ZAKŁAD FIZYKI I TECHNOLOGII STRUKTUR NISKOWYMIAROWYCH

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, dr hab. Jan Muszalski, dr Janusz Kaniewski, dr inż. Jan Łysko, dr Tomasz Przesławski, dr Tomasz Ochalski, dr inż. Michał Szymański, dr inż. Mariusz Zbroszczyk, dr Kamil Kosiel, mgr Krzysztof Hejduk, mgr inż. Emil Kowalczyk, mgr inż. Leszek Ornoch, mgr inż. Kamil Pierściński, mgr inż. Tomasz Piwoński, mgr inż. Anna Wójcik-Jedlińska, mgr inż. Anna Szerling, mgr inż. Dorota Wawer, mgr inż. Michał Kosmala, mgr inż. Hanna Wrzesińska, mgr inż. Marianna Górska

1. Realizowane projekty badawcze

W 2004 r. w Zakładzie Fizyki i Technologii Struktur Niskowymiarowych realizowano następujące projekty:

- "Badania nad strukturami niskowymiarowymi ze związków półprzewodnikowych III-V i przyrządami optoelektronicznymi wytwarzanymi z tych struktur" (temat statutowy nr 1.01.030),
- "Lasery dużej mocy i linijki laserowe z InGaAlAs/GaAs na pasmo 780 – 810 nm" (projekt badawczy nr 2.01.089, 7 T11B 021 21),
- "Analiza wzmocnienia w obszarze czynnym lasera półprzewodnikowego z pojedynczą lub wielokrotną studnią kwantową" (projekt badawczy nr 2.01.098, 4 T11B 037 23),
- "Detektory podczerwieni z optyczną wnęką rezonansową na pasmo 1,55 μm" (projekt badawczy nr 2.01.103, 4 T11B 015 25),
- "Półprzewodnikowy czujnik mikroprzepływów" (projekt badawczy nr 2.01.108, 3T11B 016 26),
- "Zastosowanie technik spektroskopowych z wykorzystaniem analizy fourierowskiej do badań rezonatorów krawędziowych laserów półprzewodnikowych" (projekt badawczy nr 2.01.110, 3 T11B 045 27),
- "Elementy i moduły optoelektroniczne do zastosowań w medycynie, przemyśle, ochronie środowiska i technice wojskowej" (PBZ nr 3.01.011, PBZ-Min 009/T11/2003),
- Centrum Doskonałości "Fizyka i Technologia Nanostruktur dla Fotoniki" CEPHONA (projekt badawczy finansowany przez UE nr 5.01.024, G5MA-CT-2002-72100).

Zakład świadczył także usługi naukowo-badawcze:

- "Opracowanie technologii i wykonanie testerów" (nr 6.01.516),
- "Opracowanie technologii i wykonanie kontaktów metalicznych Cr/Au" (nr 6.01.517),
- "Opracowanie technologii i wykonanie detektorów punktów rosy" (nr 6.01.520),
- "Opracowanie i wykonanie procesów nanoszenia metalizacji Cr/Au i fotolitografii" (nr 6.01.526).

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 (Molecular Beam Epitaxy MBE) w reaktorze RIBER 32P. 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 2004 r. dotyczyły głównie zagadnień związanych z konstrukcją i wytwarzaniem laserów dużej mocy i wysokiej jaskrawości. Koncentrowały się głównie na:

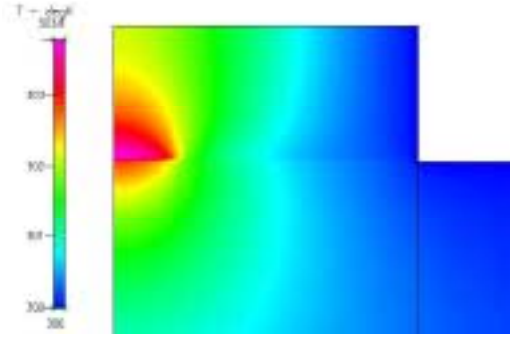
- symulacji numerycznej laserów półprzewodnikowych dużej mocy i analizie numerycznej samouzgodnionych rozwiązań równań Schrödingera i Poissona dla struktur laserowych,
- dynamice procesów termiczno-optycznych w laserach półprzewodnikowych,
- optymalizacji technologii wytwarzania struktur MBE laserów dużej mocy oraz optymalizacji trawienia struktur typu "ridge waveguide",
- rozwijaniu wysokorozdzielczych technik optycznych badania struktur półprzewodnikowych,
- zastosowaniu krzemowych chłodnic MOEMS do aktywnego chłodzenia laserów półprzewodnikowych,
- czujnikach pola magnetycznego.

Dzięki prowadzonym pracom uzyskano wiele wartościowych wyników o charakterze poznawczym i praktycznym.

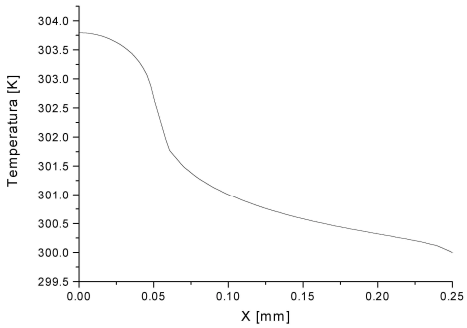
2.1. Symulacje zjawisk termicznych w laserach półprzewodnikowych

Lasery szerokopaskowe oraz linijki laserowe znajdują zastosowanie w wielu dziedzinach takich, jak pompowanie optyczne laserów ciała stałego, obróbka materiałów czy telekomunikacja. Wiele kluczowych parametrów ich pracy, jak trwałość, maksymalna moc optyczna, prąd progowy czy właściwości spektralne, zależy od temperatury pracy lasera.

Celem symulacji numerycznych było otrzymanie dwuwymiarowego rozkładu temperatury w płaszczyźnie równoległej do zwierciadeł laserowych. Obliczenia zostały przeprowadzone przy użyciu metody elementu skończonego. Przykładowe wyniki obliczeń są przedstawione na rys. 1 i 2.



Rys. 1. Dwuwymiarowy rozkład temperatury w warstwach struktury laserowej



Rys. 2. Rozkład temperatury w warstwie aktywnej lasera

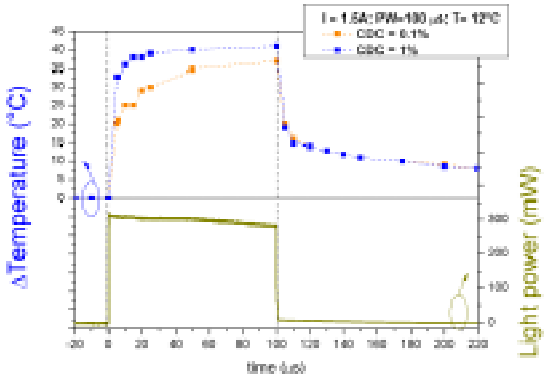
W symulacjach przyjęto, że temperatura otoczenia T_{zew} = 300 K. Na rys. 1 widać, że temperatura w warstwach półprzewodnikowych powyżej warstwy aktywnej jest wyższa niż w warstwach poniżej tej warstwy. Maksymalna obliczona temperatura obszaru aktywnego wynosi 303,8 K. Zmiany temperatury obserwowane są wzdłuż warstwy aktywnej lasera, jak również w kierunku prostopadłym do warstw. Na rys. 2 widoczny jest gwałtowny spadek temperatury w miejscu, gdzie kończy się kontakt.

