



Wojskowa
Akademia
Techniczna

Instytut
Optoelektroniki



INSTYTUT OPTOELEKTRONIKI

Raport **Naukowy** 2016

Raport Naukowy IOE 2016

Instytut Optoelektroniki
Wojskowa Akademia Techniczna

Redakcja: prof. dr hab. inż. Jan K. Jabczyński
Ewa Jankiewicz

Opracowanie
graficzne: Tomasz Wajnka

Druk: DRUKARNIA GRAFFITI
ul. Kolejowa 13, 05-092 Łomianki
www.drukarnia-graffiti.pl

Raport dostępny jest w Instytucie Optoelektroniki, WAT
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa
tel. +48 261 83 94 30, fax: +48 22 666 89 50
www.ioe.wat.edu.pl

W przypadku kopiowania wymagane jest podanie źródła
i wysłanie archiwalnej kopii do IOE.

Tekst raportu nie może stanowić źródła cytowania w publikacjach
i czasopismach naukowych.

spis treści

	Wstęp	6
	1. Struktura organizacyjna i tematyka badawcza IOE	8
	1.1. Zakład Techniki Laserowej	10
	1.2. Zakład Technologii Optoelektronicznych	12
	1.3. Zakład Systemów Optoelektronicznych	14
	1.4. Zakład Techniki Podczerwieni i Termowizji	16
	1.5. Akredytowane Laboratorium Badawcze	17
	1.6. Centrum Inżynierii Biomedycznej	18
	2. Badania z obszaru fizyki plazmy i techniki laserowej	20
	2.1. Badania plazmy fotojonizacyjnej: temperatura elektronowa	21
	2.2. Impulsowa kapilarna tarcza gazowa	22
	2.3. Światłowodowy laser tulowy z przełączanym wzmocnieniem i pasywną synchronizacją modów, generujący promieniowanie o długości fali 2 μm	24
	2.4. Hybrydowy, CW oraz impulsowy, laser Ho:YLF wykonany w technologii generator – wzmacniacz	26
	2.5. Impulsowe lasery na ośrodkach iterbowych pompowane poprzecznie matrycami diod laserowych dużej mocy	28
	2.6. Impulsowy mikrolaser bezpieczny dla wzroku	29
	3. Zastosowania optoelektronicznych technik pomiarowych	32
	3.1. Spektroskopia emisyjna ze wzbudzeniem laserowym (LIBS) w badaniach dzieł sztuki	32
	3.2. Obrazowanie metodą spektroskopii Ramana i FTIR	34
	3.3. Terahercowe skanowanie kompozytów polietylenowych	36
	3.4. Zastosowanie metody fuzji obrazów do wykrywania ukrytych elementów	38
	3.5. Pomiary polaryzacji promieniowania w zakresie dalekiej podczerwieni	39
	4. Nanotechnologie i technologie optoelektroniczne	40
	4.1. Modyfikacja polimerów na potrzeby inżynierii biomedycznej z zastosowaniem laserowo-plazmowego źródła skrajnego nadfioletu (EUV)	40

4.2.	Lasery wytwarzanie mikrosit do zastosowań w bioinżynierii ..	42
4.3.	Prosta laserowa litografia interferencyjna z optyką przyrmatyczną do mikroobróbki periodycznej biorusztowań	44
4.4.	Lasery zdobienie dekoracji szklanych	46
4.5.	Synteza nanostruktur plazmonowych typu „core-shell”	48
4.6.	Obrazowanie fluorescencyjne w bioinżynierii	49
4.7.	Aplikacje metody fluorescencji wzbudzonej laserowo w inżynierii biomedycznej	50
4.8.	Badania charakterystyk fluorescencyjnych symulantów i interferentów	51
5.	Urządzenia i systemy optoelektroniczne	52
5.1.	Kompaktowy mikroskop na zakres EUV z nanometrową rozdzielczością przestrzenną	52
5.2.	Wielospektralny laserowy profilometr reflektancyjny	54
5.3.	Testy lidar biologicznego w USA	56
5.4.	Ręczny „fotoradar” laserowy	58
5.5.	Optoelektroniczny detektor skażeń powierzchni	59
5.6.	Biometria mobilna	60
5.7.	Kompozytowy system pasywnej i aktywnej ochrony obiektów infrastruktury krytycznej	62
5.8.	Układy przetwarzania sygnałów typu „lock-in” do detektorów promieniowania optycznego	64
5.9.	Celownik termowizyjny kompatybilny z systemem ISW TYTAN ..	66
5.10.	Kamery obserwacyjno-rozpoznawcze o szerokim zakresie natężenia światła LLL/CCD TV	68
5.11.	Kamera obserwacyjno-rozpoznawcza o zmiennym kącie pola widzenia kompatybilna z systemem ISW TYTAN	69
5.12.	Zespół kamer do optoelektronicznego, wielowidmowego systemu wspomagającego lądowanie samolotów	70
6.	Dodatki	72
D1.1.	Projekty międzynarodowe finansowane z UE i innych źródeł zagranicznych	72
D1.2.	Programy strategiczne	74
D1.3.	Prace z obszaru badań podstawowych finansowane przez NCN	75
D1.4.	Prace badawczo-rozwojowe finansowane przez NCBiR i MNiSW	76
D1.5.	Stypendia naukowe dla wybitnych młodych uczonych	79
D1.6.	Prace badawcze statutowe	80
D1.7.	Prace umowne finansowane z innych źródeł	81
D2.	Zgłoszenia patentowe Instytutu Optoelektroniki w 2015 r.	84
D3.	Konferencje organizowane przez Instytut Optoelektroniki w 2015 r.	85
D4.	Publikacje naukowe opublikowane w czasopismach z listy A MNiSW – baza JCR	86
D4.1.	Artykuły naukowe opublikowane w czasopismach z listy B MNiSW	92
D4.2.	Publikacje w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych indeksowanych w bazach Scopus lub Web of Science – lista C	95

WSTĘP

W roku 2016, podobnie jak w latach poprzednich, działalność naukowo-badawcza stanowiła podstawowy obszar aktywności Instytutu Optoelektroniki. Realizowaliśmy ponad 70 różnego rodzaju projektów w tym: 9 projektów międzynarodowych (EDA, H2020, FS), 23 projekty NCBiR, 7 projektów NCN, 2 projekty finansowane przez MON oraz projekty MNiSW, Funduszu Nauki Polskiej, NATO i projekty finansowane przez krajowe i zagraniczne podmioty gospodarcze. W dalszym ciągu Instytut mocno zaangażowany jest w prace realizowane na rzecz bezpieczeństwa i obronności państwa. Do najważniejszych należą projekty w ramach Programu Strategicznego pt. „Nowe systemy uzbrojenia w zakresie energii skierowanej”, Programu TYTAN - „Zaawansowane Indywidualne Systemy Walki (ZISW) „oraz projekty związane z modernizacją przenośnego, przeciwlotniczego zestawu rakietowego „GROM”, systemami amunicji precyzyjnego rażenia, obrony aktywnej, systemami wykrywania broni biologicznej, a także inteligentnymi systemami odprawy granicznej. Wyniki realizowanych projektów zyskały wysokie uznanie, czego dowodem są liczne nagrody i wyróżnienia. Za Przenośny Przeciwlotniczy Zestaw Rakietowy PIORUN konsorcjum składające się z firmy Mesko, Instytutu Optoelektroniki WAT i Centrum Rozwojowo-Wdrożeniowego Telesystem-Mesko otrzymało podczas gali XXIV Międzynarodowego Salonu Przemysłu Obronnego w Kielcach najwyższą nagrodę - nagrodę Prezydenta RP dla produktu najlepiej służącego podniesieniu bezpieczeństwa polskich żołnierzy. Byliśmy również wśród laureatów IV Konkursu organizowanego przez MON na najlepszą pracę naukową i wdrożenie z obszaru obronności. W składzie zespołu wyróżnionego Nagrodą I stopnia w kategorii za najlepszą pracę naukową lub rozwojową był prof. Karol Jach (udział w projekcie „Penetracja pancerzy przez kinetyczne pociski podkalibrowe z penetratorem jednolitym i segmentowym”),

a nagrodę za najlepszy patent lub wzór przemysłowy, chroniony prawem własności przemysłowej MON uzyskał zespół kierowany przez prof. Henryka Madurę (projekt «Optoelektroniczny, wielowidmowy system wspomagający lądowanie samolotów»). W maju, na przejściu granicznym w Terespolu odbyły się testy systemu Biomet - mobilnej odprawy granicznej. Opracowany w Konsorcjum kierowanym przez IOE WAT system mobilnej odprawy granicznej zyskał bardzo pozytywną akceptację Komendy Głównej Straży Granicznej i podróżnych.

Doceniono również osiągnięcia naukowe kadry Instytutu. W gronie 44 naukowców wyróżnionych Nagrodą Prezesa Rady Ministrów za osiągnięcia będące podstawą nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego znalazł się płk. dr. hab. inż. Jacek Świdorski za rozprawę habilitacyjną pt. „Źródła supercontinuum zakresu widmowego średniej podczerwieni o dużej wyjściowej mocy średniej”. Prof. Henryk Madura został wyróżniony Nagrodą Ministra Obrony Narodowej za całokształt dorobku naukowego, zaś płk. dr. hab. inż. Jacek Wojtas otrzymał Nagrodę Ministra Obrony Narodowej I stopnia za osiągnięcia naukowe w 2015 r. Dr Marta Michalska-Domańska otrzymała Nagrodę Prezesa Rady Ministrów w kategorii najlepsze prace doktorskie za rozprawę doktorską pt. „Wpływ stanu materiału na aktywność katalityczną stopów na osnowie fazy międzymetalicznej Ni_3Al ” oraz 3-letnie stypendium naukowe Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego dla wybitnych młodych uczonych. Sukcesy odnoszą również najmłodszy pracownicy naukowcy Instytutu. Doktorant IOE mgr inż. Paweł Grześ został laureatem konkursu Technotalenty 2016. W wrześniu za wybitny wkład w prace grupy zadaniowej SET 170 „Mid-Infrared Fiber Lasers”, działającej w ramach Organizacji NATO ds. Nauki i Technologii (NATO STO) płk dr. hab. inż. Jacek Świdorski otrzymał nagrodę NATO STO 2016 Scientific Achievement Award, a w listopadzie po raz kolejny wyróżniony został płk dr inż. Krzysztof Kopczyński certyfikatem z wyrazami uznania od członków panelu NATO/STO Sensors & Electronics Technology (SET) za wkład w prace grup zadaniowych Organizacji NATO ds. Nauki i Technologii (NATO STO). Na wniosek Kapituły Godności Honorowych WAT dyrektor Instytutu Optoelektroniki płk dr inż. Krzysztof Kopczyński został również wyróżniony wpisem do Złotej Księgi Dokonań Wojskowej Akademii Technicznej.

W ramach realizowanych prac zorganizowaliśmy w Instytucie spotkania robocze międzynarodowych projektów Europejskiej Agencji Obrony TIPSI - THz Imaging Phenomenology Platforms For Stand-Off IED Detection i RAMBO - Rapid Air-particle Monitoring

against BiOlogical threats” oraz akcji COST - Nanospectroscopy Topical Meeting on Nanoparticles Synthesis, Assembly, Characterization and Applications.

Dużym sukcesem zakończyło się zorganizowane we współpracy z Politechniką Warszawską, Politechniką Wrocławską oraz Uniwersytetem Warszawskim XI Sympozjum Techniki Laserowej. Sympozjum jest cykliczną konferencją naukową organizowaną od 1984 r., której głównym celem jest wymiana informacji i upowszechnianie wiedzy naukowo-technicznej z obszarów techniki laserowej i optoelektroniki. Pracami Komitetu Naukowego XI Sympozjum Techniki Laserowej kierował prof. dr hab. inż. Zygmunt Mierczyk (IOE WAT), a wspierali Go trzej wiceprzewodniczący: prof. dr hab. inż. Krzysztof Abramski (PWR), prof. dr hab. inż. Michał Malinowski (PW) oraz prof. dr hab. Czesław Radzewicz (UW). Komitet Honorowy XI STL tworzyło kilkunastu profesorów, w tym znakomici nestorzy techniki laserowej w Polsce, profesorowie: Zbigniew Puzewicz, Wiesław Woliński, Zdzisław Jankiewicz. W sympozjum wzięli udział przedstawiciele czołowych ośrodków akademickich, instytutów badawczych oraz szerokie grono wytwórców i użytkowników techniki laserowej. Przyjechała rekordowa liczba 141 uczestników, którzy zaprezentowali 52 referaty oraz 73 postery.

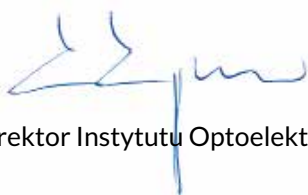
W październiku Prezydent RP wręczył nominacje profesorskie prof. dr. hab. n. med. Elżbiecie Annie Trafny wybitnemu specjalście w dziedzinie immunochemii, mikrobiologii i biologii medycznej oraz prof. dr. hab. inż. Waldemarowi Żendzianowi uznanemu autorytetowi w zakresie elektroniki kwantowej, fizyki i technologii laserów. Rada Instytutu przeprowadziła w 2016 r. trzy procedury habilitacyjne i trzy doktorskie kadry naukowej IOE (w tym 2 doktorantów programu Erasmus Mundus UE).

W 2016 r. zdecydowanie wzrosła działalność dydaktyczna Instytutu. W minionym roku przyjęliśmy drugą grupę studentów na studia pierwszego stopnia na kierunku inżynieria kosmiczna i satelitarna. Podobnie po dwie grupy studentów mamy na studiach drugiego stopnia z elektroniki i telekomunikacji oraz trzeciego stopnia z dyscypliny naukowej elektronika. Na mocy podpisanych porozumień realizujemy wspólne studia z Wydziałem Mechatroniki i Lotnictwa oraz Wydziałem Elektroniki oraz międzyuczelniane studia na kierunku biogospodarka z Politechniką Łódzką i Warszawską.

Pomimo osiągnięć i sukcesów odniesionych w roku 2016 z dużą ostrożnością patrzymy na rok 2017. Oczekujemy na wyniki katego-

ryzacji jednostek naukowych. Zakończyły się projekty finansowane z obecnej perspektywy UE, intensywnie staramy się pozyskiwać projekty w nowym programie Horizon 2020 oraz z innych źródeł międzynarodowych i krajowych. O dalszym rozwoju Instytutu zdecyduje sprawność pozyskiwania środków na badania z nowej perspektywy Unii Europejskiej.

płk dr inż. Krzysztof Kopczyński



Dyrektor Instytutu Optoelektroniki

1.

STRUKTURA ORGANIZACYJNA
I TEMATYKA BADAWCZA IOE

1.0.

ZAKŁAD TECHNIKI LASEROWEJ

Tabela 1.1. Wykaz Zakładów
i zespołów badawczych IOE

W skład Instytutu Optoelektroniki w 2016 r. wchodziły 4 Zakłady Naukowe, Akredytowane Laboratorium Badawcze i Centrum Inżynierii Biomedycznej. Działalność naukowo-badawcza realizowana była w 14 zespołach (patrz tabela 1.1)

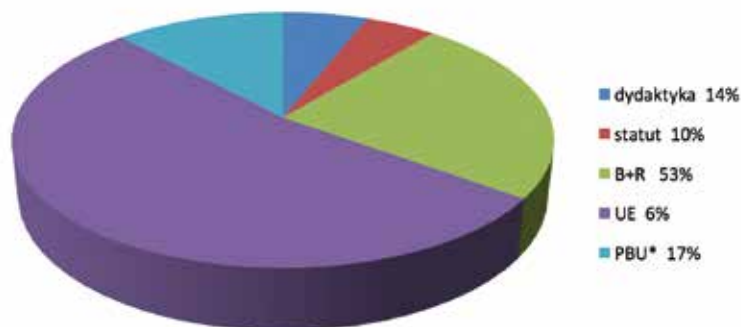
Nazwa zakładu	Nazwa zespołu	Lider
Zakład Techniki Laserowej	Zespół Oddziaływania Promieniowania Lasero- wego z Materią	prof. H. Fiedorowicz
	Zespół Laserów Ciała Stałego	prof. A. Zajac
	Grupa Laserów Światłowodowych	dr hab. J. Świdorski
	Zespół Optyki Laserów	prof. J. Jabczyński
	Zespół Zastosowań Laserów	dr inż. R. Ostrowski
Zakład Technologii Opto- elektronicznych	Zespół Laserowej Teledetekcji	dr inż. M. Zygmunt
	Zespół Technologii Optycznych	dr inż. P. Nyga
	Zespół Nanotechnologii	dr B. Jankiewicz
	Zespół Spektroskopii Optycznej	dr inż. K. Kopczyński
Zakład Systemów Opto- elektronicznych	Zespół Detekcji Sygnałów Optycznych	dr hab. inż. J. Wojtas
	Zespół Systemów Bezpieczeństwa	prof. M. Szustakowski
	Zespół Elektroniki Kwantowej	prof. Z. Puzewicz
Zakład Techniki Podczerwieni i Termowizji	Zespół Termodekacji i Termowizji	prof. H. Madura
Akredytowane Laboratorium Badawcze		mgr inż. A. Antonik
Centrum Inżynierii Biomedycznej		prof. Z. Mierczyk

Na koniec 2016 r. w IOE zatrudnionych było 196 pracowników, z czego 107 prowadziło działalność naukowo-badawczą, w tym 15 profesorów, 11 doktorów habilitowanych oraz 66 doktorów. Wśród 41 młodych pracowników naukowych (< 35 roku życia) 14 realizowało stacjonarne studia doktoranckie w IOE.

Rada Instytutu Optoelektroniki posiada uprawnienia do nadawania stopnia naukowego doktora nauk technicznych oraz doktora habilitowanego w dyscyplinie elektronika.

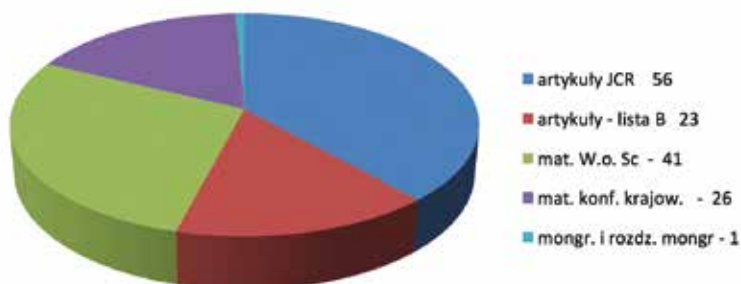
Działalność naukowo-badawcza i badawczo-wdrożeniowa pozostawały ciągle podstawowym obszarem aktywności Instytutu. Zaangażowanie nauczycieli akademickich IOE w procesie dydaktycznym nieznacznie wzrosło. Na rys. 1.1. przedstawiono strukturę finansowania działalności instytutu.

PBU* - Prace Badawcze Umowne; Dydaktyka – dotacja dydaktyczna; Statut – dotacja statutowa; B+R – prace B+R finansowane przez MNiSW, NCBiR, NCN i FNP; UE – projekty finansowane przez UE.



Rys. 1.1. Procentowy udział źródeł finansowania działalności Instytutu

Prace te, prowadzone w ramach 70 projektów, finansowane były z różnych źródeł (patrz rys. 1.1., r. 6). Wyniki badań pracowników Instytutu w 2016 r. przedstawiono w 146 publikacjach naukowych w tym 56 artykułach opublikowanych w czasopiśmie z listy JCR (patrz rys. 1.2., załącznik nr 1).



Rys. 1.2. Zestawienie publikacji IOE w 2015 r. - razem 146.

W raporcie, w rozdziałach 2-5, przedstawiono wybrane wyniki prac naukowo-badawczych i wdrożeniowych prowadzonych w Instytucie w 2016 r. Poniżej omówiono pokrótce tematykę badawczą i najważniejsze osiągnięcia Zakładów IOE.

1.1.

ZAKŁAD TECHNIKI LASEROWEJ

W Zakładzie Techniki Laserowej (ZTL) prowadzone są badania podstawowe i aplikacyjne związane z rozwojem źródeł promieniowania laserowego, laserowo-plazmowych źródeł miękkiego promieniowania rentgenowskiego (SXR) oraz skrajnego nadfioletu (EUV), a także z zastosowaniem laserów w technice wojskowej, inżynierii materiałowej, technikach pomiarowych, medycynie oraz konserwacji dzieł sztuki. Wysoko wykwalifikowana kadra naukowa, nowoczesne laboratoria oraz bogate wyposażenie w aparaturę badawczą zapewniają wysoki poziom prowadzonych prac naukowych oraz kształcenia studentów.

Aktualna tematyka badawcza:

- opracowanie i badania wysokowydajnych stabilnych źródeł promieniowania laserowego oraz ich wykorzystanie w urządzeniach wojskowych, technologicznych i metrologicznych
- opracowanie i badania impulsowych, przestrajalnych pompowanych diodami laserów generujących w obszarze widmowym 1-3 μm oraz ich wykorzystanie w urządzeniach wojskowych, technologicznych i metrologicznych
- badania nad światłowodowymi źródłami supercontinuum zakresu widmowego bliskiej i średniej podczerwieni
- opracowanie, badania i konstrukcje układów zasilania i sterowania parametrami źródeł laserowych
- opracowanie laserowo-plazmowych źródeł promieniowania SXR oraz EUV
- wykorzystanie laserowo-plazmowych źródeł promieniowania w badaniach materiałowych, mikroskopii, inżynierii powierzchni, mikroobróbce i nanolitografii
- badania w zakresie oddziaływania wysokoenergetycznych impulsów laserowych z materią na potrzeby techniki wojskowej i nanotechnologii
- badania procesu ablacji laserowej oraz zastosowanie techniki laserowej do konserwacji zabytków

Najważniejsze osiągnięcia w ostatnich latach:

- pompowane diodami lasery na objętościowych ośrodkach domieszkowanych jonami Nd, Yb, Ho, Tm, Er, układy nieliniowej konwersji promieniowania (OPO, generacja harmonicznych, lasery ramanowskie).
- unikalne w skali świata źródła supercontinuum średniej podczerwieni o dużej wyjściowej mocy średniej
- lasery i wzmacniacze światłowodowe generujące promieniowanie o długości fali 1.55 μm oraz 2 μm
- technologia wytwarzania struktur periodycznych, w skali mikro i sub-mikro, na powierzchniach dowolnych w tym biologicznych materiałów, metodą bezpośredniej litografii interferencyjnej

- technologia renowacji dzieł sztuki z wykorzystaniem ablacji laserowej w zastosowaniu do skał osadowych, gipsów, ceramik muzealnych i budowlanych, kości zwierzęcej i kości słoniowej, tkanin, również z opłotem metalowym, werniksów oraz drewna
- wysokowydajne laserowo-plazmowe źródła SXR oraz EUV i ich wykorzystanie w rentgenografii impulsowej, mikroskopii, mikroobróbce oraz w modyfikacji powierzchni polimerów

1.2.

ZAKŁAD TECHNOLOGII OPTOELEKTRONICZNYCH

W Zakładzie Technologii Optoelektronicznych prowadzone są badania podstawowe i aplikacyjne związane z opracowaniem materiałów i technologii optoelektronicznych do zastosowań w systemach bezpieczeństwa, obronności, ochronie środowiska, medycynie i przemyśle. Realizowane są również zaawansowane prace konstrukcyjno-wdrożeniowe złożonych urządzeń i systemów optoelektronicznych, w tym systemów punktowej i zdalnej detekcji materiałów niebezpiecznych, zagrożeń chemicznych i biologicznych. Badania podstawowe obejmują głównie inżynierię materiałów i nanomateriałów optoelektronicznych, spektroskopię optyczną, plazmonikę i biotechnologię i in.

Aktualna tematyka badawcza:

- fizyka i optyka nowych typów laserów, w szczególności mogących znaleźć zastosowanie w systemach wojskowej techniki laserowej
- projektowanie układów optycznych: refrakcyjnych, odbiciowych i dyfrakcyjnych
- formowanie wiązek optycznych
- laserowe pomiary odległości i prędkości
- metody pomiarowe i stanowiska do kalibracji i testowania wojskowego sprzętu optoelektronicznego
- integracja wojskowych systemów optoelektronicznych
- koherentna i niekoherentna detekcja optyczna
- punktowa i zdalna detekcja optyczna związków chemicznych i biologicznych
- spektroskopia w zakresie UV-Vis-NIR oraz spektroskopia Ramana, SERS i fluorescencyjna
- biomateriały
- technologia cienkowarstwowa
- metody spektralne do zdalnej detekcji zanieczyszczeń i skażeń atmosfery, w tym pochodzenia chemicznego i biologicznego
- nanostruktury plazmonowe do zastosowań w detekcji substancji chemicznych i materiałów biologicznych, fotokatalizie i fotowoltaice
- laserowe wytwarzanie cienkich warstw i nanostruktur metodą PLD
- badania materiałów metodą spektroskopii plazmy wzbudzonej laserowo
- kalibracja mierników mocy i energii promieniowania laserowego
- procedury analityczne oznaczania poziomu mikroelementów oraz związków biologicznie czynnych
- diagnostyka i terapia nowotworowa

Najważniejsze osiągnięcia w ostatnich latach

- Systemy lidarowe do zdalnej detekcji związków chemicznych i biologicznych

- Laserowe moduły pomiaru odległości
- Laserowe mierniki prędkości
- Laserowe symulatory strzelań
- Optoelektroniczny system detekcji i tłumienia wybuchu
- Optoelektroniczne moduły do systemów kierowania ogniem
- Systemy łączności laserowej
- Dozymetry UV
- Radiometry w paśmie UV Solar Blind
- Systemy ostrzegania przed promieniowaniem laserowym
- Rozwiązania optoelektroniczne dla onkologii

1.3.

