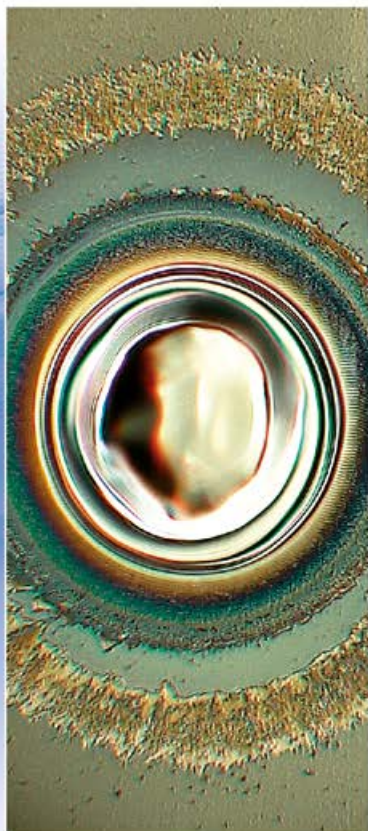




Instytut **Optoelektroniki**
Raport **Roczny**
2013



Instytut **Optoelektroniki**
Raport **Roczny**
2013

Raport Roczny 2013

Instytut Optoelektroniki

Wojskowa Akademia Techniczna

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

Opracowanie
graficzne: Tomasz Wajnka

Fotografie: Magdalena Wiśniewska-Krasińska

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

Raport dostępny jest w Instytucie Optoelektroniki, WAT
ul. gen. S. Kaliskiego 2, 00-902 Warszawa
tel. +48 22 683 94 30, fax: +48 22 666 89 50
www.ioe.wat.edu.pl

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

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

spis treści

1.	Wstęp	6
	Informacje ogólne	10
2.	Technologie laserowe	12
2.1.	Badania laserów włóknowych i ciała stałego	12
2.1.1.	Światłowodowy generator supercontinuum (SC) zakresu średniej podczerwieni zbudowany na bazie wzmacniacza tulowego	12
2.1.2.	Generator supercontinuum (SC) zakresu średniej podczerwieni zbudowany na bazie światłowodu fluorocyrykonowego (ZBLAN)	13
2.1.3.	Generator supercontinuum zakresu średniej podczerwieni zbudowany na bazie światłowodu ZBLAN pompowanego światłowodowym tulowym laserem (wraz ze wzmacniaczem) pracującym w reżimie szybkiego przełączania wzmocnienia	14
2.1.4.	Aktywna modulacja dobroci w laserze Ho:YAG pompowanym laserem Tm:fiber	15
2.1.5.	Pasywna modulacja dobroci w pompowanym poprzecznie laserze Nd:YAG w samo-adaptującym rezonatorze	16
2.2.	Badania promieniowania EUV i plazmy wzbudzonej laserowo	17
2.2.1.	Badania promieniowania plazmy laserowej w zakresie SXR/EUV	17
2.2.2.	Wytwarzanie wysokich harmoniczných lasera femtosekundowego w zakresie EUV	18
2.2.3.	Badania wpływu częściowej jonizacji ośrodka gazowego na własności absorpcyjne neutralnych atomów	19
2.2.4.	Mikroskopia rentgenowska w zakresie tzw. „okna wodnego”	20
2.2.5.	Zmiany zgodności biologicznej powierzchni polimerów poprzez obróbkę materiałów promieniowaniem EUV	22
2.3.	Laserowa modyfikacja warstwy wierzchniej metali i stopów	23

3.	Technologie i systemy optoelektroniczne	24
3.1.	Optoelektroniczne systemy teledetekcji i telekomunikacji	24
3.1.1.	Moduł dalmierza laserowego	24
3.1.2.	Profilometr reflektancyjny	25
3.1.3.	Bezprzewodowy system łączności optycznej III generacji	26
3.1.4.	Zdalne wykrywanie materiałów wybuchowych metodą LIBS	27
3.1.5.	System wykrywania i identyfikacji niebezpiecznych substancji chemicznych	28
3.2.	Technologie optoelektroniczne w wykrywaniu zagrożeń biologicznych	29
3.2.1.	Badania poligonowe systemów lidarowych	29
3.2.2.	Wykrywanie bakterii 'in situ'	30
3.2.3.	Nanostruktury plazmonowe w detekcji materiałów biologicznych	32
3.3.	Nanotechnologie	34
3.3.1.	Technologia zespołów membrana-elektroda (MEA) o zwiększonej wydajności dzięki zastosowanej aktywacji materiału katalitycznego	34
3.3.2.	Technologia pokrywania powierzchni polimerów warstwami typu polimer-like carbon	36
3.3.3.	Wytwarzanie warstw nanostruktur plazmonowych metodą PVD	37
4.	Technologie i Systemy Optoelektroniczne w obronności i inżynierii bezpieczeństwa	38
4.1.	Stanowiska do badań i szkolenia operatorów rakiet MANPADS	38
4.1.1.	Stanowisko badań dynamicznych zestawu przeciwlotniczego GROM	39
4.1.2.	System treningowy dla szkolenia operatorów rakiet MANPADS stosowanych przeciwko rzeczywistym celom powietrznym lub imitatorom podczas szkoleń poligonowych	40
4.2.	Rozpoznanie zagrożeń z wykorzystaniem systemów multispektralnych	41
4.2.1.	Opracowanie i badania terahercowego czujnika materiałów wybuchowych	41
4.2.2.	Opracowanie i badania układu czujnika światłowodowego z rozłożonym polem detekcji	42
4.2.3.	Opracowanie i badania systemu ochrony statków	43
4.3.	Optoelektroniczne metody wykrywania śladowych ilości gazów	44
4.3.1.	Optoelektroniczny sensor ditlenku azotu	45
4.3.2.	Optoelektroniczny system do wykrywania materiałów wybuchowych	46
4.3.3.	Mikroprocesorowy moduł czujnika CO ₂	47
4.3.4.	Laboratoryjny układ do laserowej spektroskopii absorpcyjnej typu intrapulse	48
4.3.5.	Układy zatężania par materiałów wybuchowych	49

5.	Technologie podczerwieni	50
5.1.	Zastosowanie termowizji w biomedycynie	50
5.1.1.	Ocena metabolizmu i funkcji mózgu na podstawie analizy termogramów	50
5.1.2.	Zastosowanie termowizji podczas zabiegów biopsji i resekcji guzów mózgu	51
5.2.	Technologie elementów optycznych na zakres podczerwieni	52
5.2.1.	Opracowanie technologii wykonywania soczewek sferycznych i asferycznych dla zakresu podczerwieni	53
5.2.2.	Opracowanie technologii nanoszenia ciennych warstw diamond like carbon dla zakresu podczerwieni	54
5.3.	Metrologia urządzeń podczerwieni	55
5.3.1.	Opracowanie procedur pomiaru parametrów kamer termowizyjnych, kamer niskiego poziomu oświetlenia i urządzeń noktowizyjnych	55
5.3.2.	Opracowanie procedury pomiarowej i stanowiska do wyznaczania współczynników korekcyjnych niechłodzonych matryc mikrobolometrycznych detektorów podczerwieni	56
5.4.	Wdrożenie do seryjnej produkcji strzeleckiego celownika termowizyjnego SCT „RUBIN”	57
6.	Akredytowane Laboratorium Badawcze	58

WSTĘP



Instytut Optoelektroniki (IOE), jako podstawowa jednostka organizacyjna Wojskowej Akademii Technicznej na prawach wydziału, prowadzi działalność naukowo-badawczą i edukacyjną w dziedzinie optoelektroniki i technologii fotonicznych. W Instytucie prowadzone są badania podstawowe oraz prace badawczo-rozwojowe i wdrożeniowe dotyczące procesów, elementów, podzespołów oraz systemów optycznych i optoelektronicznych. Instytut ma charakter interdyscyplinarny, prowadzone badania obejmują następujące obszary nauki i techniki:

- lasery ciała stałego,
- systemy laserowe dużej mocy,
- optyka i elektronika laserowa,
- laserowe źródła promieniowania rentgenowskiego (SXR) i skrajnego nadfioletu (EUV),
- oddziaływanie promieniowania laserowego z materią i laserowa modyfikacja materiałów
- technika lidarowa,
- technologie optyczne i optoelektroniczne
- detekcja sygnałów optycznych
- spektroskopia optyczna w zakresie EUV-UV-VIS-IR-THz
- metrologia optyczna i optoelektroniczna,
- nanotechnologia i plazmonika,
- technika podczerwieni i termowizja,
- fizyka i technika terahercowa,
- technika światłowodowa w systemach ochrony i bezpieczeństwa,
- optoelektroniczne systemy dla obronności i bezpieczeństwa kraju,
- biotechnologia, biochemia i inżynieria biomedyczna.

Rok 2013 był dla Instytutu rokiem szczególnym. MNiSW dokonało ewaluacji i kategoryzacji instytutów naukowo-badawczych i wydziałów akademickich. Instytut Optoelektroniki utrzymał posiadaną dotychczas kategorię A i znajduje się w czołówce polskich ośrodków naukowych w zakresie elektroniki.

W strukturze Instytutu powstało Centrum Inżynierii Biomedycznej (CIBio), które prowadzi prace badawcze i wspiera działania ogólnopolskiego Klastra CIBio.

Od wielu lat uczestniczymy w programach badawczo-rozwojowych na rzecz gospodarki narodowej, medycyny, ochrony środowiska, ochrony dziedzictwa kulturowego oraz

bezpieczeństwa narodowego i obronności finansowanych przez MNiSW, MON oraz UE. Udział w tych programach zdecydowanie rozszerzył i zacieśnił współpracę IOE z krajowymi ośrodkami badawczymi i polskim przemysłem.

Instytut istotnie włączył się w rozpoczęty w 2013 roku, dziesięcioletni Program Modernizacji Technicznej Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej. Duże projekty obronne, w których uczestniczymy, dotyczą systemu obrony powietrznej, w tym przeciwlotniczych zestawów rakietowych GROM i PIORUN, zestawu rakietowego średniego zasięgu WISŁA, zaawansowanych indywidualnych systemów walki - program TYTAN, symulatorów i trenerów, w tym laserowych symulatorów strzelań do uzbrojenia i sprzętu wojskowego, amunicji inteligentnej, systemów rozpoznania obrazowego i satelitarnego.

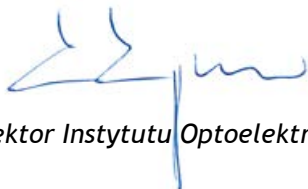
Bardzo ważną formą działalności naukowej Instytutu jest współpraca międzynarodowa. Od wielu lat uczestniczymy w programach UE, Europejskiej Agencji Obrony (EDA) i NATO. W ramach podpisanych umów o współpracy dwustronnej realizujemy projekty z zespołami z wielu krajów z całego świata. Prowadzimy intensywne prace nad pozyskaniem projektów w ramach programu Horizon 2020. Kształcimy także studentów na międzynarodowych studiach doktoranckich ERASMUS MUNDUS.

Pracom badawczym prowadzonym w Instytucie zawsze towarzyszyła działalność dydaktyczna. Przez wiele lat pracownicy Instytutu prowadzili zajęcia na wydziałach akademickich WAT, a od dwóch lat samodzielnie kształcimy studentów na studiach magisterskich o specjalności systemy optoelektroniczne i lasery. Bardzo dużą wagę przywiązujemy do kształcenia młodych kadr naukowych. W 2013 r. 34 pracowników IOE realizowało różne formy studiów doktoranckich. Uczestniczymy także w kształceniu na studiach doktoranckich na innych wydziałach akademickich WAT.

Infrastruktura badawcza Instytutu została w ostatnich latach silnie rozbudowana. W wyniku dokonanych inwestycji aparaturowych i realizacji wielu projektów, w tym „OPTOLAB - rozbudowa bazy laboratoryjnej Instytutu Optoelektroniki Wojskowej Akademii Technicznej”, powstał kompleks OPTOLAB w którego skład wchodzi 6 nowoczesnych, doskonale wyposażonych laboratoriów badawczych. Głównymi celami kompleksu OPTOLAB są:

- rozwój wiedzy w obszarach technologii fotonicznych obejmujących wytwarzanie, detekcję i zastosowania promieniowania optycznego,
- tworzenie potencjału badawczego, który umożliwi prowadzenie wysokiej jakości badań w obszarze nowoczesnych technologii optoelektronicznych,
- rozszerzenie i intensyfikacja krajowej i międzynarodowej współpracy naukowej.

płk dr inż. Krzysztof Kopczyński



Dyrektor Instytutu Optoelektroniki

1.