2.2. Dynamika procesów termiczno-optycznych w laserach półprzewodnikowych

Głównym zagadnieniem związanym z pracą ciągłą (CW) oraz quasi-ciągłą (q-CW) laserów półprzewodnikowych są warunki termiczno-optyczne, w jakich zachodzą procesy prowadzące do laserowania. Optymalizacja tych warunków polega nie tylko na opracowaniu odpowiedniej konstrukcji diody laserowej, ale również na zapewnieniu dobrego odprowadzania ciepła do otoczenia. Ze względu na generację ciepła wewnątrz lasera następuje pogorszenie się jakości generowanej przez laser wiązki optycznej oraz zmniejszenie sprawności przetwarzania energii elektrycznej.

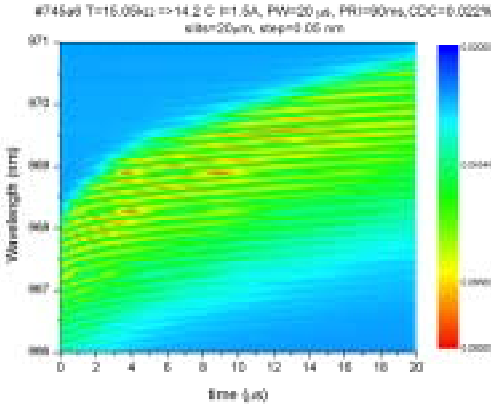
Celem prowadzonych badań była analiza widmowa wiązki optycznej generowanej przez laser w funkcji czasu trwania impulsu pompującego laser prądem, a w szczególności badanie niestacjonarnych procesów termiczno-optycznych powstających w momencie włączenia impulsu pompującego oraz stabilizacja tych procesów w czasie trwania impulsu zasilającego. Równolegle była prowadzona analiza czasowo-rozdzielcza charakterystyk optycznych w funkcji prądu, a tym samym badanie parametrów: sprawności kwantowej wewnętrznej i zewnętrznej.

W wyniku zasilania lasera prądem stałym bądź impulsowym oprócz wzbudzenia akcji laserowej rozpoczynają się procesy termiczne, które stanowią konkurencję dla procesów optycznych oraz obniżają sprawność kwantową lasera. Eksperymentalnie wyznaczone czasowe zmiany temperatury złącza pracującego lasera są przedstawione na rys. 3.



Rys. 3. Zmiany mocy promieniowania lasera i temperatury złącza lasera w czasie trwania impulsu zasilającego

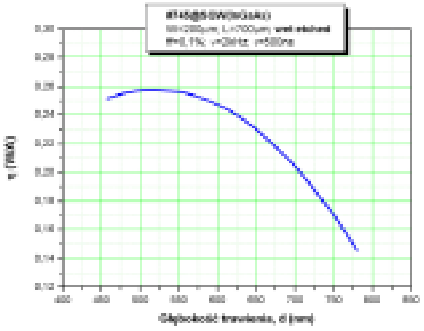
Istotne informacje o procesach termicznych zachodzących w strukturze uzyskuje się z czasowo-rozdzielczych widm emisji laserów. W wyniku eksperymentów otrzymuje się wysoko rozdzielcze mapy położenia widma emisji w funkcji trwania impulsu pompującego laser prądem. Na ich podstawie określa się stabilność czasową akcji laserowej, jak również rozkład temperatury w funkcji czasu trwania impulsu zasilającego. Typowa mapa czasowej zależności widma emisji jest przedstawiona na rys. 4. Mapa ta pokazuje wyraźne przesuwanie widma emisji lasera wraz z czasem trwania impulsu prądowego. Szczególnie duże zmiany widoczne są w pierwszej fazie trwania impulsu prądowego, co potwierdza dużą dynamikę procesów termiczno-optycznych. Można również zauważyć zjawisko stabilizacji modów optycznych w czasie trwania impulsu prądowego.



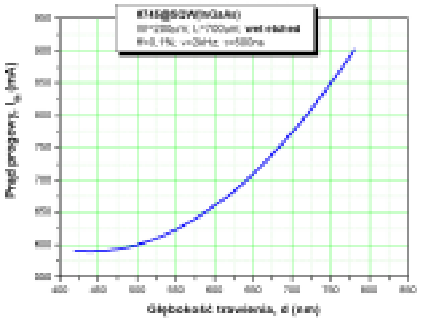
Rys. 4. Wysoko rozdzielcza mapa położenia widma emisji w funkcji trwania impulsu pompującego laser prądem

2.3. Optymalizacji technologii wytwarzania struktur MBE laserów dużej mocy oraz optymalizacji trawienia struktur typu “ridge waveguide”

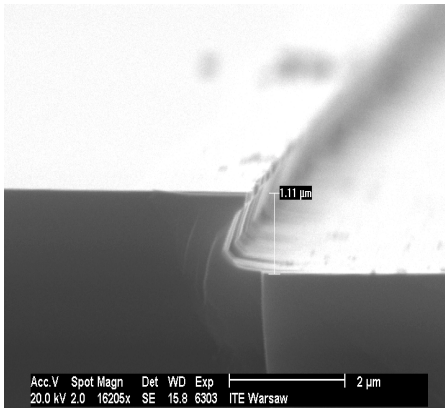
Przy optymalizacji struktur laserowych istotną rolę odgrywa konstrukcja przyrządu. W 2004 r. wykonano prace związane z określeniem właściwej geometrii struktur laserowych typu “ridge-waveguide”, a w szczególności szerokości paska, długości rezonatora oraz głębokości trawionej mesy. W celu określenia najkorzystniejszej konstrukcji lasera typu “ridge-waveguide” zbadano wpływ tych parametrów na podstawowe charakterystyki struktury laserowej. Przykładowe wyniki dotyczące zmian sprawności i prądu progowego lasera o tej konstrukcji są przedstawione na rys. 5 i 6. Wyraźnie widoczne są zmiany podstawowych charakterystyk w zależności od głębokości wytrawionej mesy.