ZAKŁAD SYSTEMÓW OPTOELEKTRONICZNYCH

Profil badań naukowych i prac wdrożeniowych Zakładu Systemów Optoelektronicznych obejmuje prace badawczo-rozwojowe związane z zastosowaniami nowoczesnych optoelektronicznych systemów detekcji, techniki światłowodowej, terahercowej i biometrycznej m.in. w ochronie środowiska, medycynie oraz ochronie obiektów infrastruktury krytycznej i granic państwa. W strukturze organizacyjnej ZSO umieszczony jest także Zespół Elektroniki Kwantowej, którego podstawowym zadaniem są prace rozwojowe oraz modernizacja systemów raketowych pocisków przeciwlotniczych GROM i Piorun.

Aktualna tematyka badawcza:

- projektowanie niskoszumowych i wysokoczułych fotoodbiorników pracujących w zakresie promieniowania od EUV, VIS do IR
- projektowanie układów nadawczo-odbiorczych dla łączności optycznych otwartej przestrzeni
- badania ultraczułych optoelektronicznych sensorów niebezpiecznych gazów
- opracowanie i badania układów do zataśowania par materiałów wybuchowych oraz urządzeń do ich termicznej dekompozycji
- projektowanie układów do pobierania próbek gazowych na potrzeby laserowej spektroskopii absorpcyjnej
- projektowanie dedykowanych układów sterowania źródłami laserowymi na potrzeby spektroskopii oraz łączności bezprzewodowej
- opracowanie czujników światłowodowych na potrzeby elektronicznej ochrony obiektów rozległych
- projektowanie, opiniowanie i odbiory techniczne elektronicznych systemów ochrony infrastruktury krytycznej
- metody i systemy pomiarowe do badań kamer termowizyjnych, kamer TV, przyrządów noktowizyjnych, urządzeń laserowych oraz wielosensorowych urządzeń obserwacyjnych
- badania sygnatur środków niebezpiecznych (materiały wybuchowe, narkotyki) oraz badania charakterystyk materiałów kompozytowych metodą spektroskopii THz
- badania zintegrowanych systemów radarowo-kamerowych do ochrony lotnisk i portów morskich
- badania systemów biometrycznych dla potrzeb odpraw paszportowych na granicach Unii Europejskiej
- symulacje systemów naprowadzania rakiet krótkiego zasięgu w warunkach dynamicznych z uwzględnieniem zakłócania
- modernizacja systemów raketowych pocisków bliskiego zasięgu

Najważniejsze osiągnięcia w ostatnich latach

- Optoelektroniczny czujnik śladowych ilości materiałów wybuchowych

- Ultraczuły sensor ditlenku azotu
- Wdrożenie do produkcji światłowodowego systemu do ochrony perymetrycznej obiektów specjalnych
- Światłowodowy czujnik ochrony zbiorów muzealnych
- Czujnik jednofotonowy do ochrony i monitorowania integralności łącza światłowodowego
- System fotografii laserowej
- Zintegrowana platforma radarowo – kamerowa do ochrony obiektów wojskowych
- Zintegrowany system ochrony portu morskiego
- System ochrony statku przed atakami pirackimi
- Bramka stacjonarna do odprawy paszportowej na granicach Unii Europejskiej
- System mobilny do odprawy paszportowej na granicach Unii Europejskiej
- System Smart Border do testów na granicach Unii Europejskiej

1.4.

ZAKŁAD TECHNIKI PODCZERWIENI I TERMOWIZJI

Zakres prac badawczych i wdrożeniowych realizowanych w Zakładzie Techniki Podczerwieni i Termowizji obejmuje bezkontaktowe pomiary temperatury, pomiary termowizyjne oraz szeroko pojętą technikę podczerwieni stosowaną w urządzeniach opracowywanych dla potrzeb Sił Zbrojnych RP oraz gospodarki narodowej.

Aktualna tematyka badawcza:

Wojskowe zastosowania techniki podczerwieni:

- zespoły termodetekcyjne dla amunicji inteligentnej
- wieloczujnikowe zespoły detekcyjne
- czujniki podczerwieni do systemów ochrony
- urządzenia do wykrywania obiektów w podczerwieni
- obserwacyjne kamery termowizyjne z detektorami chłodzonymi i niechłodzonymi
- kamery termowizyjne do systemu indywidualnego wyposażenia żołnierza

Termowizja i pirometria podczerwieni:

- badania termowizyjne oraz analiza termogramów
- projektowanie i wykonanie pirometrów podczerwieni
- projektowanie i wykonanie elementów optycznych dla zakresu podczerwieni
- projektowanie i wykonanie wzorcowych źródeł podczerwieni
- wzorcowanie i kalibracja pirometrów podczerwieni
- badania parametrów i charakterystyk kamer termowizyjnych, kamer zakresu widzialnego i dalmierzy laserowych

Badania elementów i zespołów termodetekcyjnych:

- wyznaczanie widmowych charakterystyk detektorów podczerwieni
- wyznaczanie kątowych charakterystyk czujników podczerwieni
- badania parametrów i charakterystyk kamer termowizyjnych, kamer zakresu widzialnego i dalmierzy laserowych
- badania klimatyczne zespołów termodetekcyjnych

Modelowanie i analizy teoretyczne:

- modelowanie procesów detekcji promieniowania podczerwonego
- symulacja działania zespołów i urządzeń termodetekcyjnych
- wyznaczanie sygnatur obiektów w zakresie podczerwieni
- wyznaczanie zasięgów działania urządzeń termodetekcyjnych

Najważniejsze osiągnięcia w ostatnich latach

- termowizyjny celownik strzelecki CTS-3
- termowizyjny celownik strzelecki zintegrowany z laserowym systemem „swój-obcy”
- termowizyjny celownik do wyrzutni rakiet GROM, PIORUN
- kamera termowizyjna KT-1 z detektorem chłodzonym do systemu kierowania ogniem
- wielowidmowa lornetka obserwacyjno-pomiarowa LOP-1
- optoelektroniczny wielowidmowy system wspomagający lądowanie samolotów

Akredytowane Laboratorium Badawcze (ALB) od 1997 r. funkcjonuje zgodnie z systemem zarządzania jakością badań, spełniającym wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025. System zarządzania jest udokumentowany i posiada akredytację Polskiego Centrum Akredytacji. Wyniki badań wykonywanych w Laboratorium są uznawane w międzynarodowym systemie ILAC/MRA. Laboratorium współpracuje z krajowymi i zagranicznymi ośrodkami naukowymi w zakresie metrologii optoelektronicznej. Nadrzędnym celem oraz zasadą funkcjonowania systemu zarządzania Laboratorium Badawczego Instytutu Optoelektroniki jest dążenie do spełniania wymagań klientów przy jednoczesnym zapewnieniu spełnienia wymagań ustawowych i przepisów.

Procedury badawcze ALB

- PB-01 – Pomiar energii impulsu promieniowania laserowego
- PB-02 – Pomiar mocy promieniowania laserowego
- PB-03 – Rejestracja rozkładu natężenia napromieniowania w przekroju poprzecznym wiązki laserowej
- PB-04 – Pomiar czasu trwania i wyznaczanie współczynnika asymetrii impulsu promieniowania laserowego
- PB-05 – Wyznaczanie współczynnika korekcyjnego, nieliniowości mierników energii/mocy promieniowania laserowego
- PB-06 – Wyznaczanie współczynnika absorpcji materiałów optycznych
- PB-07 – Wyznaczanie klasy bezpieczeństwa urządzeń emitujących promieniowanie laserowe
- PB-08 – Wyznaczenie parametrów urządzeń termowizyjnych: funkcji przenoszenia sygnału, składników szumowych modelu 3D, składników szumowych modelu uproszczonego, (szumów typu $1/f$, niejednorodność, mocy równoważnej szumom), stosunku sygnału do szumu, funkcji przenoszenia modulacji oraz funkcji przenoszenia kontrastu, funkcji minimalnej rozdzielalnej różnicy temperatur, pola widzenia
- PB-09 – Wyznaczenia parametrów kamer TV, LLTV oraz przyrządów noktowizyjnych: stosunku sygnału do szumu, funkcji przenoszenia modulacji oraz funkcji przenoszenia kontrastu, rozdzielczości przestrzennej oraz funkcji minimalnego rozdzielalnego kontrastu, pola widzenia

Laboratorium prowadzi ponadto szkolenia z zakresu:

- bezpieczeństwa urządzeń laserowych
- metrologii optoelektronicznej
- systemów zarządzania jakością badań

1.6.

CENTRUM INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ

W 2012 roku w Wojskowej Akademii Technicznej utworzono zespół interdyscyplinarny – Centrum Inżynierii Biomedycznej (CIBio). Zadaniem zespołu było prowadzenie w ramach WAT projektów związanych z inżynierią biomedyczną, wytwarzanie nowych innowacyjnych technologii i urządzeń związanych z medycyną. Pod koniec 2012 roku zespół przygotował projekt w ramach konkursu 5.1 POIG pod nazwą „Rozwój Klastra Centrum Inżynierii Biomedycznej” mający na celu dyfuzję innowacji z WAT i innych instytucji naukowo-badawczych do firm powiązanych z klastrem. Klaster zaangażowało 15 podmiotów: przedsiębiorstwa, organizacje badawcze, instytuty naukowe, uczelnia i instytucja otoczenia biznesu. Celem członków klastra jest wzmocnienie potencjału branży inżynierii biomedycznej poprzez tworzenie sieci współpracy jego uczestników, wspieranie innowacyjności oraz stymulowanie nowatorskich rozwiązań w dziedzinie inżynierii biomedycznej, a także ich komercjalizacja. Dzisiaj Klaster liczy 75 podmiotów, w tym 16 uczelni wyższych i instytutów naukowo-badawczych. Klaster prowadzi szereg projektów badawczych, w tym:

- Mikro-sita w diagnostyce i leczeniu chorób nowotworowych;
- Badania nad bakteriobójczym działaniem grafenu;
- Zastosowanie grafenu w technologiach medycznych;
- Wpływ pól elektromagnetycznych na komórki nowotworowe, macierzyste i zdrowe;
- Oddziaływanie impulsów promieniowania pola elektromagnetycznych na mózg człowieka;
- Zastosowanie pól magnetycznych w rehabilitacji medycznej;
- Wykorzystanie nanocząsteczek w zwalczaniu chorób nowotworowych;
- Zastosowanie laserów niskiej energii w oddziaływaniu na proliferację komórek macierzystych;
- Diagnostyka i terapia fotodynamiczna w leczeniu chorób nowotworowych i chorobach układu krążenia;
- Wykorzystanie technologii laserowych w wykrywaniu patogenów zakażeń szpitalnych.

Do chwili obecnej w Centrum Inżynierii Biomedycznej powstało 8 zgłoszeń patentowych, wdrożono dwie technologie medyczne i trzy urządzenia medyczne. Od 2016 roku Centrum jest jednostką organizacyjną Instytutu Optoelektroniki Wojskowej Akademii Technicznej prowadzącą działalność naukowo-badawczą, edukacyjną, analityczną i usługową w zakresie Inżynierii Biomedycznej oraz dyscyplin pokrewnych na rzecz obronności i systemu bezpieczeństwa państwa.

W ramach projektu finansowanego przez PARP powstały nowe pracownie Centrum Inżynierii Biomedycznej, wyposażone w najnowocześniejszą aparaturę naukowo-badawczą:

- Pracownia Zagrożeń Bioterrorystycznych;

- Pracownia Zastosowań Laserów w Inżynierii Biomedycznej;
- Pracownia Oddziaływania Promieniowania Elektromagnetycznego z Materią;
- Pracownia Biologii Molekularnej;
- Pracownia Biocybernetyki (w ramach porozumienia z Wydziałem Cybernetyki WAT);
- Pracownia Biomechaniki i Zastosowań Grafenu (w ramach porozumienia z Wydziałem Mechanicznym WAT).

2. BADANIA Z OBSZARU FIZYKI PLAZMY I FIZYKI LASERÓW

2.1.

ŚWIATŁOWODOWY LASER TULOWY DO APLIKACJI MEDYCZNYCH

jacek.swiderski@wat.edu.pl



Rys. 2.1.1. Zdjęcie modułu światłowodowego lasera tulowego.



Rys. 2.1.2. Zdjęcie medycznego urządzenia laserowego do małoinwazyjnej chirurgii endoskopowej i robotycznej.



Rys. 2.1.3. Zabieg wycinania fragmentów narządów wewnętrznych świni.



Rys. 2.1.4. Pomiar parametrów promieniowania generowanego przez opracowany laser.

Opracowano światłowodowy laser tulowy ciągłego działania generujący promieniowanie o długości fali 1940 nm i maksymalnej mocy wyjściowej 37.4 W przy sprawności różniczkowej 57%. Wiązka wyjściowa generowanego promieniowania charakteryzuje się bardzo dobrą jakością (parametr $M^2 \sim 1.2$) oraz dużą stabilnością mocy generowanego promieniowania w czasie (fluktuacje mocy wyjściowej $< 1\%$ dla $t=1h$). Opracowany laser stanowi komponent medycznego urządzenia laserowego dedykowanego do małoinwazyjnej chirurgii endoskopowej i robotycznej. Obecnie urządzenie przechodzi testy kliniczne na zwierzętach oraz rozpoczynane są procedury zmierzające do uzyskania certyfikatu CE. Pełna komercjalizacja urządzenia planowana jest na 2018 r.

Opracowane urządzenie zrealizowano w ramach konsorcjum naukowego w składzie:

- Metrum Cryoflex Sp. z o.o., Sp. k. - lider konsorcjum,
- Instytut Optoelektroniki Wojskowej Akademii Technicznej,
- Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich.

Podziękowania: Badania prowadzone były w ramach projektu nr INNOTECH-K3/IN3/55/225968/NCBR/14 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka.

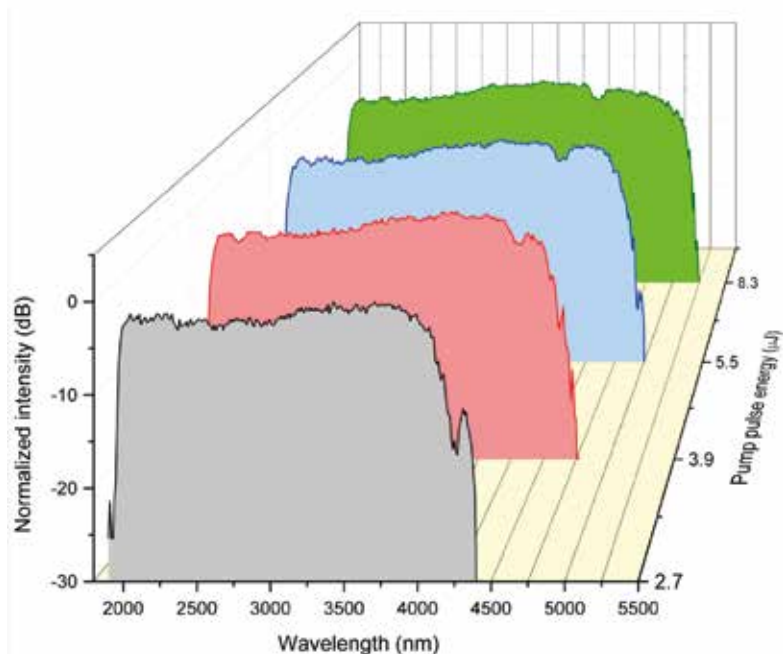
Film o światłowodowym laserze tulowym dostępny jest pod adresem: <https://www.youtube.com/watch?v=XKYjDYjhcQ>

2.2.

GENERACJA SUPERCONTINUUM ŚREDNIEJ PODCZERWIENI W ŚWIATŁOWODZIE FLUOROINDOWYM

jacek.swiderski@wat.edu.pl

Rys. 2.2.1 Widma supercontinuum uzyskane na wyjściu 9-metrowego odcinka światłowodu fluoroindowego (InF_3) pompowanego promieniowaniem o długości fali $2.02\text{ }\mu\text{m}$, zarejestrowane dla impulsów pompujących o energii $\sim 2.7\text{ }\mu\text{J}$ (36.3 kW), $3.9\text{ }\mu\text{J}$ (52.4 kW), $5.5\text{ }\mu\text{J}$ (73.9 kW) oraz $8.3\text{ }\mu\text{J}$ (111.5 kW).



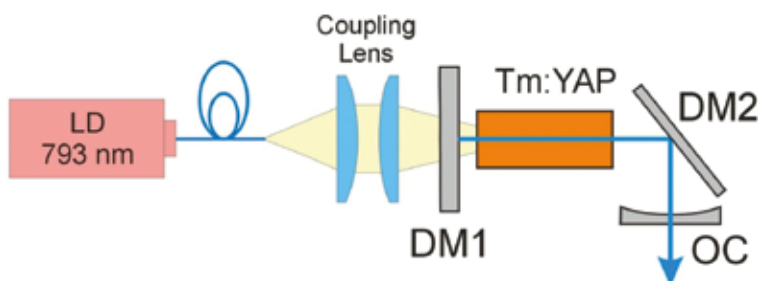
Zaprezentowano generację supercontinuum w średniej podczerwieni (długości fali powyżej $2\text{ }\mu\text{m}$) o dużej szerokości widma generowanego promieniowania. Pompując światłowód fluoroindowy (InF_3) impulsami optycznymi o czasie trwania $\sim 70\text{ ps}$ i długości fali $2.02\text{ }\mu\text{m}$ zademonstrowano po raz pierwszy supercontinuum o widmie rozciągającym się do $5.25\text{ }\mu\text{m}$, charakteryzujące się płaskością na poziomie 5 dB w całym przedziale $2\text{--}5\text{ }\mu\text{m}$. Przebadano ewolucję widma supercontinuum w zależności od mocy szczytowej oraz długości fali impulsów pompujących. Pozwoliło to na określenie optymalnych parametrów promieniowania pompującego dla użytego ośrodka nieliniowego warunkujących dużą szerokość widma generowanego supercontinuum. Dalsze poszerzenie tego widma było ograniczone optycznym progiem uszkodzenia światłowodu, który został eksperymentalnie określony na poziomie $\sim 200\text{ GW/cm}^2$.

Podziękowania: Badania prowadzone były w ramach grupy zadaniowej NATO SET-224 „Coherent Mid-Infrared Fibre Source Technology”.

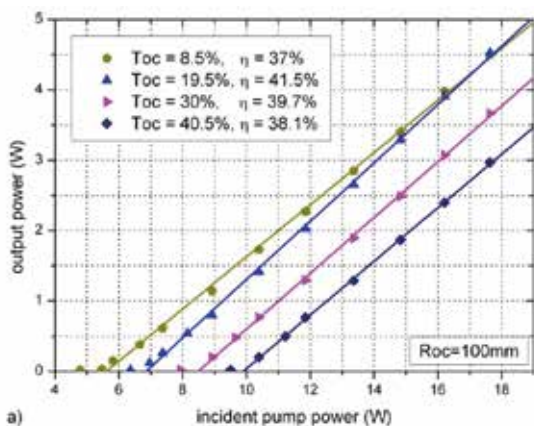
2.3.

POMPOWANY DIODOWO LASER TM:YAP JAKO WYDAJNE ŹRÓDŁO POMPUJĄCE NA DŁUGOŚCI FALI 1940 NM

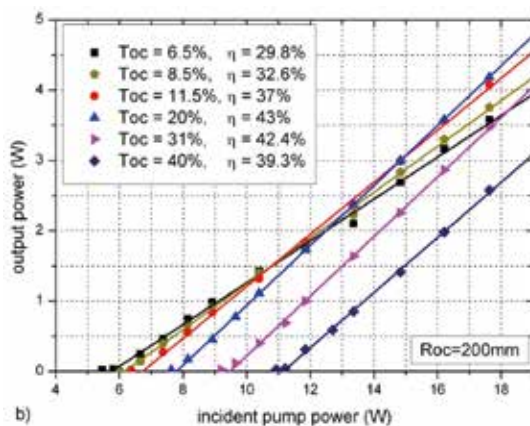
jacek.kwiatkowski@wat.edu.pl



Rys. 2.3.1 Schemat lasera Tm:YAP: DM1 - zwierciadło dichroiczne, OC - zwierciadło wyjściowe



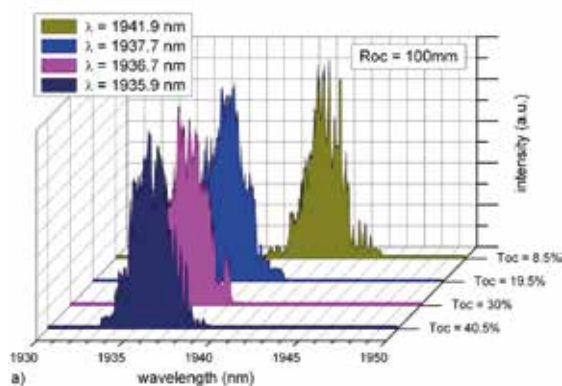
a)



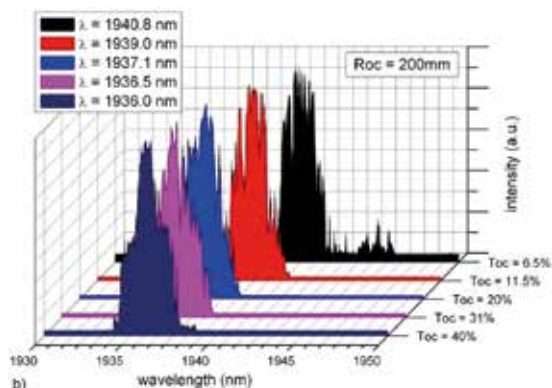
b)

Rys. 2.3.2a. Moc wyjściowa lasera Tm:YAP w zależności od transmisji oraz promienia krzywizny zwierciadła wyjściowego Roc=100 mm

Rys. 2.3.2b Moc wyjściowa lasera Tm:YAP w zależności od transmisji oraz promienia krzywizny zwierciadła wyjściowego Roc=200 mm



a)



b)

Rys. 2.3.3a Charakterystyki widmowe lasera Tm:YAP, Roc= 100 mm

Rys. 2.3.3b Charakterystyki widmowe lasera Tm:YAP, Roc= 200 mm

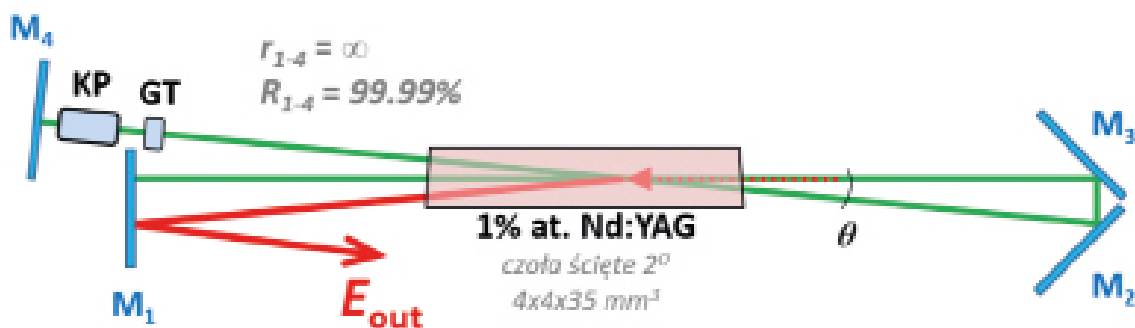
Opracowano model laboratoryjny objętościowego lasera Tm:YAP pompowanego diodą laserową. Jako źródło pompujące zastosowano laser generujący promieniowanie o długości fali 793 nm. Przeprowadzono kompleksowe badania charakterystyk energetycznych oraz widmowych lasera w zależności od transmisji oraz promienia krzywizny zwierciadła wyjściowego. Najlepsze wyniki energetyczne uzyskano dla zwierciadła wyjściowego o promieniu krzywizny $R_{oc} = 100$ mm. W badaniach generacji swobodnej lasera Tm:YAP dla zwierciadła wyjściowego o transmisji 19,5% uzyskano 4,53 W mocy wyjściowej ze sprawnością różniczkową 41,5%. Dla takich parametrów elementów składowych, laser generował promieniowanie o długości fali nieco poniżej 1940 nm. W celu zapewnienia generacji lasera Tm:YAP na długości fali około 1940 nm bez stosowania dodatkowych elementów w rezonatorze, należy dobrać transmisję zwierciadła wyjściowego o wartości około 10%.

2.4.