INFORMACJE OGÓLNE

Tabela 1.1. Wykaz Zakładów i zespołów badawczych IOE

W skład IOE w 2013 r. wchodziły 4 Zakłady Naukowe, Akredytowane Laboratorium Badawcze oraz utworzone pod koniec roku Centrum Inżynierii Biomedycznej. Działalność naukowo-badawcza realizowana była w 15 Zespołach (patrz tabela 1.1)

Zakład	Nazwa Zespołu	Lider
Zakład Techniki Laserowej	Grupa Laserów Włóknowych	dr inż. J. Świderski
	Zespół Optyki Laserów	prof. dr hab. inż. J. Jabczyński
	Zespół Oddziaływania Promieniowania Laserowego z Materią	prof. H. Fiedorowicz dr hab. inż. E. Michalski
	Zespół Zastosowań Laserów	dr hab. inż. J. Marczak
Zakład Technologii Optoelektronicznych	Zespół Laserowej Teledetekcji	prof. dr hab. inż. Z. Mierczyk
	Zespół Technologii Optycznych	dr inż. K. Kopczyński
	Zespół Nanotechnologii Laserowych	dr hab. E. Michalski
	Zespół Spektroskopii Optycznej	dr hab. inż. M. Kwaśny
	Zespół Biochemii	dr hab. A. Padzik-Graczyk
Zakład Systemów Optoelektronicznych	Zespół Elektroniki Kwantowej	prof. dr inż. Z. Puzewicz
	Zespół Systemów Bezpieczeństwa	prof. dr hab. inż. M. Szustakowski
	Zespół Detekcji Sygnałów Optycznych	prof. dr hab. inż. Z. Bielecki
Zakład Techniki Podczerwieni i Termowizji	Zespół Termodetekcji i Termowizji	dr hab. inż. H. Madura
Akredytowane Laboratorium Badawcze	Zespół Metrologii Laserowej	dr hab. inż. J. Owsik †
Centrum Inżynierii Biomedycznej		dr hab. n. med. M. Łapiński

Na koniec 2013 r. w IOE zatrudnionych było 144 pracowników (w tym 19 kobiet) zajmujących się działalnością naukowo-badawczą (patrz Tabela 1.2). Wśród 39 młodych pracowników naukowych (< 35 roku życia) było 34 doktorantów. Dwoje młodych pracowników IOE otrzymało w 2013 r. prestiżowe stypendia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za osiągnięcia naukowe.

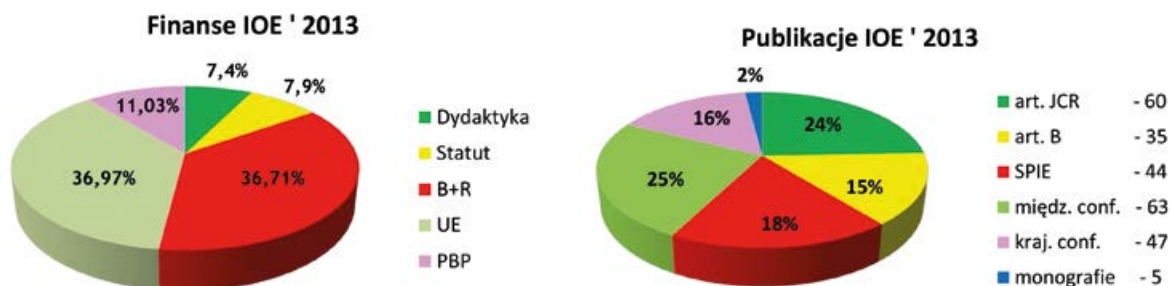
Rada Instytutu Optoelektroniki, w której skład wchodzi 22 samodzielnych pracowników naukowych (w tym 11 profesorów), posiada uprawnienia do nadawania stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie elektronika. W 2013 r. jeden pracownik IOE uzyskał stopień doktora habilitowanego, wszczęto także 3 przewody doktorskie przed Radą IOE.

Tabela 1.2. Zbiorczy wykaz pracowników IOE zajmujących się działalnością naukowo-badawczą.

Dziedzina	prof.	dr hab.	dr	mgr	razem
Nauki techniczne	9	8	50	50	117
Nauki chemiczne	0	1	7	5	13
Nauki fizyczne	1	1	6	6	12
Nauki medyczne	1	1	0	0	2
razem	11	11	63	59	144

W 2013 r. w IOE realizowano łącznie 92 projekty, finansowane z różnych źródeł (patrz rys. 1.1). Wyniki badań pracowników Instytutu przedstawiono w 254 publikacjach naukowych (<http://www.ioe.wat.edu.pl/badania-naukowe/publikacje2/publikacje-2013/>) w tym 60 artykułach opublikowanych w czasopiśmie z listy JCR (patrz rys. 1.2).

Dydaktyka - dotacja dydaktyczna; Statut - dotacja statutowa; B+R - prace B+R finansowane przez MNiSW, NCBiR, NCN i FNP; UE - projekty finansowane przez UE; PBP- Prace B+R zamawiane przez przemysł.



Rys. 1.1. Podział źródeł finansowania działalności Instytutu

Rys. 1.2. Zestawienie publikacji IOE w 2013 r. - razem 250.

2.

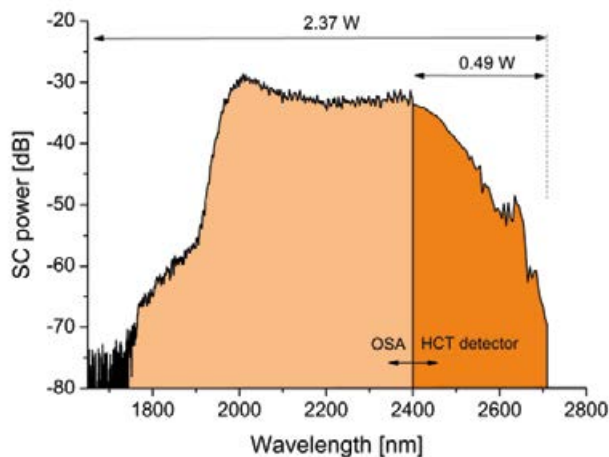
TECHNOLOGIE LASEROWE

2.1. BADANIA LASERÓW WŁÓKNOWYCH I CIAŁA STAŁEGO

jswiderski@wat.edu.pl

2.1.1. ŚWIATŁOWODOWY GENERATOR SUPERCONTINUUM (SC) ZAKRESU ŚREDNIEJ PODCZERWIENI ZBUDOWANY NA BAZIE WZMACNIACZA TULOWEGO

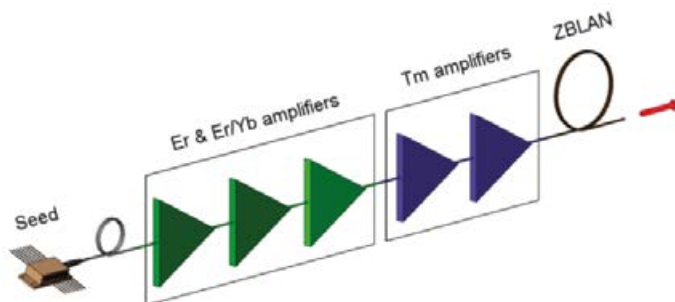
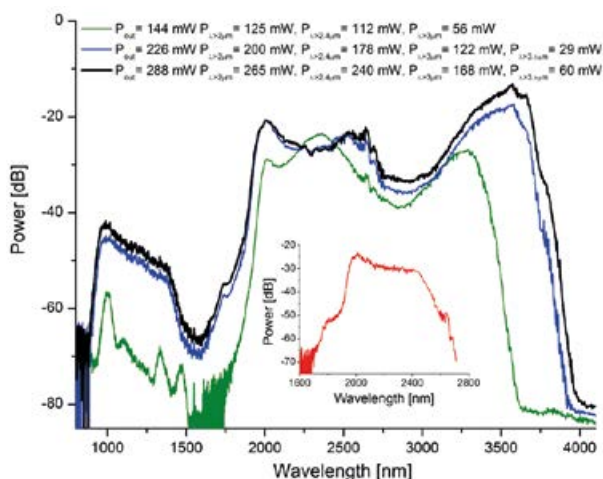
Układ generatora SC składał się z impulsowego lasera DFB, kaskady trzech wzmacniaczy Er oraz Er/Yb oraz kaskady dwóch wzmacniaczy tulowych. Uzyskano generację SC o wyjściowej mocy średniej 2.37 W, przy 24% sprawności różniczkowej, w przedziale widmowym (mierzo-
nym na poziomie -10 dB) od ok. 1.95 μm do 2.52 μm . Moc promienio-
wania SC w paśmie powyżej 2.4 μm wynosiła 0.49 W, co stanowiło 21% całkowitej mocy wyjściowej. Długofalowa krawędź widma wynosiła 2.7 μm . Uzyskane rezultaty stanowiły najlepszy wynik na świecie w kontek-
ście generacji promieniowania SC bezpośrednio w światłowodzie krze-
mionkowym domieszkowanym jonami tulu.



2.1.2. GENERATOR SUPERCONTINUUM (SC) ZAKRESU ŚREDNIEJ PODCZERWIEŃI ZBUDOWANY NA BAZIE ŚWIATŁOWODU FLUOROCYRKONOWEGO (ZBLAN)

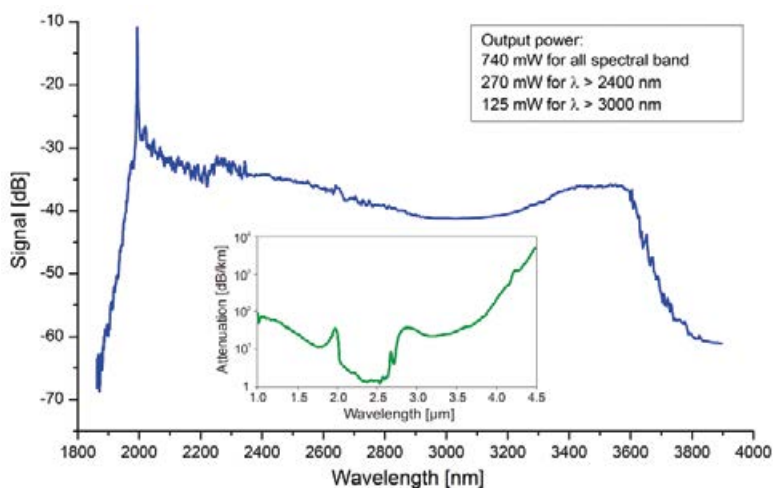
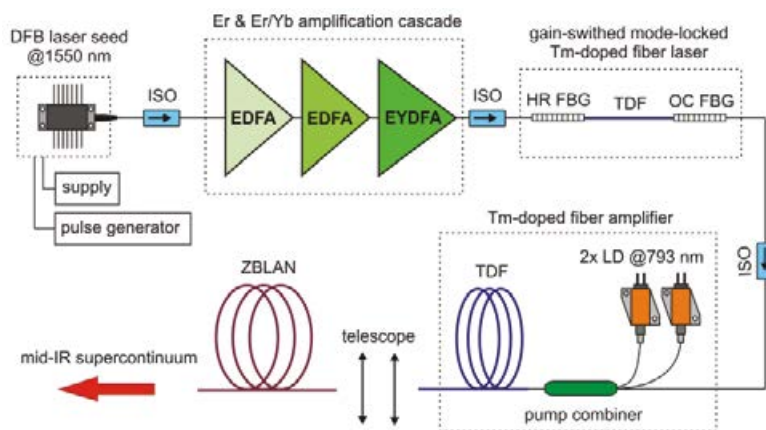
jswiderski@wat.edu.pl

Układ generatora SC składał się z impulsowego lasera DFB, kaskady trzech wzmacniaczy Er oraz Er/Yb, kaskady dwóch wzmacniaczy tulowych oraz światłowodu ZBLAN. Uzyskano wyjściową moc średnią 288 mW w przedziale widmowym od ok. 900 nm do 4000 nm przy 24% sprawności różniczkowej. Moc promieniowania SC w paśmie powyżej 2 μm , 2.4 μm , 3 μm oraz 3.6 μm wynosiła odpowiednio 265 mW (92%), 240 mW (82%), 168 mW (58%) oraz 60 mW (21%). Uzyskane rezultaty stanowią najlepszy wynik na świecie w zakresie sprawności dystrybucji mocy promieniowania supercontinuum w kierunku fal długich (średniej podczerwieni).



2.1.3. GENERATOR SUPERCONTINUUM ZAKRESU ŚREDNIEJ PODCZERWieni ZBUDOWANY NA BAZIE ŚWIATŁOWODU ZBLAN POMPOWANEGO ŚWIATŁOWODOWYM TUŁOWYM LASEREM (WRAZ ZE WZMACNIACZEM) PRACUJĄCYM W REŻIMIE SZYBKIEGO PRZEŁĄCZANIA WZMOCNIENIA

Układ lasera tulowego pracującego w reżimie szybkiego przełączania wzmocnienia rozbudowano o dodatkowy stopień wzmocnienia, uzyskując, przy częstotliwości repetycji 26 kHz, wyjściową moc średnią >2.3 W. Moc szczytowa subimpulsów przypominających synchronizację modów, rejestrowanych w obrębie obwiedni impulsu typu „gain-switch”, wynosiła >25 kW. Po wprowadzeniu promieniowania o takich parametrach do nieliniowego światłowodu fluoro-cyrykonowego (ZBLAN) uzyskano generację promieniowania supercontinuum o wyjściowej mocy średniej 0.74 W i paśmie generacji od ~ 1.9 do 3.8 μm . Jest to oryginalne (pierwsze na świecie) rozwiązanie układowe generatora supercontinuum średniej podczerwieni.