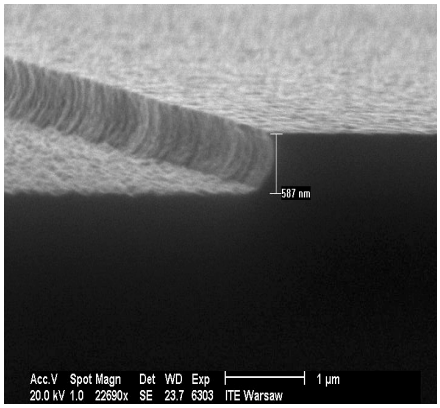
Rys. 5. Zależność zewnętrznej różniczkowej sprawności kwantowej lasera η od głębokości trawienia określona z charakterystyk emisyjnych



Rys. 6. Zależność średniego prądu progowego I_{th} lasera od głębokości trawienia określona z charakterystyk emisyjnych



Rys. 7. Obraz mesy trawionej na mokro uzyskany za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego



Rys. 8. Obraz mesy trawionej plazmowo uzyskany za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego

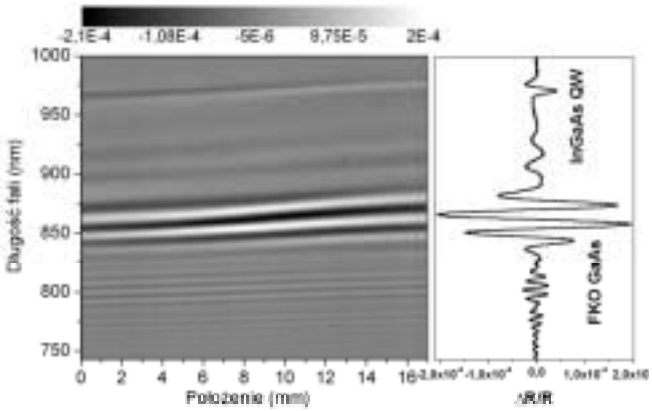
Istotnym problemem w technologii laserów jest nie tylko głębokość trawienia, ale również właściwy kształt ścian mesy wykonanej w strukturze epitaksjalnej. W tym

celu opracowano szereg procedur wykorzystujących trawienia mokre i tzw. suche w plazmie.

Przykładowe trawienia pozwalające na precyzyjne kontrolowanie głębokości, jak również kształtu i nachylenia ścian są przedstawione na rys. 7 i 8.

2.4. Badania wysoko rozdzielczych technik optycznych struktur półprzewodnikowych

W 2004 r. kontynuowano prace nad rozwojem spektroskopii modulacyjnej w zastosowaniu do badań półprzewodników. Technika te charakteryzuje się dużą dokładnością wyznaczenia energii przejść optycznych. Dzięki różniczkowej naturze obserwowanych widm uwydatnione zostają sygnały związane ze słabymi efektami, jak np. międzypasmowe przejścia optyczne o małej sile oscylatora, które są trudne do zaobserwowania w klasycznej spektroskopii absorpcyjnej lub odbiciowej. Analiza uzyskanych widm pozwala wyznaczyć energię punktów krytycznych, parametr poszerzenia związany z czasem życia nośników i wartości wbudowanych pól elektrycznych oraz koncentracji nośników. Podstawowe techniki modulacyjne, takie jak fotoodbicie i termoodbicie, pozwalają w sposób nieinwazyjny i nieniszczący charakteryzować zjawiska w strukturach, jak w i działających urządzeniach półprzewodnikowych. Przykładowa mapa fotoodbicia lasera półprzewodnikowego jest przedstawiona na rys. 9.

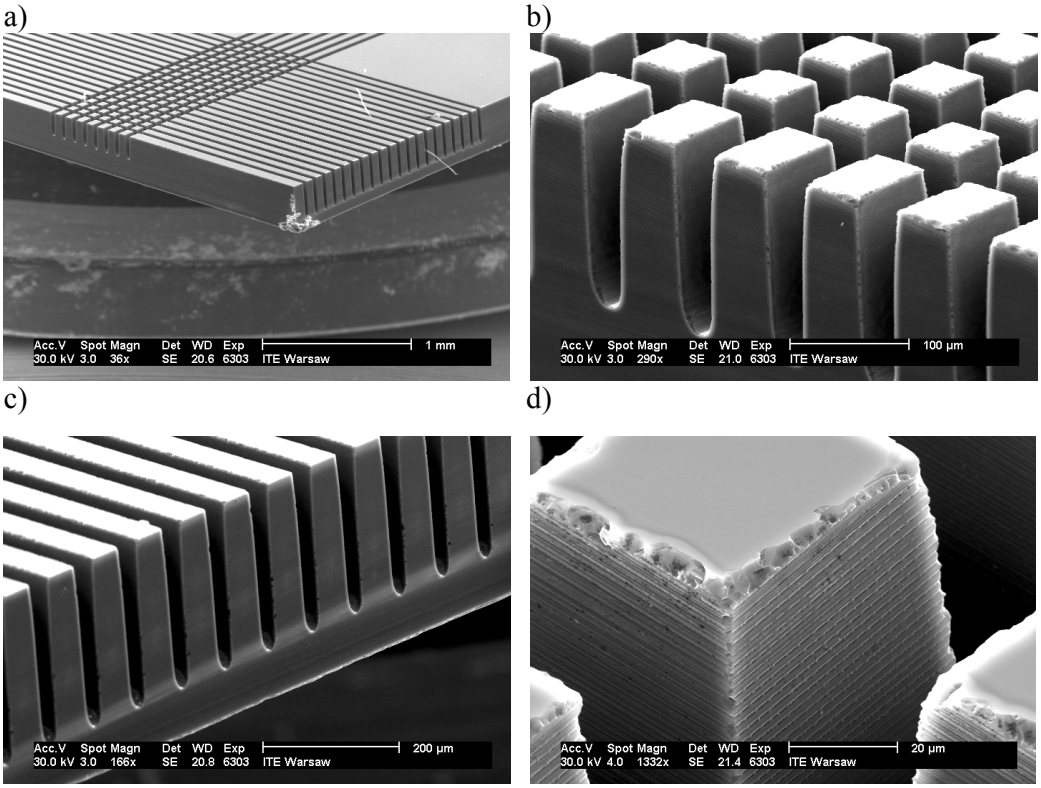


Rys. 9. Mapa fotoodbicia dla pełnej struktury laserowej. Z prawej wybrane widmo fotoodbicia

Dzięki zastosowaniu tej techniki możliwe jest uzyskanie informacji na temat jakości struktury półprzewodnikowej. Widoczne na mapach zmiany obrazują jednorodność wyhodowanych struktur. Technika ta pozwala również oszacować naprężenia powstające w linijkach laserowych na skutek zamontowania ich na chłodnicy. W przypadku termoodbicia uzyskiwane mapy obrazują rozkład temperatury na powierzchni zwierciadeł diod laserowych w trakcie pracy.

2.5. Zastosowanie krzemowych chłodnic MOEMS do aktywnego chłodzenia laserów półprzewodnikowych

W 2004 r. rozpoczęto prace nad krzemowymi chłodnicami do aktywnego chłodzenia struktur laserów krawędziowych, wytwarzanymi technikami MEMS. Dotychczas struktury laserowe były montowane na miedzianych radiatorach, które w bierny sposób odprowadzają ciepło do otoczenia. Nowoczesną chłodnicę zaprojektowano jako konstrukcję krzemowo-szklaną, która jest chłodzona przepływająca wodą. Elementy takiej chłodnicy są przedstawione na rys. 10.

