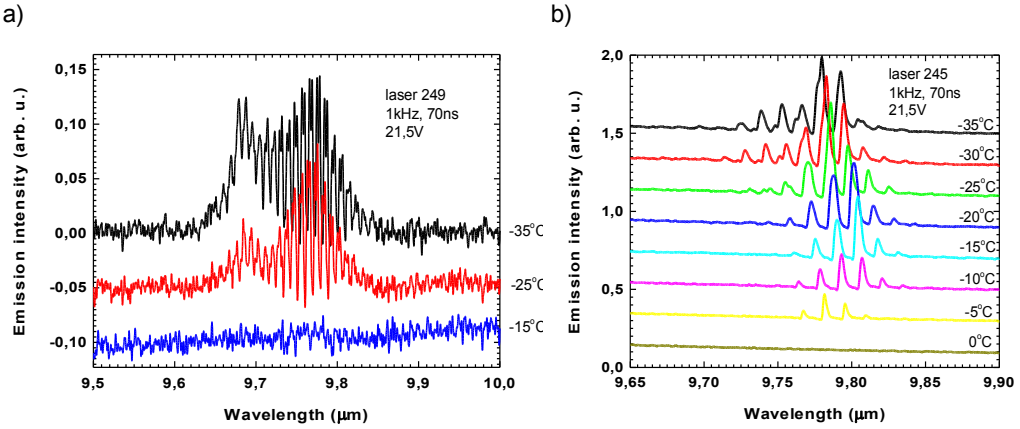
Supersieci drugiego rodzaju z InAs/GaSb oraz struktury kwantowych laserów kaskadowych (QCL Quantum Cascade Lasers) były badane w celu optymalizacji parametrów procesu epitaksji metodą MBE. Otrzymane struktury charakteryzowano przy zastosowaniu wysokorozdzielczej dyfraktometrii rentgenowskiej. Na podstawie analizy zmierzonych profili $2\theta/\omega$ możliwe było określenie poziomu naprężenia struktury oraz odtworzenie rzeczywistej budowy badanej próbki.

W wyniku zoptymalizowanego procesu technologicznego otrzymano strukturę obszaru aktywnego kwantowego lasera kaskadowego o niedopasowaniu sieciowym wynoszącym 396 ppm.

Zadanie A5. Rozwój technik spektroskopii w podczerwieni

Obiektem badań były głównie lasery kwantowe. Przykładowe widma laserów kaskadowych przedstawiono na rys. 4. Widma zmierzono za pomocą spektrometru

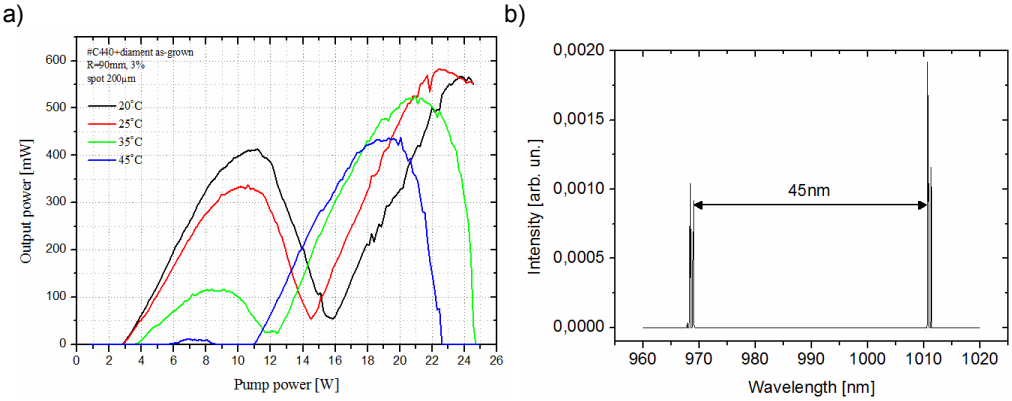
FTIR. W pomiarach wykorzystywano dedykowany zasilacz wykonany we współpracy z firmą Vigo.



Rys. 4. Widma emisji promieniowania dla dwóch różnych laserów QCL (249 i 245) w zależności od temperatury lasera

Zadanie A6. Badania nad generacją promieniowania w laserach VECSEL

Badania prowadzone nad laserami VECSEL (Vertical-External-Cavity Surface--Emitting Laser) pozwoliły zweryfikować poprawność zaprojektowania struktury epitaksjalnej, ustalić najlepsze parametry poszczególnych procesów technologicznych oraz poprawić geometrię zewnętrznego rezonatora. Uzyskano istotny wzrost mocy laserowania (do 4,1 W) oraz poprawę geometrii wiązki laserowej (M^2~1). Istotnym sukcesem było opracowanie i wykonanie nowego typu lasera pracującego na dwóch różnych długościach fali (967 nm lub 1017 nm), przełączanego dzięki zmianie warunków pobudzenia. Charakterystyki tego typu laserów są przedstawione na rys. 5.



Rys. 5 a) Charakterystyki mocy wyjściowej dla różnych temperatur chłodnicy, b) linie spektralne, na których działa laser.