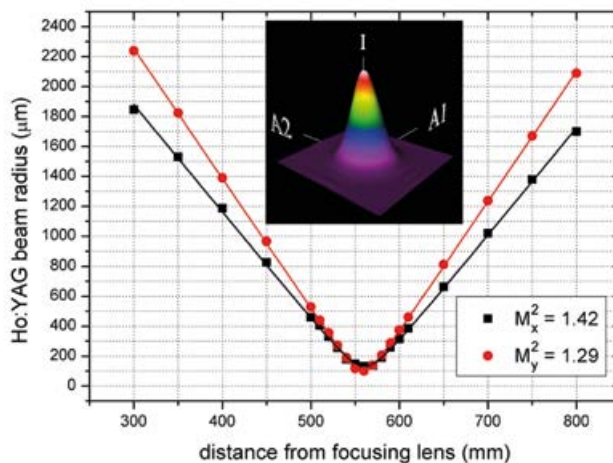
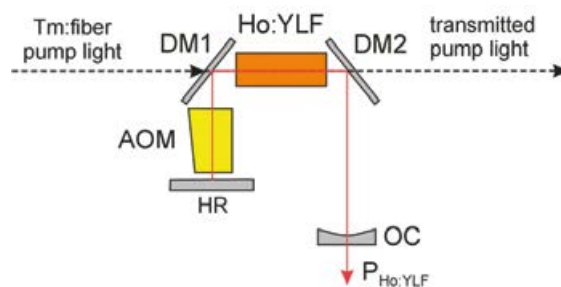




2.1.4. AKTYWNA MODULACJA DOBROCI W LASERZE HO:YAG POMPOWANYM LASEREM Tm:FIBER

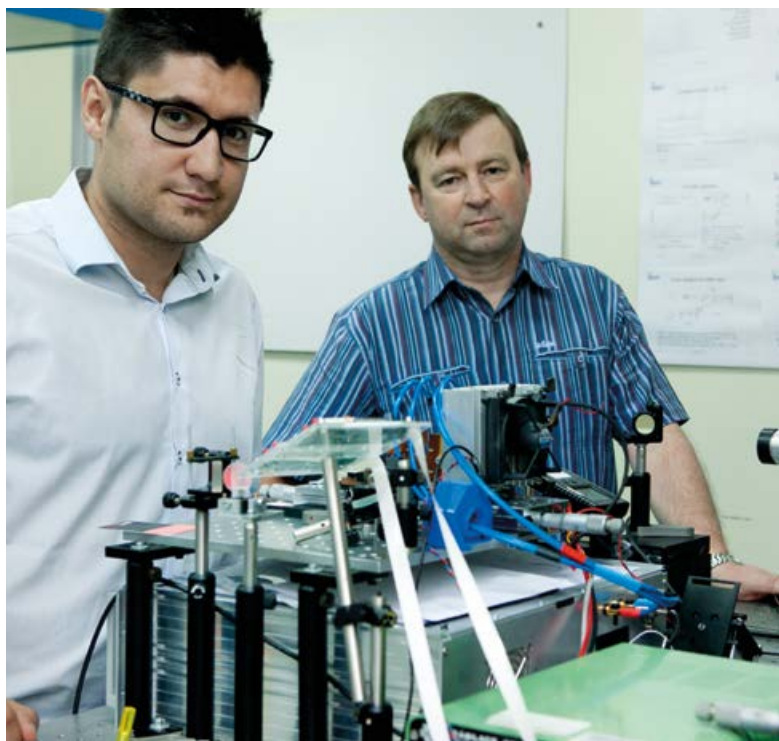
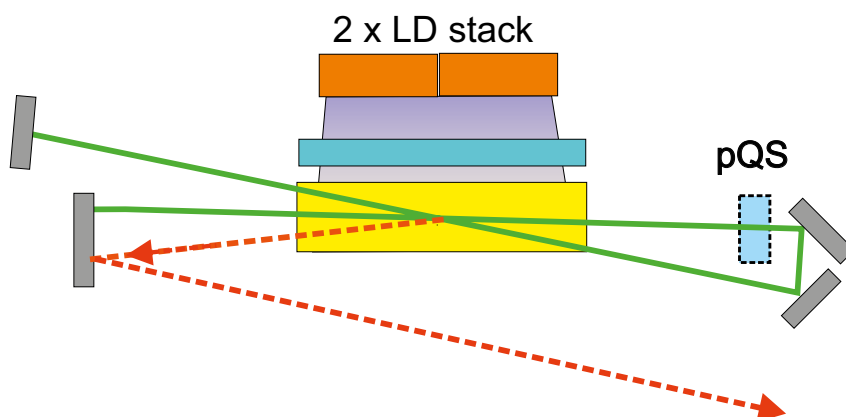
jswiderski@wat.edu.pl

Opracowano zwartą konstrukcję pompowanego wzdłużnie wiązką lasera Tm: fiber lasera Ho:YAG pracującego w reżimie aktywnej modulacji dobroci z wykorzystaniem akusto-optycznego przełącznika strat. Uzyskano do 13.3 W mocy na długości fali 2090 nm ze sprawnością > 70% w reżimie generacji swobodnej. W reżimie aktywnej modulacji dobroci uzyskano do 12.3 W mocy średniej dla częstotliwości powtarzania 15 kHz z parametrem $M^2 = 1.42$. Dla repetycji 4 kHz uzyskano impulsy o energii do 2.18 mJ, czasie trwania 8.8 ns i 250 kW mocy szczytowej.



2.1.5. PASYWNA MODULACJA DOBROCI W POMPOWANYM POPRZECZNIE LASERZE ND:YAG W SAMO-ADAPTUJĄCYM REZONATORZE

Przeprowadzono badania generacji impulsowej w reżimie pasywnej modulacji dobroci w nowatorskiej konstrukcji lasera Nd:YAG poprzecznie pompowanego 2D stosem diod laserowych Nd:YAG pompowanego 2D stosem diod laserowych w samo-adaptującym się rezonatorze w układzie zamkniętym. Uzyskano do 250 mJ w reżimie generacji swobodnej z parametrem $M^2 < 1.3$. W reżimie pasywnej modulacji dobroci z modulatorem Cr:YAG uzyskano do 120 mJ w serii 5 impulsów ze sprawnością 14% wzgl. energii pompy. Zademonstrowano generację impulsów o mocy szczytowej 1 MW i parametrze $M^2 < 1.8$.

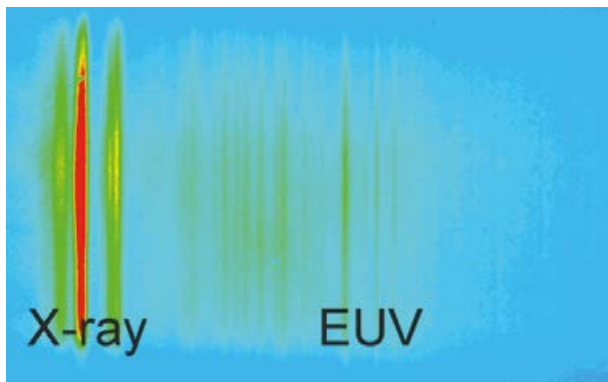
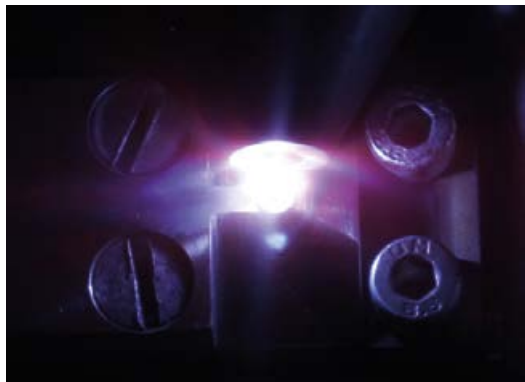


2.2. BADANIA PROMIENIOWANIA EUV I PLAZMY WZBUDZANEJ LASEROWO

2.2.1. BADANIA PROMIENIOWANIA PLAZMY LASEROWEJ W ZAKRESIE SXR/EUV

abartnik@wat.edu.pl

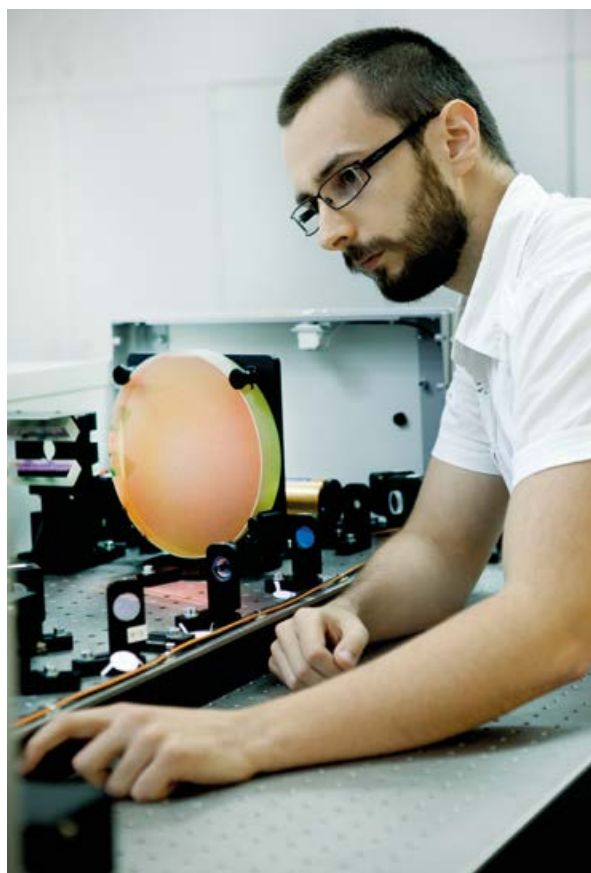
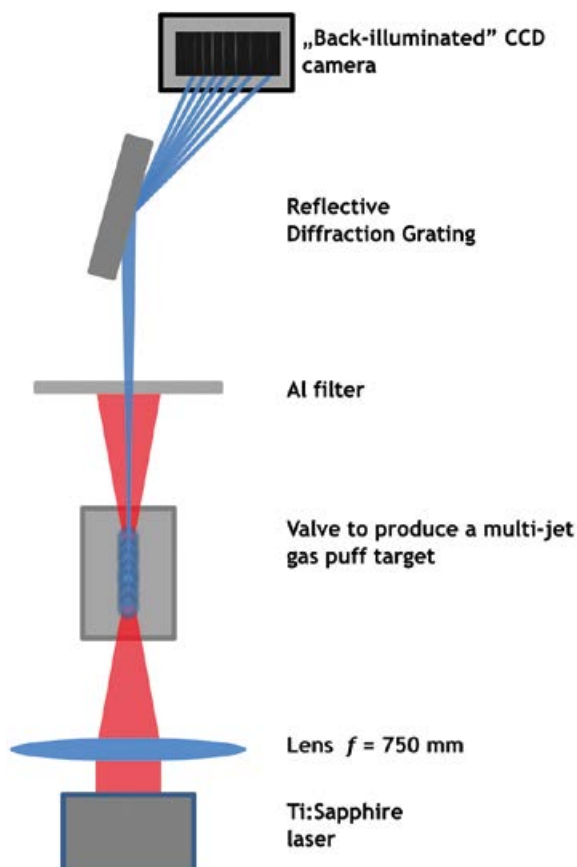
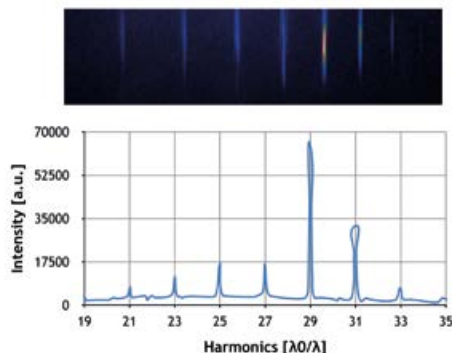
Zbudowano laboratoryjny model źródła promieniowania na zakres widmowy 1 - 70 nm z maksimum emisji dla długości fali $\lambda \approx 1.3$ nm, pracujący z częstotliwością 10 Hz. Do ogniskowania promieniowania w pełnym zakresie widmowym zastosowano kolektor promieniowania składający się z dwóch osiowosymetrycznych zwierciadeł paraboloidalnych. Zmierzono rozkład intensywności promieniowania w ognisku dla różnych energii impulsu laserowego zastosowanego do wytwarzania plazmy. Dla maksymalnej energii lasera uzyskano fluencję na poziomie 250 mJ/cm².