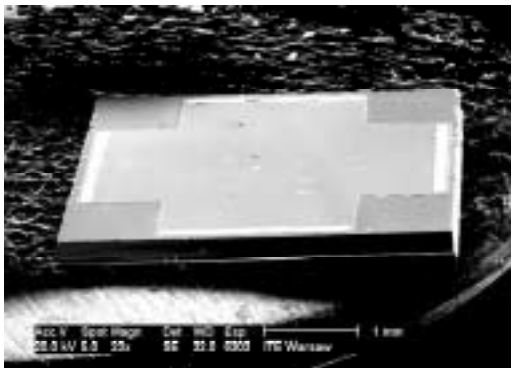


Rys. 10. Widok ogólny chłodnicy krzemowej: a) wiązka 8 mikrokanalików o głębokości 200 µm skrzyżowana z wiązką 20 mikrokanalików o głębokości 300 µm, b) zbliżenie na ujście wiązki 8 mikrokanalików o głębokości 200 µm, c) zbliżenie na ujście wiązki 20 mikrokanalików o głębokości 300 µm, d) zbliżenie na skrzyżowanie mikrokanalików (fot. dr inż. Jacek Ratajczak Z-8)

2.6. Czujniki pola magnetycznego

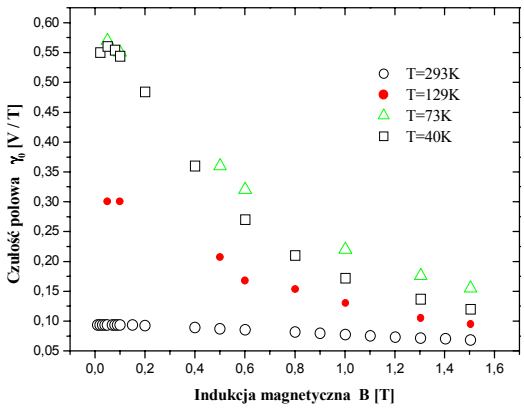
Cienkie warstwy InGaAs są obecnie powszechnie wykorzystywane w wielu przyrządach półprzewodnikowych. Wyjątkowa czułość tego materiału na obecność pola magnetycznego powoduje, że InGaAs jest wykorzystywany do wytwarzania czujników pola magnetycznego takich, jak hallotrony i gaussotrony (rys. 11). Do

tego celu szczególnie dobrze nadają się cienkie warstwy $In_{0,53}Ga_{0,47}As$ dopasowane sieciowo do InP, wytwarzane metodą epitaksji z wiązek molekularnych (BE).



Rys. 11. Struktura krzyżowa czujnika pola magnetycznego

Charakteryzacja niedomieszkowanych warstw $In_{0,53}Ga_{0,47}As/InP$, uwzględniająca zależność mierzonych ruchliwości i koncentracji od ich grubości i temperatury wzrostu, wykazała możliwość uzyskania wyjątkowo dużych wartości napięcia hallowskiego. Z tego powodu czujniki pola wytworzone z tego materiału charakteryzują się szczególnie dużą wartością czułości polowej γ_0 i prądowej γ. Zmiany czułości polowej w zależności od indukcji magnetycznej są przedstawione na rys. 12.



Rys. 12. Czułość polowa struktury krzyżowej w funkcji indukcji magnetycznej *B*

Optymalizacja procesu epitaksji pod kątem perfekcji krystalograficznej warstw pozwoliła na uzyskanie dużych ruchliwości nośników i – co się z tym wiąże – znacznych względnych przyrostów magnetorezystancji. Uzyskano dobre wartości czułości prądowych S_I oraz napięciowych S_V, zależnych od iloczynu ruchliwości hallowskiej *H* i indukcji magnetycznej *B*.

Z przeprowadzonych badań wynika, że jest możliwe uzyskanie następujących parametrów: $\gamma_0 \sim 0{,}07$ V/T, $\gamma \sim 3900$ Ω/T dla hallotronów oraz $S_I \sim 755$ W/T, $S_V \sim$ $\sim 0{,}1$ 1/T dla gaussotronów przy prądzie $I = 15$ mA dla $B = 0{,}6$ T i $T = 293$ K. Wy-

niki te uzyskano dla warstw InGaAs o koncentracji hallowskiej $n_H = 2 \cdot 10^{14}$ cm^{-3}, stałej Halla $R_H = 31\ 250$ cm^3/C oraz ruchliwości $\mu_H = 7000$ cm^2/V·s.

3. Współpraca międzynarodowa

W 2004 r. Zakład współpracował z następującymi ośrodkami zagranicznymi:

- National University of Ireland, Physics Department, Cork, Irlandia
  przedmiot współpracy – fizyka laserów półprzewodnikowych;
- University of Nottingham, Nottingham, Wielka Brytania
  przedmiot współpracy – technologia epitaksji z wiązek molekularnych MBE;
- Katholieke Universiteit Nijmegen, Research Institute for Materials Experimental Solid State Physics, Nijmegen, Holandia
  przedmiot współpracy – spektroskopia optyczna struktur azotkowych;
- Max-Born Institute, Berlin, Niemcy
  przedmiot współpracy – badania termicznych właściwości laserów półprzewodnikowych, spektroskopia Ramanowska.

4. Uzyskane stopnie naukowe, nagrody i wyróżnienia

Stopnie naukowe

- dr hab. J. Muszalski – uzyskanie stopnia doktora habilitowanego na podstawie rozprawy pt. "Semiconductor Microcavities",
- mgr inż. K. Pierściński – uzyskanie tytułu magistra za pracę pt. "Wysoko rozdzielcza spektroskopia fotoodbiciowa struktur półprzewodnikowych".

Nagrody i wyróżnienia

- prof. dr hab. inż. B. Mroziewicz – II nagroda w konkursie publicystycznym SEP im. J. Pożaryskiego za cykl artykułów o diodach elektroluminescencyjnych, czerwiec 2004 r.,
- mgr inż. D. Wawer – I nagroda w konkursie za najlepszy komunikat przedstawiony przez młodego pracownika naukowego na VIII Konferencji Naukowej "Technologia Elektronowa" ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004,
- mgr inż. D. Wawer, dr inż. T. Ochalski, mgr inż. T. Piwoński, mgr inż. A. Wójcik-Jedlińska, prof. dr hab. M. Bugajski, H. Page – nagroda I stopnia za prezentację plakatową "High Resolution Mapping of Temperature Distribution in Pulsed Operated Quantum Cascade Lasers" na VIII Konferencji Naukowej "Technologia Elektronowa" ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004.

Publikacje'2004

[P1] BUGAJSKI M.: Nanofotonika. *Postępy Fizyki* 2004 t. 55 nr 4 s. 162–168.

[P2] DZIUBAN J. A., MRÓZ J., SZCZYGIELSKA M., MAŁACHOWSKI M., GÓRECKA-DRZAZGA A., WALCZAK R., BUŁA W., ZALEWSKI D., NIERADKO Ł., ŁYSKO J., KOSZUR J., KOWALSKI P.: Portable Gas Chromatograph with Integrated Components. *Sensors & Actators* 2004 vol. A115 nr 2–3 s. 318.

[P3] GÓRSKA M., WRZESIŃSKA H., HEJDUK K., SZERLING A., ŁYSKO J. M.: Deep Mesa Etching in the InGaAs/InAlAs/AlAs Heterostructure over InP Substrate. Mat. konf. VIII Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa" ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (w druku).

[P4] GÓRSKA M., WRZESIŃSKA H., HEJDUK K., SZERLING A., ŁYSKO J. M.: Deep Mesa Etching in the InGaAs/InAlAs/AlAs Heterostructure over InP Substrate. *Mater. Sci.* (w druku).

[P5] KAMIŃSKA E., PIOTROWSKA A., KOSSUT J., BUTKUTE R., DOBROWOLSKI W., GOŁASZEWSKA K., BARCZ A., JAKIELA R., DYNOWSKA E., PRZEZDZIECKA E., WAWER D.: P-Type in ZnO:N by Codoping with Cr. *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* 2004 vol. 786 s. E6.1.1-6.