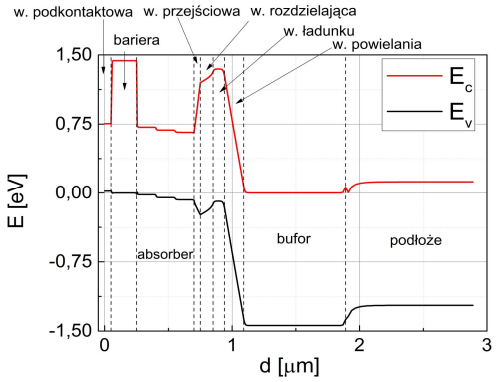
Zadanie A7. Symulacja numeryczna laserów półprzewodnikowych i detektorów promieniowania podczerwonego

Prace koncentrowały się na wykorzystaniu środowiska symulacyjnego APSYS firmy Crosslight oraz oprogramowania firmy Silvaco do symulacji numerycznej struktury fotodiody lawinowej o konstrukcji SAGCM (Separated Absorber Grading Charge & Multiplication). Otrzymano szereg charakterystyk wynikowych, które pozwoliły na optymalizację przyrządu.

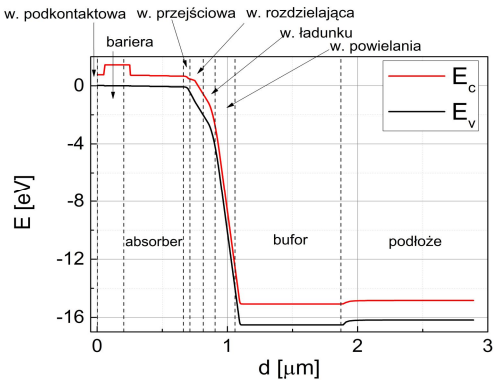
Symulowaną strukturę przedstawiono w tab. 1, a uzyskane wyniki na rys. 6–9.

Tabela 1. Schemat analizowanej struktury fotodiody lawinowej InGaAs/InAlAs/InP o konstrukcji SAGCM

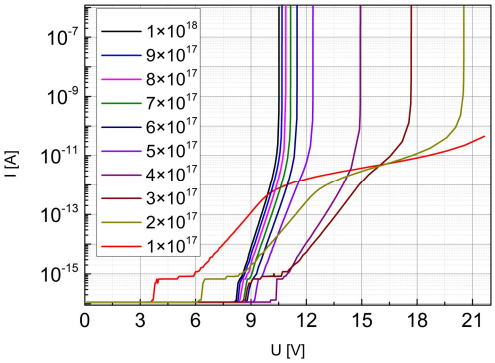
Warstwa	Materiał	Typ przewodnictwa	Koncentracja domieszki (cm^{-3})	Grubość (nm)
Podkontaktowa	$In_{0,53}Ga_{0,47}As$	p	$1\cdot10^{19}$	50
Bariera	$In_{0,52}Al_{0,48}As$	p	$1\cdot10^{19}$	200
Absorpcyjna	$In_{0,53}Ga_{0,47}As$	p	$2,5\cdot10^{18}$	150
	$In_{0,53}Ga_{0,47}As$	p	$1\cdot10^{18}$	150
	$In_{0,53}Ga_{0,47}As$	p	$4\cdot10^{17}$	150
Przejściowa	$In_{0,53\downarrow0,52}Ga_{0,47\downarrow0}Al_{0\uparrow0,48}As$	i	$1\cdot10^{15}$	50
Rozdzielająca	$In_{0,52}Al_{0,48}As$	i	$1\cdot10^{15}$	100
Ładunku	$In_{0,52}Al_{0,48}As$	p	$4\cdot10^{17}$	90
Powielająca	$In_{0,52}Al_{0,48}As$	i	$1\cdot10^{15}$	150
Buforowa	$In_{0,52}Al_{0,48}As$	n	$5\cdot10^{18}$	800
Podłoże/soczewka	InP	–	półizolacyjne	$1,1\cdot10^{6}$



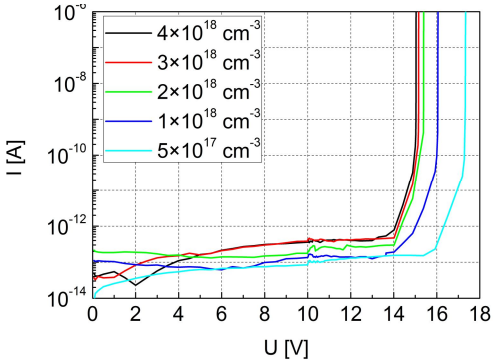
Rys. 6. Model pasmowy przyrządu w stanie równowagi termodynamicznej



Rys. 7. Model pasmowy przyrządu dla polaryzacji napięciem wstecznym w okolicy napięcia przebicia



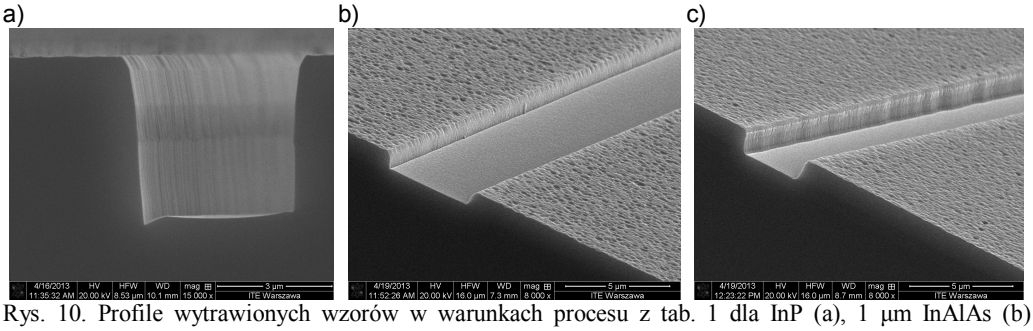
Rys. 8. Rodzina charakterystyk I-V dla różnych koncentracji domieszki w warstwie ładunku