2.2.2. WYTWARZANIE WYSOKICH HARMONICZNYCH LASERA FEMTOSEKUNDOWEGO W ZAKRESIE EUV

Wysokie harmoniczne uzyskano w wyniku oddziaływania femtosekundowego lasera Ti:S wielkiej mocy z wielostrumieniową, argonową tarczą gazową, o periodycznym rozkładzie gęstości wzdłuż osi lasera. W porównaniu do tarczy gazowej o stałym rozkładzie gęstości, uzyskano trzykrotny wzrost intensywności harmonicznych. Najwyższą intensywność zarejestrowano dla trzech har-

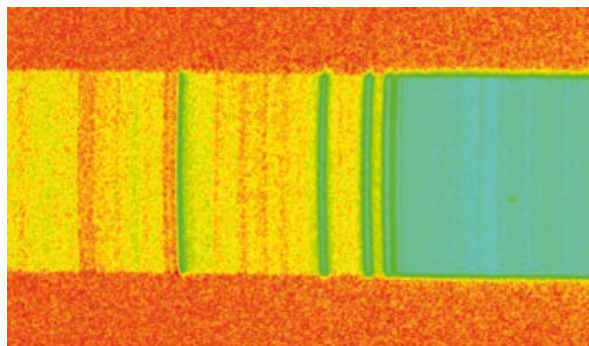
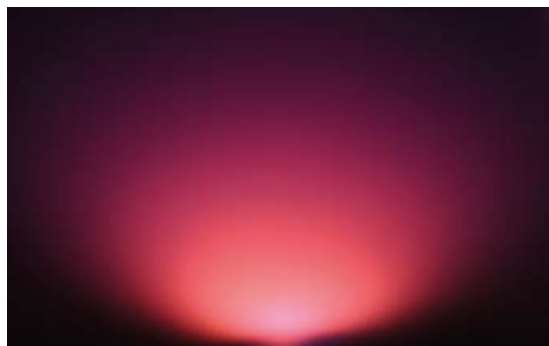
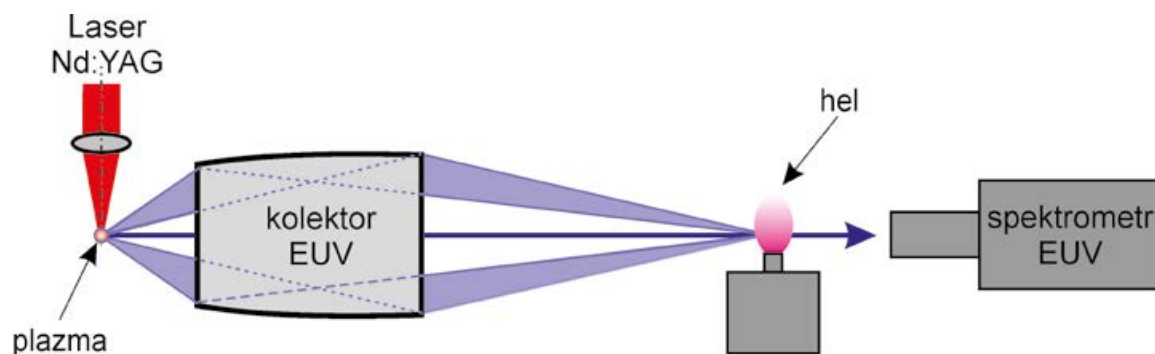
monicznych: 27 ($\lambda_{H27}=30$ nm), 29 ($\lambda_{H29}=27.9$ nm) i 31 ($\lambda_{H31}=26.1$ nm). Pokazano możliwość sterowania rozkładem widmowym poprzez odpowiedni dobór parametrów tarczy i pobudzającej wiązki lasera. Uzyskano w ten sposób wyraźny wzrost intensywności pojedynczej harmonicznej względem pozostałych.



2.2.3. BADANIA WPŁYWU CZĘŚCIOWEJ JONIZACJI OŚRODKA GAZOWEGO NA WŁASNOŚCI ABSORPCYJNE NEUTRALNYCH ATOMÓW

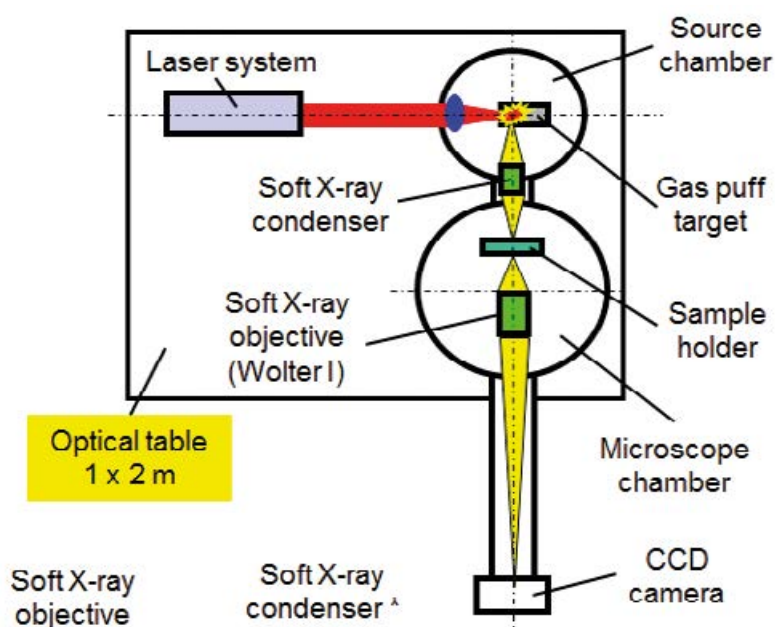
abartnik@wat.edu.pl

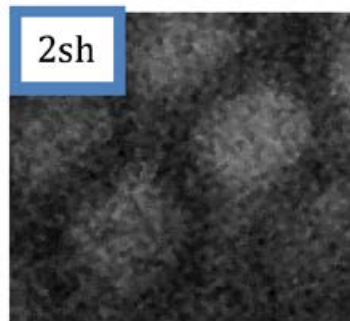
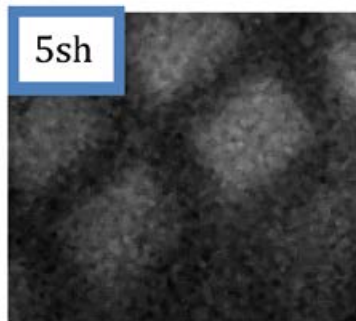
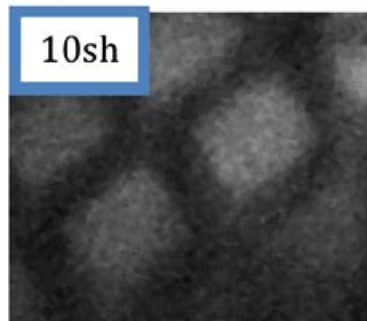
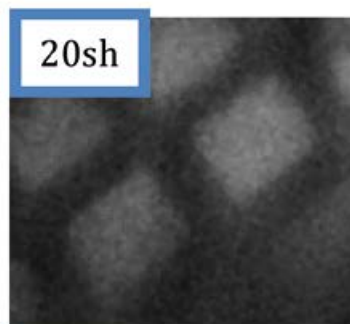
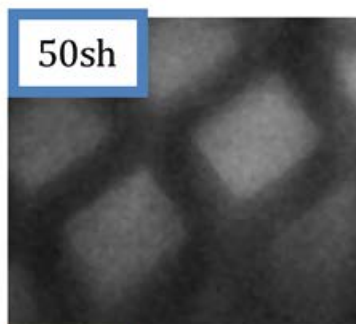
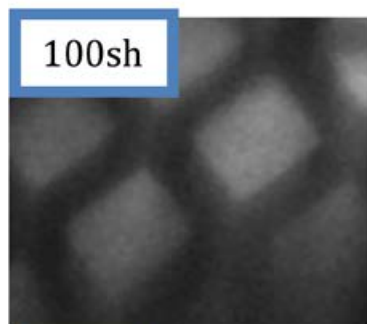
Wytworzono, po raz pierwszy wg naszej wiedzy, plazmę fotojonizacyjną w wyniku oddziaływania intensywnej wiązki promieniowania SXR/EUV z gazami w źródle laboratoryjnym. Przeprowadzono badania widm emisyjnych i absorpcyjnych uzyskanej plazmy w zakresie próżniowego i skrajnego nadfioletu. Uzyskana plazma charakteryzuje się niską temperaturą elektronową rzędu $0.3 - 1 \times 10^4$ K co oznacza, że jest ona tylko częściowo zjonizowana. Wykazano, że taka plazma silnie wpływa na własności absorpcyjne neutralnych atomów w niej zawartych. Zarejestrowano silny wzrost intensywności linii absorpcyjnych oraz przesunięcie krawędzi absorpcji helu i neonu względem gazu neutralnego.



2.2.4. MIKROSKOPIA RENTGENOWSKA W ZAKRESIE TZW. „OKNA WODNEGO”

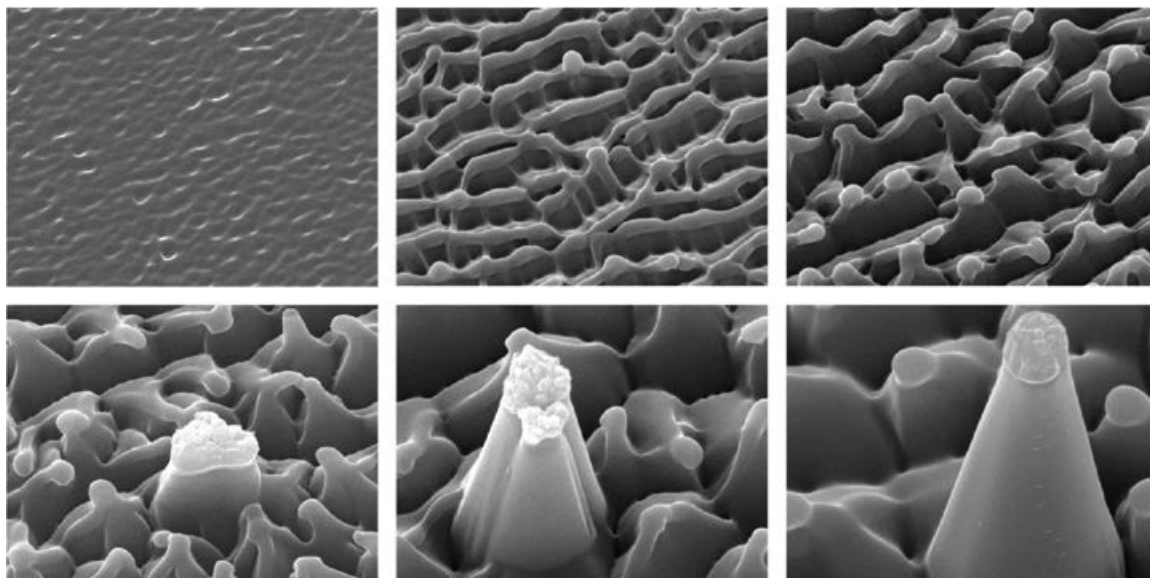
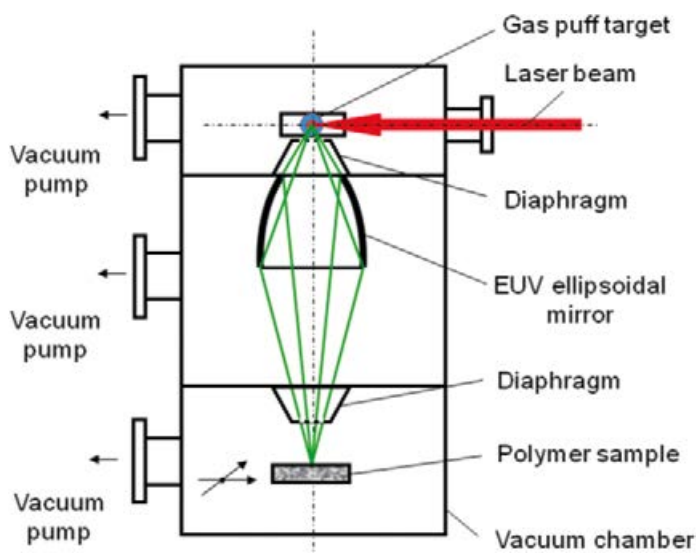
Przeprowadzono badania związane z obrazowaniem w zakresie SXR z zastosowaniem źródła laserowo-plazmowego. Opracowano układ eksperymentalny mikroskopu SXR, w którym próbkę oświetlano promieniowaniem emitowanym z plazmy argonowej i azotowej. Układ ten został wyposażony w zwierciadlany obiektyw Woltery typu I, który pozwolił na zobrazowanie próbek testowych z rozdzielczością przestrzenną ok. 900nm. Zobrazowano również pierwsze próbki biologiczne o grubości sięgającej 40 mikronów, potwierdzając tym samym możliwość obrazowania próbek biologicznych o relatywnie dużej grubości, w zakresie tzw. „okna wodnego”.