[P6] KANIEWSKI J., PIOTROWSKI J.: InGaAs for Infrared Photodetectors. Physics and Technology. *Opto-Electron. Rev.* 2004 vol. 12 nr 1 s. 139–148.

[P7] KANIEWSKI J., MUSZALSKI J., PIOTROWSKI J.: Recent Advances in InGaAs Detector Technology. *phys. stat. sol.* (a) 2004 vol. 201 nr 1 s. 2281–2287.

[P8] KOSIEL K., REGIŃSKI K., KOSMALA M., SZERLING A., PIWOŃSKI T., WAWER D., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., BUGAJSKI M.: The Influence of MBE Growth Conditions on InAlGaAs Strained Layer. Mat. konf. VIII Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa" ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (w druku).

[P9] KOSIEL K., REGIŃSKI K., SZERLING A., PIWOŃSKI T., BUGAJSKI M.: The Influence of MBE Growth Conditions on InAlGaAs/(Al)GaAs – Optical Properties. *Electron Technol. – Internet J.* 2004 vol. 36 nr 4 s. 1–3.

[P10] KOWALCZYK A. E., KOWALCZYK E:. Visible Light Emitting Structures Based on Er-Doped GaN. *Electron Technol. – Internet J.* (w druku).

[P11] KUCHARSKI K., TOMASZEWSKI D., GRODNER M., DUTKIEWICZ W., GRABIEC P., HEJDUK K., KOCIUBIŃSKI A., MALESIŃSKA J., OBRĘBSKI D., SZYNKA J.: MPW Service Manufacturing of CMOS ASICS in a National Center of Silicon Micro- and Nano-Technology. Mat. konf. VIII Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa" ELTE 2004, Stare Jabłonki 19–22.04.2004 (w druku).

[P12] ŁYSKO J.: Anizotropia trawienia i piezorezystancji w kryształach półprzewodników. Przykłady wykorzystania w przyrządach MEMS. Biblioteka Elektroniki t. 28. ITE, Warszawa 2004, s. 1–134.

[P13] MROZIEWICZ B.: Revolution in Technology of LEDs, are the Craford's and Haitz's Laws Still in Power? Mat. konf. VIII Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa" ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (w druku).

[P14] MROZIEWICZ B., ZBROSZCZYK M., BUGAJSKI M.: Analysis of Threshold Current and Wall-Plug Efficiency of Diode Lasers with Asymmetric Facet Reflectivity. *Optic. a. Quantum Electron*. 2004 vol. 36 nr 5 s. 443–457.

[P15] MUSZALSKI J.: Semiconductor Microcavities and Their Device Applications. Mat. konf. VIII Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa" ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (w druku).

[P16] MUSZALSKI J., HOULIHAN J., HUYET G., CORBETT B.: Measurement of Linewidth Enhancement Factor in Self-Assembled Quantum Dot Semiconductor Lasers Emitting at 1310 nm. *Electron. Lett.* 2004 vol. nr 40 s. 428–430.

[P17] MUSZALSKI J., KANIEWSKI J.: Półprzewodnikowe detektory promieniowania z optyczną mikrownęką rezonansową. *Elektronika* 2004 nr 5 s. 42–43.

[P18] MUSZALSKI J., SAJEWICZ P., SZERLING A.: The Impact of the Lenght of the Fabry-Perot Resonator on Performance of Semiconductor Lasers. Mat. konf. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (w druku).

[P19] OCHALSKI T. J., GRZEGORCZYK A., RUDZINSKI M., LARSEN P. K., KOWALCZYK E., HOLTZ P. O., BERGMAN P., PASKOV P. P.: Optical Study of AlGaN/GaN Based HEMT Structures. *phys. stat. sol*. (a) (w druku).

[P20] PIERŚCIŃSKI K., KOWALCZYK E., OCHALSKI T. J., BUGAJSKI M.: Spatially Resolved Photoreflectance Mapping of InGaAs/GaAs Heterostructures. *phys. stat. sol.* (a) (w druku).

[P21] PIWONSKI T., HOULIHAN J., BUSCH T., HUYET G.: Delay Induced Excitability. *Phys. Rev. Lett*. (w druku).

[P22] PRZESŁAWSKI T., WOLKENBERG A., REGIŃSKI K., KANIEWSKI J.: Sensitive $In_{0.53}Ga_{0.47}As$/ /InP(SI) Magnetic Field Sensors. *phys. stat. sol*. (c) 2004 vol. 1 nr 2 s. 242–246.

[P23] RADZIEWICZ D., ŚCIANA B., PUCICKI D., WAWER D., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A.: MOVPE Technology of InAlGaAs/AlGaAs/GaAs Heterostructures for Optoelectronic Applications. Mat. konf. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (w druku).

[P24] REGIŃSKI K., KANIEWSKI J., KOSIEL K., PRZESŁAWSKI T., BĄK-MISIUK J.: MBE Growth and Characterization of InAs/GaAs for Infrared Detectors. *phys. stat. sol.* (c) 2004 vol. 1 nr 2 s. 392–395.

[P25] SARZAŁA R. P., MENDLA P., WASIAK M., MAĆKOWIAK P., BUGAJSKI M., NAKWASKI W.: Comprehensive Self-Consistent Three-Dimensional Simulation of an Operation of GaAs-Based Oxide-Confined 1,3 μm Quantum-Dot (InGa)As/GaAs Vertical-Cavity Surface-Emitting Lasers. *Optic. a. Quantum Electron*. 2004 vol. 36 nr 4 s. 331–337.

[P26] SCHENK H. P. D., CZERNECKI R., KROWICKI K., TARGOWSKI G., GRZANKA S., KRYSKO M., PRYSTAWKO P., WISNIEWSKI P., LESZCZYNSKI M., TEISSEYRE H., FRANSSEN G., MUSZALSKI J., SUSKI T., PERLIN P.: Group III-Nitride Distributed Bragg Reflectors and Resonant Cavities Grown on Bulk GaN Crystals by Metalorganic Vapour Phase Epitaxy. *phys. stat. sol.* (c) 2004 vol. 1 nr 6 s. 1537–1548.

[P27] SHALIMOV A., BĄK-MISIUK J., KANIEWSKI J., MISIUK A., DOMAGAŁA J., KOWALCZYK E.: Strain State of InAlAs/InP Layers Subjected to High Pressure Treatment. *phys. stat. sol.* (a) (w druku).

[P28] SHALIMOV A., BĄK-MISIUK J., KANIEWSKI J., DOMAGALA J., WIERZCHOWSKI W., WIETESKA K., GRAEFF W.: Defect Structure of InAlAs/InP Layers. *J. of Alloys a. Compounds* (w druku).

[P29] SZERLING A., KOSIEL K., PŁUSKA M., OCHALSKI T. J.: Oval Defects in Crystals Grown by MBE Technique: Study and Methods of Their Elimination. *Electron Technol. – Internet J.* 2004 vol. 36 nr 6 s. 1–5.

[P30] SZYMAŃSKI M., ZBROSZCZYK M., MROZIEWICZ B.: The Influence of Different Heat Sources on Temperature Distributions in Broad-Area Diode Lasers. *Proc. SPIE* vol. 2004 vol. 5582 s. 127–133.