Rys. 9. Rodzina charakterystyk I-V dla różnych koncentracji domieszki w warstwie bufora

Zadanie A8. Badania nad technologią wytwarzania laserów kaskadowych z InAlAs/InGaAs/InP

W ramach badań nad technologią wytwarzania laserów kaskadowych w systemie materiałowym InAlAs/InGaAs/InP przeprowadzono wstępne procesy plazmowego trawienia reaktywnego (ICP RIE – Inductively Coupled Plasma Reactie Ion Etching, ICP) materiałów InAlAs, InGaAs oraz InP celem zastąpienia w procesie wytwarzania przyrządów trawienia chemicznego w roztworach trawieniem plazmowym. Przeprowadzono także procesy mające na celu zoptymalizowanie procesu osadzania warstw dielektrycznych na strukturach epitaksjalnych. Zdjęcia SEM otrzymanych profili wytrawionych wzorów przedstawiono na rys. 10.

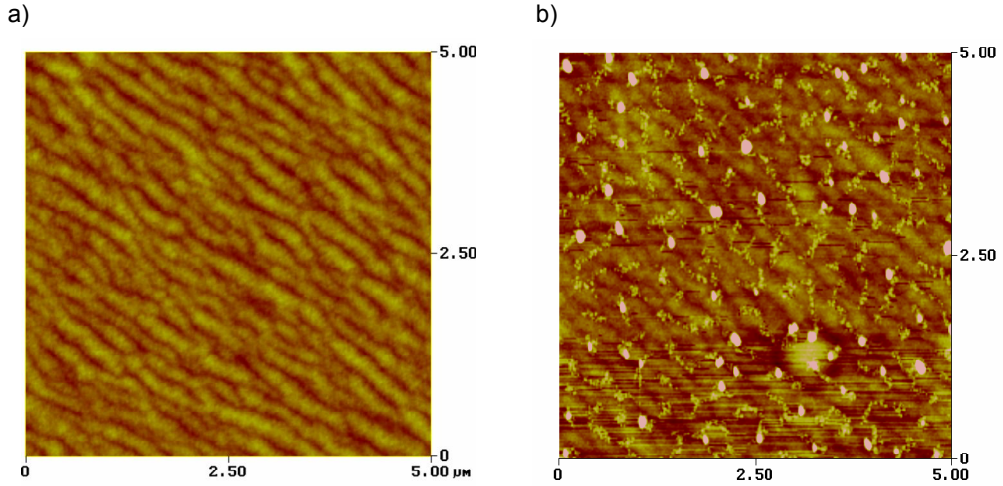


Rys. 10. Profile wytrawionych wzorów w warunkach procesu z tab. 1 dla InP (a), 1 µm InAlAs (b) i warstwie 900 nm InGaAs/ 300 nm InAlAs (c) na podłożu InP ze wzorem określonym przez warstwę SiO_2

Zadanie A9. Pasywacja siarczkowa struktur antymonkowych

Przeprowadzono badania siarkowania powierzchni (100) GaSb i supersieci II rodzaju InAs/GaSb przy użyciu organicznego i nieorganicznego źródła siarki. Pokazano, że organiczny związek heksadekanotiol (HDT), w przeciwieństwie do nieorganicznego $(NH_4)_2S$, nie trawi związków antymonkowych i nie tworzy cząs-

teczek siarki na powierzchni półprzewodnika (rys. 11). Stwierdzono własności dielektryczne warstw tiolowych. Dzięki temu warstwy te są odpowiednimi systemami do pasywacji struktur antymonkowych, w szczególności supersieci II rodzaju InAs/GaSb.



Rys. 11. Obraz AFM powierzchni supersieci InAs/GaSb: a) przed pasywacją; b) po pasywacji w 21% $(NH_4)_2S$

4. Współpraca międzynarodowa

W 2013 r. Zakład współpracował z następującymi ośrodkami zagranicznymi:

- Tyndall National Institute, Cork, Irlandia;
- École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Szwajcaria;
- University of Nottingham, Nottingham, Wielka Brytania;
- Fraunhofer Institut für Angewandte Festkörperphysik, Freiburg, Niemcy;
- Max-Born Institut, Berlin, Niemcy.

5. Nagrody i wyróżnienia

Prof. dr hab. Maciej Bugajski otrzymał Nagrodę Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za wybitne osiągnięcia w dziedzinie badań na rzecz gospodarki.

Publikacje'2013

[P1] BUGAJSKI M., GUTOWSKI P., KARBOWNIK P., KOLEK A., HAŁDAŚ G., PIERŚCIŃSKI K., PIERŚCIŃSKA D., KUBACKA-TRACZYK J., SANKOWSKA I., TRAJNEROWICZ A., KOSIEL K., SZERLING A., GRZONKA J., KURZYDŁOWSKI K., SLIGHT T., MEREDITH W.: Mid-IR Quantum Cascade Lasers: Device Technology and Non-Equilibrium Green's Function Modeling of Electro-Optical Characteristics. *Phys. Stat. Sol. B* (złoż. do red.).

[P2] BUGAJSKI M., PIERŚCIŃSKI K., PIERŚCIŃSKA D., SZERLING A., KOSIEL K.: Multimode Instabilities in Mid-Infrared Quantum Cascade Lasers. *Photon. Lett. of Poland* 2013 vol. 5 nr 3 s. 85–87.

[P3] CZUBA K., JUREŃCZYK J., KANIEWSKI J.: Optimization of InGaAs/InAlAs/InP Avalanche Photodiode. *Phys. Stat. Sol. A* (złoż. do red.).