2.2.5. MODYFIKACJA BIOZGODNOŚCI POWIERZCHNI POLIMERÓW POPRZEC OBRÓBKĄ PROMIENIOWANIEM EUV

Unikalne laserowo-plazmowe źródło promieniowania EUV opracowane w IOE do nano- i mikro-obróbki materiałów zostało zastosowane w badaniach dotyczących wprowadzania zmian zgodności biologicznej powierzchni polimerów. Zademonstrowano po raz pierwszy znaczną poprawę zgodności biologicznej powierzchni PTFE oraz PVF po naświetleniu impulsami promieniowania EUV. Badaniom w zakresie zgodności biologicznej towarzyszyły badania zmian własności fizycznych i chemicznych na powierzchni polimerów, w tym zmian jej zwilżalności.



2.3. LASEROWA MODYFIKACJA WARSTWY WIERZCHNIEJ METALI I STOPÓW

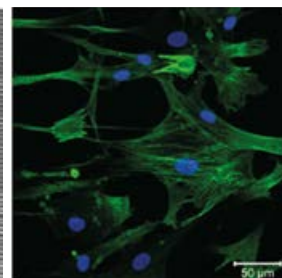
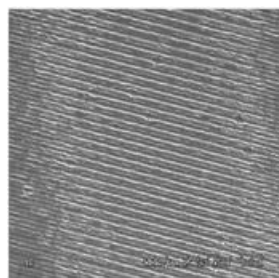
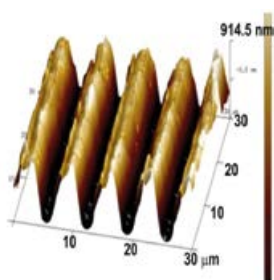
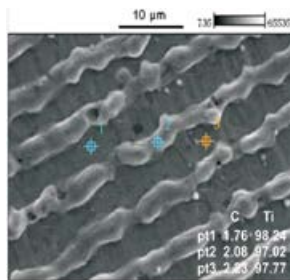
2.3. LASEROWA MODYFIKACJA WARSTWY WIERZCHNIEJ METALI I STOPÓW

jmarczak@wat.edu.pl

Opracowano dwukanałowy system lasera impulsowego Nd:YAG składający się z generatora astabilnego typu „p-branch” z elektro-optyczną modulacją dobroci oraz 2 równoległych wzmacniaczy. System ten zapewnia złożenie wiązek w schemacie Macha-Zehndera oraz wytworzenie na płaszczyźnie roboczej pola interferencyjnego o kontrolowanej poprzez kąt złożenia wiązek częstości przestrzennej. Całkowita energia impulsu w polu roboczym o rozmiarze ~ 12 mm wynosi do 3 J, czas trwania impulsu 7-8 ns. Dodatkowo opracowano układ konwersji na 2., 3. i 4. harmoniczną. Wytwarzanie 2D struktur interferencyjnych realizowane jest poprzez obrót próbki w polu roboczym o zadany kąt (30°, 45°, 60°, 90°) oraz skaning próbki w kierunkach XY.



Przeprowadzono serie badań eksperymentalnych z wykorzystaniem ww. układu laserowego na próbkach wykonanych z wielu złożonych stopów metali np. Au-Cr, Cr-Cu-Cl, Ti_6Al_4V . Wykazano zgodność modelu numerycznego z eksperymentem. Kompleksowe badania wytworzonych 1D i 2D struktur przeprowadzone z wykorzystaniem m.in. 3D mikroskopu optycznego, mikroskopów SEM, AFM. Wyniki badań wykorzystano m.in. do określenia optymalnych warunków strukturyzowania powierzchni biokompatybilnych implantów wykonanych ze stopów Ti_6Al_4V .



3.

TECHNOLOGIE I SYSTEMY OPTOELEKTRONICZNE

3.1. OPTOELEKTRONICZNE SYSTEMY TELEDETEKCYJ I ŁĄCZNOŚCI

mzymunt@wat.edu.pl

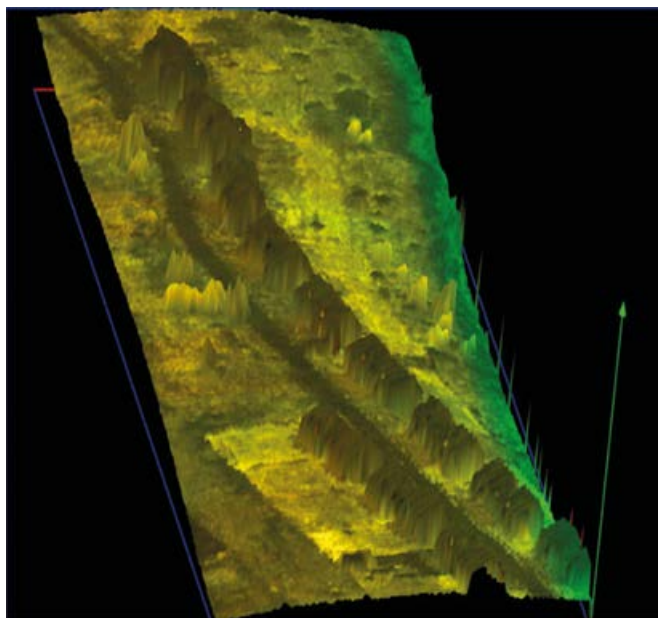
3.1.1. MODUŁ DALMIERZA LASEROWEGO

Miniaturowy moduł dalmierzy charakteryzuje się dużą szybkością działania, zasięgiem ok. 3000 m i dokładnością 1m. Dzięki zastosowaniu nowatorskich rozwiązań optycznych, mechanicznych i elektronicznych stanowi wykładnik nowej jakości pomiaru odległości. Ze względu na nieduże gabaryty i masę, urządzenie charakteryzuje się bardzo łatwą integracją z innymi układami. Opracowane rozwiązanie znajdzie wiele zastosowań praktycznych w konkretnych zastosowaniach aplikacyjnych w systemach bezpieczeństwa, w obszarze automatyki, robotyce oraz automatycznych systemach pomiarowych.



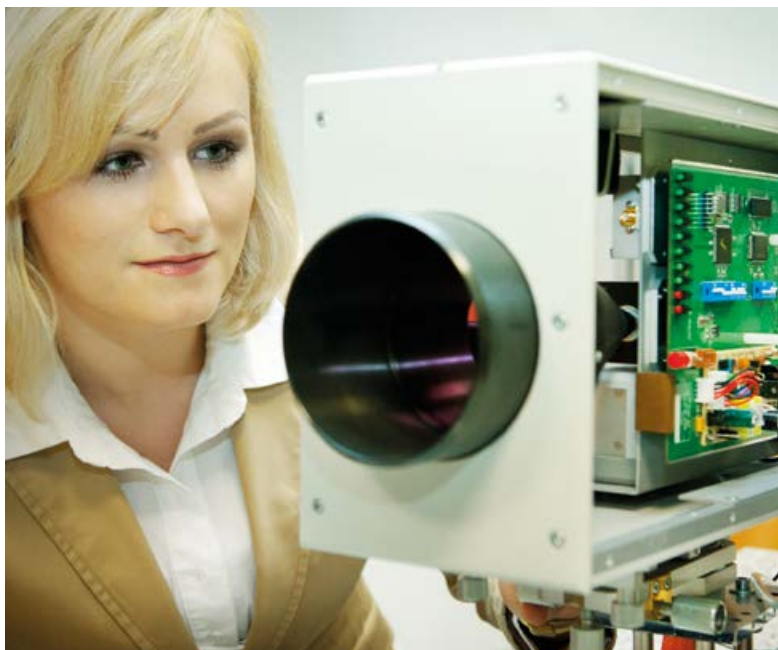


Opracowano profilometr reflektancyjny umożliwiający uzyskanie unikatowych informacji o analizowanym obszarze, których pomiar lub detekcja nie są możliwe poprzez pomiary termowizyjne lub systemy pracujące w zakresie widzialnym. Podstawową jego funkcją jest określanie rzeźby oraz pokrycia terenu wzbogacone o identyfikację i analizę własności fizyko-chemicznych elementów powierzchni, charakteryzujące się wysoką rozdzielczością przestrzenną. Wykorzystanie w opracowanej głowicy laserowej trzech wybranych długości fali promieniowania (850 nm, 905 nm, 1550 nm), umożliwia dodatkowo dokonanie analizy porównawczej natężenia powracającego sygnału optycznego echa dla poszczególnych długości fal oraz oszacowania ich wzajemnych relacji.



3.1.3. BEZPRZEWODOWY SYSTEM ŁĄCZNOŚCI OPTYCZNEJ III GENERACJI

Komercyjnie dostępne systemy łączności optycznej w otwartej przestrzeni pracują w zakresach widmowych odpowiadających oknom transmisyjnym $0,8 \mu\text{m}$ i $1,5 \mu\text{m}$. Dostępność kwantowych laserów kaskadowych QCL (Quantum Cascade Laser) generujących promieniowanie o długości fali wynoszącej około $10 \mu\text{m}$ i detektorów HgCdTe firmy Vigo SYSTEM S.A. na ten zakres długości fal, stanowiło motywację do opracowania łącza FSO (ang. Free Space Optics) III generacji. Umożliwia ono transmisję danych w trudnych warunkach atmosferycznych, a w szczególności we mgle.



3.1.4. ZDALNE WYKRYWANIE MATERIAŁÓW WYBUCHOWYCH METODĄ LIBS

jjanucki@wat.edu.pl

Opracowano demonstrator technologii zdalnego sensora materiałów wybuchowych oraz przeprowadzono badanie możliwości wykorzystania metody spektroskopii plazmy wzbudzonej laserowo (LIBS) do wykrywania śladowych ilości cząstek materiałów wybuchowych i innych substancji niebezpiecznych na powierzchni różnych obiektów. Przeprowadzono badania polowe zbudowanego systemu w celu określenia efektywności technologii. Potwierdzony zasięg działania systemu wyniósł 41 m. Minimalna gęstość powierzchniowa wykrywanych materiałów wybuchowych wyniosła 700 ng/cm² dla podłoża metalicznego. W wyniku realizacji projektu zbudowano bazę sygnatur spektralnych materiałów wybuchowych oraz opracowano unikalne algorytmy rozpoznania zagrożenia materiałami wybuchowymi metodą LIBS.



3.1.5. SYSTEM WYKRYWANIA I IDENTYFIKACJI NIEBEZPIECZNYCH SUBSTANCJI CHEMICZNYCH

Opracowano demonstrator technologii - systemu wykrywania i identyfikacji niebezpiecznych substancji chemicznych, w którym do generacji promieniowania IR wykorzystywany jest kwantowy laser kaskadowy. System zbudowany jest z układu wykrywania, w skład którego wchodzi: głowica laserowa z laserem kaskadowym, komórka przejść wielokrotnych AMAC-76LW, detektor IR PVMI-4TE oraz tor optyczny. Ponadto w skład systemu wchodzi także układ stresowania i analizy oraz Serwer Rozpoznania Chemicznego. Umożliwia on wykrycie i identyfikację materiałów wybuchowych, toksycznych gazów przemysłowych, bojowych środków trujących, narkotyków oraz wielu innych niebezpiecznych substancji chemicznych. Przeprowadzono badania eksperymentalne zbudowanego systemu w celu określenia efektywności technologii. Stwierdzono, iż system charakteryzuje się czułością umożliwiającą wykrycie niebezpiecznych materiałów o stężeniu w powietrzu na poziomie pojedynczych ppb.



3.2. TECHNOLOGIE OPTOELEKTRONICZNE W WYKRYWANIU ZAGROŻEŃ BIOLOGICZNYCH

kkopczynski@wat.edu.pl

3.2.1. BADANIA POLIGONOWE SYSTEMÓW LIDAROWYCH

jwojtanowski@wat.edu.pl

W dniach 22.07-02.08.2013 r. na poligonie armii amerykańskiej Dugway Proving Ground, przeprowadzone zostały badania testowe fluorescencyjnych systemów lidarowych.

W ciągu pierwszego tygodnia badań, LIDAR został umieszczony w stałej odległości ok. 700 m od specjalizowanej komory, w której następowały kontrolowane uwolnienia znanych ilości materiałów biologicznych. Konfiguracja taka pozwoliła na:

- ocenę czułości systemu pod kątem detekcji różnorodnych związków biologicznych,
- stworzenie biblioteki sygnatur fluorescencyjnych,
- kalibrację systemu.