POMPOWANY POPRZECZNIE LASER ND:YAG Z SAMO-ADAPTUJĄCYM REZONATOREM

Zademonstrowano wzbudzany poprzecznie dwoma dwuwymiarowymi matrycami emiterów laser Nd:YAG z nowym typem samoadaptującego rezonatora z zamkniętym obiegiem wiązki. Uzyskano 250 mJ energii w generacji swobodnej, co odpowiadało 97% energii uzyskanej w klasycznym rezonatorze liniowym o tej samej długości. Sprawność różniczkowa generacji wynosiła 34.2%, porównywalnie z tą uzyskaną w rezonatorze liniowym (34.1%). Była to ponad dwukrotnie wyższa wartość niż ta, uzyskiwana w klasycznych rozwiązaniach. Wyjściowa wiązka promieniowania była bliska ograniczenia dyfrakcyjnego – parametr jakości wiązki wynosił $M^2 < 1.6$. Wykorzystując pasywną modulację strat rezonatora za pomocą monokryształów Cr:YAG, po raz pierwszy uzyskano generację impulsów nanosekundowych w zaproponowanym samo-adaptującym rezonatorze. Układ generował monoimpulsy o energii 20 mJ i czasie trwania 24 ns, co odpowiadało mocy szczytowej impulsu równej 875 kW. Wyjściowa wiązka była bliska ograniczenia dyfrakcyjnego, a jej parametr jakości wiązki wynosił $M^2 < 1.7$.

mateusz.kaskow@wat.edu.pl



Używając głowicy laserowej z jedną matrycą emiterów, uzyskano po raz pierwszy generację nanosekundowych impulsów wykorzystując aktywne przełączanie strat rezonatora za pomocą elektro-optycznej komórki Pockelsa. Generowano monoimpulsy o energii 18.3 mJ i czasie trwania 9.5 ns co odpowiadało mocy szczytowej równej 1.93 MW. Wyjściowe promieniowanie było bliskie ograniczenia dyfrakcyjnego. Parametr jakości wiązki wynosił $M^2 = 1.4$.

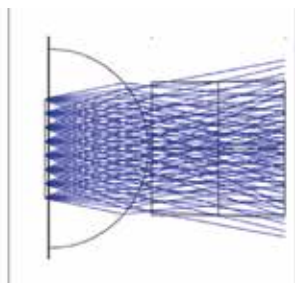
Rys. 2.4.1. Schemat samo-adaptującego się rezonatora z zamkniętym obiegiem wiązki.

2.5.

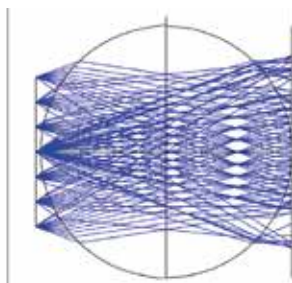
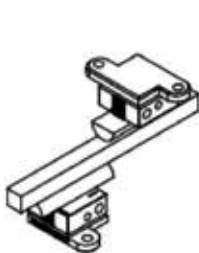
BADANIA SCHEMATÓW POMPOWANIA POPRZECZNEGO LASERÓW POMPOWANYCH DIODAMI O PODWYŻSZONYCH PARAMETRACH UŻYTKOWYCH

mateusz.kaskow@wat.edu.pl

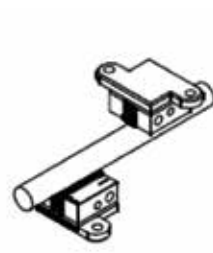
Wydajne, o dużej energii i dobrej jakości wiązki, odporne na szoki mechaniczne i zmiany temperatury lasery impulsowe znajdują liczne zastosowania w technice wojskowej np. jako oświetlacze celu, dalmierze itp. Celem analiz teoretycznych i prac eksperymentalnych prowadzonych w ostatnich latach Zespole Optyki Laserów IOE było opracowanie wydajnych schematów poprzecznego pompowania laserów pracujących w szerokim zakresie temperatur. Dokonano analizy konfiguracji poprzecznego wzbudzania ośrodków aktywnych domieszkowanych jonami neodymu, używając dwóch nowych matryc diod laserowych LDA-8 (DILAS N13N_8NN.2000-VO23.2), generujących promieniowanie w zakresie 80x nm o mocy szczytowej do 2 kW. Pojedyncza matryca składa się z 8 linijek emiterów. Odstęp pomiędzy linijkami wynosi 0.425 mm. Połównkowy kąt rozbieżności wynosi 35° w osi szybkiej i 5° w osi wolnej. Opracowano dwie konfiguracje pompowania poprzecznego:



Rys. 2.5.1a. Pęk promieni z ZEMAX w płaszczyźnie merydionalnej oraz ułożenie LDA - wersja 1.



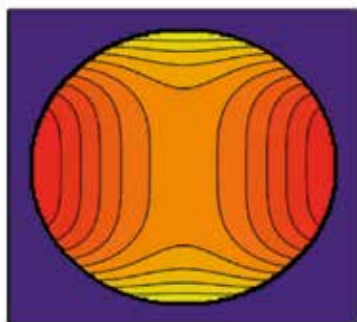
Rys. 2.5.1a. Pęk promieni z ZEMAX w płaszczyźnie merydionalnej oraz ułożenie LDA - wersja 1.



Wersja 1: LDAs-8 są zorientowane wzdłuż sztabki Nd:YAG (50x4x4 mm) po obu jej stronach. Promieniowanie matryc jest skupiane pojedynczą soczewką cylindryczną w osi szybkiej. 90% mocy pompy jest absorbowana w ośrodku, obliczona powierzchnia wzbudzenia wynosi 4x10 mm² co odpowiada gęstości mocy pompy 5.6 kW/cm².

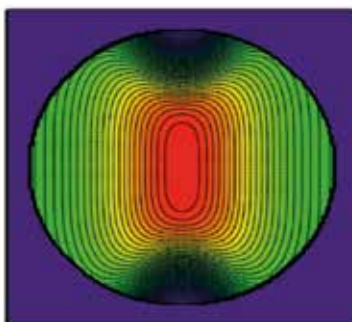
Wersja 2: LDAs-8 są zorientowane wzdłuż pręta Nd:YAG (średnica 5x50 mm), po obu jego stronach. Geometria ośrodka pełni rolę soczewki cylindrycznej. Prawie 100% mocy pompy propaguje się w ośrodku aktywnym. Obliczona powierzchnia wzbudzenia wynosi 2.5x10 mm² co odpowiada gęstości mocy pompy 7.9 kW/cm².

Wybór dwóch matryc LDA umieszczonych po obu stronach ośrodka aktywnego umożliwia pewny stopień symetryzacji rozkładu poprzecznego rozkładu wzmocnienia. Rys. 2.5.2 przedstawia modele dystrybucji wzbudzenia dla dwóch wersji.



PORR THpr

Rys. 2.5.2a. Poprzeczny rozkład wzmocnienia w sztabce Nd:YAG – wersja 1.



PORR THpr

Rys. 2.5.2b. Poprzeczny rozkład wzmocnienia w pręcie Nd:YAG – wersja 2.

Dla założonej średnicy modu 3 mm oraz mocy szczytowej pompy 1.7 kW, wersja 2 oferuje wyższy współczynnik wzmocnienia małosygnałowego $g_0 = 11 \text{ cm}^{-1}$. Dla wersji 1 jest on mniejszy i wynosi $g_0 = 8.1 \text{ cm}^{-1}$. Ponadto konfiguracja wzbudzania w wersji 2 jest mniej podatna na wpływ temperatury na parametry generacji. Jest to spowodowane tym, iż środek modu jest zlokalizowany na środku ośrodka aktywnego. Ogranicza to znacząco wpływ gradientów temperatury spowodowanych absorpcją promieniowania pompy na krawędzi ośrodka.

Podziękowania: Prace były realizowane w konsorcjum z Telesystem-Mesko w ramach projektu PBS3/B3/27/2015 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

2.6.

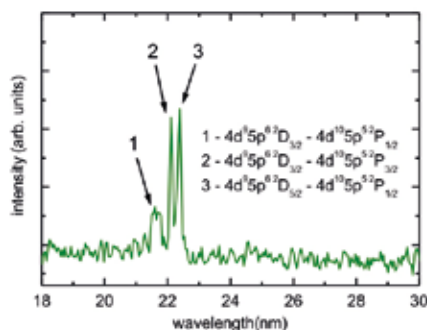
JONIZACJA WEWNĘTRZNA W KSENONIE, PLAZMA FOTOJONIZACYJNA

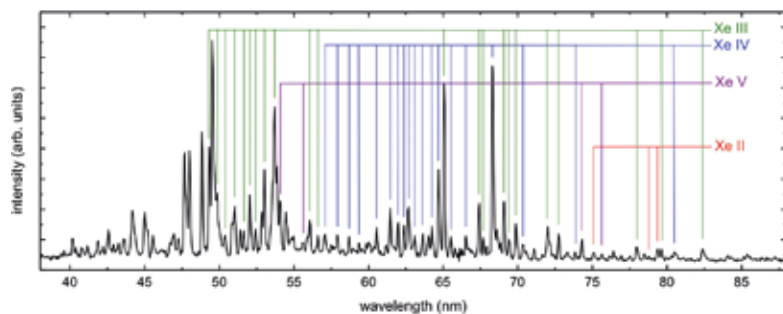
andrzej.bartnik@wat.edu.pl

Fotony promieniowania z zakresu skrajnego nadfioletu (EUV) mają energię wystarczającą do uwolnienia elektronu z wewnętrznych powłok atomowych. W wyniku tego typu fotojonizacji pojawiają się jony z dziurą w powłoce wewnętrznej. Deeksytacja takiego stanu następuje w wyniku przejścia elektronu z wyższej powłoki z jednoczesną emisją fotonu (fluorescencja) lub elektronu Auger'a. Prawdopodobieństwo fluorescencji w zakresie EUV jest o 3-4 rzędy wielkości mniejsze od emisji Auger'a co oznacza, że w wyniku wewnętrznej jonizacji, prawie zawsze następuje emisja co najmniej 2 elektronów. Przy dużej intensywności wiązki EUV następuje wytworzenie plazmy fotojonizacyjnej zawierającej jony wieloładunkowe.

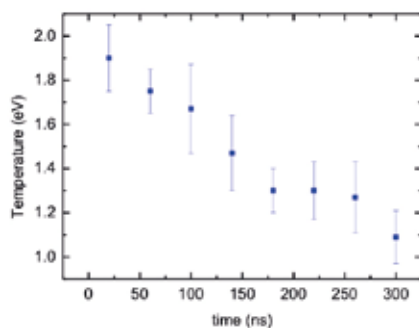
W ramach prowadzonych badań w Instytucie Optoelektroniki zarejestrowano widma emisyjne takiej plazmy, wytwarzanej w różnego typu gazach. Widma fluorescencji oraz promieniowania plazmy ksenonowej, przedstawione odpowiednio na Rys. 2.6.1-2, rejestrowano w zakresie długości fal $10 \div 100$ nm za pomocą spektrografu EUV (McPherson, Model 251). Na podstawie widm uzyskanych w zakresie $200 \div 780$ nm z zastosowaniem spektrometru Echelle Spectra Analyzer ESA 4000 wykonano wykresy Boltzmanna, umożliwiające wyznaczenie temperatury elektronowej plazmy. Pomiary te wykonano dla różnych czasów opóźnienia względem impulsu EUV zastosowanego do wytwarzania plazmy. Wyniki pomiarów temperatury elektronowej przedstawione na Rys. 2.6.3 wskazują na utrzymywanie się temperatury na poziomie $1 \div 2$ eV w stosunkowo długim czasie > 300 ns. Na podstawie poszerzenia Starka linii Balmer β pochodzącej z niewielkiej domieszki wodoru wyznaczono też gęstość elektronową plazmy. Jest ona o kilka rzędów wielkości wyższa w stosunku do plazmy niskotemperaturowej stosowanej w technologii, osiągając wartości na poziomie 10^{16} cm^{-3} .

Rys. 2.6.1. Widmo fluorescencji jonów Xe-II z powłoki N, emitowane z naświetlonego promieniowaniem EUV gazu, akwizycja 4000 impulsów





Rys. 2.6.2. Typowe widmo emisyjne jonów Xe II-V plazmy fotojonizacyjnej powstałej pod wpływem intensywnych impulsów promieniowania EUV, akwizycja 4000 impulsów.



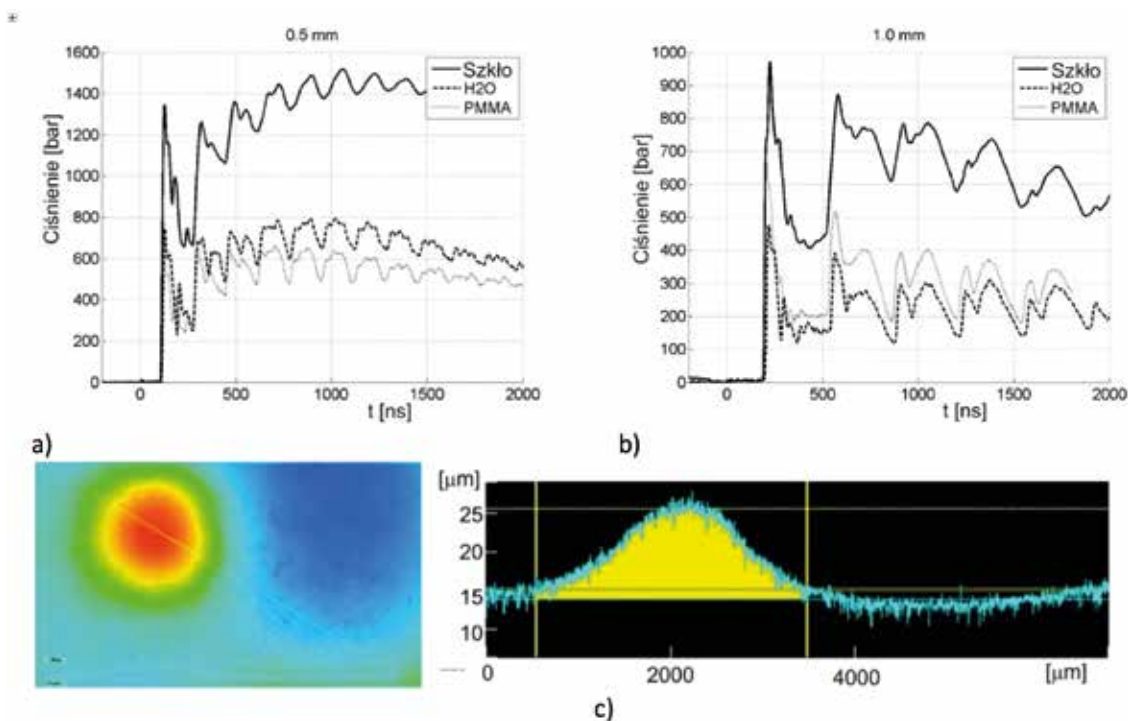
Rys. 2.6.3. Ewolucja temperatury elektronowej dla plazmy fotojonizacyjnej wytwarzanej w ksenonie, uzyskana z pomiarów widmowych w zakresie UV/VIS

2.7.

FALE UDERZENIOWE INDUKOWANE W MATERIAŁACH PRZEZ IMPULSY PROMIENIOWANIA LASEROWEGO

marek.strzelec@wat.edu.pl

Właściwości materiałów w warunkach dynamicznych deformacji w istotny sposób różnią się od właściwości w warunkach statycznych. Zależą one od szybkości deformacji, mikrostruktury materiału i temperatury. Badania procesów, występujących w materiałach przy bardzo dużych prędkościach deformacji stają się możliwe przy wykorzystaniu fal uderzeniowych indukowanych przez impulsy laserowe dużej mocy. Odpowiednio krótkie, nanosekundowe impulsy promieniowania laserowego i odpowiednio dobrane warstwy absorpcyjne i inercyjne pozwalają na uzyskanie ciśnień fali uderzeniowej aż do kilku GPa. Zależność profilu ciśnienia fali uderzeniowej od materiału warstwy inercyjnej, zmierzona przy użyciu polimerowego przetwornika PVDF przedstawiono na Rys. 2.7.1a,b. Maksymalne ciśnienie około 1500 barów uzyskano dla szkła, posiadającego najwyższą impedancję akustyczną.



Rys. 2.7.1. a,b: Profile ciśnienia zarejestrowane przy użyciu przetwornika PVDF. Podłoże – warstwa PMMA, obrabiana próbka – stal ANSI 304 oraz szkło, woda i PMMA jako warstwy inercyjne: a) grubość próbki stalowej 0.5 mm; b) grubość próbki stalowej 1 mm; c) Geometria odspojenia warstwy technologicznej Ti po naświetleniu impulsem lasera Nd:YAG 1 J, 10 ns, zarejestrowana przez mikroskop konfokalny.

We współpracy z zespołem IPPT PAN, laserowo indukowane fale uderzeniowe były zastosowane do oceny wewnętrznych naprężeń warstw tytanowych nałożonych procesem PVD na próbki stali ANSI 304 o średnicy 10 mm i grubości 0.5 mm. Energię impulsów lasera Nd:YAG regulowano w zakresie 0.5 – 1.2 J. Impulsy laserowe o czasie trwania 10 ns, padały na warstwę grafitu poprzez przezroczystą warstwę inercyjną. Grubość warstwy Ti 3.4 ± 0.4 mm oraz średnią jej chropowatość $R_a = 0.56$ mm określono przy użyciu mikroskopu konfokalnego Keyence Vx 100. Rysunek 1c przedstawia powierzchnię warstwy tytanowej z lokalnym odspojeniem, wywołanym przez falę uderzeniową.

Podziękowania: Prace finansowane były przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektu 2013/09/B/ST8/03468 oraz częściowo wykorzystane w projekcie Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Strategicznego DOB-1-6-6/1/PS/2014.

3.

ZASTOSOWANIA OPTOELEKTRONICZNYCH TECHNIK POMIAROWYCH

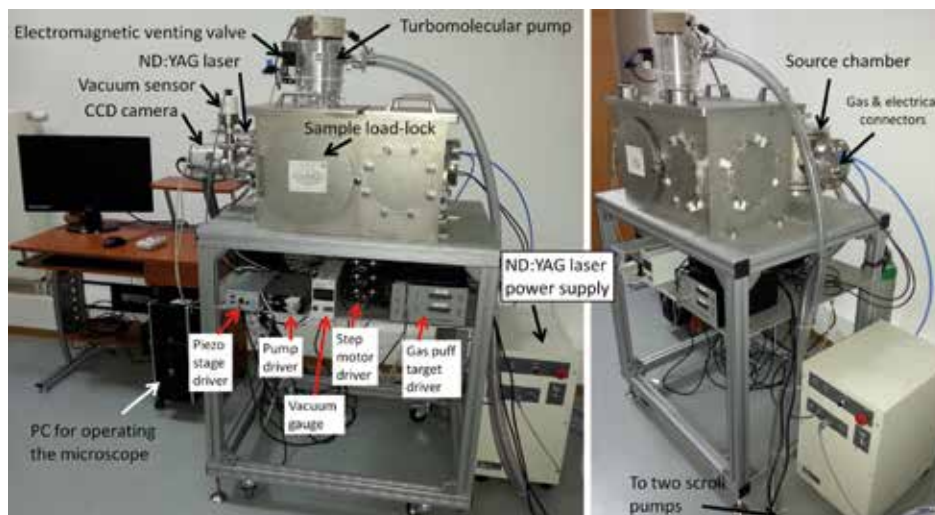
3.1.

ZASTOSOWANIA KOMPAKTOWEGO MIKROSKOPU NA ZAKRES SKRAJNEGO NADFIOLETU W BIOLOGII I NANOTECHNOLOGII

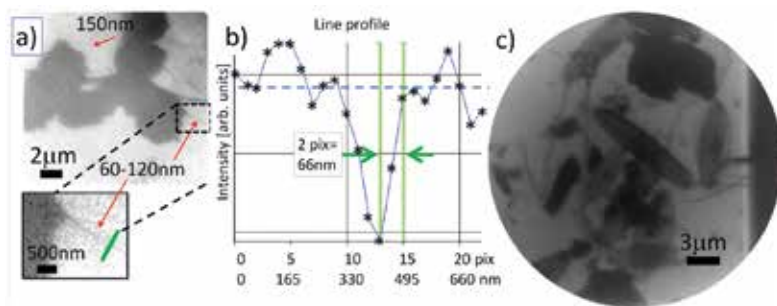
przemyslawwachulak@wat.edu.pl

Rys. 3.1.1. Zdjęcie przedstawiające mikroskop EUV z zaznaczonymi głównymi komponentami urządzenia.

W ramach prac zademonstrowano kompaktowy mikroskop na zakres skrajnego nadfioletu (ang. extreme ultraviolet EUV), który następnie został zastosowany do obrazowania rzeczywistych próbek biologicznych i nanostruktur. Mikroskop został opracowany w ramach projektu LIDER z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.



Przedstawiony kompaktowy mikroskop EUV został opracowany w oparciu o wielowarstwowy kondensor elipsoidalny i płytkę strefową Fresnela pełniącą rolę obiektywu. Mikroskop pozwala na obrazowanie z rozdzielczością przestrzenną wynoszącą 48 nm i z czasem ekspozycji wynoszącym od kilku sekund do około minuty, co pozwala na uzyskiwanie obrazów w zakresie EUV z nanometrową rozdzielczością przestrzenną [1].



Rys. 3.1.2. Obrazy komórek fibroblastów CT26 uzyskane w zakresie EUV a). Profil liniowy poprzez jedną z najmniejszych struktur w obrazie b), zmiana intensywności 0-95% w przedziale 66 nm sugeruje rozdzielczość lepszą niż 50nm. Obraz EUV nanostruktur w postaci okrzemek c), ekspozycja 200 impulsów EUV (20 sekund), widzialne struktury o rozmiarach 60nm.

Podziękowania: Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, projekt LIDER numer LIDER/004/410/L-4/12/NCBR/2013 oraz projektu europejskiego Laserlab Europe III (No 284464).

Literatura: [1] P. W. Wachulak, et al. Applied Physics B 123:25, 1-5 (2017), DOI 10.1007/s00340-016-6595-5

[2] A. Torrisi et al., Journal of Microscopy 265, 2, 251-260 (2017), DOI: 10.1111/jmi.12494

3.2.

KOMPAKTOWY MIKROSKOP SXR I JEGO ZASTOSOWANIA W BIOLOGII

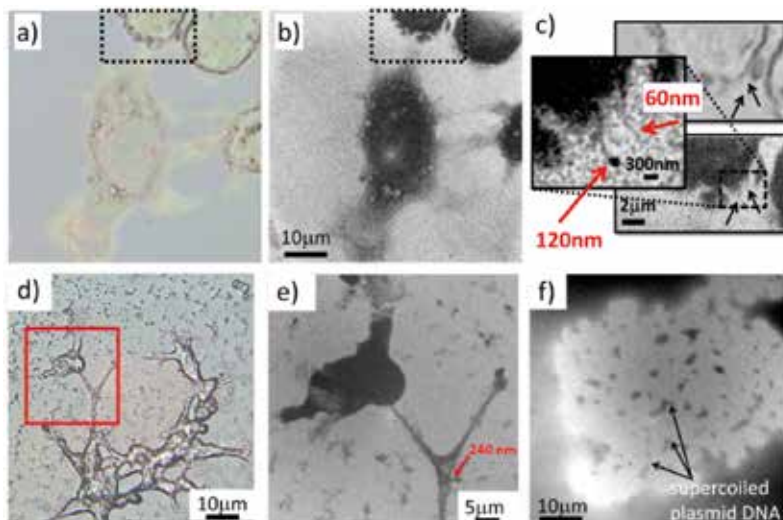
przemyslawwachulak@wat.edu.pl

Rys. 3.2.1. Zdjęcie z mikroskopu SXR.



W pracy przedstawiony został układ mikroskopu na zakres miękkiego promieniowania rentgenowskiego (ang. soft X-ray SXR), oparty na źródle laserowo-plazmowym z podwójną tarczą gazową azotowo/helową [2], oraz płytce strefowej Fresnela – pełniącej funkcję obiektywu. Mikroskop pozwala na rejestrację powiększonych obrazów przedmiotów, osiągając rozdzielczość przestrzenną 60 nm, czas ekspozycji kilku sekund, kompaktowe wymiary i łatwość obsługi. Poniżej przedstawiono zastosowania tego urządzenia do obrazowania próbek biologicznych.

Rys. 3.2.2. Porównanie obrazów z mikroskopu na zakres widzialny – a, d) i obrazów SXR – b, e) fibroblastów CT 26 poddanych procedurze utrwalania i bez niej. Obraz c) pokazuje porównanie małych wycinków obrazów z obu mikroskopów oraz najmniejsze widzialne struktury w obrazie SXR. Obraz e) został zarejestrowany w obszarze oznaczonym czerwonym kwadratem w obrazie d). Plazmidy DNA pBR322 przedstawiono na obrazie f). Wszystkie obrazy oprócz c), mają pole widzenia 60x60 μm^2 .



Taki mikroskop nie wymaga specjalnego przygotowania próbek jak SEM, wykorzystuje naturalny kontrast absorpcyjny w zakresie „okna wodnego” i może być traktowany jako dodatkowe narzędzie do obrazowania, komplementarne do dobrze znanych, innych technik obrazowania (SEM, AFM, TEM). Wykazano również, iż przedstawiony mikroskop SXR jest zdolny do obrazowania różnych próbek z wielu różnych dziedzin nauki i technologii, w tym, ale nie ograniczając się do nich, biologii, inżynierii materiałowej i nanotechnologii. Uniwersalność takiego mikroskopu może otworzyć możliwość szerokiego zastosowania i komercjalizacji takich systemów w najbliższej przyszłości.

Podziękowania: Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki, projekty nr UMO-2015/17/B/ST7/03718 i UMO-2015/19/B/ST3/00435 oraz projekt LIDER numer LIDER/004/410/L-4/12/NCBR/2013 Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Literatura: [1] Da Silva L B, et al., Science 258 269–71(1992)

[2] Wachulak P W, et al., Optoelectronics Review 24, 3, 144-154, (2016), doi: 10.1515/oere-2016-0018

3.3.