[P4] CZUBA K., JUREŃCZYK J., KANIEWSKI J.: Comprehensive Analysis of Novel Near Infrared Avalanche Photodiode Structure. *J. Appl. Remote Sens.* (złoż. do red.).

[P5] JASIK A., DEMS M., WNUK P., WASYLCZYK P., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., REGIŃSKI K., ZINKIEWICZ Ł., HEJDUK K.: Design and Fabrication of Highly Dispersive Semiconductor Double-Chirped Mirrors. *Appl. Phys. B* (złoż. do red.).

[P6] JASIK A., MUSZALSKI J., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., KUBACKA-TRACZYK J., WASIAK M., SOKÓŁ A., SANKOWSKA I.: DW VECSEL – Structure Design and MBE Fabrication. *Photon. Lett. of Poland* 2013 vol. 5 nr 3 s. 91–93.

[P7] JASIK A., WASYLCZYK P., DEMS M., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., REGIŃSKI K., ZINKIEWICZ Ł., HEJDUK K.: Passively Mode-Locked, Self-Starting Femtosecond Yb:KYW Laser with a Single Highly Dispersive Semiconductor Double-Chirped Mirror for Dispersion Compensation. *Laser Phys. Lett.* 2013 vol. 10 s. 085302.

[P8] JASIK A., WASYLCZYK P., WNUK P., DEMS M., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., REGIŃSKI K., ZINKIEWICZ Ł., HEJDUK K.: Tunable Semiconductor Double-Chirped Mirror with High Negative Dispersion. *IEEE Photon. Technol. Lett.* (złoż. do red.).

[P9] JUNG W., JASIK A., GOŁASZEWSKA-MALEC K., MACIEJEWSKA E.: Determination of Carrier Concentration in VECSEL Lasers. *Electron Technology Conf. 2013*, w serii: *Proc. of SPIE* 2013 t. 8902 s. 89021F-1-7.

[P10] JUNG W., JASIK A., GOŁASZEWSKA-MALEC K., MACIEJEWSKA E.: Wyznaczanie koncentracji nośników w laserach VECSEL. Mat. konf. XI Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa". Ryn, 16–20.04.2013, s. 217–218.

[P11] JUREŃCZYK J., ŻAK D., KANIEWSKI J.: Influence of Charge Region on the Operation of InGaAs/InAlAs/InP Avalanche Photodiodes. *Opt. Appl.* 2013 vol. XLIII nr 1 s. 39–46.

[P12] KARBOWNIK P., SZERLING A., BUGAJSKI M.: Modelowanie właściwości optycznych laserów kaskadowych z rozłożonym sprzężeniem zwrotnym. Mat. konf. XII Kraj. Konf. Elektroniki. Darłówko Wschodnie, 10–13.06.2013, s. 300–302.

[P13] LIPIŃSKI M., PIOTROWSKI T., RATAJCZAK J., HEJDUK K., BIERSKA-PIECH B., JARZĄBEK B.: Badania nanostruktur krzemowych w zastosowaniu do fotowoltaiki. *Elektronika* 2013 vol. LIV nr 5 s. 27–29.

[P14] LIPIŃSKI M., PIOTROWSKI T., RATAJCZAK J., HEJDUK K., BIERSKA-PIECH B., JARZĄBEK B.: Badania nanostruktur krzemowych w zastosowaniu do fotowoltaiki. Mat. konf. XII Kraj. Konf. Elektroniki. Darłówko Wschodnie, 10–13.06.2013, s. 782–787.

[P15] MACHOWSKA-PODSIADŁO E., BUGAJSKI M.: Three-Band Kane Model with Biaxial Strain for InAs/GaSb Superlattices. *J. of Physics D: Appl. Phys.* (złoż. do red.).

[P16] MROZIEWICZ B.: Kwantowe lasery kaskadowe do celów spektroskopii molekularnej – zagadnienia wybrane. *Elektronika* 2013 vol. LIV nr 11 s. 58–66.

[P17] MUSZALSKI J., BRODA A. A., JASIK A., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., TRAJNEROWICZ A., KUBACKA--TRACZYK J., SANKOWSKA I.: VECSEL Emitting at 976 nm for Second Harmonic Generation to the Blue. *Laser Technology 2012: Progress in Lasers* [in] *Proc. of SPIE* 2013 t. 8702 s. 8720A-1-7.

[P18] PAPIS-POLAKOWSKA E., KANIEWSKI J., SZADE J., RZODKIEWICZ W., JASIK A., JUREŃCZYK J., ORMAN Z., WAWRO A.: Passivation Studies of GaSb-Based Superlattice Structures. *Thin Solid Films* (złoż. do red.).

[P19] PAPIS-POLAKOWSKA E., LEONHARDT E., KANIEWSKI J.: Characterisation of (100) GaSb Passivated Surface Using Next Generation 3D Digital Microsopy. *Acta Phys. Pol. A* (złoż. do red.).

[P20] PAPIS-POLAKOWSKA E., WHITE R. G., DEEKS CH., MANNSBERGER M., KRAJEWSKA A., STRUPIŃSKI W., PŁOCIŃSKI T., JANKOWSKA O.: X-Ray Photoelectron Spectroscopy – Methodology and Application. *Acta Phys. Pol. A* (złoż. do red.).

[P21] SZERLING A., KOSIEL K., KARBOWNIK P., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., PŁUSKA M.: Influence of Mesa-Fabrication-Dependent Waveguide-Sidewall Roughness on Threshold Current and Slope Efficiency of AlGaAs/GaAs Mid-Infrared Quantum-Cascade Lasers. *Detection of Explosives a. CBRN (Using Terahertz)* (złoż. do red.).