Drugi tydzień kampanii pomiarowej obejmował testy w otwartym terenie. Aerozole biologiczne emitowane były w nieokreślonych wcześniej miejscach oraz momentach czasowych. Uzyskane rezultaty można uznać za satysfakcjonujące. System wykazał się dużą czułością wyrażoną w możliwości detekcji bioaerozoli na poziomie koncentracji kilkuset ppl w odległości rzędu 1 km. Dodatkowo, zarejestrowane sygnatury fluorescencyjne wykazują zróżnicowanie co stwarza potencjał do zdalnej klasyfikacji związków biologicznych.

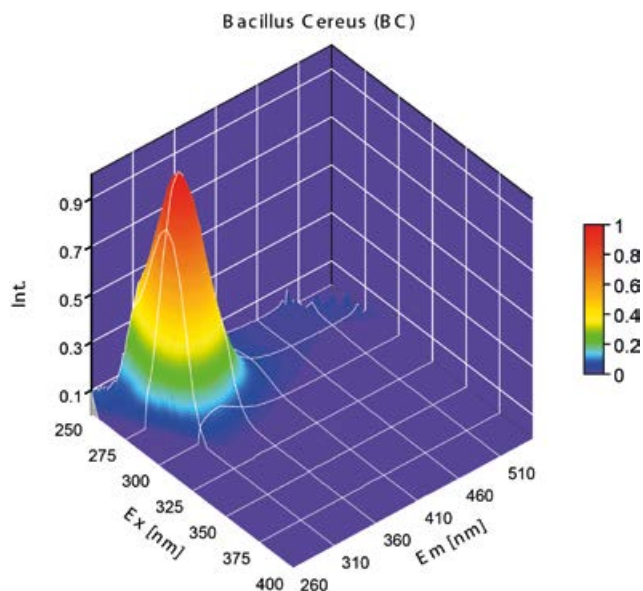


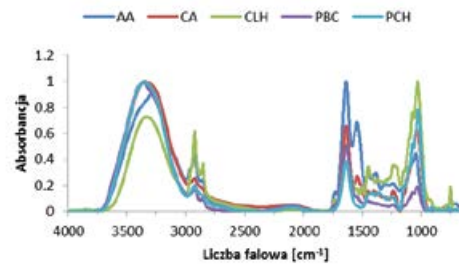
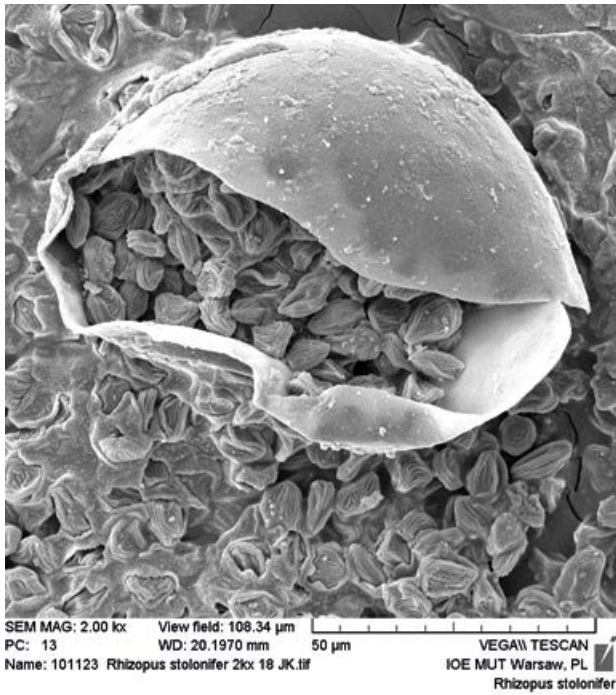


abombalska@wat.edu.pl

3.2.2. WYKRYWANIE BAKTERII IN SITU

Fluorescencja wzbudzana laserowo (LIF) należy obecnie do jednej z perspektywicznych metod wykrywania środków biologicznych w czasie rzeczywistym. Możliwość zbudowania przyrządów wykrywających patogeny, bez wstępnego przygotowania analitycznego, przyczyniła się do podjęcia dokładniejszych badań nad właściwościami emisyjnymi dużej grupy związków biologicznych. Główne badania zespołu koncentrują się na opracowywaniu charakterystyk emisyjnych symulantów BSB, wykonanych metodą matryc wzbudzeniowo-emisyjnych (EEM) w zakresie UV-Vis. Metoda ta jest idealna do rozróżnienia własności emisyjnych substancji, pozwala na śledzenie takich procesów jak sporulacja, starzenie, śmierć bakterii. Innymi stosowanymi technikami analitycznymi są spektroskopia podczerwieni (FTIR), spektroskopia Ramana. W wyniku prowadzonych badań powstała obszerna baza danych związków biologicznych.

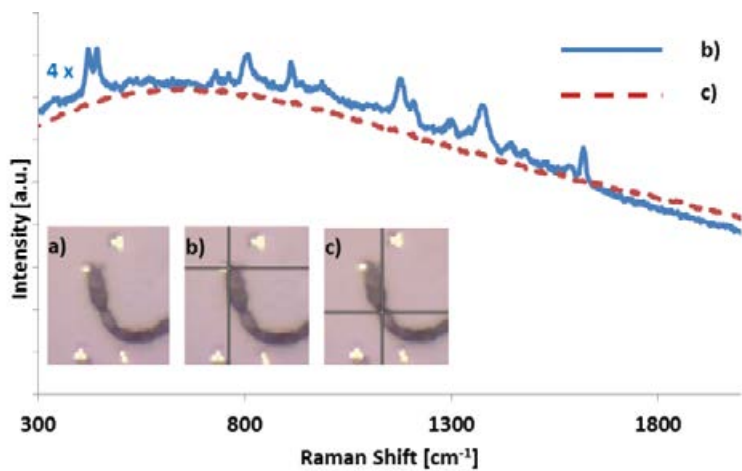
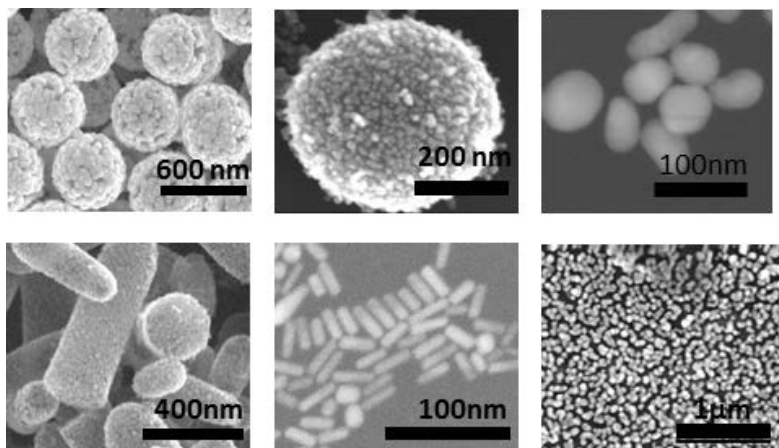




3.2.3. NANOSTRUKTURY PLAZMONOWE W DETEKCJI MATERIAŁÓW BIOLOGICZNYCH

Przeprowadzone zostały prace nad wytwarzaniem i charakteryzacją różnego rodzaju nanostruktur plazmonowych metodami chemicznymi i techniką próżniowego parowania. Metodami chemicznymi wytworzono koloidy złota i srebra o różnych kształtach i rozmiarach oraz struktury core-shell z rdzeniem krzemionkowym i metaliczną powłoką. Metody chemiczne i fizyczne posłużyły do wytwarzania złotych i srebrnych nanowarstw o różnej morfologii. Otrzymywane nanostruktury wykorzystane zostały do badań nad wzmacnianiem sygnałów rozproszenia ramanowskiego (SERS) oraz fluorescencji materiałów biologicznych. W przypadku struktur core-shell Ag@SiO_2 otrzymano widmo pojedynczej komórki bakteryjnej dla pojedynczej nanostruktury core-shell.





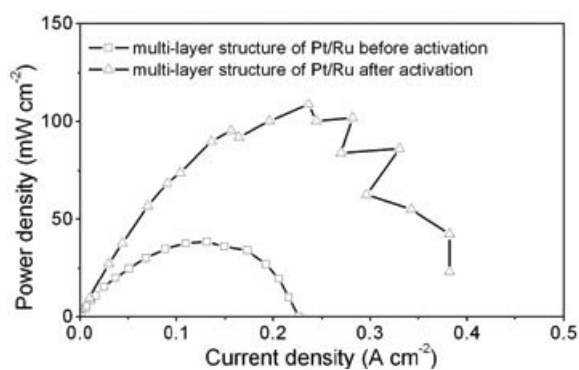
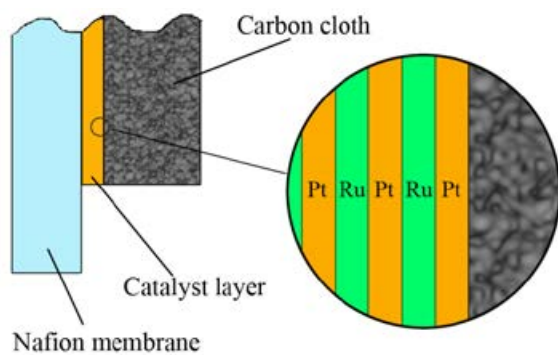
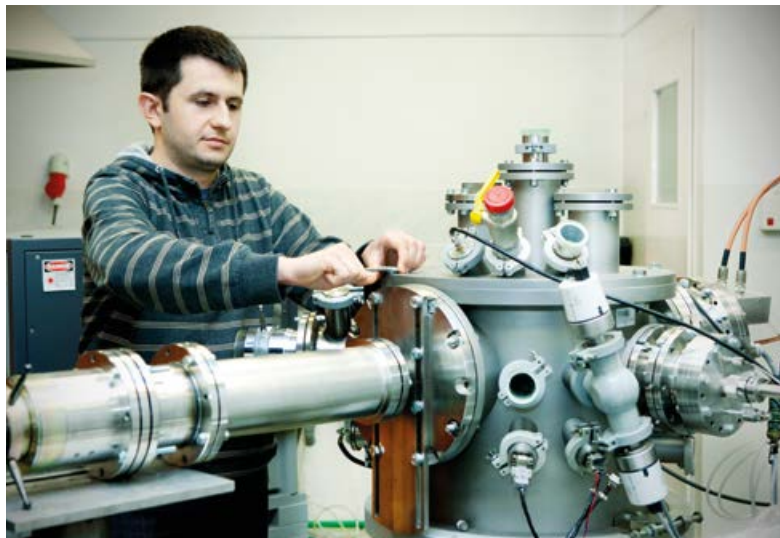
3.3. NANOTECHNOLOGIE



wmroz@wat.edu.pl

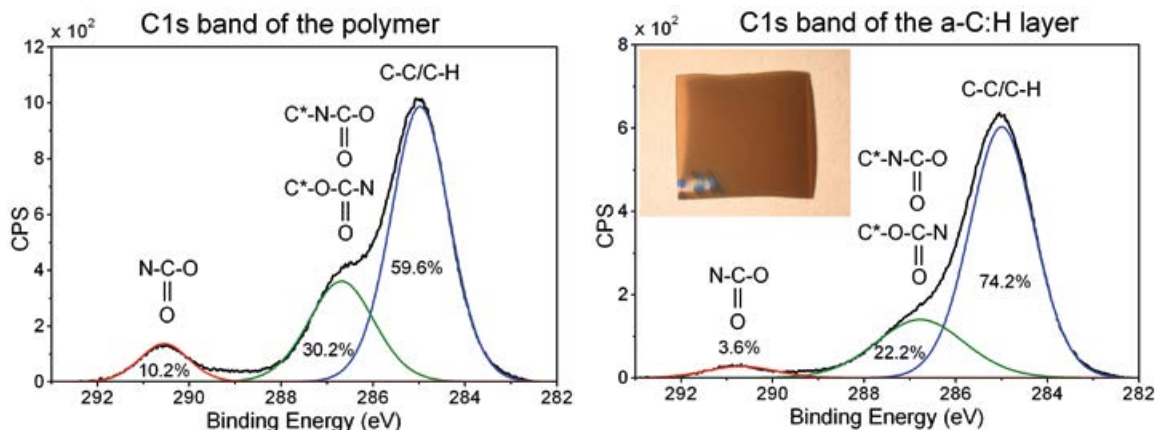
3.3.1. TECHNOLOGIA ZESPOŁÓW MEMBRANA-ELEKTRODA (MEA) O ZWIĘKSZONEJ WYDAJNOŚCI DZIĘKI ZASTOSOWANEJ AKTYWACJI MATERIAŁU KATALITYCZNEGO

Przedmiotem badań były zespoły membrana-elektroda (MEA) pokryte warstwami w postaci wielowarstwowej struktury naprzemiennie ułożonych warstw Pt i Ru. W przypadku nanometrowej grubości pojedynczych warstw Pt osiągnięto wzrost, o trzy rzędy wielkości, efektywności wykorzystania Pt osadzonej techniką ablacji laserowej w stosunku do tradycyjnej techniki malowania membran czernią platynową. Warstwy katalityczne były osadzone techniką ablacji laserowej na powierzchni węglowej warstwy dyfuzyjnej elektrod. Wykonano MEA z warstwami katalitycznymi o różnych stosunkach wagowych Pt / Ru. Warstwy katalityczne były złożone z 15 warstw Pt i 15 warstw Ru, o całkowitej grubości wynoszącej kilka nanometrów. Opracowano procedurę aktywacji warstwy katalitycznej zwiększającą wydajność przygotowanych zespołów membrana-elektroda. Zaobserwowano silną zależność wydajności aktywowanych MEA od stosunku wagowego metali szlachetnych osadzonych na powierzchni węglowej warstwy dyfuzyjnej elektrod. W najlepszym przypadku uzyskano ponad dwukrotny wzrost wydajności aktywowanych MEA.