[P31] TANGUY Y., MUSZALSKI J., HOULIHAN J., HUYET G., PEARCE E. J., SMOWTON P. M., HOPKINSON M.: Mode Formation in Broad Area Quantum Dot Lasers at 1060 nm. *Optics Commun*. 2004 vol. 235 s. 387–393.

[P32] TANGUY Y., MUSZALSKI J., HOULIHAN J., HUYET G., PEARCE E. J., SMOWTON P. M., HOPKINSON M.: Mode Structure of Quantum Dot Semiconductor Lasers. *Proc. SPIE* 2004 vol. 5452 s. 518–525.

[P33] WAWER D., OCHALSKI T. J., PIWOŃSKI T., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., BUGAJSKI M., PAGE H.: Spatially Resolved Thermoreflectance Study of Facet Temperature in Quantum Cascade Lasers. *phys. stat. sol.* (a) (w druku).

[P34] WOLKENBERG A., PRZESŁAWSKI T.: Mean Free Path and Mott Transition in InAs/$In_{0.57}Ga_{0.47}A$ and GaAs MBE Epitaxial Layers. *Mater. Sci. & Eng.* B (w druku).

[P35] WOLKENBERG A., PRZESŁAWSKI T.: The Comparision of Conductivity Mobility Spectrum Using Multi-Carrier Fitting in InAs, InGaAs and GaAs MBE Epi-Layers. *Mater. Sci. & Eng.* B (w druku).

[P36] WOLKENBERG A., PRZESŁAWSKI T., KANIEWSKI J., REGIŃSKI K.: A Method for Calculating the Conductivity Mobility Spectrum Calculation Using Multi-Carrier Fitting. *Mater. Sci. & Eng*. B 2004 vol. 110 nr 1 s. 79–86.

[P37] WOLKENBERG A., PRZESŁAWSKI T., KANIEWSKI J., REGIŃSKI K.: Analysis of the Electrical Conduction Using Multi-Carrier Fitting. *phys. stat. sol*. (a) (w druku).

[P38] WRZESIŃSKA H., ILKA L., WAWER D., HEJDUK K., KUDŁA A., BUGAJSKI M., ŁUSAKOWSKA E.: Investigation of Indium Tin Oxide (ITO) Films for the VCSEL Laser with Dielectric Bragg Reflectors. *phys. stat sol.* (c) 2004 vol. 1 nr 2 s. 396–400.

[P39] WRZESIŃSKA H., MAŁYSKA K., RYMUZA Z.: The Effect of Underlayer Material on Scratch Resistance of TiN/CrN Superlattices. Mat. konf. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (w druku).

[P40] WRZESIŃSKA H., MAŁYSKA K., RYMUZA Z.: Wpływ materiału przekładki na odporność na zarysowanie supersieci TiN/CrN. *Elektronika* (w druku).

[P41] WYROBEK J. T., MAŁYSKA K., WRZESIŃSKA H., RYMUZA Z.: Surface Topography and Nanomechanical/Tribological Behaviour of Ultrathin Nitride Films on Silicon. *Z. für Metallkunde* 2004 nr 5 s. 320–325.

[P42] WYROBEK J. T., WRZESIŃSKA H., STROM A., RYMUZA Z., NOWEK A.: Nanowear Ultrathin Superlattices Films Deposited on Silicon. *Tribology Lett*. (w druku).

[P43] ZABOROWSKI M., GRABIEC P., WRÓBLEWSKI W., ROMANOWSKA E., WRZESIŃSKA H.: Cienkowarstwowa elektroda pseudo-referencyjna do pomiaru pH. Mat. konf. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (w druku).

[P44] ZBROSZCZYK M., BUGAJSKI M.: Design Optimization of InGaAlAs/GaAs Single and Double Quantum Well Lasers Emitting at 808 nm. Proc. SPIE 2004 vol. 5349 s. 446–453.

[P45] ŻYMIERSKA D., GODWOOD K., AULEYTNER J., ADAMCZEWSKA J., CHOIŃSKI J., REGIŃSKI K.: Structural Changes Induced by Implantation with 3 MeV/amu Nitrogen Ions in GaAs Single Crystals. *J. of Alloys a. Compounds* 2004 vol. 362 nr 1–2 s. 248–253.

Konferencje’2004

[K1] BUGAJSKI M.: Design, Fabrication and Properties of High Power Semiconductor Lasers. 4th Int. Conf. on Solid State Crystals: Material Science and Applications, Zakopane, 16–20.05.2004 (ref. zapr.).

[K2] BUGAJSKI M.: Nanoscience and Nanotechnology. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–24.04.2004 (abstr., s. 31).

[K3] BUGAJSKI M.: Thermoreflectance Study of Semiconductor Lasers. Int. Workshop on Modulation Spectroscopy of Semiconductor Structures MS3, Wrocław, 1–3.07.2004 (ref.).

[K4] CARROLL O., MUSZALSKI J., HOULIHAN J., HUYET G.: Carrier Induced Refractive Index Changes in Semiconductor Lasers. Emerging Technologies in Optical Sciences Shaping the Future of Communication Systems ETOS 2004, University College, Cork, Irlandia, 26–29.07.2004 (kom.).

[K5] CIOSEK J., PASZKOWICZ W., KUBICKI J., PANKOWSKI P., PRZESŁAWSKI T., ZARASKA W.: Modification of Cu-Al-O Film Microstructure During Post-Deposition Annealing. 4th Int. Conf. on Solid State Crystals: Material Science and Applications, Zakopane, 16–20.05.2004 (kom.).

[K6] GOŁASZEWSKA K., KAMIŃSKA E., KOWALCZYK E., KRUSZKA R., ŁUKASIEWICZ R., PAPIS E., PIOTROWSKA A., PIOTROWSKI T. T., SKOCZYLAS P., BARCZ A., JAKIEŁA R.: Transparent Conducting Oxides as Ohmic Contacts for GaSb-Based Thermophotovoltaic Cells, E-MRS Fall Meet., Warszawa, 6–10.09.2004 (plakat).

[K7] GÓRSKA M., WRZESIŃSKA H., HEJDUK K., SZERLING A., ŁYSKO J. M.: Deep Mesa Etching in the InGaAs/InAlAs/AlAs Heterostructure over InP Substrate. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (kom.).

[K8] KAMIŃSKA E., PIOTROWSKA A., GOŁASZEWSKA K., KUCHUK A., ŁUKASIEWICZ R., KOWALCZYK E., BARCZ A., DYNOWSKA E., JAKIELA R., STONERT A., SZCZĘSNY A., TUROS A., WIATROSZAK M.: Thermally Stable Transparent Ru-Si-O Schottky Contacts for n-Type GaN and $Al_xGa_{1-x}N$. MRS Fall Meet., Boston, MA, USA, 29.11–3.12.2004 (plakat).

[K9] KAMIŃSKA E., PIOTROWSKA A., KOSSUT J., BUTKUTE R., DOBROWOLSKI W., GOŁASZEWSKA K., BARCZ A., JAKIELA R., DYNOWSKA E., PRZEZDZIECKA E., WAWER D.: P-Type in ZnO:N by Codoping with Cr. MRS Fall Meet., Boston, MA, USA, 29.11–3.12.2004 (plakat).