UKŁADY PRZETWARZANIA SYGNAŁÓW TYPU „BOXCAR” DO DETEKTORÓW PROMIENIOWANIA OPTYCZNEGO

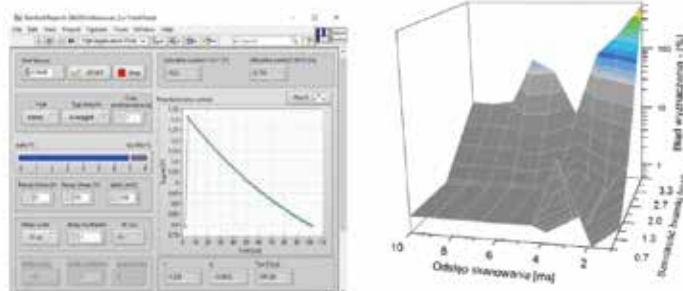
janusz.mikolajczyk@wat.edu.pl

Rys. 3.3.1. Widok stanowiska (a) oraz panelu użytkownika z przykładowymi wynikami testów (b)

a)



b)



- zautomatyzowanego stanowiska do badań możliwości zastosowania techniki podwójnego całkowania w opracowanych modułach detekcji sygnałów optycznych oraz sensorach,

Rys. 3.3.3. Model laboratoryjny zintegrowanego układu typu Boxcar (a) oraz wizualizacja 3d demonstratora ACF2101 dopasowanego do współpracy z platformą Arduino (b)

a)



b)

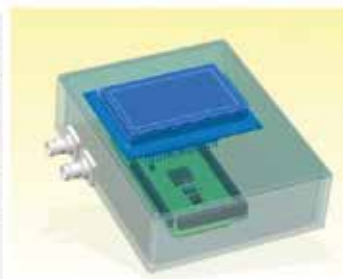
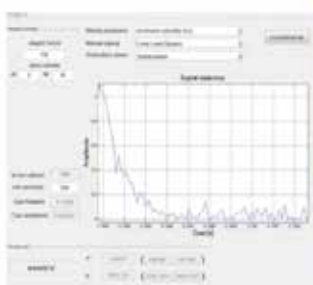


- projektu układu typu Boxcar przy użyciu platformy programistycznej STM32 dla potrzeb układów laserowej spektroskopii absorpcyjnej.

a)



b)



Opracowane układy laboratoryjne mogą dostarczyć cennych informacji, które znajdą zastosowanie zarówno na etapie badań układów detekcyjnych promieniowania optycznego, jak również ich praktycznego zastosowania.

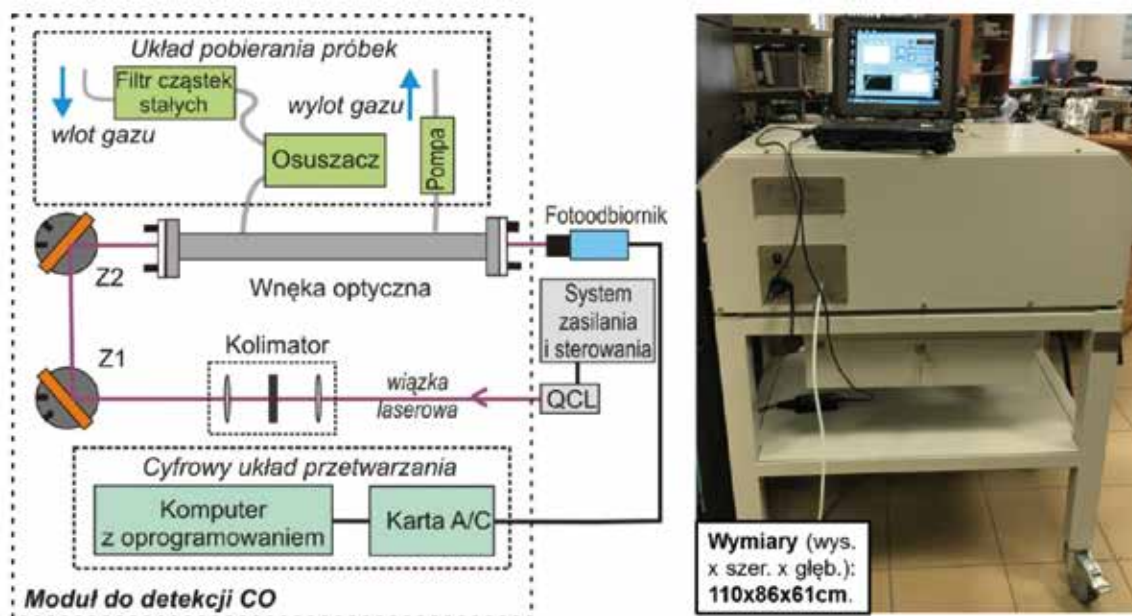
Rys. 3.3.2. Model laboratoryjny zintegrowanego układu typu Boxcar (a) oraz wizualizacja 3d demonstratora ACF2101 dopasowanym do współpracy z platformą Arduino (b)

3.4.

DEMONSTRATOR OPTOELEKTRONICZNEGO
ULTRACZUŁEGO CZUJNIKA TLENKU WĘGLA

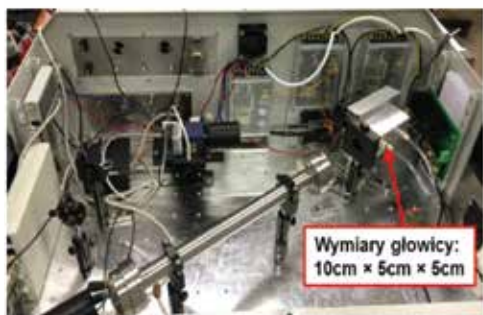
jacek.wojtas@wat.edu.pl

W ramach projektu EDEN (ID 179616) realizowanego w Programie Badań Stosowanych finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w Instytucie Optoelektroniki (IOE) WAT opracowano demonstrator optoelektronicznego czujnika do wykrywania tlenku węgla (EDEN-2015), w którym zaimplementowano spektroskopię strat we wnęce optycznej. Gaz ten jest niebezpiecznym zanieczyszczeniem powietrza oraz stanowi bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia człowieka. CO jest także składnikiem ludzkiego oddechu i może być biomarkerem niewydolności naczyń wieńcowych. Na rys. 3.4.1 przedstawiono schemat blokowy oraz fotografię opracowanego demonstratora.

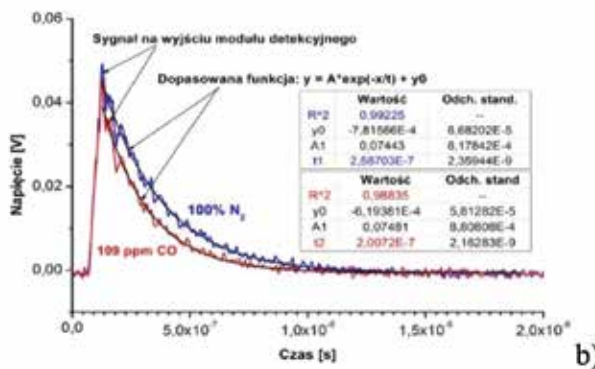


Rys. 3.4.1. Schemat blokowy (a) i fotografia demonstratora EDEN-2015 (b).

W czujniku zastosowano najnowsze krajowe osiągnięcia w technologii laserów oraz fotodetektorów: kwantowy laser kaskadowy oraz moduł fotodetektora z supersieci drugiego rodzaju (rys. 3.4.2a) opracowanych przez Lidera Projektu – Instytut Technologii Elektronowej oraz jego Partnerów: Wydział Elektroniki, Mikrosystemów i Fotoniki (Politechnika Wrocławska), Katedrę Podstaw Elektroniki (Politechnika Rzeszowska) i firmę VIGO System S.A. Opracowany w IOE sensor tlenku węgla osiągnął granicę wykrywalności 110 ppb, którą wyznaczono jako 1,645 odchylenia standardowego pomiaru stężenia 109 ppm w mieszaninie referencyjnej (rys. 3.4.2b).
Podziękowania: Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, projekt nr: 179616 (PBS1/B3/2/2012)



a)



Rys. 3.4.2. Fotografia opracowanego sensora (a) oraz przykładowy wynik pomiaru stężenia CO w mieszaninie referencyjnej (b).

3.5.

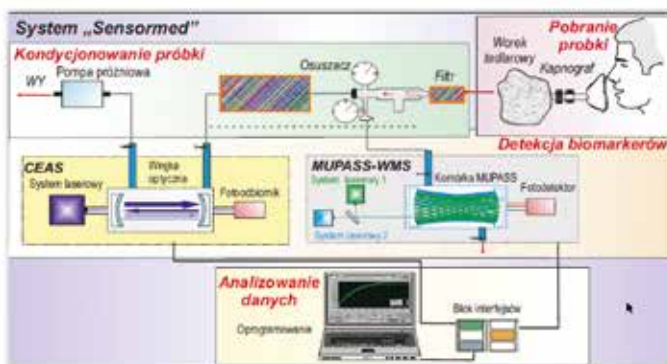
OPTOELEKTRONICZNY SYSTEM WYKRYWANIA BIOMARKERÓW CHOROBYCH W WYDYCHANYM POWIETRZU

zbigniew.bielecki@wat.edu.pl

W ramach konsorcjum w składzie: Instytut Optoelektroniki WAT (lider), Wydział Fizyki UW, Wydział Chemii UMK, oraz firma VIGO SYSTEM S.A., opracowano optoelektroniczny system wykrywania biomarkerów chorobowych w wydychanym powietrzu. System ten składa się z trzech zasadniczych bloków: pobierania i kondycjonowania próbek oddechu, detekcji markerów chorobowych oraz przetwarzania i analizowania sygnałów. Zadaniem układu kondycjonowania jest przygotowanie próbek do pomiarów w sensorach optoelektronicznych. W układzie detekcji biomarkerów zastosowano dwa sensory z komórkami wieloprzebiegowymi (MUPASS-WMS) oraz czujnik działający z wykorzystaniem spektroskopii strat we wnętrzu optycznej (CEAS). Wyznaczenie stężeń badanych markerów chorobowych umożliwia układ przetwarzania sygnału składający się z przetworników AC oraz komputera i dedykowanego oprogramowania.



Rys. 3.5.1. Fotografia modelu laboratoryjnego systemu



Rys. 3.5.2. Schemat blokowy systemu

Tab. 3.5.1. Zestwienie biomarkerów możliwych do wykrycia przez opracowany system

Biomarker	Długość fali [μm]	Typowe stężenie	Przykładowe choroby	Osiągnięty limit detekcji [ppb]
Tlenek azotu	5,263	35 - 50 ppb	Astma, angina, przewlekłe zapalenie dróg oddechowych	30
Tlenek węgla	2,33373	10 - 20 ppm	Astma, angina, stres oksydacyjny, hiperbilirubinemia	100
Metan	2,25366	< 2 ppm	Bakterie jelitowe	100

Podziękowania: Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, projekt nr: 179900 (PBS1/A3/7/2012)

3.6.

ROZPOZNAWANIE TWARZY W ZAKRESIE TERMALNEJ PODCZERWIENI

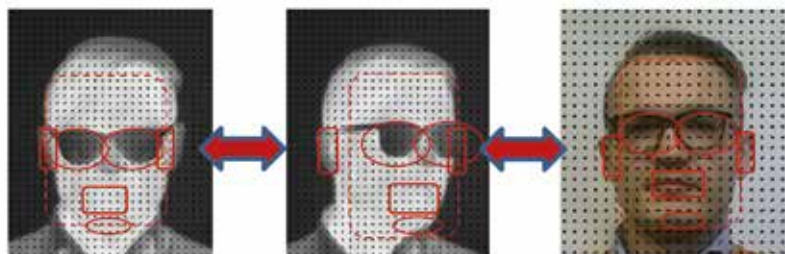
Biometria jest dziedziną nauki zajmującą się analizą unikalnych cech istot żywych. Znajduje ona szerokie zastosowanie do identyfikacji osób, m. in. na przejściach granicznych.

Jedną z najpopularniejszych oraz najbardziej naturalnych cech ludzkich stosowanych do identyfikacji jest twarz. Twarz stanowi unikalny wzorzec, na podstawie którego możliwa jest automatyczna weryfikacja tożsamości osoby. Istnieje wiele metod rozpoznawania twarzy, bazujących na obrazach z zakresu światła widzialnego, podczerwieni, dwu- lub trójwymiarowych. Rozpoznawanie twarzy w zakresie światła widzialnego pomimo wielu lat badań nadal stanowi wyzwanie i obszar do usprawnień.

Nasze badania mają na celu opracowanie skutecznych algorytmów rozpoznawania twarzy na podstawie analizy obrazów z zakresu termalnej podczerwieni ($7\ \mu\text{m}$ – $14\ \mu\text{m}$). Termalna podczerwień posiada ogromny potencjał ze względu na możliwość m.in. uniezależnienia się od warunków oświetleniowych oraz możliwość wykrycia próby fałszowania tożsamości. Kamery pracujące w tym zakresie spektralnym są kamerami pasywnymi, co oznacza, że nie wymagają dodatkowych źródeł promieniowania do akwizycji obrazu, a więc mogą rejestrować obrazy w warunkach słabego oświetlenia lub w nocy. Algorytmy automatycznego rozpoznawania twarzy korzystają z unikalnych wzorców wyodrębnianych z obrazów. Poprzez złożenie wielu technik przetwarzania obrazów możliwe jest wytworzenie cyfrowej reprezentacji twarzy w zakresie termalnej podczerwieni, która następnie posłuży do weryfikacji tożsamości.

Nasze badania skierowane są na opracowanie skutecznych metod rozpoznawania twarzy na podstawie obrazów zarejestrowanych zarówno w tym samym zakresie spektralnym (termalny – termalny), jak również pomiędzy dwoma różnymi zakresami (termalny – wizyjny).

marcin.kowalski@wat.edu.pl



Rys.3.6.1. Dwa podejścia do rozpoznawania twarzy. Obrazy dwóch odpowiadających twarzy, podejście mono-spektralne (termalny – termalny), podejście między-spektralne (termalny-wizyjny).

Badania te prowadzone są w ramach projektu PROTECT: Pervasive and UseR Focused BiomeTrics BordEr ProjeCT, finansowanego w ramach programu Horyzont 2020 Komisji Europejskiej i stanowią składową przyszłego systemu odprawy granicznej bazującego na bezdotykowych technikach biometrycznych do weryfikacji tożsamości.

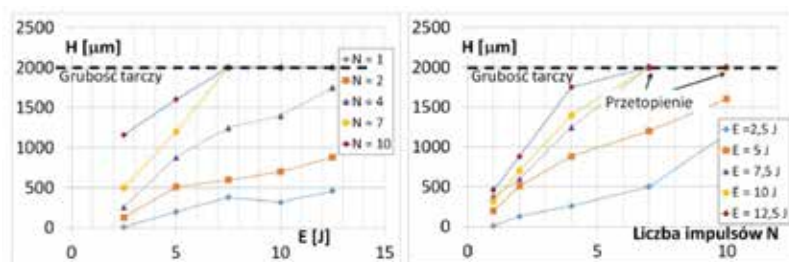
Projekt PROTECT Pervasive and UseR Focused BiomeTrics BoardEr ProjeCT otrzymał finansowanie z Komisji Europejskiej w ramach programu badawczo-innowacyjnego Horyzont 2020 na podstawie umowy Nr 700259. Liderem międzynarodowego konsorcjum jest Uniwersytet Reading (Wielka Brytania), **a w skład konsorcjum wchodzi również Wojskowa Akademia Techniczna (Instytut Optoelektroniki).**

3.7.

BADANIA ODDZIAŁYWANIA WYSOKOENERGETYCZNYCH WIĄZEK LASEROWYCH Z MATERIAŁAMI

marek.strzelec@wat.edu.pl

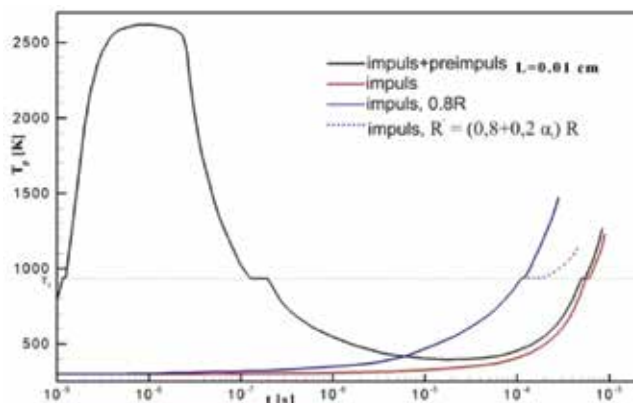
Zbudowano demonstrator stanowiska do badań oddziaływania wiązek laserowych dużej mocy z materiałami i urządzeniami techniki wojskowej. Między innymi uruchomione zostało stanowisko eksperymentalne oddziaływania promieniowania laserowego z materiałami z laserem Nd:YAG pracującym w reżimie generacji swobodnej, emitującym impulsy o energii do 10 J i czasie trwania do 2 ms z nałożonym nanosekundowym preimpulsem o dużej mocy szczytowej. Stanowisko jest wyposażone w szereg układów diagnostycznych. Oceniano wymiary geometryczne tworzących w wyniku odparowania materiału kraterów oraz czas przepalania folii metalowych. Rejestrowano także widma promieniowania laserowo indukowanej plazmy (LIBS) dla długich i nanosekundowych impulsów promieniowania. Na rys. 3.7.1 przedstawiono zmierzoną eksperymentalnie zależność głębokości krateru wytworzonego w tarczy tytanowej od energii padającego promieniowania laserowego.



Rys. 3.7.1. Zależność głębokości krateru, wytworzonego przez promieniowanie laserowe w tarczy tytanowej: a) w funkcji energii impulsu laserowego (dla stałej ilości impulsów); b) w funkcji ilości impulsów (dla stałej energii).

Szereg uzyskanych wyników eksperymentalnych wykorzystano w teoretycznych modelach procesów oddziaływania (Rys.3.7.2). Zarówno doświadczalnie jak i teoretycznie wykazano brak wpływu nanosekundowego preimpulsu na czas przetapiania tarczy metalowej przez promieniowanie quasi-cw dużej energii. Wpływ ten widoczny jest jedynie w pierwszej fazie oddziaływania w czasie do około 1 ms.

Podziękowania: Prace finansowane były przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Strategicznego DOB-1-6-6/1/PS/2014.



Rys. 3.7.2. Wartość temperatury powierzchni odbijającej T_p w funkcji czasu nagrzewania warstwy aluminium o grubości 0,01 cm strumieniem promieniowania laserowego.

3.8.

BADANIA CHARAKTERYSTYK WIDMOWYCH WYROBÓW TYTONIOWYCH

miron.kaliszewski@wat.edu.pl

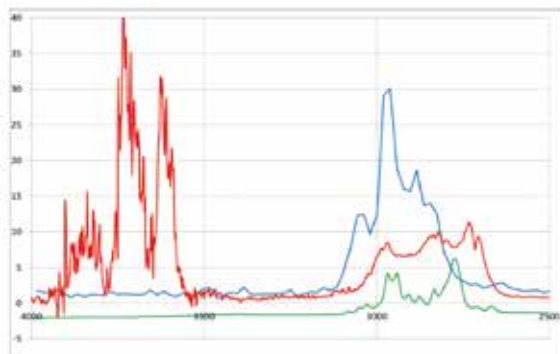
Nikotyna to organiczny związek chemiczny z grupy alkaloidów pirydynowych. Naturalnie występuje w liściach i korzeniach tytoniu szlachetnego (*Nicotiana tabacum*).

Nikotyna zbudowana jest z dwóch pierścieni heterocyklicznych, pirydyny i pirolidyny, której atom węgla w pozycji 2 stanowi centrum chiralne (naturalnie występująca nikotyna jest enancjomerem o konfiguracji S). Jest dość silną neurotoksyną, przewyższającą toksycznością wiele nielegalnych narkotyków. Stosuje się ją m.in. w mieszankach z innymi związkami jako środek owadobójczy. Dawka LD50 to ok. 1–1,5 mg/kg masy ciała.

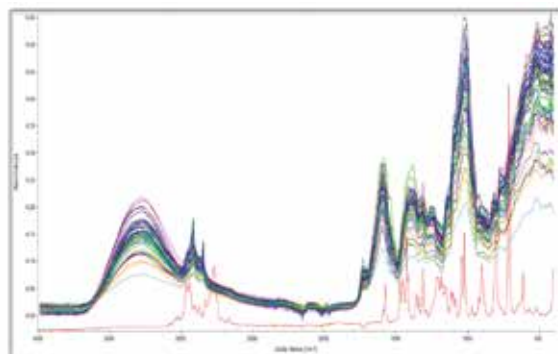
Zawartość nikotyny w tytoniu papierosowym jest rzędu 1–2% suchej masy, natomiast w dymie papierosowym rzędu 0,2–1 mg/papieros (w zależności od rodzaju i marki papierosów).

Zastosowane zostały następujące techniki:

- Laserowo wzbudzana fluorescencja powierzchni (LIF);
- Absorpcja powierzchni w zakresie podczerwieni (ATR);
- Rozpraszanie Ramanowskie powierzchni;
- Widma absorpcji gazu w podczerwieni (FTIR);

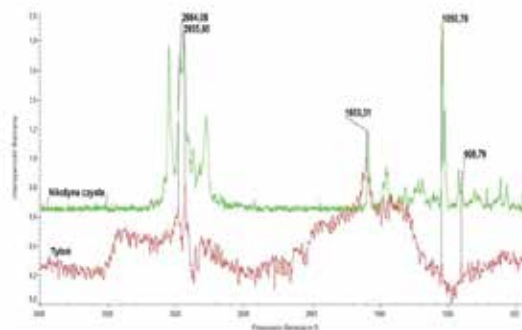


Rys. 3.8.1. Widma absorpcji par nikotyny i tytoniu porównane z widmem absorpcji nikotyny ciekłej.



Rys. 3.8.2. Widma IR badanych próbek wyrobów tytoniowych.

Rys. 3.8.3. Widma rozpraszania ramanowskiego czystej nikotyny i suchych liści tytoniu.



Metody FTIR i RAMAN z dużą czułością potrafią charakteryzować wyroby tytoniowe. Mała lotność nikotyny wprowadza ograniczenia w rejestracji widm gazowych. Brak układów chromoforowych wyklucza technikę LIF z badań tych materiałów.

3.9.

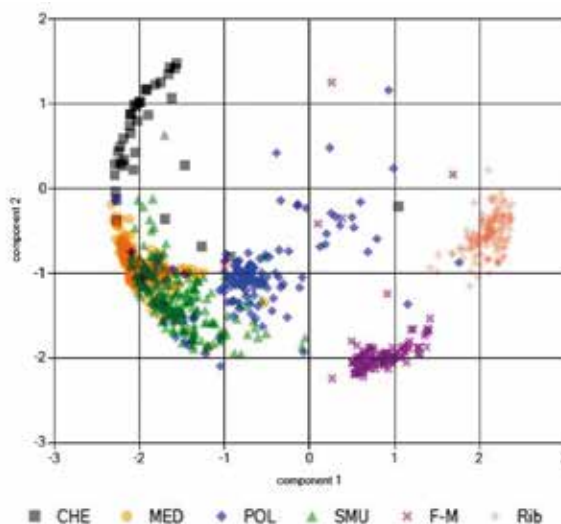
DETEKCJA I ANALIZA BIO-AEROZOLI
W CZASIE RZECZYWISTYM

miron.kaliszewski@wat.edu.pl

W 2016 r. kontynuowaliśmy prace nad przyrządem do monitoring powietrza (BARDet – BioAerosol DETector). Wykrywanie zanieczyszczeń biologicznych oparte jest na wykorzystaniu laserowo wzbudzonej fluorescencji (LIF). Fluorescencja pojedynczych cząstek wzbudzana jest przy pomocy lasera CW 375 nm. Każda cząstka charakteryzowana jest pod względem wielkości i fluorescencji mierzonej w 7 kanałach. Przyrząd posiada wbudowany komputer umożliwiający zapis i analizę danych w czasie rzeczywistym. Zakres prac obejmuje ponad 30 typów aerozoli pochodzenia biologicznego (pyłki, mąki, spory, grzyby) i nie biologicznego. Analiza danych przebiega automatycznie w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem PCA (Principal Component Analysis), LDA (Linear Discriminant Analysis) oraz Sieci neuronowych. W wyniku prowadzonych prac wykazano bardzo wysoką efektywność klasyfikacji, która dla większości badanych substancji wynosi 70-90%. Uzyskane rezultaty wskazują na możliwość wykorzystania urządzenia w systemach wczesnego ostrzegania przed zagrożeniami biologicznymi oraz do monitoring pyłkowego.



Rys. 3.9.1. BARDet – wygląd ogólny.



Rys. 3.9.2. Analiza PCA bioaerozoli.

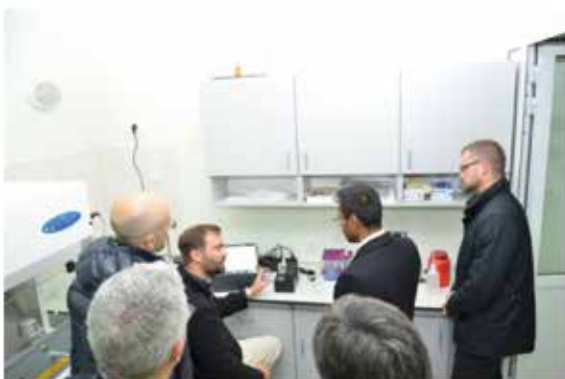
Tab. 3.9.1. Efektywność klasyfikacji. Wyróżnione wartości przedstawiają w procentach prawidłowo skalsyfikowane elementy w grupie.