[P22] SZERLING A., MACIEJEWSKA E., TRAJNEROWICZ A., KARBOWNIK P., KOSIEL K., HEJDUK K., WZOREK M.: Technologia wytwarzania siatek Bragga do jednomodowych laserów kaskadowych. Mat. konf. XII Kraj. Konf. Elektroniki. Darłówko Wschodnie, 10–13.06.2013, s. 322–326.

[P23] ŻAK D., JUREŃCZYK J., KANIEWSKI J.: Zener Phenomena in InGaAs/InAlAs/InP Avalanche Photodiodes. *J. of Electric. Eng.* (złoż. do red.).

Prezentacje'2013

[K1] BRODA A., MUSZALSKI J., GUTOWSKI P., SANKOWSKA I., KUBACKA-TRACZYK J., JASIK A., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., TRAJNEROWICZ A., GOŁASZEWSKA-MALEC K.: Switchable, Two Wavelength Emitting VECSEL. V Workshop on Physics a. Technology of Semiconductor Lasers Lasers. Kraków, 17–20.11.2013 (ref.).

[K2] BRODA , MUSZALSKI J., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., JASIK A., GUTOWSKI P., KUBACKA-TRACZYK J., SANKOWSKA I., TRAJNEROWICZ A.: Półprzewodnikowy laser dyskowy. XI Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa". Ryn, 16–20.04.2013 (plakat).

[K3] BUGAJSKI M., GUTOWSKI P., SAKOWICZ M., SZYMAŃSKI M., KARBOWNIK P., SZERLING A., KOSIEL K.: Kwantowe lasery kaskadowe do zastosowań w spektroskopii molekularnej. XI Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa". Ryn, 16–20.04.2013 (ref.).

[K4] BUGAJSKI M., PIERŚCIŃSKI K., SAKOWICZ M., KARBOWNIK P., KOLEK A., HAŁDAŚ G., SLIGHT T., MEREDITH W.: Strain Compensated 4.7 μm AlInAs/InGaAs/InP QCLs – Non-Equilibrium Green's Function Modeling of Electro-Optical Characteristics. V Workshop on Physics a. Technology of Semiconductor Lasers. Kraków, 17–20.11.2013 (ref.).

[K5] CZUBA K., JUREŃCZYK J., KANIEWSKI J.: Optymalizacja charakterystyk fotodiody lawinowej InGaAs/InAlAs/InP. XII Kraj. Konf. Elektroniki. Darłówko Wschodnie, 10–13.06.2013 (ref.).

[K6] CZUBA K., JUREŃCZYK J., KANIEWSKI J.: Numerical Calculations of SAGCM InGaAs/ /InAlAs/InP Avalanche Photodiode with Monolithic Refractive Optics. 1st An. Conf. of COST Action MP1204 & Int. Conf. on Semiconductor Mid-IR Materials a. Optics. Warszawa, 27.02–02.03.2013 (plakat).

[K7] GUTOWSKI P., SZYMAŃSKI M., SANKOWSKA I., KUBACKA-TRACZYK J., REGIŃSKI K., JASIK A., KOSIEL K., BUGAJSKI M.: InP-Based Lattice-Matched Quantum-Cascade Laser Structures: Waveguide Design, Modal Structure Calculations and Growth Issues. School of Photonics 2013. Cortona, Włochy, 20–24.05.2013 (plakat).

[K8] HAŁDAŚ G., KOLEK A., BUGAJSKI M., TRALLE I.: Nonequilibrium Green's Function Model of Mid-Infrared Quantum Cascade Laser. Symp. on Nanostructured Materials. Rzeszów, 21–22.05.2013 (plakat).

[K9] JASIK A., KANIEWSKI J., SANKOWSKA I., REGIŃSKI K., PIERŚCIŃSKA D., KUBACKA-TRACZYK J., PIERŚCIŃSKI K.: Precise Control of Strain by Interface Formation in Type-II in InAs/GaSb Superlattices. Collaborative Conf. on Crystal Growth. Cancun, Meksyk, 10–13.06.2013 (ref. zapr.).

[K10] JASIK A., WASYLCZYK P., DEMS M., WNUK P., SANKOWSKA I., ZINKIEWICZ Ł., WÓJCIK--JEDLIŃSKA A., KUBACKA-TRACZYK J., HEJDUK K., REGIŃSKI K.: Technologia MBE wysokodyspersyjnych zwierciadeł półprzewodnikowych. XI Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa. Ryn, 16–20.04.2013 (ref.).

[K11] JASIK A., WASYLCZYK P., DEMS M., WNUK P., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., HEJDUK K., REGIŃSKI K., ZINKIEWICZ Ł., KUBACKA-TRACZYK J., SANKOWSKA I.: MBE Growth of High-Dispersive Mirrors for Sub-Picosecond Lasers. Collaborative Conf. on Crystal Growth. Cancun, Meksyk, 10–13.06.2013 (ref. zapr.).

[K12] JUNG W., JASIK A., GOŁASZEWSKA-MALEC K., MACIEJEWSKA E.: Wyznaczanie koncentracji nośników w laserach VECSEL. XI Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa". Ryn, 16–20.04.2013 (plakat).

[K13] KARBOWNIK P., SZERLING A., BUGAJSKI M.: Numerical Analysis of Mid-IR Quantum Cascade Laser Optical Properties. V Workshop on Physics a. Technology of Semiconductor Lasers. Kraków, 17–20.11.2013 (plakat).