[K10] KAMIŃSKA E., PIOTROWSKA A., KOSSUT J., BUTKUTE R., DOBROWOLSKI W., GOŁASZEWSKA K., BARCZ A., JAKIELA R., DYNOWSKA E., PRZEZDZIECKA E., WAWER D.: Formation Process and Properties of p-Type ZnO Thin Films. XXXIII Int. School on the Physics of Semiconducting Compounds, Ustroń-Jaszowiec, 29.05–4.06.2004 (plakat, abstr. s. 146).

[K11] KAMIŃSKA E., PIOTROWSKA A., KOSSUT J., PRZEZDZIECKA E., GOŁASZEWSKA K., DYNOWSKA E., DOBROWOLSKA W., BUTKUTE R., BARCZ A., JAKIELA R., JANIK E., WAWER D.: Properties of Transparent p-Type ZnO Films Grown by Oxidation of Zn-Based Compounds. Int. Union for Vacuum Science, Technique and Applications, Wenecja, Włochy, 28.06–2.07.2004 (kom.).

[K12] KANIEWSKI J., MUSZALSKI J., PIOTROWSKI J.: Recent Advances in InGaAs Detector Technology. Conf. on Photo-Responsive Materials, Kariega, RPA, 25–29.02.2004 (ref. zapr.).

[K13] KOSIEL K., REGIŃSKI K., KOSMALA M., SZERLING A., PIWOŃSKI T., WAWER D., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., BUGAJSKI M.: The Influence of MBE Growth Conditions on InAlGaAs Strained Layer. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 311).

[K14] KOSIEL K., REGIŃSKI K., KOSMALA M., SZERLING A., PIWOŃSKI T., WAWER D., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., OCHALSKI T., BUGAJSKI M.: The Optimization of MBE Growth Conditions of InAlGaAs Strained Layers. Emerging Technologies in Optical Sciences Shaping the Future of Communication Systems ETOS 2004, University College, Cork, Irlandia, 26–29.07.2004 (plakat).

[K15] KOSIEL K., REGIŃSKI K., KOSMALA M., SZERLING A., PIWOŃSKI T., WAWER D., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., OCHALSKI T., BUGAJSKI M.: The Influence of MBE Growth Conditions on InAlGaAs Strained Layer. 7th Sem. “Nanostructures: Research, Technology and Applications”, Bachotek, 26–29.05.2004 (kom.).

[K16] KOSIEL K., REGIŃSKI K., SZERLING A., PIWOŃSKI T., BUGAJSKI M.: The Influence of MBE Growth Conditions on InAlGaAs/(Al)GaAs – Optical Properties. 7th Sem. “Nanostructures: Research, Technology and Applications”, Bachotek, 26–29.05.2004 (kom.).

[K17] KOWALCZYK E., KOWALCZYK A. E., JADWISIENCZAK W. J., LOZYKOWSKI H.: Visible Light Emitting Structures Made on RE-Doped GaN. 7th Sem. "Nanostructures: Research, Technology and Applications", Bachotek, 26–29.05.2004 (kom.).

[K18] KOWALCZYK E., OCHALSKI T. J., PIERSCINSKI K., WAWER D., BUGAJSKI M.: Numerical Analysis of Spatially Resolved Photoreflectance Mapping of AlGaAs/GaAs Heterostructures. Int. Workshop on Modulation Spectroscopy of Semiconductor Structures, Wrocław, 1–3.07.2004 (ref.).

[K19] KUCHARSKI K., TOMASZEWSKI D., GRODNER M., DUTKIEWICZ W., GRABIEC P., HEJDUK K., KOCIUBIŃSKI A., MALESIŃSKA J., OBRĘBSKI D., SZYNKA J.: MPW Service Manufacturing of CMOS ASICS in a National Center of Silicon Micro- and Nano-Technology. VIII Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa" ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004.

[K20] MROZIEWICZ B.: Półprzewodnikowe diody elektroluminescencyjne – zagadnienia wybrane. II Konf. LED, Warszawa, 12.03.2004 (ref.).

[K21] MROZIEWICZ B.: Rewolucja w technologii LED – czy prawa Craford'a i Haitz'a nadal obowiązują? VIII Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa" ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004.

[K22] MUSZALSKI J.: Resonant-Cavity Enhanced Photo-Detectors. 2nd Cephona Workshop on Microscopic Characterisation of Materials ans Structures for Photonics, Warszawa, 22–23.11.2004 (ref.).

[K23] MUSZALSKI J., HOULIHAN J., HUYET G., CORBETT B.: Enhancement Factor of Quantum Dot Lasers Emitting at 1310 nm. Emerging Technologies in Optical Sciences Shaping the Future of Communication Systems ETOS 2004, University College Cork, Irlandia, 26–29.07.2004 (kom.).

[K24] MUSZALSKI J., SAJEWICZ P., SZERLING A.: The Impact of the Lenght of the Fabry-Perot Resonator on Performance of Semiconductor Lasers. VIII Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa" ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. 326–327).

[K25] MUSZALSKI J.: Semiconductors Microcavities. 7th Sem. "Nanostructures: Research, Technology and Applications", Bachotek, 26–29.05.2004 (ref. zapr.).

[K26] MUSZALSKI J., SAJEWICZ P., SZERLING A.: The Impact of the Lenght of the Fabry-Perot Resonator on Performance of Semiconductor Lasers. 7th Sem. "Nanostructures: Research, Technology and Applications", Bachotek, 26–29.05.2004 (plakat).

[K27] OCHALSKI T. J: Optical Study of AlGaN/GaN Based HEMT Structures. Int. Workshop on Modulation Spectroscopy of Semiconductor Structures MS3, Wrocław, 1–3.07.2004 (kom.).

[K28] OCHALSKI T. J.: The Sign of 2DEG. 7th Sem. "Nanostructures: Research, Technology and Applications", Bachotek, 26–29.05.2004 (ref.).

[K29] OCHALSKI T. J., GRZEGORCZYK A., RUDZINSKI M., LARSEN P. K., KOWALCZYK E., HOLTZ P. O., BERGMAN P., PASKOV P. P.: Optical Study of AlGaN/GaN Based HEMT Structures. Int. Workshop on Nitride Semiconductors 2004, Pittsburg, USA, 18–23.07.2004 (plakat).

[K30] OCHALSKI T. J., KOWALCZYK E., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., HOLTZ P. O., BERGMAN P.: Time-Resolved Photoluminescence of Thin AlGaN Film in Field Effect Transistor Structures. VIII Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa" ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 334–335).

[K31] PIERŚCIŃSKI K.: Spatially Resolved Electroreflectance and Photoreflectance Mapping of Laser Bar. 7th Sem. "Nanostructures: Research, Technology and Applications", Bachotek, 26–29.05.2004 (kom.).

[K32] PISKORSKI M., PIOTROWSKI T. T., GOŁASZEWSKA K., SKOCZYLAS P., PIOTROWSKA A., JUNG W., PRZESŁAWSKI T., KĄTCKI J., RATAJCZAK J., BARCZ A., WAWRO A.: Sn and Te Doped InGaAsSb Quaternary Layers for TPV Applications. Int. Union for Vacuum Science, Technique and Applications, Wenecja, Włochy, 28.06–2.07.2004 (plakat).