	CHE	MED	POL	SMU	F-M	Rib
CHE	70	19	2	4	2	0
MED	0	87	1	11	0	0
POL	0	3	74	11	9	0
SMU	2	27	9	59	0	0
F-M	0	0	1	0	97	1
Rib	0	0	0	0	0	100

3.10.

TESTY SYSTEMU BIODETEKcji OPRACOWANEGO
W RAMACH PROJEKTU EDA JIP

bartlomiej.jankiewicz@wat.edu.pl



Rys. 3.10.1. Zdjęcia z testów projektu EDA JIB CBRN RAMBO, które odbyły się na WAT, przedstawiające pobieranie próbek z próbnika powietrza, analizę próbek w mobilnym laboratorium mikrobiologicznym CRE SZ RP oraz pokaz działania modułów systemu biodetekcji RAMBO, PCR i SERS.

W roku 2016 główne wysiłki zespołu Nanotechnologii ukierunkowane były na realizację końcowego etapu projektu RAMBO - Rapid Air Particle Monitoring Against Biological Threats realizowanego w ramach European Defence Agency Joint Investment Programme on CBRN Protection. Zespół nadzorował pakiet pracy dedykowany testom działania komponentów systemu biodetekcji opracowywanego w projekcie RAMBO. Główne testy wraz z demonstracją działania systemu RAMBO według założonego scenariusza ataku z wykorzystaniem broni biologicznej odbyły się w laboratoriach IOE WAT oraz na terenie WAT. W spotkaniu oprócz przedstawicieli członków konsorcjum (Leonardo, ENEA, CREO, Microfluidic ChipShop oraz Université Claude Bernard Lyon 1) udział wziął również EDA CapTech CBRN & HF Officer, Shahzad Ali. W organizację testów oraz demonstrację działania systemu ogromny wkład wniosły również zespoły z Centrum Reagowania Epidemiologicznego Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej (CRE SZ RP). Realizacja projektu RAMBO wpisuje się w jeden z głównych kierunków badawczych rozwijanych przez

zespół, wykorzystanie wzmocnionej powierzchniowo spektroskopii Ramana (SERS) w detekcji materiałów niebezpiecznych. W roku 2016 kontynuowano również prace nad wytwarzaniem metodami chemicznymi różnego rodzaju nanostruktur plazmonowych oraz ich charakteryzacją i zastosowaniem. Główne wysiłki skupione były na badaniach nad wytwarzaniem i charakteryzacją nanostruktur core-shell na bazie dwutlenku tytanu i metali szlachetnych, posiadających duży potencjał aplikacyjny w fotokatalizie oraz fotowoltaice.

4.

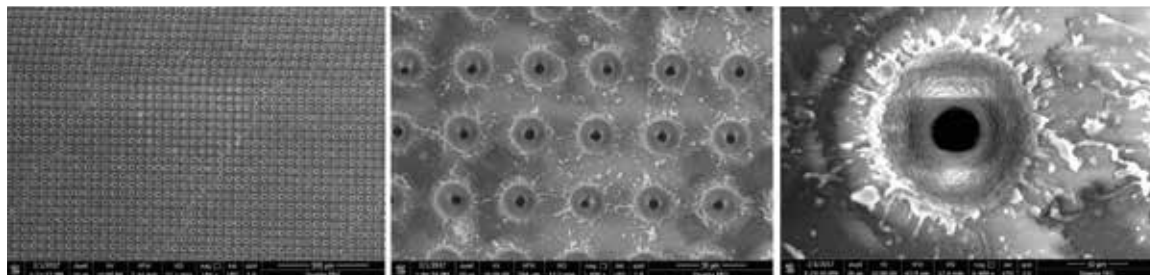
NANO I BIOTECHNOLOGIE

4.1.

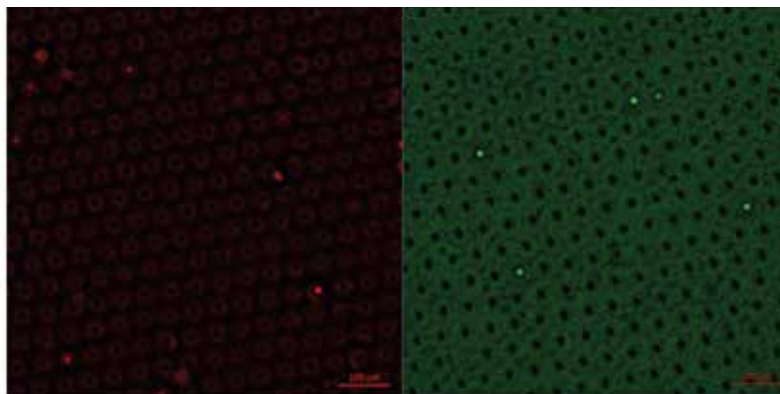
LASEROWE WYTWARZANIE MIKROSIT DO ZASTOSOWAŃ W BIOINŻYNIERII

marek.strzelec@wat.edu.pl

W Laboratorium Zastosowania Laserów, we współpracy z Centrum Bioinżynierii IOE WAT wytwarzane są mikrosita przeznaczone do separacji komórek krwi. Sita wytwarzane są metodą wiercenia laserowego różnych folii metalowych i polimerowych. W skład układu do wytwarzania sit wchodzi pikosekundowy laser Nd:YAG typ PL2210/SH/TH/FH firmy EKSPLA, migawka elektromechaniczna typ SC-10 firmy Thorlabs, skaner galwanometryczny typ SS-II-E-10 [TY] firmy RAYLASE oraz układ formowania wiązki. Do wytwarzania sit najczęściej stosowano trzecią harmoniczną lasera Nd:YAG o długości fali 355 nm. Energię impulsu trzeciej harmonicznej zmniejszano z 1400 nawet do 10 μJ . Powoduje to wydłużenie czasu wytwarzania sita nawet do dwóch godzin, ale dzięki temu znacznie poprawia się kontrola średnicy i powtarzalności otworów (izo-porowatość sita). Obecnie wytwarzane sita zawierają około 100 tysięcy otworów w okręgu o średnicy 17 mm. Średnica otworów może wynosić od 6 mm przy najniższej energii, do 12 μm przy energii zwiększonej do 100 μJ . Mikrosita testowane są w badaniach dotyczących diagnostyki i izolacji krążących komórek nowotworowych z krwi, co ma ogromne znaczenie w diagnostyce nowotworów złośliwych oraz monitorowaniu odpowiedzi na leczenie. Na rys. 4.1.1 przedstawiono mikrofotografie SEM sita wytworzonego z politereftalanu etylenu, PET ($\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4$)_n – termoplastycznego polimeru z grupy poliestrów. Rozmieszczenie komórek na sicie zostało oznaczone przy pomocy metod immunochemicznych oraz zobrazowane na mikroskopie konfokalnym i fluorescencyjnym (Rys. 4.1.2).



Rys. 4.1.1. Mikrofotografie SEM sita wykonanego wiązką laserową w polimerze PET. Energia: 22μJ w impulsie, częstotliwość repetycji 1 kHz, liczba strzałów w jedno miejsce – 50. Wielkość otworów $8,28 \pm 0,51 \mu\text{m}$. Zdjęcia wykonane w Centrum Inżynierii Biomedycznej za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego Quanta 250 FEG firmy Fei.



Rys. 4.1.2. Komórki raka gruczołu krokowego DU-145 na powierzchni mikrosita. Zdjęcia wykonane w Centrum Inżynierii Biomedycznej za pomocą mikroskopu fluorescencyjnego Eclipse Ci firmy Nikon, komórki DU-145 wybarwiono za pomocą testu LIVE/DEAD® Viability/Cytotoxicity Kit.

4.2.

APLIKACJE METODY SPEKTROSKOPII EPR
W INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ

elzbieta.trafny@wat.edu.pl

Spektroskopia elektronowego rezonansu paramagnetycznego (EPR – electron paramagnetic resonance lub ESR – electron spin resonance – elektronowy rezonans spinowy) jest jedną z metod spektroskopowych wykorzystywanych w chemii, biologii, fizyce i medycynie. Metoda ta jest stosowana w badaniach substancji paramagnetycznych czyli takich, które mają niesparowany elektron oraz bezpośrednio w badaniach rodników krótko-żyjących i długo-żyjących. Nieparzysta liczba elektronów w cząsteczce powoduje, że jej wypadkowy spin jest różny od zera. Centra paramagnetyczne występują w jonorodnikach, wolnych rodnikach, jonach metali przejściowych i ziem rzadkich, w defektach sieci krystalicznych w ciałach stałych oraz w cząsteczkach, które z natury swej budowy elektronowej mają niesparowane elektrony (NO , NO_2) oraz w cząsteczkach w stanie trypletowym np. $^3\text{O}_2$. W chemii spektroskopia EPR stosowana jest w badaniach rodników, które powstają na drodze reakcji chemicznych, fotochemicznych lub radiolitycznych. Wykorzystywana jest w badaniach procesów redox z udziałem wolnych rodników, birodników, stanów trypletowych, atomów lub jonów metali przejściowych, przewodnictwa w półprzewodnikach, nadprzewodników oraz defektów i zanieczyszczeń w kryształach.

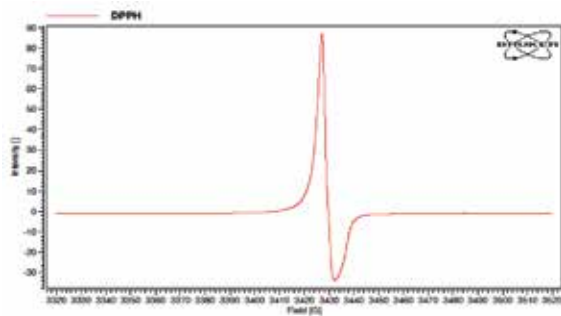
W biologii technika EPR jest stosowana w badaniach całych komórek, tkanek, a także podejmowane są próby badań całych organizmów. Umożliwia badania makrocząsteczek paramagnetycznych takich jak metaloproteiny, metaloenzymy, flawoproteiny, melaniny czy procesów z udziałem wolnych rodników (fotosynteza, reakcje enzymatyczne). Metoda znakowania spinowego znalazła zastosowanie w badaniach układów biologicznych, które nie są paramagnetyczne, jak lipidy, białka, kwasy nukleinowe, błony, komórki, tkanki, umożliwiając badanie struktury i funkcji tych układów. Natomiast metoda pułapkowania spinowego stosowana jest w badaniach rodników krótko-żyjących ze względu na tworzenie trwałych adduktów paramagnetycznych.



Rys. 4.2.1. Wnęka rezonansowa spektrometru



Rys. 4.2.2. Spektrometr rezonansu elektronowego



Rys. 4.2.3. Widmo EPR dla DPPH

4.3.

WPŁYW PROMIENIOWANIA ELEKTROMAGNETYCZNEGO
NA LUDZKIE KOMÓRKI NOWOTWOROWE

elzbieta.trafny@wat.edu.pl

Prowadzono doświadczenia mające na celu określenie wpływu pola elektromagnetycznego na linie komórek nowotworowych piersi T-47D i prostaty DU 145 oraz na ludzkie mezenchymalne komórki macierzyste (hMSC).

Komórki traktowano promieniowaniem elektromagnetycznym o parametrach pola w zakresie $0,1 \div 0,7$ mT oraz 50 Hz przez 2, 4 oraz 6 godzin. Inkubator z komórkami umieszczony był w komorze bezodbiowej izolującej komórki od zewnętrznego pola elektromagnetycznego. Uzyskane wyniki odnoszono do dwóch typów kontroli. Pierwszą stanowiły komórki umieszczone na dolnej półce inkubatora (pod cewkami Helmholtza), gdzie zakłada się, że indukcja magnetyczna jest bliska zeru. Drugą kontrolę stanowiły komórki umieszczone w oddzielnym inkubatorze znajdującym się poza komorą bezodbiową. Po ekspozycji komórek na pole elektromagnetyczne wykonano test na przeżywalność komórek – PrestoBlue.



Rys. 4.3.1. Generator sygnałów, typ: NI PXIe-1085 firmy National Instruments



Rys. 4.3.2. Cewki Helmholtza znajdujące się w inkubatorze.

W trakcie doświadczeń zaobserwowano tendencję spadku żywotności komórek DU 145 dla dłuższego czasu ekspozycji na PEM – 6 godz. Największy spadek liczby komórek zaobserwowano dla częstotliwości 50 Hz i indukcji magnetycznej 0,4 mT. W doświadczeniach wykonanych dla linii komórkowej nowotworu piersi T-47D nie zaobserwowano żadnej powtarzającej się zależności.

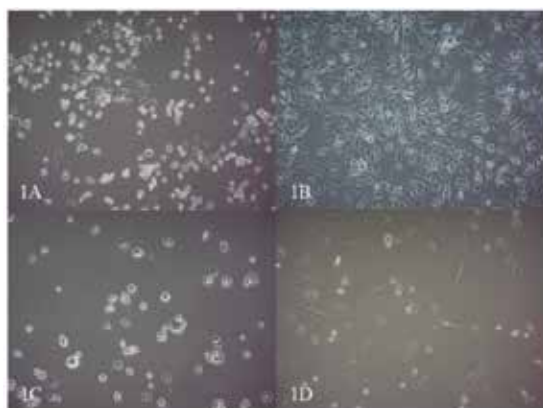
W toku badań odnotowano również istotne zwiększenie tempa proliferacji komórek macierzystych umieszczonych w polu elektromagnetycznym. Zaobserwowany efekt ma duże znaczenie w rozwoju medycyny regeneracyjnej, gdzie dąży się do jak najszybszego namnażania komórek macierzystych. Pomimo, iż w ostatnich latach ukazało się wiele doniesień na temat wpływu PEM na komórki, dokładny mechanizm tego zjawiska nie został jeszcze poznany. Optymalizacja parametrów pola elektromagnetycznego oraz badanie natury tego zjawiska, przyczynić się mogą do zapoczątkowania nowej i selektywnej metody leczenia chorób nowotworowych.

4.4.

OCENA AKTYWNOŚCI METABOLICZNEJ LUDZKICH KOMÓREK IN VITRO ZA POMOCĄ POMIARU INTENSYWNOŚCI POZIOMU AUTOFLUORESCENCJI

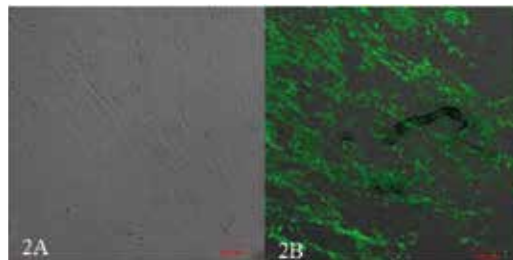
elzbieta.trafny@wat.edu.pl

Autofluorescencja jest to zjawisko optyczne, powstające na skutek działania promieniowania wzbudającego na zawarte w komórkach związki zwane fluoroforami. Po wzbudzeniu fluoroforów następuje naturalna emisja światła. Do naturalnych fluoroforów występujących w komórkach należą m.in.: aminokwasy (tryptofan, tyrozyna), białka (elastyna, kolagen), koenzymy reakcji metabolicznych (flawiny, FAD, NADH, NAD(P)H), produkty pośrednie syntezy hemu (porfiryne), produkty metabolizmu lipidów (lipofuscyny). Głównym źródłem autofluorescencji komórek, wzbudzonej światłem widzialnym, są utlenione mitochondrialne związki flawinowe, lipofuscyny oraz zredukowany dinukleotyd flawinoadeninowy (NAD(P)H). Oceniono aktywność metaboliczną czterech linii komórkowych monitorując ich intensywność poziomu autofluorescencji za pomocą czytnika płytek. Autofluorescencję komórek badano w dwóch wariantach długości fali dla wzbudzenia i emisji fluorescencji: dla NAD(P)H 366/450 nm i dla utlenionych związków flawinowych oraz lipofuscyn 460/540 nm. Prowadzono pomiary przez 16 dni dla ludzkich mezenchymalnych komórek macierzystych (hMSC), komórek nabłonka gruczołu piersiowego (MCF 10A), komórek raka nabłonka gruczołu piersiowego (T-47D) oraz komórek raka gruczołu krokowego (DU 145). Stwierdzono, że poziom autofluorescencji NAD(P)H był podobny u wszystkich czterech badanych linii komórek. Znaczący wzrost poziomu intensywności autofluorescencji w zakresie od 140 do 175% kontroli odnotowano dla utlenionych związków flawinowych i lipofuscyn u hMSC. Takie same badania przeprowadzono podczas 28 dniowego procesu różnicowania się hMSC w osteoblasty i adipocyty, wyznaczając współczynnik redoks. Zaobserwowano stopniowe zmniejszanie się współczynnika redoks w ciągu 8 ostatnich dni procesu osteogenezy i adipogenezy.

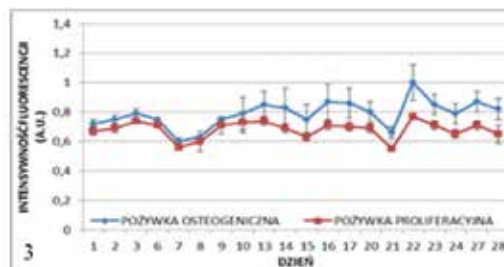


Rys. 4.4.1. Morfologia czterech linii komórkowych w 3 dniu po posiewie w gęstości 1×10^4 komórek/ml A) DU-145, B) MCF 10A, C) T-47D, D) hMSC. Powiększenie 100-krotne.

Rys. 4.4.2. Różnicowanie komórek hMSC, zdjęcia wykonane po 28 dniach hodowli. A) komórki hMSC – próbka kontrolna; B) komórki hMSC po zróżnicowaniu w osteoblasty. Zdjęcia wykonano przy użyciu Laser Scanning Confocal System LSM 700 Zeiss Axio Observer Z, fluorescencję wzbudzano długością fali 492 nm, a odczytywano przy emisji 520 nm, podziałka = 100 μm .



Rys. 4.4.3. Wykres przedstawiający porównanie intensywności fluorescencji dla hMSC prowadzonych na pożywce osteogenicznej i proliferacyjnej. Pomiary prowadzono przez 28 dni. Fluorescencję związków flawinowych i lipofuscyn wzbudzano długością fali 460 ± 15 nm, a odczytywano przy emisji 540 ± 20 nm. $\pm$ SD (n=8).



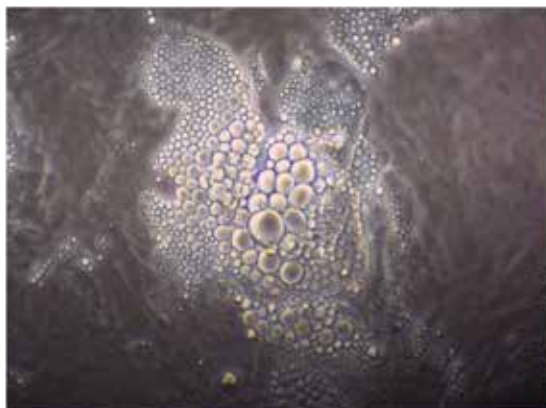
4.5.

ZWIĘKSZENIE TEMPA PROLIFERACJI LUDZKICH MEZENCHYMALNYCH KOMÓREK MACIERZYSTYCH

elzbieta.trafny@wat.edu.pl

W ramach realizacji tematu kontynuowano rozpoczęte w 2015 roku badania wpływu promieniowania emitowanego ze źródeł LED na wzrost tempa proliferacji ludzkich mezenchymalnych komórek macierzystych (hMSC). Wykazano, że jednokrotne napromieniowanie komórek hMSC w oświetlaczu zbudowanym z 12 LED w warunkach in vitro zwiększa tempo ich proliferacji przy określonych parametrach energetycznych promieniowania, tj. powierzchniowej gęstości energii i powierzchniowej gęstości mocy wynoszących odpowiednio 4 J/cm^2 i 17 mW/cm^2 . Przy tych samych parametrach naświetlania stwierdzono również najwyższy wzrost stężenia DNA w komórkach naświetlanych w porównaniu z kontrolą. Ponadto ustalono eksperymentalnie, że wzrost tempa proliferacji komórek hMSC naświetlanych w PBS jest wyższy w porównaniu do tempa wzrostu komórek naświetlanych w pożywce hodowlanej. Po jednokrotnym napromieniowaniu obserwowano nawet wzrost proliferacji komórek o 44% w stosunku do komórek niepoddanych napromieniowaniu.

Natomiast w badaniach, w których zwiększono liczbę naświetlań nie uzyskano istotnego zwiększenia tempa proliferacji komórek hMSC w porównaniu z analogicznymi eksperymentami wykonanymi dla jednokrotnego naświetlania przy tych samych parametrach energetycznych. Ponadto wykazano, że komórki po napromieniowaniu zachowują właściwy dla macierzystych komórek multipotencjalnych fenotyp oraz zdolność różnicowania w komórki kości, chrząstki oraz tkanki tłuszczowej.



Rys. 4.5.1 Komórki poddane napromieniowaniu indukowane w kierunku adipogenezy (obraz z mikroskopu odwróconego, pow. 40x.)



Rys. 4.5.2 Immunofenotypowanie komórek hMSC poddanych napromieniowaniu za pomocą cytometrii przepływowej.

4.6.

WYTWARZANIA STRUKTUR PERIODYCZNYCH
NA POWIERZCHNI MATERIAŁÓW METODĄ
BEZPOŚREDNIEJ LITOGRAFII INTERFERENCYJNEJ

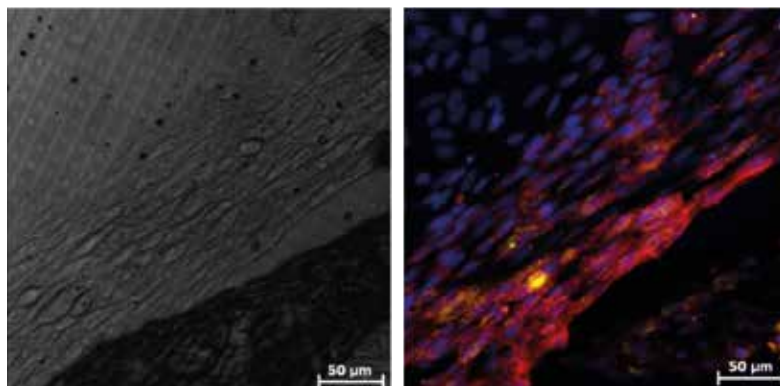
marek.strzelec@wat.edu.pl

Metoda bezpośredniej laserowej litografii interferencyjnej jest metodą modyfikacji warstw wierzchnich materiałów. Interferencję wielkowiążkową zrealizowano w układzie pryzmatycznym, a jako źródło promieniowania wykorzystany został laser Nd:YAG z przetwarzaniem na drugą i trzecią harmoniczną. Technika ta pozwala wytwarzać struktury periodyczne z uporządkowaniem dalekiego zasięgu i ściśle określonym okresem przy pomocy pojedynczych impulsów. Okres struktury może być łatwo zmieniany poprzez zmianę odległości między pryzmatem i naświetlaną próbką. Wielokrotne naświetlanie materiału impulsami o energii poniżej progu ablacji pozwala z kolei strukturuować delikatne materiały.

Wytworzono wiele różnego rodzaju struktur periodycznych, począwszy od prostych struktur Braggowskich, aż po skomplikowane struktury hierarchiczne. Sam okres struktur może się zmieniać w szerokim zakresie od około 0,6 do prawie 100 μm . Duża energia impulsu (do 1,5 J) oraz możliwość zmiany długości fali promieniowania (1064 nm, 532 nm lub 355 nm), pozwalają uzyskiwać struktury na powierzchni praktycznie każdego rodzaju materiału. Znaczna średnica wiązki laserowej na wejściu pryzmatu pozwala z kolei wytwarzać struktury na powierzchniach nawet 1 cm^2 .

Opanowana technologia pozwala otrzymywać struktury do zastosowania praktycznego. Wytworzone wzory periodyczne na stopach tytanu zastosowane zostały w elementach implantów słuchu. Wytworzone profile na cienkich warstwach DLC (na podłożach polimerowych, krzemowych, germanowych lub na powierzchni stopów tytanu) są obecnie wykorzystywane w Instytucie Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN w Krakowie w hodowli komórek. Modyfikacje powierzchni pozwalają kontrolować wzrost komórek oraz tempo i orientację ich namnażania, czego przykład pokazano na rys. 4.6.1. Technika litografii interferencyjnej, we współpracy z Wydziałem Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej AGH w Krakowie, została zastosowana także do modyfikacji właściwości magnetycznych materiałów amorficznych FeSiB, FeCuSiB i FeNbCuSiB.

Rys. 4.6.1. Struktura wytworzona na powierzchni DLC (powierzchnia kropkowa z liniami między kropkami) i namnażające się komórki w kierunku obróconym o kąt 25-30° względem kanalików (osi struktury)

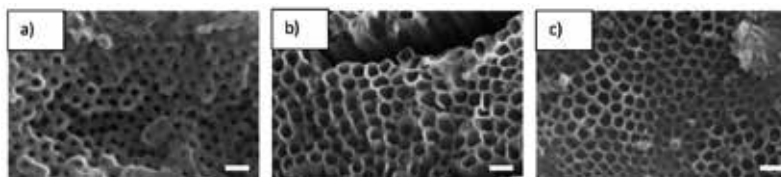


4.7.