3.3.2. TECHNOLOGIA POKRYWANIA POWIERZCHNI POLIMERÓW WARSTWAMI TYPU POLIMER-LIKE CARBON

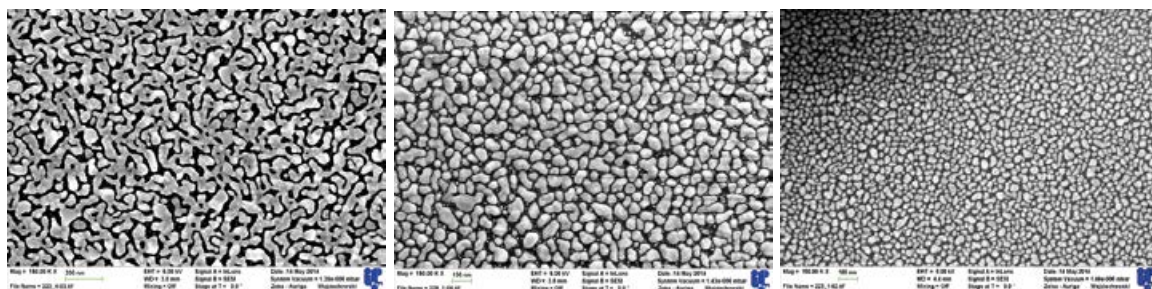
Stosując technikę plazmowego osadzania warstw na powierzchni polimeru (z plazmy wyładowania generatora RF 13.56 MHz - RF CVD) wytworzono amorficzne, uwodnione warstwy węglowe typu a-C:H oraz a-C:N:H o strukturze chemicznej i właściwościach mechanicznych podobnych do pokrywanego polimeru. Warstwy wytwarzano w warunkach obniżonego ciśnienia z prekursora będącego gazową mieszaniną składników o różnych proporcjach: CH₄, O₂, N₂, Ar. Uzyskano bardzo dobre połączenie osadzonych warstw z polimerem (typu chemicznego) i wykazano silne podobieństwo ich struktury chemicznej do zastosowanego podłoża. Zebrane widma fotoelektronów rentgenowskich (XPS) wskazują na obecność w osadzonej warstwie tych samych grup funkcyjnych co w polimerowym podłożu, przy czym różne są ich udziały procentowe. W oparciu o pomiary dynamicznego współczynnika tarcia w konfiguracji próbka / przeciwpróbka wykazano również blisko czterokrotne zmniejszenie współczynnika tarcia osadzonych warstw w stosunku do polimeru stanowiącego podłoże.



3.3.3. WYTWARZANIE NANOSTRUKTUR PLAZMONOWYCH METODĄ PVD

pnyga@wat.edu.pl

Opanowano technologię wytwarzania kilku typów nanostruktur plazmonowych na dielektrycznych podłożach przy pomocy techniki parowania fizycznego z fazy gazowej (PVD). Głównym celem prac była optymalizacja procesu osadzania nieciągłych warstw srebra w postaci wysp. Poprzez kontrolę ilości naparowanego materiału, temperatury podłoża i innych parametrów procesu możliwe jest wytworzenie warstw wysp srebrnych o absorpcji w wąskim lub szerokim zakresie spektralnym. Właściwości optyczne tychże warstw zależne są od rozkładu kształtów i rozmiarów srebrnych nanostruktur. Wytworzone wyspy użyto do modyfikacji absorpcji i fluorescencji kilku typów kompleksów fotosyntetycznych i jako podkłady w powierzchniowo wzmocnionej spektroskopii Ramana (SERS).



4.

TECHNOLOGIE I SYSTEMY OPTOELEKTRONICZNE W OBRONNOŚCI I INŻYNIERII BEZPIECZEŃSTWA

4.1. STANOWISKA DO BADAŃ I SZKOLENIA OPERATORÓW RAKIET MANPADS

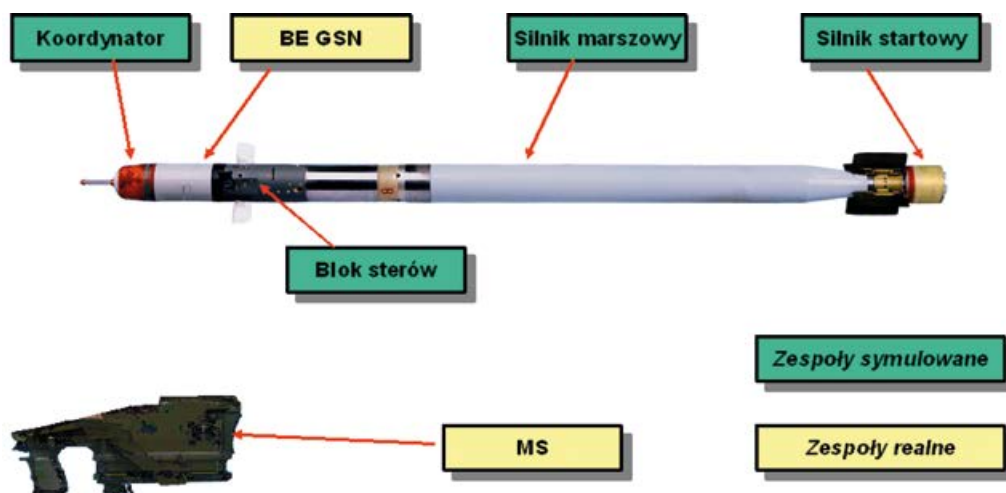


4.1.1. STANOWISKO BADAŃ DYNAMICZNYCH ZESTAWU „GROM”

zblaim@wat.edu.pl

Stanowisko badań dynamicznych pozwala na pełną symulację zachowania się zestawu „Grom” w warunkach dynamicznych w tym:

- Określenie charakterystyk dynamicznych i statycznych GSN, układów startowych, oraz porównywanie z funkcjonowaniem podczas prób lotnych;
- Ocenę charakterystyk dokładnościowych zestawów rakietowych w zamkniętym obwodzie samonaprowadzania na cele charakterystyczne dla badanej sceny termicznej w sytuacji z zakłóceniami i bez;
- Uzyskanie danych wyjściowych dla obliczeń efektywności bojowej zestawów rakietowych.
- Badanie podzespołów i regulacja parametrów zestawu GROM.



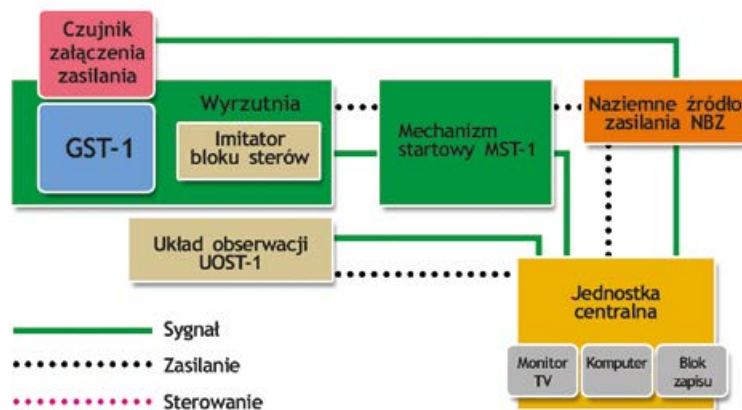
4.1.2. SYSTEM TRENINGOWY DLA SZKOLENIA OPERATORÓW RAKIET MANPADS STOSOWANYCH PRZECIWKO RZECZYWISTYM CEŁOM POWIETRZNYM LUB IMITATOROM PODCZAS SZKOLEŃ POLIGONOWYCH.

System służy do specjalizowanego treningu przechwycenia celu powietrznego w pogoni lub na spotkanie. Umożliwia pełną analizę i ocenę wyników szkolenia.

System treningowy służy do szkolenia operatorów rakiet dla zwalczania:

- rzeczywistych celów powietrznych (z zakłóceniami termicznymi - flary, lub bez),
- imitatorów celów powietrznych (różnych typów dronów),
- symulowanych celów powietrznych.

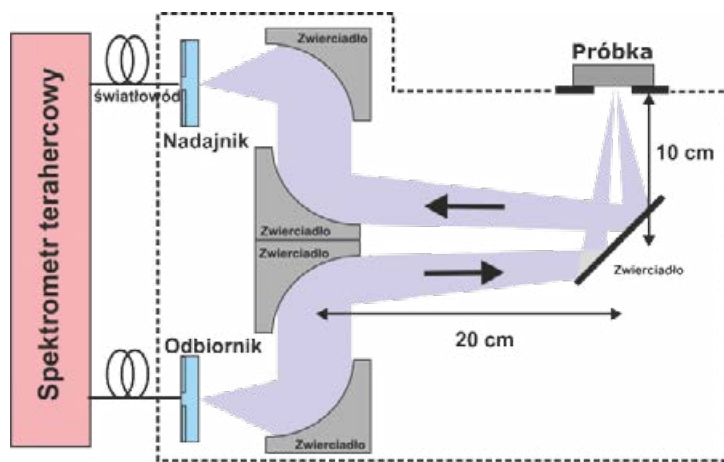
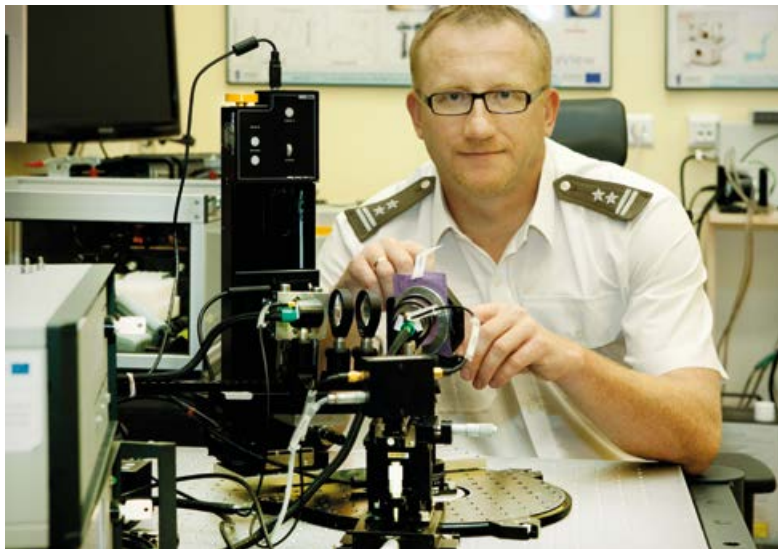
Trening doskonaliący zastosowanie taktyczne rakiet MANPADS, definiowanie strefy startu w warunkach rzeczywistych lub symulacyjnie - komputerowo (opcjonalnie).



4.2. ROZPOZNANIE ZAGROŻEŃ Z WYKORZYSTANIEM SYSTEMÓW MULTISPEKTRALNYCH

4.2.1. OPRACOWANIE I BADANIA TERAHERCOWEGO CZUJNIKA MATERIAŁÓW WYBUCHOWYCH

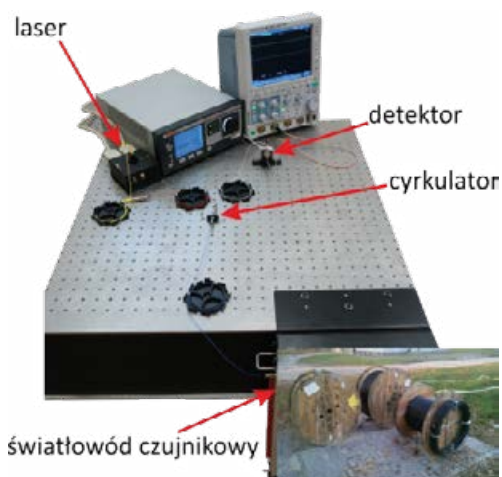
napalka@wat.edu.pl



Opracowano innowacyjny terahercowy czujnik pozwalający na detekcję materiałów wybuchowych pod przykryciem. Wiązka promieniowania terahercowego łatwo przenika przez typowe materiały pokryciowe (folia, papier, ubrania), odbija się od powierzchni materiału wybuchowego i wraca do detektora. Sygnał odbity zawiera informacje spektralne o badanym materiale. Można wykrywać heksogen i jego pochodne (C-4, kompozycja B, itp.). Analiza sygnału odbitego wykorzystuje okienkowanie, filtrowanie i transformatę Fouriera.