[K14] KARBOWNIK P., SZERLING A., BUGAJSKI M.: Modelowanie właściwości optycznych laserów kaskadowych z rozłożonym sprzężeniem zwrotnym. XII Kraj. Konf. Elektroniki. Darłówko Wschodnie, 10–13.06.2013 (plakat).

[K15] KARBOWNIK P., SZERLING A., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., TRAJNEROWICZ A., KOSIEL K., GRONOWSKA I., BUGAJSKI M.: Die-Bonding for QCL Fabrication Technology. School of Photonics 2013. Cortona, Włochy, 20–24.05.2013 (plakat).

[K16] KOSIEL K., SZERLING A., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., SANKOWSKA I., KUBACKA-TRACZYK J., SAKOWICZ M., PŁUSKA M., GOŁASZEWSKA-MALEC K., JAKIEŁA R., JUREŃCZYK J.: Epitaxy of AlGaAs/GaAs Structures for THz Quantum-Cascade Lasers. V Workshop on Physics a. Technology of Semiconductor Lasers. Kraków, 17–20.11.2013 (plakat).

[K17] KUBACKA-TRACZYK J., SANKOWSKA I., SEECK O. H., BUGAJSKI M., KOSIEL K.: High-Resolution X-Ray Characterization of MID-IR $Al_{0.45}Ga_{0.55}As$/GaAs QCL Structure. 15th Int. Conf. on Defects Recognition, Imaging a. Physics in Semiconductors. Warszawa, 15–19.09.2013 (plakat).

[K18] MUSZALSKI J., BRODA A., JASIK A., GUTOWSKI P., SANKOWSKA I., KUBACKA-TRACZYK J., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., TRAJNEROWICZ A., GOŁASZEWSKA-MALEC K.: MBE Growth of VECSEL Heterostructures: The Challlenge of Control of the Layer Thickness and the Strain Relaxation. V Workshop on Physics a. Technology of Semiconductor Lasers. Kraków, 17–20.11.2013 (plakat).

[K19] MUSZALSKI J., BRODA A. , WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., GUTOWSKI P., JASIK A., TRAJNEROWICZ A., SANKOWSKA I., KUBACKA-TRACZYK J., GOŁASZEWSKA-MALEC K.: Current State of the VECSEL Development in ITE. 1st An. Conf. of COST Action MP1204 & Int. Conf. on Semiconductor Mid-IR Materials a. Optics. Warszawa, 27.02–02.03.2013 (ref.).

[K20] MUSZALSKI J., JASIK A., BRODA A. , WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., SANKOWSKA I., KUBACKA-TRACZYK J., GUTOWSKI P., TRAJNEROWICZ A.: Półprzewodnikowy laser dyskowy – epitaksja dla fotoniki. V Kongres Polskiego Towarzystwa Próżniowego. Kraków, 12–15.09.2013 (ref. zapr.).

[K21] MUZIOŁ G., TURSKI H., SIEKACZ M., SAWICKA M., WOLNY P., PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., REGIŃSKI K., MROZIEWICZ B., PERLIN P., SKIERBISZEWSKI C.: Far Field Pattern of AlGaN Cladding Free Blue Laser Diodes Grown by PAMBE. 17th Int. Conf. on Crystal Growth and Epitaxy. Warszawa, 11–16.08.2013 (plakat).

[K22] MUZIOŁ G., TURSKI H., SIEKACZ M., SAWICKA M., WOLNY P., PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., REGIŃSKI K., MROZIEWICZ B., PERLIN P., SKIERBISZEWSKI C.: Far Field Pattern of AlGaN Cladding Free Blue Laser Diodes Grown by PAMBE. V Workshop on Physics a. Technology of Semiconductor Lasers. Kraków, 17–20.11.2013 (kom.).

[K23] PAPIS-POLAKOWSKA E., KANIEWSKI J.: Characterisation of (100) GaSb Passivated Surface Using Next Generation 3D Digital Microsopy. 15th Int. Conf. on Defects Recognition, Imaging a. Physics in Semiconductors. Warszawa, 15–19.09.2013 (ref.).

[K24] PAPIS-POLAKOWSKA E., KANIEWSKI J., JASIK A., JUREŃCZYK J., RZODKIEWICZ W., WZOREK M., SZADE J., WAWRO A., ORMAN Z.: Wybrane aspekty technologii wytwarzania detektorów podczerwieni na bazie supersieci II rodzaju InAs/GaSb. XII Kraj. Konf. Elektroniki. Darłówko Wschodnie, 10–13.06.2013 (ref.).

[K25] PAPIS-POLAKOWSKA E., KANIEWSKI J., JASIK A., SZADE J., RZODKIEWICZ W., WZOREK M., JUREŃCZYK J., WAWRO A., FENNER M. F.: Interface Properties of Type-II InAs/GaSb Superlattice Structures. Third Sci. Symp. for Nanomeasurement Research NANOMEASURE 2013. Warszawa, 25–26.06.2013 (plakat).

[K26] PAPIS-POLAKOWSKA E., RADKOWSKI B., LESKO S., KANIEWSKI J.: Peak Force Tapping Technique for Characterization of Thin Organic Passivating Layers. 15th Int. Conf. on Defects Recognition, Imaging a. Physics in Semiconductors. Warszawa, 15–19.09.2013 (ref.).

[K27] PAPIS-POLAKOWSKA E., WHITE R. G., DEEKS CH., MANNSBERGER M., KRAJEWSKA A., STRUPIŃSKI W., PŁOCIŃSKI T., JANKOWSKA O.: X-Ray Photoelectron Spectroscopy – Methodology and Application. 15th Int. Conf. on Defects Recognition, Imaging a. Physics in Semiconductors. Warszawa, 15–19.09.2013 (ref.).