ELEKTROCHEMICZNE WYTWARZANIE NANOSTRUKTURALNYCH WARSTW TIENKU TYTANU

W roku 2016 prowadzono badania podstawowe nad wytwarzaniem anodowego tlenku tytanu (ang. anodic titanium oxide, ATO) na drodze anodyzacji foli tytanowej. Wytworzono warstwy nanostrukturalnego ATO (Rys. 4.7.1) z wykorzystaniem elektrolitów organicznych na bazie glikolu etylowego, gliceryny oraz alkoholu etylowego zawierających fluorek amonu oraz różną ilość wody. Wskazano zakresy temperatur procesu i napięcia anodyzacji prowadzące do wytworzenia nanoporowej lub nanotubularnej morfologii anodowego tlenku tytanu. Wykazano wpływ lepkości oraz zawartości wody w elektrolicie na uzyskiwaną morfologię ATO. Dobrano parametry wytwarzania porowatego i nanotubularnego tlenku tytanu w nowym elektrolicie organicznym na bazie alkoholu etylowego, zawierającym NH_4F oraz różną zawartość wody. Poprzez kontrolę warunków prowadzenia procesu anodyzacji w tym elektrolicie otrzymano ATO o różnych barwach (Rys. 4.7.2) a następnie scharakteryzowano właściwości optyczne barwnych warstw anodowego tlenku tytanu (Rys. 4.7.3).

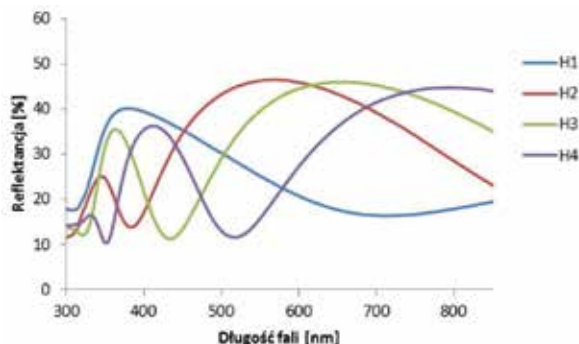
marta.michalska@wat.edu.pl



Rys. 4.7.1. Zmiana morfologii ATO wraz ze zmianą lepkości elektrolitu 0,3 M NH_4F , 2 % obj. H_2O). Jako bazę elektrolitu zastosowano alkohol etanowy (a), glikol etylenowy (b) i glicerynę (c). Bar odpowiada 200 nm.



Rys. 4.7.2. Barwne warstwy anodowego tlenku tytanu wytworzone przez elektrochemiczne utlenianie tytanu.



Rys. 4.7.3. Wykres zależności refleksyjności dyfuzyjnej w funkcji długości fali dla próbek przedstawionych na Rys. 4.7.2

Podziękowania: Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki (UMO-2015/17/D/ST8/02432) oraz Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (PBS3/A5/53/2015). M. Michalska-Domańska wyraża również wdzięczność dla Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego za udzielone wsparcie w ramach finansowania „młodych i wybitnych naukowców 2016-2019” (1013/E-410/STYP/11/2016).

5.

URZĄDZENIA, SYSTEMY OPTOELEKTRONICZNE

5.1.

BRAMKA DO AUTOMATYCZNEJ ODPRAWY OSÓB

mieczyslaw.szustakowski@
wat.edu.pl

Zadaniem opracowanej bramki jest przyspieszenie procesu odprawy na lotniczych przejściach granicznych z wykorzystaniem nowoczesnych technik biometrycznych.

Przy odprawie, w pierwszym kroku podróżny przykładá swój paszport biometryczny do czytnika, skąd pobierane sá jego dane osobowe i biometryczne (wizerunek twarzy i odciski palców). Na tym etapie system weryfikuje także wiarygodność paszportu oraz wykrywa jego ewentualne fałszerstwa. W drugim kroku podróżnemu jest wykonywane zdjęcie twarzy. Zaś w trzecim kroku podróżny przykładá wskazany palec do czytnika odcisków. Równolegle, zaawansowane algorytmy zaimplementowane w systemie porównują zdjęcia pobrane od podróżnego z tymi odczytanymi z paszportu. Poprawna weryfikacja zarówno oryginalności paszportu jak i porównania obu zdjęć (palca i twarzy) warunkują pozytywną weryfikację podróżnego jako pełnoprawnego właściciela paszportu. W tle system może również połączyć się z bazami danych osób poszukiwanych i wskazać podejrzaną osobę do zatrzymania.

Widoczny na zdjęciu system był testowany przez dwa tygodnie w Mazowieckim Porcie Lotniczym Warszawa-Modlin, gdzie dokonał „odprawy” około 600 podróżnych. Skuteczność odprawy wynosi około 95% i zależy głównie od woli współpracy ze strony podróżnego.



Rys. 5.1.1 Fotografia bramki wraz osobą odprawianą



Rys. 5.1.2. Przykładowy zestaw informacji dotyczących odprawianej osoby

Cały proces odprawy jest nadzorowany przez funkcjonariusza Straży Granicznej. Na ekranie tabletu (powyżej) zwizualizowane są zdjęcia twarzy i palca: pobrane z paszportu (po lewej) oraz wykonane podróżnemu (po prawej). Po prawej stronie widać dane osobowe podróżnego oraz zdjęcia paszportu wykonane w różnych warunkach oświetlenia, co ma weryfikować jego oryginalność.

System ten powstał w ramach realizacji projektu rozwojowego na rzecz bezpieczeństwa i obronności państwa DOBR/0017/R/ID1/2012/03, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, pt. „Usprawnienie procesu odprawy granicznej osób przy wykorzystaniu biometrycznych urządzeń do samokontroli osób i kontroli środków transportu przekraczających granicę zewnętrzną UE”. Liderem projektu i głównym wykonawcą jest Wojskowa Akademia Techniczna (Instytut Optoelektroniki), a w skład konsorcjum weszła także firma Mlabs Sp. z o.o. z Poznania.

5.2.

RĘCZNY FOTORADAR LASEROWY

marek.zygmunt@wat.edu.pl

Trwają prace nad udoskonaleniem i wdrożeniem ręcznego fotoradaru laserowego, opracowanego w wyniku realizacji projektu nr PBS1/B3/10/2012 (NCBiR). Zasadniczym elementem podlegającym modyfikacji jest tor rejestracji obrazu, który jednocześnie pełni rolę celownika elektronicznego. W dotychczasowej wersji urządzenia zastosowano dostępny komercyjnie moduł kamery, który oprócz oczywistych zalet takich jak niewielkie gabaryty i duży zoom optyczny, charakteryzował się czasem przetwarzania sygnału na poziomie 300 ms. Wartość ta w specyficznych warunkach pomiarowych utrudniała celowanie do szybko poruszających się obiektów. Z tego powodu w wersji aktualnej, moduł kamery zostanie opracowany od podstaw. Dzięki zoptymalizowanej metodzie przetwarzania surowego sygnału wizyjnego uzyskano czasy opóźnienia rzędu kilkunastu milisekund. Oprócz tego, zastosowano sensor o większym rozmiarze fizycznym, co przy zachowaniu rozdzielczości poprawi parametry szumowe rejestrowanych obrazów, polepszając tym samym możliwości automatycznego rozpoznawania numerów rejestracyjnych pojazdów. Nieznacznej modyfikacji ulegnie również design urządzenia, co objawi się między innymi niewielkim pochyleniem wyświetlacza głównego.

Rys. 5.2.1. Fotografia wersji prototypowej ręcznego fotoradaru laserowego



Rys. 5.2.2. Wizualizacje 3D docelowej wersji wdrożeniowej ręcznego fotoradaru laserowego



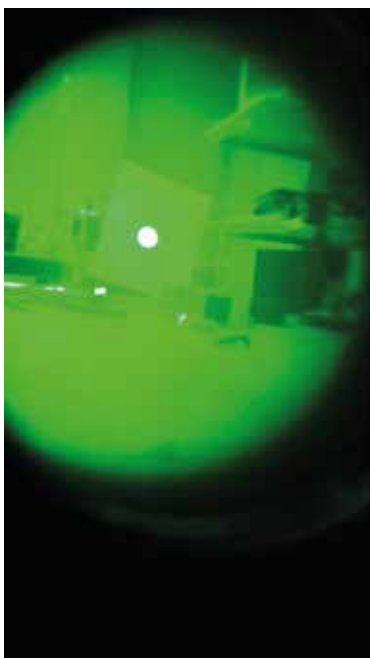
5.3.

SYSTEM OSTRZEGANIA PRZED PROMIENIOWANIEM LASEROWYM - OBRA++

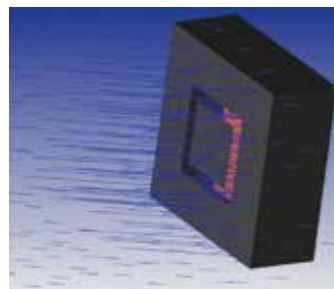
marek.zygmunt@wat.edu.pl



Rys. 5.3.1. Fotografia stanowiska do testowania systemu OBRA++



Rys. 5.3.2. Obraz noktowizyjny testów kalibracyjnych OBRA++ (widoczna referencyjna plama laserowa)



Rys. 5.3.3. Modelowanie światła błędzącego (zrzut ekranowy aplikacji)

Trwają prace nad optymalizacją systemu ostrzegania o promieniowaniu laserowym (LWR, ang. Laser Warning System) p.k. Obra++, zmierzające do uzyskania dużej rozdzielczości kątowej, możliwie wysokiej dynamiki systemu, przy jednoczesnym zachowaniu znacznej czułości gwarantującej wykrywanie nowoczesnych laserowych rozwiązań podszumowych, które powszechnie występują na współczesnym polu walki. Optymalizacja polega na analizie numerycznej, a następnie weryfikacji doświadczalnej wariantów systemu bazujących na odmiennej geometrii optycznej oraz z zastosowaniem odpowiednich rozwiązań antyrefleksyjnych, odpowiedzialnych za tłumienie niepożądanego światła błędzącego. Optymalizacji podlega również algorytm analizy sygnałów w kontekście wyliczania kąta padania wiązki laserowej.

5.4.

OPTOELEKTRONICZNY SENSOR DO ANTYPYCISKU INTELIGENTNEGO

marek.zygmunt@wat.edu.pl

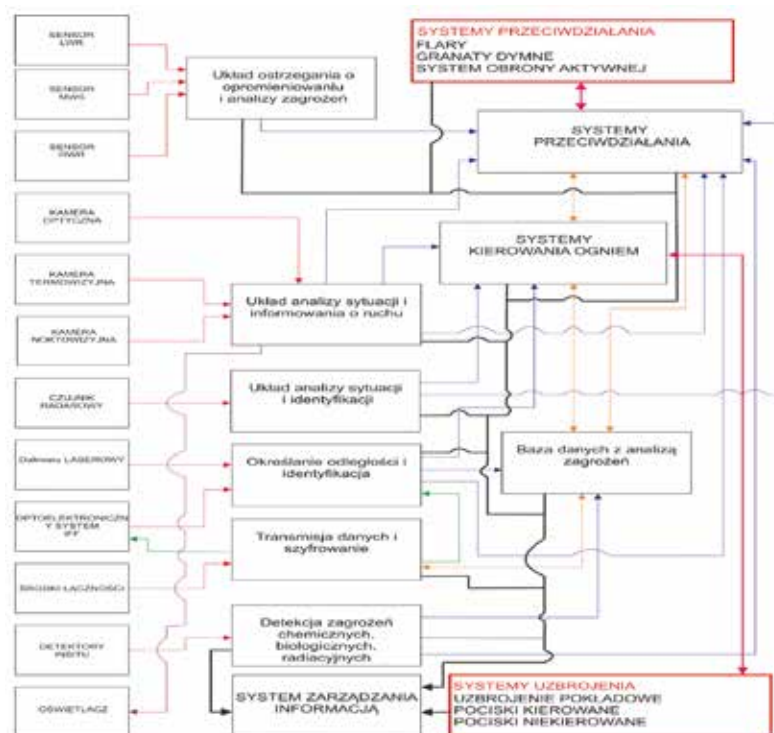


Rys. 5.4.1. Fotografie systemu w trakcie badań poligonowych

Prowadzono testy poligonowe pasywnego optoelektronicznego modułu wchodzącego w skład tzw. inteligentnego antypocisku przeznaczanego do przeciwdziałania ostrzałowi prowadzonemu przez przeciwnika. Kluczowymi atutami proponowanego systemu jest niekonwencjonalny układ optyczny odpowiedzialny za zapewnienie unikatowości sygnatury czasowej odpowiadającej zbliżającemu się pociskowi oraz szybkość przetwarzania układów elektronicznych, które w połączeniu z logiką systemu, odpowiedzialne są za błyskawiczne wypracowanie decyzji o ewentualnej detonacji antypocisku.

5.5.

FUZJA OPTOELEKTRONICZNYCH SENSORÓW MILITARNYCH



marek.zygmunt@wat.edu.pl

Rys. 5.5.1. Schemat blokowy systemu fuzji optoelektronicznych sensorów militarnych

Dokonano szczegółowej analizy możliwości i zasadności integracji współczesnych wojskowych sensorów optoelektronicznych do zastosowań w nowoczesnych systemach uzbrojenia. Celem integracji jest powiększenie funkcjonalności systemów optoelektronicznego rozpoznania pola walki w stosunku do rozwiązań, w których poszczególne sensory działają niezależnie. Pod pojęciem sensorów kryją się przykładowo: system ostrzegania o promieniowaniu laserowym (LWR, ang. Laser Warning System), system ostrzegania przed startem rakiet (MWS, ang. Missile Warning System), system ostrzegania o promieniowaniu radarowym (RWR, ang. Radar Warning Receiver), kamera optyczna, kamera średniej podczerwieni, kamera noktowizyjna (bliskiej podczerwieni), radar, dalmierz, moduł identyfikacji swój-obcy, detektory skażeń i pożarów, oświetlacz laserowy.

6.

PROJEKTY NAUKOWE

6.1.

PROJEKTY Z OBSZARU BADAŃ PODSTAWOWYCH

BP1; 2013/09/N/ST7/01248; Analiza teoretyczna oraz badania właściwości generacyjnych pompowanego koherentnie, impulsowego lasera Cr:ZnSe, przestrajalnego w paśmie widmowym około 2400 nm; kierownik: dr Łukasz Filip Gorajek; Projekt naukowy finansowany przez Narodowe Centrum Nauki; PRELUDIUM; edycja 5

BP2; 2013/09/B/ST2/01625; Fotojonizacja ośrodków gazowych impulsami promieniowania plazmy laserowej; kierownik: dr hab. Andrzej Stanisław Bartnik; Projekt naukowy finansowany przez Narodowe Centrum Nauki; OPUS; edycja 5

BP3; DOB-BIO6/07/40/2014; Opracowanie środowiska do wdrożenia koncepcji Smart Borders; kierownik: prof. dr hab. Mieczysław Szustakowski; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Projekt w zakresie badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa

BP4; 2014/13/B/ST7/00442; Badanie generacji supercontinuum w paśmie widmowym średniej podczerwieni z użyciem wybranych światłowodów nieliniowych oraz nowoczesnych laserowych układów światłowodowych generujących pikosekundowe impulsy promieniowania o długości fali ~2000 nm; kierownik: dr hab. Jacek Świdorski; Projekt naukowy finansowany przez Narodowe Centrum Nauki; OPUS; edycja 7

BP5; 2015/17/D/ST8/02432; Wpływ morfologii i struktury plazmonicznej fotoanody na bazie tlenku tytanu na jej aktywność w reakcji dysocjacji wody pod wpływem energii słonecznej; kierownik: dr Marta Ewa Michalska-Domańska; Projekt naukowy finansowany przez Narodowe Centrum Nauki; SONATA; edycja 9

BP6; 2014/14/M/ST7/00868; Badanie generacji supercontinuum w światłowodach fluoroindowych pompowanych impulsami optycznymi o czasie trwania z zakresu femtosekund, pikosekund oraz nanosekund; kierownik: dr hab. Jacek Świderski; Projekt naukowy finansowany przez Narodowe Centrum Nauki; HARMONIA; edycja 6

BP7; 2015/19/B/ST3/00435; Badania absorpcji promieniowania rentgenowskiego i skrajnego nadfioletu w pobliżu krawędzi absorpcji, generowanego z plazmowych źródeł kompaktowych, w celu charakterystyki subtelnych struktur materii.; kierownik: dr hab. Przemysław Wojciech Wachulak; Projekt naukowy finansowany przez Narodowe Centrum Nauki; OPUS; edycja 10

BP8; 2015/19/D/ST7/01373; Badania generacji parametrycznej w zakresie widmowym średniej podczerwieni w nieliniowym kryształ fosforu cynkowo germanowego pompowanym laserami włóknowymi.; kierownik: dr Łukasz Filip Gorajek; Projekt naukowy finansowany przez Narodowe Centrum Nauki; SONATA; edycja 10

BP9; 2016/21/B/ST7/02225; Detekcja impulsów promieniowania o małej intensywności z zakresu skrajnego nadfioletu; kierownik: dr hab. Andrzej Stanisław Bartnik; Projekt naukowy finansowany przez Narodowe Centrum Nauki; OPUS; edycja 11

BR1; LIDER/015/479/L-4/12/NCBR/2013; Metoda i system do wykrywania obiektów z użyciem polarymetrii obrazowej w zakresie dalekiej podczerwieni; kierownik: dr Grzegorz Tadeusz Bieszczad; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Inny program (Lider)

BR2; DOBR/0017/R/ID1/2012/ 03; Usprawnienie procesu odprawy granicznej osób przy wykorzystaniu biometrycznych urządzeń do samokontroli środków transportu przekraczających granicę zewnętrzną UE.; kierownik: prof. dr hab. Mieczysław Szustakowski; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Projekt w zakresie badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa

BR3; PBS1/A3/7/2012; Optoelektroniczny system sensorów markerów chorobowych.; kierownik: prof. dr hab. Zbigniew Bielecki; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Program Badań stosowanych

BR4; DOBR-BI04/057/13245/2013; Mobilna kontrola graniczna z wykorzystaniem technik biometrycznych dostosowana do wymagań i zaleceń UE; kierownik: prof. dr hab. Mieczysław Szustakowski; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Projekt w zakresie badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa

BR5; PBS2/B3/22/2013; Opracowanie energooszczędnego zestawu biometrycznego do mobilnej kontroli dokumentów i osób z użyciem systemów akustycznych i zobrazowania twarzy; kierownik: prof. dr hab. Mieczysław Szustakowski; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Program Badań stosowanych

BR6; LIDER/004/410/L-4/12/NCBR/2013; Mikroskop EUV z nanometrową rozdzielczością przestrzenną do zastosowań we współczesnej nauce i technologii; kierownik: dr hab. Przemysław Wojciech Wachulak; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Inny program (Lider)

BR7; PBS1/A9/11/2012_178362; Wielopikselowy detektor promieniowania THz zrealizowany z wykorzystaniem selektywnych tranzystorów MOS i jego zastosowanie w biologii, medycynie i systemach bezpieczeństwa.; kierownik: dr Przemysław Piotr Zagrajek; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Program Badań stosowanych

BR8; INNOTECH-K3/IN3/57/229263/NCBR/15; Opracowanie nowatorskiego czujnika detekcji upadku osób wraz z systemem ste-

rowania inteligentnym budynkiem; kierownik: dr Marek Tomasz Życzkowski; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Program INNOTECH

BR9; DOBR-BIO4/031/13249/2013 PBR/15-097/2013/WAT WEL/WML; Inteligentny antypocisk do zwalczania pocisków przeciwpancernych - Kryptonim. „JAZPP”; kierownik: dr inż. Marek Zygmunt; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Projekt w zakresie badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa

BR10; DOB-BIO7/16/03/2015; System przeciwdziałania i zwalczania zagrożeń powstałych w wyniku bezprawnego i celowego użycia platform mobilnych (latających, pływających); kierownik: dr Mariusz Włodzimierz Kastek; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Projekty rozwojowe

BR11; 227971; Spektrometr ramanowski z heterodyną optyczną; kierownik: dr Krzysztof Kopczyński; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Program INNOTECH

BR12; INNOTECH-K3/IN3/55/225968/NCBR/14; Lasery chirurgiczne wysokiej mocy pracujące na długości fali 1470 nm i 1940 nm do zastosowań w małoinwazyjnej chirurgii endoskopowej i robotycznej; kierownik: dr hab. Jacek Świderski; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Program INNOTECH

BR13; DOB-BIO6/1/26/2014; Innowacyjny hełm strażacki zintegrowany z obserwacyjnym systemem termowizyjnym i systemem umożliwiającym monitorowanie funkcji życiowych strażaka ratownika oraz wyjściem do transmisji obrazów i danych do urządzeń zewnętrznych; kierownik: prof. dr hab. Henryk Jan Madura; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Projekt w zakresie badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa

BR14; LIDER/020/319/L-5/13/NCBR/2014; Detektory promieniowania THz wytworzone z wykorzystaniem tranzystorów polowych do zastosowania w komunikacji bezprzewodowej; kierownik: dr Przemysław Piotr Zagrajek; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Inny program (Lider)

BR15; DOB-BIO7/25/02/2015; Budowa zautomatyzowanego systemu optycznej obserwacji i śledzenia obiektów w przestrzeni kosmicznej; kierownik: dr Krzysztof Kopczyński; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Projekt w zakresie badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa

BR16; DOB-BIO7/23/02/2015; System zdalnego kierowania oraz monitoringu pracy psów służbowych do działań granicznych i specjalnych; kierownik: dr Mariusz Włodzimierz Kastek; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Projekt w za-

kresie badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa

BR17; PBS3/B3/30/2015_244640; Aktywny sub-THz skaner 3D do zastosowań antyterrorystycznych; kierownik: prof. dr hab. Mieczysław Szustakowski; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Program Badań stosowanych

BR18; DOB-BIO8/01/01/2016; Hybrydowe łącze otwartej przestrzeni; kierownik: dr Janusz Andrzej Mikołajczyk; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Projekt w zakresie badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa

BR19; DOB-BIO7/22/02/2015; Symulatory szkoleniowe w zakresie zwalczania pożarów wewnętrznych; kierownik: dr Krzysztof Firmanty; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Projekt w zakresie badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa

BR20; 2015/17/B/ST7/03718; Promieniowanie z zakresu „okna wodnego” do nano-obrazowania obiektów biologicznych i trójwymiarowej rekonstrukcji gęstości elektronowej w zastosowaniach bioinżynieryjnych i materiałoznawstwie.; kierownik: dr hab. Przemysław Wojciech Wachulak; Projekt naukowy finansowany przez Narodowe Centrum Nauki; OPUS; edycja 9

BR21; 245812; Pompowany diodowo, modułowy zestaw laserowy do zastosowań specjalnych; kierownik: prof. dr hab. Jan Karol Jabczyński; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Program Badań stosowanych

6.3.