[K33] PISKORSKI M., PIOTROWSKA A., GOŁASZEWSKA K., PIOTROWSKI T. T., JUNG W., PRZESŁAWSKI T., BARCZ A., KĄTCKI J., RATAJCZAK J., WAWRO A.: Lattice Matched InGaAsSb/GaSb Heterostructures for Thermophotovoltaic Cells. 6th Int. Conf. on Mid-Infrared Optoelectronics Materials and Devices MIOMD-VI, St. Petersburg, Rosja, 28.06–2.07.2004 (plakat, abstr. s. 141).

[K34] PIWONSKI T.: Noisy Bistable Systems with Memory. VISTA Meet. Europ. Laboratory for Non-Linear Spectroscopy, Florencja, Włochy, 16–17.04.2004 (kom).

[K35] RADZIEWICZ D., ŚCIANA B., PUCICKI D., WAWER D., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A.: MOVPE Technology of InAlGaAs/AlGaAs/GaAs Heterostructures for Optoelectronic Applications. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 132–133).

[K36] SAJEWICZ P., MUSZALSKI J., SZERLING A.: Fourier Analysis of the Spectral Characteristics of the Edge Emitting Semiconductor Laser. 7th Sem. “Nanostructures: Research, Technology and Applications”, Bachotek, 26–29.05.2004 (kom.).

[K37] SHALIMOV A., BAK-MISIUK J., DOMAGALA J. Z., MISIUK A., KANIEWSKI J.: Strain State of InGa(Al)As/InP Layers Subjected to High Pressure Treatment. The 10th Int. Conf. on Extended Defects in Semiconductors, EDS’2004, Chernogolovka, Rosja, 11–17.09.04 (plakat, abstr. s. 118).

[K38] SHALIMOV A., BAK-MISIUK J., KANIEWSKI J., DOMAGALA J. Z., WIERZCHOWSKI W., WIETESKA K., GRAEFF W.: Defect Structure of InAlAs/InP Layers. VII Int. School and Symp. on Synchrotron Radiation in Natural Science, Zakopane, 8–13.06.04 (plakat, abstr. s. 118).

[K39] SZERLING A., KOSIEL K., PŁUSKA M., OCHALSKI T.: Study of Defects in Crystals Grown by MBE Technique and Methods of Their Elimination. 7th Sem. “Nanostructures: Research, Technology and Applications”, Bachotek, 26–29.05.2004 (kom.).

[K40] SZYMAŃSKI M., ZBROSZCZYK M.: Numerical Calculation of Energy Levels in InGaAs/ /GaAs/AlGaAs Quantum Wells. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (kom.).

[K41] SZYMAŃSKI M.: Mathematical Models Applied to Optical and Thermal Diagnostics of Semiconductor Heterostructures and Lasers. 6th Int. Conf. “Laser and Fiber Network Modelling”, Charków, Ukraina, 6–9.09.2004 (ref. zapr.).

[K42] SZYMAŃSKI M., ZBROSZCZYK M.: Self-Consistent Solution of Schrödinger and Poisson Equations Applied to Investigations of III-V Heterostructures and Lasers. Emerging Technologies in Optical Sciences Shaping the Future of Communication Systems ETOS 2004, University College Cork, Irlandia, 26–29.07.2004 (kom.).

[K43] WASIAK M., BUGAJSKI M.: Spectral Broadening in Quantum Dot Structures. 4th Int. Conf. on Solid State Crystals: Material Science and Applications, Zakopane, 16–20.05.2004 (plakat).

[K44] WAWER D.: Spatially Resolved Thermoreflectance Study of Facet Temperature in Quantum Cascade Lasers. Int. Workshop on Modulation Spectroscopy of Semiconductor Structures MS3, Wrocław, 1–3.07.2004 (ref.).

[K45] WAWER D., OCHALSKI T. J., PIWOŃSKI T., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., BUGAJSKI M.: Temperature Maps of GaAs/AlGaAs Quantum Cascade-Laser Facets Measured by Micro-Thermoreflectance. 7th Sem. “Nanostructures: Research, Technology and Applications”, Bachotek, 26–29.05.2004 (kom.).

[K46] WAWER D., OCHALSKI T. J., PIWOŃSKI T., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., BUGAJSKI M.: Temperature Maps of GaAs/AlGaAs QCL Facets Measured by Micro-Thermoreflectance. Emerging Technologies in Optical Sciences Shaping the Future of Communication Systems ETOS 2004, University College Cork, Irlandia, 26–29.07.2004 (plakat).

[K47] WAWER D., OCHALSKI T. J., PIWOŃSKI T., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., BUGAJSKI M.: High Resolution Mapping of Temperature Distribution in Pulsed Operated Quantum Cascade Lasers. VIII Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa" ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 356–357).

[K48] WAWER D., PIWOŃSKI T., WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., BUGAJSKI M., PAGE H.: High Resolution Mapping of Temperature Distribution in Quasi-CW Operated Diode Lasers. Int. Workshop on Modulation Spectroscopy of Semiconductor Structures MS3, Wrocław, 1–3.07.2004 (plakat).

[K49] WÓJCIK-JEDLIŃSKA A., WAWER D., KOWALCZYK E., OCHALSKI T. J., BUGAJSKI M.: Spectroscopic Methods for Mapping Packing-Induced Stress on the InGaAs/GaAs Laser Bar. VIII Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa" ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 358–359).

[K50] WRZESIŃSKA H., MAŁYSKA K., RYMUZA Z.: The Effect of Underlayer Material on Scratch Resistance of TiN/CrN Superlattices. VIII Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa" ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 161–162).

[K51] WYROBEK J. T., WRZESIŃSKA H., STROM A., RYMUZA Z., NOWEK A.: Nanowear Ultrathin Superlattices Films Deposited on Silicon. 227th ACS National Meet., Anaheim, USA, 28.03–1.04.2004 (plakat).

[K52] ZABOROWSKI M., GRABIEC P., WRÓBLEWSKI W., ROMANOWSKA E., WRZESIŃSKA H.: Cienkowarstwowa elektroda pseudo-referencyjna do pomiaru pH. VIII Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa" ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 458–459).

[K53] ZBROSZCZYK M., BUGAJSKI M.: Design Optimization of InGaAlAs/GaAs Single and Double Quantum Well Lasers Emitting at 808 nm. Conf. "Photonica West 2004", San Jose, USA, 25–31.01.2004 (plakat).

[K54] ZBROSZCZYK M., BUGAJSKI M.: The Influence of Thermal Effects on Characteristics of InGaAlAs SQW Lasers. VIII Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa" ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 366–367).

Patenty'2004

[PA1] ŁYSKO J. M.: Detektor cieplno-przewodnościowy. Pat. RP Nr P.368246

[PA2] ŁYSKO J. M.: Mikromechaniczny czujnik półprzewodnikowy. Pat. RP Nr P.332985

[PA3] WRZESIŃSKA H., HEJDUK K., GÓRSKA M., MROZIEWICZ B., SCHAB-BALCERZAK E.: Sposób wytwarzania powłok optycznych na rezonatorach laserów półprzewodnikowych. Zgł. pat. nr P 36867.