[K28] PIERŚCIŃSKA D., PIERŚCIŃSKI K., BUGAJSKI M.: Thermal Characteristics and Power Roll-Over of GaAs/AlGaAs Quantum Cascade Lasers. V Workshop on Physics a. Technology of Semiconductor Lasers. Kraków, 17–20.11.2013 (plakat).

[K29] PIERŚCIŃSKI K., PIERŚCIŃSKA D., BUGAJSKI M.: Evaluation of Performance of Mid-IR Quantum Cascade Lasers by Means of TR Imaging. 15th Int. Conf. on Defects Recognition, Imaging a. Physics in Semiconductors. Warszawa, 15–19.09.2013 (ref.).

[K30] PIERŚCIŃSKA D., PIERŚCIŃSKI K., BUGAJSKI M.: CCD Thermoreflectance for Thermal Characterization of Optoelectronic Devices. 15th Int. Conf. on Defects Recognition, Imaging a. Physics in Semiconductors. Warszawa, 15–19.09.2013 (plakat).

[K31] PIERŚCIŃSKI K., SIRBU A., CALIMAN A., MEREUTA A., YAKOVLEV V., SURUCEANU G., KAPON E.: Wafer Fused VECSELs Emitting in 1.3 μm and 1.5 μm Range. V Workshop on Physics a. Technology of Semiconductor Lasers. Kraków, 17–20.11.2013 (plakat).

[K32] PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., KOWALCZYK L., REGIŃSKI K., KARBOWNIK P., KOSIEL K., MROZIEWICZ B.: Quantum Cascade Laser Beam Quality Measurements Using a Goniometric System. Int. Conf. on THz and Mid Infrared Radiation and Applications to Cancer Detection Using

Laser Imaging jointly with the Workgroup Meet. of COST ACTIONs MP1204 a. BM1205. Sheffield, Wielka Brytania, 10–11.10.2013 (plakat).

[K33] PRUSZYŃSKA-KARBOWNIK E., REGIŃSKI K., MROZIEWICZ B., KOSIEL K., KARBOWNIK P.: Analysis of Mode Hopping in a Quantum Cascade Laser through the Study of Far-Field. 1st An. Conf. of COST Action MP1204 & Int. Conf. on Semiconductor Mid-IR Materials a. Optics. Warszawa, 27.02–02.03.2013 (plakat).

[K34] SANKOWSKA I., KUBACKA-TRACZYK J., GUTOWSKI P., JASIK A., BUGAJSKI M.: Analysis of Strain Net in InAlAs/InP Heterostructures Using High Resolution X-Ray Diffraction Technique. 15th Int. Conf. on Defects Recognition, Imaging a. Physics in Semiconductors. Warszawa, 15–19.09.2013 (plakat).

[K35] SZERLING A., KARBOWNIK P., KOSIEL K., TRAJNEROWICZ A., MACIEJEWSKA E., GOŁASZEWSKA--MALEC K., ŁASZCZ A., WALCZAKOWSKI M., PAŁKA N.: Ultrathin Metallic Layers for IR-Emitters Technology. V Kongres Polskiego Towarzystwa Próżniowego. Kraków, 12–15.09.2013 (ref. zapr.).

[K36] SZERLING A., KOSIEL K., SAKOWICZ M., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., SANKOWSKA I., KUBACKA-TRACZYK J., TRAJNEROWICZ A., ŁASZCZ A., GOŁASZEWSKA-MALEC K., PŁUSKA M., JAKIEŁA R., WASILEWSKI Z.: Epitaxy and Device Fabrication for AlGaAs/GaAs THz Quantum-Cascade Lasers. Int. Conf. on THz and Mid Infrared Radiation and Applications to Cancer Detection Using Laser Imaging jointly with the Workgroup Meet. of COST ACTIONs MP1204 a. BM1205. Sheffield, Wielka Brytania, 10–11.10.2013 (plakat).

[K37] SZERLING A., KOSIEL K., WASILEWSKI Z., SAKOWICZ M., TRAJNEROWICZ A., GOŁASZEWSKA-MALEC K., ŁASZCZ A., PŁUSKA M., WALCZAKOWSKI M., PAŁKA N.: Fabrication of Terahertz Quantum Cascade Laser. V Workshop on Physics a. Technology of Semiconductor Lasers. Kraków, 17–20.11.2013 (plakat).

[K38] SZERLING A., MACIEJEWSKA E., TRAJNEROWICZ A., KARBOWNIK P., KOSIEL K., HEJDUK K., WZOREK M.: Technologia wytwarzania siatek Bragga do jednomodowych laserów kaskadowych. XII Kraj. Konf. Elektroniki. Darłówko Wschodnie, 10–13.06.2013 (plakat).

[K39] SZERLING A., KOSIEL K., SAKOWICZ M., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., SANKOWSKA I., KUBACKA--TRACZYK J., TRAJNEROWICZ A., ŁASZCZ A., GOŁASZEWSKA-MALEC K., PŁUSKA M., JAKIEŁA R., WASILEWSKI Z.: Epitaxy and Device Fabrication for AlGaAs/GaAs THz Quantum-Cascade Lasers. Int. Conf. on THz and Mid Infrared Radiation and Applications to Cancer Detection Using Laser Imaging jointly with the Workgroup Meet. of COST ACTIONs MP1204 a. BM1205. Sheffield, Wielka Brytania, 10–11.10.2013 (plakat).