PROJEKTY FINANSOWANE ZE ŚRODKÓW UNII EUROPEJSKIEJ

M1; POIG.01.03.01-14-033/12; Kompozytowy system pasywnej i aktywnej ochrony obiektów infrastruktury krytycznej; kierownik: prof. dr hab. Mieczysław Szustakowski; Projekt o charakterze badawczym finansowany w ramach programu operacyjnego; Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka

M2; Umowa grantu nr 284464; Laserlab Europe; kierownik: prof. dr hab. Henryk Fiedorowicz; Projekt w ramach programu ramowego Unii Europejskiej; Projekty 7-go Programu Ramowego

M3; A-1152-RT-GP; Rapid Air-particle Monitoring against BiOlogical threats (RAMBO); kierownik: dr Bartłomiej Jerzy Jankiewicz; Projekt finansowany przez zagraniczną instytucję publiczną, powołaną w celu wspierania działalności naukowej lub badawczo-rozwojowej; Projekty finansowane przez agencje Unii Europejskiej, w tym przez EURATOM, European Institute of Innovation and Technology (EiT), European Defence Agency (EDA), Consumers oraz Health and Food Executive Agency (CHAFEA)

M4; EDA-TIPPSI v. 20130716; Terahercowe platformy obrazujące do zdalnej detekcji IED (improwowanych ładunków wybuchowych) (TIPPSI); kierownik: dr hab. Norbert Pałka; Projekt finansowany przez zagraniczną instytucję publiczną, powołaną w celu wspierania działalności naukowej lub badawczo-rozwojowej; Projekty finansowane przez agencje Unii Europejskiej, w tym przez EURATOM, European Institute of Innovation and Technology (EiT), European Defence Agency (EDA), Consumers oraz Health and Food Executive Agency (CHAFEA)

M5; A-1152-RT-GP-JIP CBRN; Aktywna Wielowidmowa Detekcja Sygnatur Trwałych Związków Chemicznych (AMURFOCAL); kierownik: dr Mariusz Włodzimierz Kastek; Projekt finansowany przez zagraniczną instytucję publiczną, powołaną w celu wspierania działalności naukowej lub badawczo-rozwojowej; Projekty finansowane przez agencje Unii Europejskiej, w tym przez EURATOM, European Institute of Innovation and Technology (EiT), European Defence Agency (EDA), Consumers oraz Health and Food Executive Agency (CHAFEA)

M6; 3621/GGPJ/H2020/2016/0; Innowacyjne koncepcje oraz narzędzia dla wydajnych oraz bezpiecznych lądowych przejść granicznych; kierownik: prof. dr hab. Mieczysław Szustakowski; Projekt w ramach programu ramowego Unii Europejskiej; Projekty realizowane w ramach Horyzont 2020 (ERC, działanie Research & Innovation Action, Innovation Action, działania Marie Skłodowskiej-Curie)

M7; 3622/GGPJ/H2020/2016/0; Zorientowany na użytkownika, oparty na atrybutach mobilny i wirtualny ekosystem tożsamości;

kierownik: prof. dr hab. Mieczysław Szustakowski; Projekt w ramach programu ramowego Unii Europejskiej; Projekty realizowane w ramach Horyzont 2020 (ERC, działanie Research & Innovation Action, Innovation Action, działania Marie Skłodowskiej-Curie)

M8; 700259; Powszechny i zorientowany na użytkownika projekt biometrycznej granicy (PROTECT); kierownik: prof. dr hab. Mieczysław Szustakowski; Projekt w ramach programu ramowego Unii Europejskiej; Projekty realizowane w ramach Horyzont 2020 (ERC, działanie Research & Innovation Action, Innovation Action, działania Marie Skłodowskiej-Curie)

M9; 329710; Powszechny i zorientowany na użytkownika projekt biometrycznej granicy (PROTECT); kierownik: prof. dr hab. Mieczysław Szustakowski; Projekt w ramach programu ramowego Unii Europejskiej; Projekty realizowane w ramach Horyzont 2020 (ERC, działanie Research & Innovation Action, Innovation Action, działania Marie Skłodowskiej-Curie)

PST1; DOB-1-3/1/PS/2014; Metody i Sposoby Ochrony i Obrony przed Impulsami HPM; kierownik: prof. dr hab. Zygmunt Mierczyk; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Projekt w zakresie badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa

PST2; DOB-1-6/1/PS/2014; Laserowe Systemy Broni Skierowanej Energii, Laserowe Systemy Broni Nieśmiercionośnej; kierownik: dr Krzysztof Kopczyński; Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; Projekt w zakresie badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa

ST1; PBS/23-905/2014/WAT; Analiza porównawcza symulatorów lotów przenośnych rakiet przeciwlotniczych krótkiego zasięgu; kierownik: prof. dr Zbigniew Puzewicz; Projekt finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego; dotacja na utrzymanie potencjału badawczego

ST2; PBS/23-908/2014/WAT; Laserowe i plazmowe technologie mikro-i nano - obróbki warstwy wierzchniej materiałów; kierownik: dr hab. Andrzej Stanisław Bartnik; Projekt finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego; dotacja na utrzymanie potencjału badawczego

ST3; PBS/23-907/2014/WAT; Militarne zastosowania laserów pompowanych wiązkami światła; kierownik: prof. dr hab. Waldemar Żendzian; Projekt finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego; dotacja na utrzymanie potencjału badawczego

ST4; PBS/23-906/2014/WAT; Multispektralne urządzenia optoelektroniczne w systemach bezpieczeństwa; kierownik: prof. dr hab. Mieczysław Szustakowski; Projekt finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego; dotacja na utrzymanie potencjału badawczego

ST5; PBS/23-903/2014/WAT; Optoelektroniczne metody wytwarzania i charakteryzacji nanostruktur dla potrzeb techniki wojskowej; kierownik: dr Andrzej Dariusz Gietka; Projekt finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego; dotacja na utrzymanie potencjału badawczego

ST6; PBS/23-902/2014/WAT; Optoelektroniczne rozpoznanie pola walki; kierownik: dr Marek Zygmunt; Projekt finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego; dotacja na utrzymanie potencjału badawczego

ST7; PBS/23-904/2014/WAT; Zabezpieczenie metrologiczne optoelektroniki; kierownik: dr hab. Jan Aleksander OWSIK; Projekt fi-

nansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego; dotacja na utrzymanie potencjału badawczego

ST8; PBS/23-921/2015/WAT; Obserwacyjne kamery termowizyjne dla autonomicznych platform bojowych z niechłodzonymi matrycami detektorów podczerwieni o dużej rozdzielczości; kierownik: dr Tomasz Kazimierz Sosnowski; Projekt finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego; dotacja na utrzymanie potencjału badawczego

ST9; PBS/23-920/2015/WAT; Układy przetwarzania sygnałów do detektorów promieniowania optycznego; kierownik: prof. dr hab. Zbigniew Bielecki; Projekt finansowany przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego; dotacja na utrzymanie potencjału badawczego

6.5.

PROJEKTY W RAMACH ROZWOJU MŁODYCH NAUKOWCÓW

RMN1. Zastosowanie matrycowych detektorów mikrobolometrycznych do zdalnego zobrazowania i wykrywania substancji chemicznych, kierownik: dr inż. G. Bieszczad

RMN2. Wytwarzanie ultrakrótkich impulsów spójnego promieniowania w zakresie widmowym skrajnego nadfioletu (EUV) W wyniku oddziaływania femtosekundowych impulsów laserowych z tarczami gazowymi o zmiennym rozkładzie gęstości. Automatyzacja stanowiska laserowych z tarczami gazowymi o zmiennym rozkładzie gęstości. Automatyzacja stanowiska laboratoryjnego. kierownik: mgr inż. T. Fok

RMN3. Wytwarzanie ultrakrótkich impulsów promieniowania rentgenowskiego w zakresie keV w wyniku oddziaływania femtosekundowych impulsów laserowych z tarczą gazową zawierającą klastery, kierownik: mgr inż. Ł. Węgrzyński

RMN4. Zastosowanie metody ablacji laserowej (PLD – pulsed laser deposition) do metalizacji powierzchni nanocząstek wykonanych z różnych materiałów, kierownik: mgr inż. B. Budner

7.

PUBLIKACJE, NAGRODY, PATENTY

7.1.

PUBLIKACJE Z LISTY A MNISW

1. D. Adjei, A. Wiechec, P. Wachulak, M.G. Ayele, J. Lekki, W.M. Kwiatek, A. Bartnik, M. Davidková, L. Vyšín, L. Juha, L. Pina, H. Fiedorowicz "DNA strand breaks induced by soft X- ray pulses from a compact laser plasma source" Radiat. Phys. Chem. 2016, 120, 17-25.
2. I.U. Ahad, H. Fiedorowicz, B. Budner, T.J. Kaldonski, M. Vázquez, A. Bartnik, D. Brabazon "Extreme ultraviolet surface modification of polyethylene terephthalate (PET) for surface structuring and wettability control" Acta Phys. Pol. A 2016, 129, 241-243
3. M.G. Ayele, J. Czwartos, D. Adjei, P. Wachulak, I.U. Ahad, A. Bartnik, Ł. Wegrzynski, M. Szczurek, R. Jarocki, H. Fiedorowicz, M. Lekka, K. Pogoda, J. Gostek "Contact microscopy using a compact laser produced plasma soft X-ray source" Acta Phys. Pol. A 2016, 129, 237-240.
4. A. Bartnik, P. Wachulak, H. Fiedorowicz, W. Skrzeczanowski, R. Jarocki, T. Fok, Ł. Węgrzyński „ EUV induced low temperature SF6-based plasma". Instrum. 2016, 11 (3), C03009.
5. A. Bartnik, P. Wachulak, H. Fiedorowicz, W. Skrzeczanowski "Kr photoionized plasma induced by intense extreme ultraviolet pulses" Phys. Plasmas 2016, 23, 043512.

6. N. Belghachem, J. Mlynczak "Estimation method of the optimal reflection of the output coupler for cw generation over a range of pump power for three level microchip lasers" *Optik*, 2016, 127, 1320–1322.
7. N. Belghachem, J. Mlynczak, K. Kopczynski, Z. Mierczyk, M. Gawron "Thermal analysis of a diffusion bonded Er³⁺, Yb³⁺:glass/Co²⁺: MgAl₂O₄ microchip lasers" *Opt. Mater.* 2016, 60, 546-551.
8. K. Czyz, J. Marczak, R. Major, A. Mzyk, A. Rycyk, A. Sarzyński, M. Strzelec "Selected laser methods for surface structuring of biocompatible diamond-like carbon layers" *Diam. Relat. Mater.* 2016, 67, 26-40.
9. S. Dyjak, W. Kiciński, M. Norek, A. Huczko, O. Łabędź, B. Budner, M. Polański "Hierarchical, nanoporous graphenic carbon materials through an instant, self-sustaining magnesiothermic reduction" *Carbon* 2016, 96, 937–946.
10. W.D. Furlan, V. Ferrando, J.A. Monsoriu, P. Zagrajek, E. Czerwińska, M. Szustakowski "3D printed diffractive terahertz lenses" *Opt. Lett.* 2016, 41, 1748-1751.
11. I. Jankowska-Sumara, M.-S. Jeong, J.-H. Ko, A. Majchrowski, J. Żmija "Phase transitions in PbZr_{0.72}Sn_{0.28}O₃ single crystals studied by Raman spectroscopy" *Phase Transitions* 2016, 89, 768-776.
12. M. Kaliszewski, M. Włodarski, J. Młyńczak, M. Leśkiewicz, A. Bombalska, M. Mularczyk-Oliwa, M. Kwaśny, D. Buliński, K. Kopczyński "A new real-time bio-aerosol fluorescence detector based on semiconductor CW excitation UV laser" *J. Aerosol Sci.* 2016, 100, 14-25.
13. M. Kaśków, L. Gałęcki, W. Żendzian, L. Gorajek, J.K. Jabczyński "Side-pumped neodymium laser with self-adaptive, nonreciprocal cavity" *Opto-Electron. Rev.* 2016, 24, 10-14.
14. P. Kopyt, B. Salski, P. Zagrajek, D. Janczak, M. Sloma, M. Jakubowska, M. Olszewska-Placha, W. Gwarek "Electric Properties of Graphene-Based Conductive Layers from DC Up to Terahertz Range" *IEEE Trans. Terahertz Sci. Technol.* 2016, 6, 480-490.
15. M. Kowalski, M. Życzkowski "Data encryption of optical fibre communication using pseudorandom spatial light modulation" *Opto-Electron. Rev.* 2016, 24, 75-81.
16. M. Kowalski, M. Kastek "Comparative studies of passive imaging in terahertz and midwavelength infrared ranges for object detection" *IEEE Trans. Inf. Forensic Secur.* 2016, 11, 2028 - 2035.
17. A. Krajewska, K. Oberda, J. Azpeitia, A. Gutierrez, I. Pasternak, M. F. López, Z. Mierczyk, C. Munuera, W. Strupinski "Influence of Au doping on electrical properties of CVD graphene" *Carbon* 2016, 100, 625–631.

18. K. Kucharski, P. Zagrajek, D. Tomaszewski, A. Panas, G. Głuszko, J. Marczewski, P. Kopyt „An influence of silicon substrate parameters on a responsivity of MOSFET-based terahertz detectors” *Acta Phys. Pol. A* 2016, 130, 1193-1195.
19. D. Kuczyńska, P. Kwaśniak, J. Marczak, J. Bonarski, J. Smolik, H. Garbacz “Laser Surface treatment and the resultant hierarchical topography of Ti grade 2 for biomedical application” *Appl. Surface Sci.* 2016, 390, 560-569.
20. M. Michalska, W. Brojek, Z. Rybak, P. Szelewski, M. Mamajek, J. Swiderski “Highly stable, efficient Tm-doped fiber laser—a potential scalpel for low invasive surgery” *Laser Phys. Lett.* 2016, 13, 15101.
21. M. Michalska, J. Mikołajczyk, J. Wojtas, J. Swiderski, “Mid-infrared, super-flat, supercontinuum generation covering the 2–5 μm spectral band using a fluoroindate fibre pumped with picosecond pulses” *Sci. Rep.* 2016, 6, 39138.
22. J. Mikołajczyk, Z. Bielecki, T. Stacewicz, J. Smulko, J. Wojtas, D. Szabra, Ł. Lentka, A. Prokopiuk, P. Magryta “Detection of gaseous compounds with different techniques” *Metrol. Meas. Syst.* 2016, 23, 205-224.
23. J. Mikołajczyk, J. Wojtas, Z. Bielecki, T. Stacewicz, D. Szabra, P. Magryta, A. Prokopiuk, A. Tkacz, M. Panek “System of optoelectronic sensors for breath analysis” *Metrol. Meas. Syst.* 2016, 23, 481-489
24. L. Misseeuw, A. Krajewska, I. Pasternak, T. Ciuk, W. Strupinski, G. Reekmans, P. Adriaenssens, D. Geldof, F. Blockhuys, S. Van Vlierberghe, H. Thienpont, P. Dubruel, N. Vermeulen „Optical quality controllable wet-chemical doping of graphene through a uniform, transparent and low roughness F4-TCNQ/MEK layer” *RSC Adv.* 2016, 6, 104491-104501.
25. J. Młyńczak, N. Belghachem, K. Kopczyński, J. Kisielewski, R. Stepień, M. Wychowaniec, J. Galas, D. Litwin, A. Czyżewski “Performance analysis of thermally bonded Er^{3+} , Yb^{3+} :glass/ Co^{2+} : MgAl_2O_4 microchip lasers” *Opt. Quant. Electron.* 2016, 48(4), 247.
26. J. Młyńczak, J. Kubicki, K. Kopczyński, J. Mierczyk „Assessment of the application of cascade lasers to stand-off detection of alcohol vapors in moving cars” *J. Appl. Remote Sens.* 2016, 10(4), 046010.
27. K. Moraczewski, W. Mróz, B. Budner, R. Malinowski, M. Żenkwicz “Laser modification of polylactide surface layer prior autocatalytic metallization” *Surf. Coat. Technol.* 2016, 304, 68-75.
28. M.F. Nawaz, M. Nevrlka, A. Jancarek, A. Torrisi, T. Parkman, J. Turnova, L. Stolcova, M. Vrbova, J. Limpouch, L. Pina, P. Wachulak “Ta-

ble-top water-window soft X-ray microscope using a Z-pinching capillary discharge source" *J. Instrum.* 2016, 11(7), P07002.

29. M. Norek, G. Łuka, M. Włodarski "Plasmonic enhancement of UV emission from ZnO thin films induced by Al nano-concave arrays" *Appl. Surf. Sci.* 2016, 384, 18-26.
30. O. Olszewska-Sosińska, B. Zielnik-Jurkiewicz, M. Stępińska, M. Antos-Bielska, M. Lau-Dworak, K. Kozłowska, E.A. Trafny "Persistence of nontypeable *Haemophilus influenzae* in the pharynx of children with adenotonsillar hypertrophy after treatment with azithromycin" *Pathog. Dis.* 2016, 74(1), ftv106.
31. T. Orzanowski „Nonuniformity correction algorithm with efficient pixel offset estimation for infrared focal plane arrays" *SpringerPlus* 2016, 5, 1831.
32. N. Palka, A. Rybak, E. Czerwinska, M. Florkowski "Terahertz Detection of Wavelength-Size Metal Particles in Pressboard Samples" *IEEE Trans. Terahertz Sci. Technol.* 2016, 6, 99-107.
33. N. Palka, R. Panowicz, M. Chalimoniuk, R. Beigang "Non-destructive evaluation of puncture region in polyethylene composite by terahertz and X-ray radiation" *Composites Part B* (2016), 92, 315-325.
34. N. Palka, E. Czerwinska, M. Szala "Characterization of prospective explosive materials using Terahertz Time Domain Spectroscopy" *Appl. Opt.* 2016, 55, 4575-4583.
35. N. Palka, M. Szala "Transmission and reflection terahertz spectroscopy of insensitive melt-cast high explosive materials" *J. Infrared Millim. Terahertz Waves*, 2016, 37, 977-992.
36. E.J. Prazmo, M. Kwaśny, M. Łapiński, A. Mielczarek "Photodynamic therapy as a promising method used in the treatment of oral diseases" *Adv. Clin. Exp. Med.* 2016, 25 (4), 799-807.
37. Z.U. Rehman, H. Suk, K.A. Janulewicz "Optical breakdown-driven mesostructure in bulk of soda-lime glass" *J. Non-Cryst. Solids* 2016, 448, 68-73.
38. Z.U. Rehman, K.A. Janulewicz „Structural transformation of monocrystalline diamond driven by ultrashort laser pulses" *Diamond Relat. Mater.* 2016, 70, 194-200.
39. A. Siemion, A. Siemion, J. Suszek, A. Kowalczyk, J. Bomba, A. Sobczyk, N. Palka, P. Zagrajek, A. Kolodziejczyk, M. Sypek "THz beam shaping based on paper diffractive optics", *IEEE Trans. Terahertz Sci. Technol.* 2016, 6, 568-575.
40. A. Siemion, P. Kostrowiecki-Lopata, A. Pindur, P. Zagrajek, M. Sypek "Paper on Designing Costless THz Paper Optics" *Adv. Mater. Sci. Eng.* 2016, 9615698.

41. V.C. de Silva, P. Nyga, V.P. Drachev "Optimization and photomodification of extremely broadband optical response of plasmonic core-shell obscuring" *J. Colloid. Interface Sci.* 2016, 484, 116-124.
42. T. Stacewicz, Z. Bielecki, J. Wojtas, P. Magryta, J. Mikołajczyk, D. Szabra "Detection of disease markers in human breath with laser absorption spectroscopy" *Opto-Electron. Rev.* 2016, 24, 82-94.
43. W.J. Stępniewski, J. Choi, H. Yoo, M. Michalska-Domańska, P. Chilimoniuk, T. Czujko "Quantitative fast Fourier transform based arrangement analysis of porous anodic oxide formed by self-organized anodization of FeAl intermetallic alloy" *Mater. Lett.* 2015, 164, 176-179.
44. W.J. Stępniewski, M. Norek, B. Budner, M. Michalska-Domańska, A. Nowak-Stępniewska, A. Bombalska, M. Kaliszewski, A. Mostek, S. Thorat, M. Salerno, M. Giersig, Z. Bojar "In-situ electrochemical doping of nanoporous anodic aluminum oxide with indigo carmine organic dye" *Thin Solid Films* 2016, 598, 60-64.
45. W.J. Stępniewski, J. Choi, H. Yoo, K. Oh, M. Michalska-Domańska, P. Chilimoniuk, T. Czujko, R. Łyszkowski, S. Jóźwiak, Z. Bojar, D. Losic "Anodization of FeAl intermetallic alloys for bandgap tunable nanoporous mixed aluminum-iron oxide" *J. Electroanal. Chem.* 2016, 771, 37-44.
46. W.J. Stępniewski, M. Moneta, M. Norek, M. Michalska-Domańska, A. Scarpellini, M. Salerno „ The influence of electrolyte composition on the growth of nanoporous anodic alumina" *Electrochim. Acta* 2016, 211, 453-460.
47. W.J. Stępniewski, T. Durejko, M. Michalska-Domańska, M. Łazińska, J. Aniszewska "Characterization of nanoporous anodic aluminum oxide formed on laser pre-treated aluminium" *Mater. Character.* 2016, 122, 130-136.
48. K. Szkudlarek, M. Sypek, G. Cywiński, J. Suszek, P. Zagrajek, A. Feduniewicz-Zmuda, I. Yahniuk, S. Yatsunenko, A. Nowakowska-Siwińska, D. Coquillat, D.B. But, M. Rachoń, K. Wegrzyńska, C. Skierbiszewski, W. Knap "Terahertz 3D printed diffractive lens matrices for field-effect transistor detector focal plane arrays" *Opt. Express* 2016, 24 (18), 20119-20131.
49. A. Torrisi, P. Wachulak, M.F. Nawaz, A. Bartnik, D. Adjei, Š. Vondrova, J. Turnova, A. Jancarek, H. Fiedorowicz "Applications of a compact "water window" source for investigations of nanostructures using SXR microscope" *Acta Phys. Pol. A* 2016, 129, 169-171.
50. A. Torrisi, P. Wachulak, M.F. Nawaz, A. Bartnik, Ł. Wegrzyński, A. Jancarek, H. Fiedorowicz "Characterization and optimization of images acquired by a compact soft X-ray microscope based on a double stream gas-puff target source" *J. Instrum.* 2016, 11 (4), C04003.

51. A. Torrasi, P. Wachulak, L. Torrasi, A. Bartnik, Ł. Wegrzyński, H. Fiedorowicz "Plasma characterization of the gas-pufftarget source dedicated for soft X-ray microscopy using SiC detectors" *Nukleonika* 2016, 61, 139-143.
52. L. Torrasi, L. Calcagno, M. Cutroneo, J. Badziak, M. Rosinski, A. Zaras-Szydłowska, A. Torrasi "Nanostructured targets for TNSA laser ion acceleration" *Nukleonika* 2016, 61, 103-108.
53. L. Torrasi, A. Italiano, A. Torrasi "Ancient bronze coins from Mediterranean basin: LAMQS potentiality for lead isotopes comparative analysis with former mineral" *Appl. Surface Sci.* 2016, 387, 529-538.
54. P.W. Wachulak "Recent advancements in the "water-window" microscopy with laser-plasma SXR source based on a double stream gas-puff target" *Opto-Electron. Rev.* 2016, 24, 144-154.
55. P.W. Wachulak "Contributed Review: The novel gas puff targets for laser-matter interaction experiments" *Rev. Sci. Instrum.* 2016, 87, 091501.
56. N.R. Vinuesa, B.J. Jankiewicz, V.A. Gallardo, G.Z. LaFavers, D. DeSutter, J.J. Nash, H.I. Kenttämä "Reactivity Controlling Factors for an Aromatic Carbon-Centered σ,σ,σ -Triradical: The 4,5,8-Tridehydroisoquinolinium Ion" *Chem. Eur. J.* 2016, 22, 809-815.

1. M. Nowakowski, D. Szabra, P. Margryta, R. Mędrzycki, A. Prokopiuk „Optoelektroniczny system sensorów biomarkerów zawartych w wydychanym powietrzu (Optoelectronic sensor system for biomarkers contained in exhaled air)” Elektronika 2016, 9, 51-54.
2. D. Chmielewska, R. Gebel, A. Olszyna, B. Synowiec, J. Marczak, A. Sarzyński, M. Strzelec „Czynniki wpływające na jakość powierzchni barwnych farb ceramicznych utrwalanych techniką laserową na podłożu szklanym” Szkło i Ceramika 2016, 67, 18-22.
3. T. Drozd, Z. Mierczyk, M. Zygmunt, J. Wojtanowski „Metoda optycznej transmisji danych z wykorzystaniem laserów impulsowych (Free space optical communication based on pulsed lasers)” Elektronika 2016, 11, 17-21.
4. J. Grzelak, A. Krajewska, B. Krajnik, D. Jamiola, J. Choma, B. Jankiewicz, D. Piątkowski, P. Nyga, S. Mackowski “Hybrid silica-gold core-shell nanoparticles for fluorescence enhancement” Nanospectroscopy 2016, 2, 1-6.
5. J.K. Jabczyński, R.S. Romaniuk „Rozwój techniki laserowej w Polsce – 2016 (Development of laser technology in Poland – 2016)” Elektronika 2016, 11, 3-12.
6. M. Kaszczuk, Z. Mierczyk, M. Zygmunt, T. Drozd, A. Gawlikowski, A. Gietka, M. Jakubaszek, P. Knysak, A. Młodzianko, M. Muzal, R. Ostrowski, W. Piotrowski, J. Wojtanowski „Wielospektralny skaner laserowy w ochronie i monitoringu środowiska (Multispectral laser scanner for environmental monitoring and protection)” Elektronika 2016, 11, 26-27.
7. P. Knysak, Z. Mierczyk, M. Zygmunt, J. Wojtanowski, M. Traczyk „Metoda optycznej transmisji danych z wykorzystaniem laserów impulsowych (Free space optical communication based on pulsed lasers)” Elektronika 2016, 11, 22-25.
8. P. Kotowski, M. Kwaśny, A. Gietka „Diody superluminescencyjne (sLED) dla terapii Fotodynamicznej (Superluminescent diodes (sLED) in photodynamic therapy)” Elektronika 2016, 11, 29-33.
9. J. Kubicki, J. Młyńczak, K. Kopczyński, J. Mierczyk “Opportunities of detection of alcohol vapours in cars with unknown windows using cascade lasers | [Możliwości wykrywania par alkoholu w kabinach samochodów z szybami o nieznanym parametrach] Prz. Elektrotech. 2016, 92 (9), 272-278.

10. J. Kubicki „Jarzeniowy promiennik CO₂” Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce Ochronie Środowiska 2016, 1, 16-20.
11. M. Leśkiewicz, M. Kaliszewski, Z. Mierczyk, M. Włodarski „Porównanie liniowych metod PCA (Principal Component Analysis) i LDA (Linear Discriminant Analysis) zastosowanych do klasyfikacji matryc wzbudzeniowo-emisyjnych wybranych grup substancji biologicznych (Comparison of Principal Component Analysis and Linear Discriminant Analysis applied to classification of excitation-emission matrices of the selected biological material)” Biuletyn WAT 2016, 65(1), 15-31.
12. M. Michalska, W. Brojek, Z. Rybak, P. Szelewski, J. Świderski „Światłowodowy laser tulowy do zastosowań medycznych (An all-fiber thulium doped fiber laser for medical application)” Elektronika 2016, 11, 13-15.
13. M. Miczuga, K. Kopczyński, J. Pietrzak „Badania nad poprawą czułości systemów detekcji śladowych ilości zanieczyszczeń gazowych metodą komórek wieloprześciowych (Studies on the sensitivity improvement of measuring system dedicated to detection of trace amounts of gaseous impurities by using multi-path cell method)” Elektronika 2016, 9, 32-34.
14. J. Mikołajczyk „Badania układów detekcji promieniowania optycznego w zakresie od skrajnego nadfioletu do dalekiej podczerwieni (Research of optical detection systems in the spectral range from extreme ultraviolet to infrared)” Elektronika 2016, 11, 48-51.
15. M. Muzal, J. Wojtanowski, Z. Mierczyk, M. Zygmunt, T. Drozd, M. Jakubaszek, P. Knysak, W. Piotrowski, M. Traczyk „Laserowy miernik prędkości pojazdów (Laser measurement of the speed of vehicles)” Elektronika 2016, 11, 38-40.
16. M. Piszczek „Finding the distance to the object using the method of spatial-temporal framing (Wyznaczanie odległości do obiektu z użyciem metody kadrowania przestrzenno-czasowego)” Przegląd Elektrotech. 2016, 92, 75-78.
17. M. Piszczek „Positioning of objects for real-time application of virtual reality (Pozycjonowanie obiektów w czasie rzeczywistym dla zastosowań wirtualnej)” Prz. Elektrotech. 2016, 92, 79-82.
18. A. Sarzyński, J. Radziejewska, J. Marczak, M. Strzelec, R. Ostrowski, A. Rycyk, K. Czyż „Laserowa mikroobróbka materiałów (Laser micromachining of materials)” Elektronika 2016, 11, 42-47.
19. T. Stacewicz, J. Wojtas, P. Margryta, T. Ligor, D. Szabra, A. Prokopiuk, Z. Bielecki, B. Buszewski, J. Mikołajczyk, M. Nowakowski, R. Mędrzycki „Sensory optoelektroniczne do detekcji markerów chorobowych z laserami przestrajalnymi w zakresie < 2,5 μm (Optoelectronic sensors for disease markers detection with lasers tunable below 2,5 μm range)” Elektronika 2016, 9, 66-69.