[K40] SZERLING A., KOSIEL K., WASILEWSKI Z., SAKOWICZ M., TRAJNEROWICZ A., GOŁASZEWSKA--MALEC K., ŁASZCZ A., PŁUSKA M., WALCZAKOWSKI M., PAŁKA N.: Terahertz Quantum Cascade Laser: Selected Technological Problems. GDR-I and GDR Workshop. Montpellier, Francja, 9–11.12.2013 (plakat).

[K41] SZERLING A., KOSIEL K., WASILEWSKI Z., SAKOWICZ M., TRAJNEROWICZ A., GOŁASZEWSKA--MALEC K., ŁASZCZ A., PŁUSKA M., WALCZAKOWSKI M., PAŁKA N.: Fabrication of Terahertz Quantum Cascade Laser. V Workshop on Physics a. Technology of Semiconductor Lasers. Kraków, 17–20.11.2013 (plakat).

[K42] SZERLING A., MACIEJEWSKA E., TRAJNEROWICZ A., KARBOWNIK P., KOSIEL K., HEJDUK K., WZOREK M.: Technologia wytwarzania siatek Bragga do jednomodowych laserów kaskadowych. XII Kraj. Konf. Elektroniki. Darłówko Wschodnie, 10–13.06.2013 (plakat).

[K43] SZYMAŃSKI M., TEISSEYRE H., KOZANECKI A.: Theoretical Study of Ultraviolet ZnO/ZnMgO Laser Diodes on GaN or Al_2O_3 Substrates – toward Electrically Pumped Devices. E-MRS Fall Meet.

2013 Symp. F: Novel Materials for Electronic, Optoelectronic, Photovoltaic a. Energy Saving Applications. Warszawa, 16–20.09.2013 (plakat).

[K44] TRAJNEROWICZ A., PŁUSKA M., SZERLING A., KARBOWNIK P., KOSIEL K.: Wpływ warunków montażu na mechaniczne i elektryczne właściwości warstw kontaktowych laserów na zakres średniej podczerwieni. XII Kraj. Konf. Elektroniki. Darłówko Wschodnie, 10–13.06.2013 (plakat).

[K45] TRAJNEROWICZ A., SAKOWICZ M., KARBOWNIK P., BUGAJSKI M., PAJĄK M., RATAJCZYK M.: Dedicated Quantum Cascade Laser Driver. V Workshop on Physics a. Technology of Semiconductor Lasers. Kraków, 17–20.11.2013 (plakat).

[K46] URBAŃCZYK D., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., KOSIEL K., SZYMAŃSKI M., WASIAK M., BUGAJSKI M.: The Study of Heat Transport in Photonic Periodic Nanostructures Using Optical Spectroscopy Methods. 15th Int. Conf. on Defects Recognition, Imaging a. Physics in Semiconductors. Warszawa, 15–19.09.2013 (plakat).

[K47] WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., URBAŃCZYK D., KOSIEL K., SZYMAŃSKI M., WASIAK M., BUGAJSKI M.: The Photoluminescence Study of Heat Transport in Semiconductor Periodic Nanostructures. Int. Conf. on THz and Mid Infrared Radiation and Applications to Cancer Detection Using Laser Imaging jointly with the Workgroup Meet. of COST ACTIONs MP1204 a. BM1205. Sheffield, Wielka Brytania, 10–11.10.2013 (kom.).

[K48] ZINKIEWICZ Ł., WASYLCZYK P., JASIK A., DEMS M., WNUK P., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., REGIŃSKI K., HEJDUK K.: Semiconductor Double-Chirped Mirrors for Dispersion Compensation in Femtosecond Yb:KYW Lasers. V Workshop on Physics a. Technology of Semiconductor Lasers. Kraków, 17–20.11.2013 (ref.).

Patenty'2013

[PA1] JASIK A. W., KUBACKA J., SANKOWSKA I., KAZIMIERZ REGIŃSKI R.: Sposób określania składu chemicznego warstw $Al_xGa_{x-1}As_ySb_{1-y}$. Pat. nr 216494.

[PA2] MROZIEWICZ B.: Sposób pomiaru przestrzennego rozkładu natężenia promieniowania laserów półprzewodnikowych oraz urządzenie do pomiaru przestrzennego rozkładu promieniowania laserów półprzewodnikowych. Pat. nr 216594.

[PA3] PIERŚCIŃSKI K., PIERŚCIŃSKA D., BUGAJSKI M.: Sposób pomiaru rozkładu temperatury na powierzchni struktur optycznie pompowanych laserów VECSEL oraz układ do pomiaru rozkładu temperatury na powierzchni struktur optycznie pompowanych laserów VECSEL. Pat. wg zgł. nr P.390358.

[PA4] GUTOWSKI P., ORNOCH L.: Blok wyjściowy impulsowego zasilacza prądowego. Zgł. pat. nr P404203 z dn. 4.06.2013.

[PA5] GUTOWSKI P., ORNOCH L.: Układ impulsowego zasilacza prądowego. Zgł. pat. nr P404204 z dn. 4.06.2013.

[PA6] GUTOWSKI P., ORNOCH L.: Obudowa prądowego zasilacza impulsowego. Zgł. pat. nr P404253 z dn. 4.06.2013.

[PA7] MUSZALSKI J., BRODA A., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., TRAJNEROWICZ A.: Dwumodowa heterostruktura lasera półprzewodnikowego pompowanego optycznie. Zgł. pat. nr P.406581 z dn. 18.12.2013.

[PA8] SZERLING A., KARBOWNIK A., KOSIEL K., HEJDUK K., BUGAJSKI M.: Uchwyt. Wzór użytkowy Ru. 66661.