20. T. Stacewicz, P. Margryta, Z. Bielecki, J. Wojtas „Multipleksacja i demultipleksacja sygnałów optycznych do celów spektroskopii (Multiplexation and demultiplexation of optical signals for spectroscopy)" Elektronika 2016, 9, 70-72.
21. Ł. Węgrzyński, P. Wachulak, T. Fok, A. Bartnik, H. Fiedorowicz „Układ do wytwarzania tarcz gazowo-klastrowych wykorzystywanych do oddziaływania promieniowania laserowego z materią (Experimental setup for producing gas-cluster puff target dedicated for laser matter experiments)" Elektronika 2016, 11, 34-37.
22. J. Wojtas, J. Mikołajczyk, D. Szabra, B. Zakrzewska, A. Prokopiuk, A. Tkacz, S. Chojnowski, Z. Bielecki „Zastosowanie spektroskopii strat w wnęcie optycznej do detekcji śladowych ilości tlenku węgla (Application of cavity enhanced spectroscopy in detection of trace amounts of carbon monoxide)" Elektronika 2016, 9, 28-31.
23. J. Wojtas, Z. Bielecki, T. Stacewicz, A. Tkacz, A. Prokopiuk, P. Margryta „Wybrane zastosowania spektroskopii absorpcyjnej (Selected applications of the absorption spectroscopy)" Elektronika 2016, 9, 58-61.

1. J. Bareła, M. Kastek, K. Firmanty, M. Krupiński „Analysis of the variation of range parameters of thermal cameras” Proc. SPIE 2016, 9987, 998711.
2. A. Bartnik, T. Pisarczyk, P. Wachulak, T. Chodukowski, T. Fok, L. Wegrzynski, Z. Kalinowska, H. Fiedorowicz „Low temperature plasmas created by photoionization of gases with intense radiation pulses from laser-produced plasma sources” Proc. SPIE 2016, 10159, 1015909.
3. G. Bieszczad „SoC-FPGA embedded system for real-time thermal image processing” Proceedings of the 23rd International Conference Mixed Design of Integrated Circuits and Systems, MIXDES 2016, 2016, Article No. 7529788, Pages 469-473.
4. M. Dobrzyńska, M. Stępińska, R. Lewandowski, A. Gietka, M. P. Łapiński, E.A. Trafny "Autofluorescence of human cells in vitro as a biomarker of their metabolic activity" Proc. SPIE 2016, 10159, 101590F.
5. T. Drozd, Z. Mierczyk, M. Zygmunt, J. Wojtanowski „Free space optical communication based on pulsed lasers” Proc. SPIE 2016, 10159, 1015911.
6. H. Fiedorowicz, A. Bartnik, P.W. Wachulak, R. Jarocki, J. Kostecki, M. Szczurek, I.U. Ahad, T. Fok, A. Szczurek, Ł. Węgrzyński ? Application of laser plasma sources of soft X-rays and extreme ultraviolet (EUV) in imaging, processing materials and photoionization studies? Springer Proc. Phys. 2016, 169, 369-377.
7. J. Jabczynski, R. Romaniuk "Front Matter: Volume 10159" Proc. SPIE 2016, 10159, 1015901.
8. J. Jabczyński, M. Kaśków, W. Żendzian, K. Kopczyński, Z. Puze-wicz „Analysis of pumping schemes for high brightness diode-side-pumped lasers” Proc. SPIE 2016, 10142, 101420H.
9. K. Jach, J. Marczak, R. Świerczyński, M. Strzelec, R. Ostrowski, A. Sarzyński, W. Skrzeczanowski, A. Rycyk, K. Czyż „Modeling of remelting processes of metal targets using pulses of continuous laser with pre-impulses” Proc. SPIE 2016, 10159, 101590O.
10. Z. Jankiewicz, J.K. Jabczyński, R.S. Romaniuk „Development of laser technology in Poland: 2016” Proc. SPIE 2016, 10159, 1015902.

11. M. Kaliszewski, M. Włodarski, J. Młyńczak, Z. Zawadzki, M. Mularczyk-Oliwa, A. Bombalska, K. Kopczyński „The laser detector of bio-aerosols” Proc. SPIE 2016, 10159, 101590G.
12. P. Knysak, Z. Mierczyk, M. Zygmunt, J. Wojtanowski, M. Traczyk „Laser data transmission with the application of reflectance modulator” Proc. SPIE 2016, 10159, 1015910.
13. C. Kolacinski, D. Obrebski, M. Zbiec, J. Marczewski, P. Zagrajek „Complete multichannel readout device for THz measurements without lock-in technique” International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, IRMMW-THz, 2016-November, 7758630.
14. K. Kopczyński, J. Kubicki, J. Młyńczak, J. Mierczyk, K. Hackiewicz „Stand-off detection of alcohol vapours in moving cars” Proc. SPIE 2016, 10159, 101590Z.
15. P. Kopyt, B. Salski, P. Zagrajek, J. Marczewski „Affordable sub-THz band-pass mesh filters” 21st International Conference on Microwave, Radar and Wireless Communications” MIKON 2016, Article number 7492134.
16. P. Kopyt, B. Salski, P. Zagrajek, D. Obrebski, J. Marczewski „Accurate modeling of silicon based substrates for sub-THz antennas” International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, IRMMW-THz, 2016-November, 7758629.
17. M. Krupiński, J. Bareła, M. Kastek, K. Chmielewski „Test stand for determining parameters of microbolometer camera” Proc. SPIE 2016, 9987, 998712.
18. M. Kujawińska, P. Łapka, M. Malesa, K. Malowany, M. Prasek, J. Marczak „Investigations of high power laser beam interaction with material by means of hybrid FVM-FEM and digital image correlation methods” Proc. SPIE 2016, 10159, 1015916.
19. M. Kwaśny, A. Gietka, P. Kotowski, Z. Mierczyk „Light sources currently used in photochemotherapy” Proc. SPIE 2016, 10159, 101590C.
20. J. Kwiatkowski, W. Zendzian, J.K. Jabczynski „Investigative study of a diode-pumped continuous-wave Tm:YAP laser as an efficient 1.94 μm pump source” Proc. SPIE 2016, 10159, 1015904.
21. R. Lewandowski, E.A. Trafny, M. Stępińska, A. Gietka, P. Kotowski, M. Dobrzyńska, M. P. Łapiński „The selection of light emitting diode irradiation parameters for stimulation of human mesenchymal stem cells proliferation” Proc. SPIE 2016, 10159, 101590E.
22. M.C. Marconi, N. Monserud, E. Malm, P. Wachulak, W. Chao “Time-resolved holography with a table top soft X-ray laser” Springer Proc. Phys. 2016, 169, 233-238.

23. J. Marczewski, D. Obrebski, C. Kolacinski, M. Zbiec, K. Kuchar-ski, P. Zagrajek, P. Kopyt „Development of multi-pixel NMOS-based THz detectors and readout system targeted for spectroscopy applications” Proceedings of the 23rd International Conference Mixed Design of Integrated Circuits and Systems, MIXDES 2016, 2016, Article No. 7529730, Pages 191-196.
24. M. Michalska, W. Brojek, Z. Rybak, P. Sznalewski, M. Mamajek, S. Gogler, J. Swiderski ”Thulium fiber laser for the use in low-invasive endoscopic and robotic surgery of soft biological tissues” Proc. SPIE 2016, 10159, 1015906.
25. M. Michalska-Domańska, P. Jóźwik, B.J. Jankiewicz, B. Bartosewicz, D. Siemiaszko, W.J. Stepniowski, Z. Bojar “Study of Cyclic Ni3Al Catalyst Pretreatment Process for Uniform Carbon Nanotubes Formation and Improved Hydrogen Yield in Methanol Decomposition” Mater. Today: Proc. 2016, 3, S171-S177.
26. M. Miczuga, K. Kopczyński „Application of cascade lasers to detection of trace gaseous atmospheric pollutants” Proc. SPIE 2016, 10159, 101590X.
27. J. Młyńczak, K. Kopczyński, N. Belghachem, J. Kisielewski, R. Stępień, M. Wychowaniec, J. Galas, D. Litwin, A. Czyżewski „Pulse laser head with monolithic thermally bonded microchip operating at 1.5 μm wavelength” Proc. SPIE, 2016, 10159, 1015905.
28. M. Mularczyk-Oliwa, A. Bombalska, M. Kwaśny, K. Kopczyński, M. Włodarski, M. Kaliszewski, J. Kostecki „Optoelectronic methods in potential application in monitoring of environmental conditions” Proc. SPIE 2016, 10159, 101590Y.
29. M. Muzal, Z. Mierczyk, M. Zygmunt, J. Wojtanowski, W. Piotrowski „Measurement of vehicles speed with full waveform lidar” Proc. SPIE 2016, 10159, 1015914.
30. M.L. Naurecka, B.M. Sierakowski, M. Kwaśny ”Spectroscopic properties of second generation photosensitizers for photo-diagnostics and photo-dynamic therapy” Proc. SPIE 2016, 10159, 101590B.
31. P. Nyga, S. Chmiel, M. Szczurek, M. Liszewska, M. Stefaniak, J. Firak, M. Michalska-Domanska, J. Mierczk, M. Norek „Silver nanoparticles in titanium dioxide host plasmonic absorbers” 18th International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON) 2016.
32. D. Obrebski, C. Kolacinski, M. Zbiec, P. Zagrajek „The multi-channel small signal readout system for THz spectroscopy and imaging applications” 2016 IFIP/IEEE International Conference on Very Large Scale Integration, VLSI-SoC 2016, 1-6.

33. P.N. Osuchowska, A. Sarzyński, M. Strzelec, Z. Bogdanowicz, J. Marczak, M.P. Łapiński, E.A. Trafny „Characterization of micro-sieves recovery efficiency in isolation of circulating tumor cells” Proc. SPIE 2016, 10159, 101590D.
34. N. Palka, W. Ciurapinski, J. Wrobel, L. Jodlowski, M. Szustakowski, D. Miedzinska, R. Gielata, R. Beigang „Non-destructive testing of polyethylene composite by terahertz radiation” 21st International Conference on Microwave, Radar and Wireless Communications, MIKON 2016, Article number 7492002.
35. M. Panek, J. Mikolajczyk „Gas analysis software for selected techniques of laser absorption spectroscopy” Proc. SPIE 2016, 10034, 1003405.
36. A. Rycyk, K. Czyż, A. Sarzyński, W. Skrzeczanowski, R. Ostrowski, M. Strzelec, K. Jach, R. Świerczyński „Research on quasi-cw and pulse interaction of strong laser radiation with the military technical materials” Proc. SPIE 2016, 10159, 101590P.
37. A. Sarzyński, J. Marczak, M. Strzelec, A. Rycyk, K. Czyż, D. Chmielewska „Laser microstructuring of surfaces for applications in materials and biomedical science” Proc. SPIE 2016, 10159, 101590A.
38. V.C. de Silva, P. Nyga, V.P. Drachev “Scattering suppression, and optimization of extremely broadband plasmonic core-shell obscuring structures”, Books of Abstracts, Joint Meeting of the Four Corners and Texas Sections of the American Physical Society, October 21–22, 2016; Las Cruces, New Mexico, B2.00003.
39. J. Suszek, M. Sypek, A. Siemion, A. Nowakowska-Siwińska, P. Zagrajek, G. Cywinski, K. Szkudlarek, I. Yahniuk, S. Yatsunenko, D.B. But, D. Coquillat, W. Knap „Diffraction optics for GaN terahertz detectors arrays” 21st International Conference on Microwave, Radar and Wireless Communications, MIKON 2016”, Article number 7492049.
40. P. W. Wachulak, A. Torrisi, A. Bartnik, L. Wegrzynski, T. Fok, Z. Patron, H. Fiedorowicz „Soft X-ray microscope with nanometer spatial resolution and its applications” Proc. SPIE 2016, 10159, 101590W.
41. P. Zagrajek, J. Marczewski, D. Tomaszewski, D. Obrebski, K. Kucharski „FET based THz detector with integrated antenna and source follower” International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, IRMMW-THz, 2016-November, 7758631

1. P. E. Kozioł, M. Walczakowski, T. Baraniecki, 'Laserowa selektywna strukturyzacja powierzchni przewodzących', XI Sympozjum Techniki Laserowej, Jastarnia 26-30 września 2016.
2. R. Ostrowski, M. Traczyk, 'Ochrona wzroku przed promieniowaniem laserowym', XXX Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „EKOMILITARIS 2016”, Zakopane, 13-16 września 2016r
3. R. Ostrowski, A. Cywiński, 'Rozpoznanie optoelektroniczne', IX Konferencja Naukowa „Kierowanie Ogniem Systemów Obrony Powietrznej (Przeciwlotniczej)” KOSOP 2016, Ustka, 22-24.06.2016r
4. R. Ostrowski, H. Garbacz, E. Fortuna-Zaleśna, A. Zatorska, M. Strzelec, W. Skrzeczanowski, A. Rycyk, A. Sarzyński, A. Koss, J. Mróz, Ł. Ciupiński, T. Onyszczyk, G. Żukowska, 'Fizyko-chemiczne analizy wybranych, metalowych obiektów archeologicznych', XVI Konferencja Naukowa „Analiza Chemiczna w Ochronie Zabytków”, Warszawa, 1-2.12.2016r
5. K. Czyż, P. Wachulak, 'Direct Laser Interference Lithography form 2 to N beams Interference', XXXIV Konferencja Elektroniki, Telekomunikacji i Energetyki Studentów i Młodych Pracowników nauki SECON 20146, Warszawa 18-19 kwietnia 2016r.
6. K. Czyż, P. Wachulak, 'Struktury periodyczne i hierarchiczne na biozgodnych warstwach DLC', IX Międzyuczelniane Seminarium Kół Naukowych, Warszawa 19 – 20 maja 2016
7. K. Czyż, P. Wachulak, 'Wytwarzanie struktur hybrydowych za pomocą bezpośredniej laserowej litografii interferencyjnej', IX Międzyuczelniane Seminarium Kół Naukowych, Warszawa 19 - 20 maja 2016
8. A. Rycyk, K. Czyż, J. Marczak, A. Sarzyński, W. Skrzeczanowski, R. Ostrowski, M. Strzelec, K. Jach, R. Świerczyński, 'Badania quasi-ciągłego i impulsowego oddziaływania silnego promieniowania laserowego na materiały techniki wojskowej', XI Sympozjum Techniki Laserowej, Jastarnia 26-30 września 2016
9. K. Czyż, R. Ostrowski, A. Sarzyński, A. Rycyk, M. Strzelec, R. Major, P. Wilczek, 'Ablacja laserowa w zastosowaniu do bioinżynierii', XI Sympozjum Techniki Laserowej, Jastarnia 26-30 września 2016

10. J. Radziejewska, A. Sarzyński, K. Jach, J. Marczak, A. Rycyk, M. Strzelec, 'Pomiary przemieszczeń płytek metalowych napędzanych przez impuls promieniowania laserowego', XI Sympozjum Techniki Laserowej, Jastarnia 26-30 września 2016
11. K. Jach, J. Marczak, R. Świerczyński, R. Ostrowski, A. Sarzyński, W. Skrzeczanowski, M. Strzelec, A. Rycyk, K. Czyż, 'Modelowanie procesów przetapiania tarcz metalowych impulsami lasera ciągłego działania z preimpulsami', XI Sympozjum Techniki Laserowej, Jastarnia 26-30 września 2016
12. A. Sarzyński, K. Czyż, J. Marczak, A. Rycyk, M. Strzelec, D. Chmielewska, 'Laserowe mikro-strukturywanie powierzchni do zastosowań w inżynierii materiałowej i biomedycznej', XI Sympozjum Techniki Laserowej, Jastarnia 26-30 września 2016 (2016)
13. P. Osuchowska, A. Sarzyński, M. Strzelec, Z. Bogdanowicz, J. Marczak, M. Łapiński, E. Trafny, 'Sita molekularne jako metoda izolacji krążących komórek nowotworowych', XI Sympozjum Techniki Laserowej, Jastarnia 26-30 września 2016
14. A. Bartnik, W. Skrzeczanowski, T. Pisarczyk, P. Wachulak, T. Chodukowski, Z. Kalinowska, I. Saber, Ł. Węgrzyński, T. Fok, H. Fiedorowicz, 'Wytwarzanie plazmy niskotemperaturowej w wyniku fotojonizacji gazu impulsami promieniowania źródeł laserowo-plazmowych', XI Sympozjum Techniki Laserowej, Jastarnia 26-30 września 2016
15. G.A. Wubetu, T. J. Kelly, P. van Kampen, P. Wachulak, A. Bartnik, W. Skrzeczanowski, H. Fiedorowicz, J.T. Costello, 'Czasowo-rozdzielcza spektroskopia emisyjna plazmy laserowej stopu aluminium w powietrzu', XI Sympozjum Techniki Laserowej, Jastarnia 26-30 września 2016
16. A. Antonik, W. Skrzeczanowski, J. Janucki, R. Ostrowski, 'Niepewności pomiaru w akredytowanych badaniach mocy i energii promieniowania laserowego', XI Sympozjum Techniki Laserowej, Jastarnia 26-30 września 2016
17. T. Stacewicz, J. Wojtas, P. Magryta, T. Ligor, D. Szabra, A. Prokopiuk, Z. Bielecki, B. Buszewski, J. Mikołajczyk, M. Nowakowski, R. Mędrzycki, 'Sensory optoelektroniczne do detekcji markerów chorobowych z laserami przestrajalnymi w zakresie $<2,5 \mu\text{m}$ ', XV Krajowa Konferencja Elektroniki. Darłówko-Wschodnie 06-10 czerwca 2016r
18. T. Ligor, B. Buszewski, Z. Bielecki, T. Stacewicz, 'Układy wzbogacania próbek w oznaczaniu markerów chorobowych z powietrza wydychanego', XV Krajowa Konferencja Elektroniki. Darłówko-Wschodnie 06-10 czerwca 2016r

19. T. Stacewicz, P. Magryta, Z. Bielecki, J. Wojtas, 'Multipleksacja i demultipleksacja sygnałów optycznych do celów spektroskopii', XV Krajowa Konferencja Elektroniki. Darłówko-Wschodnie 06-10 czerwca 2016r
20. J. Wojtas, J. Mikołajczyk, D. Szabra, B. Zakrzewska, A. Prokopiuk, A. Tkacz, S. Chojnowski, Z. Bielecki, 'Zastosowanie spektroskopii strat we wnęce optycznej do detekcji śladowych ilości tlenu węgla', XV Krajowa Konferencja Elektroniki. Darłówko-Wschodnie 06-10 czerwca 2016r.
21. J. Wojtas, Z. Bielecki, T. Stacewicz, A. Tkacz, A. Prokopiuk, P. Magryta, 'Wybrane zastosowania spektroskopii absorpcyjnej', XV Krajowa Konferencja Elektroniki. Darłówko-Wschodnie 06-10 czerwca 2016
22. T. Stacewicz, Z. Bielecki, B. Buszewski, J. Wojtas, T. Ligor, W. Gawron, J. Mikołajczyk, D. Szabra, M. Nowakowski, P. Magryta, A. Prokopiuk, R. Mędrzycki, 'System optoelektronicznych sensorów do wykrywania markerów w wydychanym powietrzu', VII Kongres metrologii. Lublin-Naęczów, 28.06-01.07. 2016
23. T. Stacewicz, Z. Bielecki, J. Wojtas, J. Mikołajczyk, D. Szabra, P. Magryta, 'Optoelektroniczny system wykorzystujący spektroskopię laserową do wykrywania markerów chorobowych w oddechu ludzkim', XI Sympozjum Techniki Laserowej, Jastarnia ,26-30.09.2016
24. J. Mikołajczyk, M. Panek, P. Magryta, Z. Bielecki, T. Stacewicz, J. Wojtas, 'Wybrane algorytmy analizy i przetwarzania sygnałów w spektroskopii strat we wnęce optycznej', XI Sympozjum Techniki Laserowej, Jastarnia 26-30.09.2016r
25. M. Panek, M. Chodnicki, A. Tkacz, S. Chojnowski, J. Mikołajczyk, J. Wojtas, 'Układ przetwarzania sygnału dla spektroskopii strat we wnęce optycznej', XI Sympozjum Techniki Laserowej, Jastarnia 26-30.09.2016

1. Nagroda Prezes Rady Ministrów za rozprawę habilitacyjną "Źródła super continuum zakresu widmowego średniej podczerwieni o dużej wyjściowej mocy średniej" płk dr hab. inż. Jacek Świdorski
2. Nagroda Prezes Rady Ministrów za rozprawę doktorską: Wpływ stanu materiału na aktywność katalityczną stopów na osnowie fazy międzymetalicznej Ni₃Al dr Marta Michalska-Domańska
3. Wyróżnienie Ministra Obrony Narodowej za najlepszy patent lub wzór przemysłowy, chroniony prawem własności przemysłowej, uzyskany w wyniku realizacji badań naukowych lub prac rozwojowych, w postaci nagrody Ministra Obrony Narodowej w wysokości 10 000 zł oraz rzeczowej Prezesa Urzędu Patentowego RP dla wykonawców pracy badawczej nt. "Optoelektroniczny, wielowidmowy system wspomagający lądowanie samolotów" Zespół badawczy w składzie: prof. dr hab. inż. Henryk Madura, dr inż. Tomasz Sosnowski, dr inż. Grzegorz Bieszczad, dr inż. Mariusz Kastek, dr inż. Tomasz Orżanowski – Instytut Optoelektroniki WAT; prof. dr hab. inż. Edward Sędek, mgr inż. Lech Niepiekło, mgr inż. Rafał Słomski – PIT RADWAR S.A.; dr inż. Tadeusz Sondej – Wydział Elektroniki WAT; mgr inż. Alicja Zarzycka, mgr inż. Tomasz Sienkiewicz – PCO S.A.,
4. Wyróżnienie za duży wkład w prace grupy zadaniowej NATO/ STO Sensors & Electronics Technology , płk dr inż. Krzysztof Kopczyński
5. Nagroda Ministra Obrony Narodowej za całokształt dorobku naukowego prof. dr hab. inż. Henryk Madura
6. Nagroda Ministra Obrony Narodowej I stopnia za osiągnięcia naukowe w 2015 r. ppłk dr hab. inż. Jacek Wojtas

7.6.

PATENTY I ZGŁOSZENIA PATENTOWE

Patenty

P.1, Nr pat. 223437, data zgł. 2016-10-31, 'Sito molekularne', Krzysztof Kopczyński, Zygmunt Mierczyk, Zdzisław Wacław Bogdanowicz, Mariusz Piotr Łapiński, Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego; Instytut Optoelektroniki

P.2, Nr pat. 223883, data zgł. 2016-11-30, 'Sposób formowania kształtu impulsu prądowego diody laserowej', Maria Michalska, Marcin Mamajek, Wiesław Pichola, Jacek Świderski, Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego; Instytut Optoelektroniki

P.3, Nr pat. 225266, data zgł. 2016-10-05, 'System obrony aktywnej', Piotr Kędzierski, Zygmunt Mierczyk, Tadeusz Marian Niezgoda, Robert Kazimierz Panowicz, Adam Marian Kawalec, Przemysław Arnold Kupidura, Roman Ostrowski, Andrzej Młodzianko, Piotr Knysak, Andrzej Gawlikowski, Zbigniew Kazimierz Leciejewski, Radosław Krzysztof Trębiński, Mirosław Zahor, Zbigniew Dariusz Surma, Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego; Instytut Optoelektroniki, Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego; Wydział Mechatroniki i Lotnictwa, Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego; Wydział Mechaniczny

Zgłoszenia patentowe

ZP.1, Nr zgł. 415946, data zgł. 42397, 'Światłowodowy układ laserowy do generacji paczki krótkich impulsów optycznych', Maria Michalska, Jacek Świderski, Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego; Instytut Optoelektroniki

ZP.2, Nr zgł. 416703, data zgł. 42460, 'Układ oraz sposób detekcji gazów wykorzystujący multipleksację i demultipleksację sygnałów optycznych do spektroskopii laserowej', Zbigniew Bielecki, Jacek Wojtas, Paweł Magryta, Tadeusz Stacewicz, Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego; Instytut Optoelektroniki, Uniwersytet Warszawski