4.2.2. OPRACOWANIE I BADANIA UKŁADU CZUJNIKA ŚWIATŁOWODOWEGO Z ROZŁOŻONYM POLEM DETEKcji

Przeprowadzono badania nad opracowaniem innowacyjnego układu czujnika modalmetrycznego do detekcji fizycznych zaburzeń. W układzie czujnika do minimum ograniczono niezbędne elementy wymagane do jego budowy. Dzięki temu osiągnięto układ o nieskomplikowanej konstrukcji będący jednocześnie tanim



w produkcji. Układ przeznaczony jest do detekcji fizycznego zaburzenia światłowodu lub materiału do którego włókno światłowodowe jest przytwierdzone. Elementem czułym układu jest pojedyncze wielomodowe włókno światłowodowe. Układ ten znajduje zastosowanie głównie w aplikacjach z zakresu systemów zabezpieczeń takich jak: monitoring linii telekomunikacyjnych pod kątem detekcji fizycznej ingerencji w tor transmisyjny, ochrona perymetryczna obiektów infrastruktury krytycznej takich jak lotniska, porty itp., ochrona zbiorów muzealnych oraz obiektów dziedzictwa kulturowego.

4.2.3. OPRACOWANIE I BADANIA SYSTEMU OCHRONY STATKÓW

mzyczkowski@wat.edu.pl

Przeprowadzono badania skuteczności multispektralnego systemu wykrywania zagrożeń dla statków. System łączy kamery daleko i średnio zasięgowe z radarem okrętowym oraz radarem fal milimetrowych. Pozwala to na detekcję, zobrazowanie i identyfikację zbliżających się obiektów. Multispektralny system detekcji połączony jest za pomocą integratora z zestawem demontowanych zasieków ostrzowych opracowanych do zabezpieczenia burt okrętów przed wejściem na pokład osób niepożądanych. Testy przeprowadzone na jednostce PŻM „Warmia” potwierdziły założenia systemu pozwalając na wykrycie i zobrazowanie obiektów w pobliżu statku oraz pokazały skuteczność działania systemu barier pasywnych.



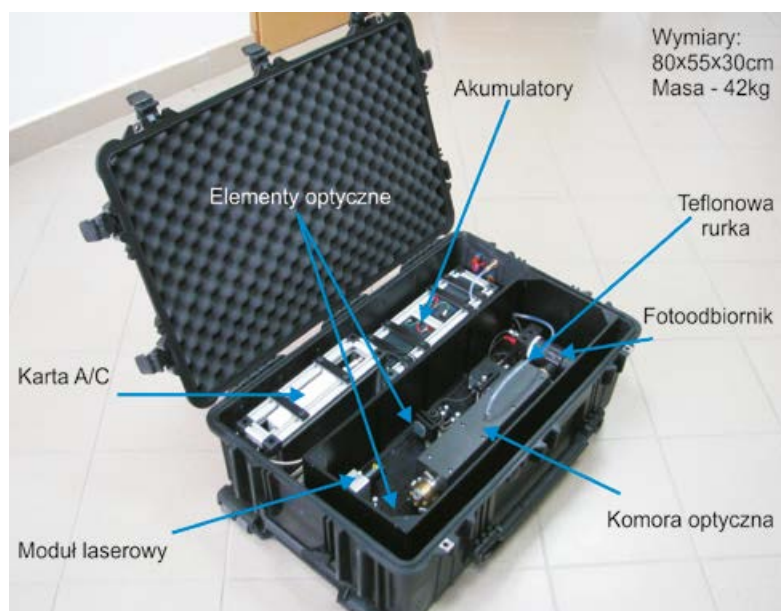
4.3. OPTOELEKTRONICZNE METODY WYKRYWANIA ŚLADOWYCH IŁOŚCI GAZÓW



4.3.1. OPTOELEKTRONICZNY SENSOR DITLENKU AZOTU

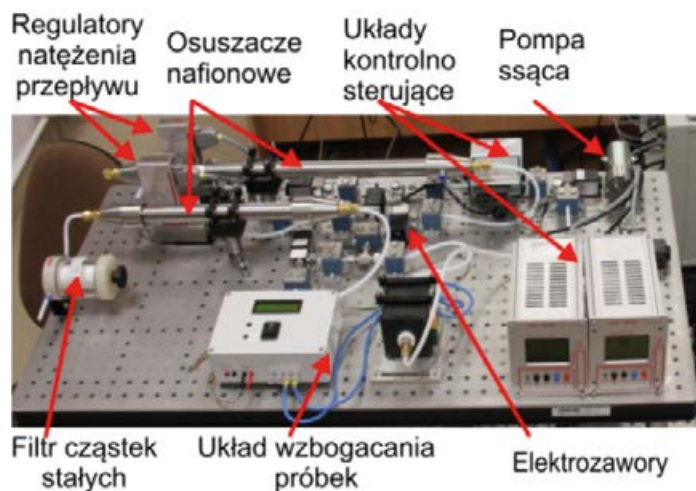
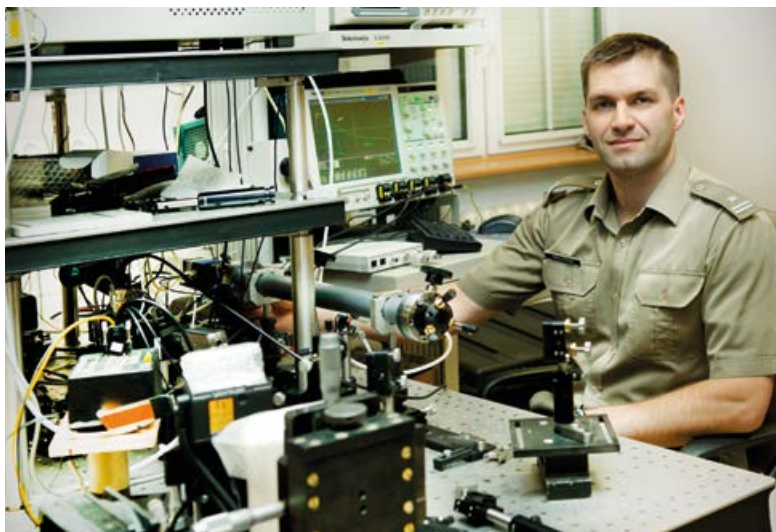
zbielecki@wat.edu.pl

Wykrycie śladowych ilości gazów umożliwia technika CRDS (ang. *Cavity Ring Down Spectroscopy*). Jest to metoda, w której wykorzystuje się zjawisko magazynowania światła we wnęce optycznej. Stosując tę metodę opracowano przenośny optoelektroniczny czujnik do wykrywania ditlenku azotu. Charakteryzuje się on czułością około 10 ppb, niepewnością pomiaru 5% i czasem pomiaru około 10s.



4.3.2. OPTOELEKTRONICZNY SYSTEM DO WYKRYWANIA MATERIAŁÓW WYBUCHOWYCH

Optoelektroniczny czujnik materiałów wybuchowych działa w oparciu o spektroskopię strat we wnęce optycznej. Wykrycie materiałów wybuchowych następuje w wyniku analizy tlenków azotu (NO_x) emitowanych przez te materiały. Gazy te mogą również powstać w wyniku termicznej dekompozycji par materiałów wybuchowych. Sensor ten składa się z trzech torów detekcji gazów (NO , N_2O , NO_2), systemu pobierania próbek oraz układu zateżniania par materiałów wybuchowych. W czujniku tym zastosowano niebieskie diody laserowe opracowane w firmie TopGaN Sp. z o.o., oraz moduły detekcyjne z detektorami HgCdTe wytwarzane w firmie VIGO System S.A. Badania wykazały, że czujnik ten może wykrywać materiały wybuchowe takie jak NG, TNT, PETN, RDX, HMX na poziomie pojedynczych ng.



4.3.3. MIKROPROCESOROWY MODUŁ CZUJNIKA CO₂

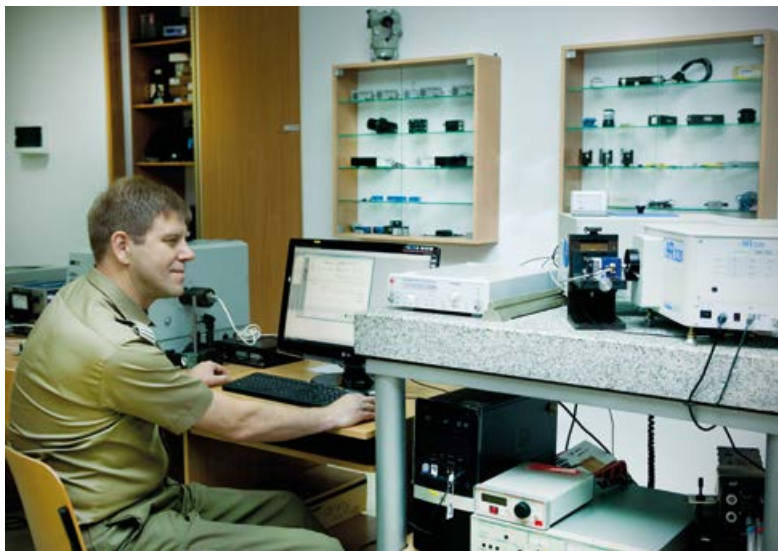
zbielecki@wat.edu.pl

Opracowany moduł umożliwia pomiar stężenia CO₂ w wydychanym powietrzu z szybkością 20 pomiarów na sekundę i dokładnością rzędu 70 ppm. Kluczowym elementem tego modułu jest czujnik NDIR działający na zasadzie pomiaru absorpcji promieniowania podczerwonego o długości fali 4,26 μm. Wynik pomiaru stężenia jest wyświetlany na wskaźniku alfanumerycznym oraz przesyłany do komputera.



4.3.4. LABORATORYJNY UKŁAD DO LASEROWEJ SPEKTROSKOPII ABSORPCYJNEJ TYPU INTRAPULSE

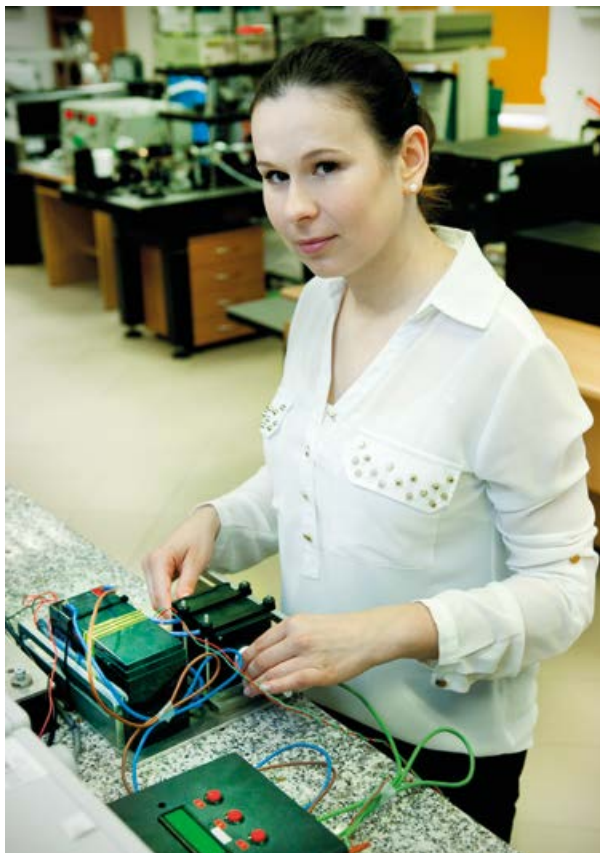
Opracowano prototypowy układ do laserowej spektroskopii absorpcyjnej wykorzystujący kwantowy laser kaskadowy. W metodzie tej laser pobudzany jest impulsami prostokątnymi o czasie trwania od 100 ns do 1 μ s. Czas ten jest na tyle długi, że przepływający prąd powoduje zmianę temperatury lasera i w konsekwencji przestrajanie długości fali emitowanego promieniowania. Zazwyczaj środkową długość fali promieniowania laserowego dobiera się do pasma absorpcji mierzonego gazu.



4.3.5. UKŁADY ZATĘŻANIA PAR MATERIAŁÓW WYBUCHOWYCH

zbielecki@wat.edu.pl

Opracowano prototypowe układy zatężania i termicznej dekompozycji par materiałów wybuchowych. W wyniku ich zastosowania uzyskuje się tlenki azotu o wyższym stężeniu niż w warunkach swobodnego parowania tych materiałów. Układy te zostały zaimplementowane w sensorach NO_x działających w oparciu o metodę spektroskopii strat we wnęce optycznej. Dzięki takiemu rozwiązaniu system detekcyjny umożliwia wykrycie obecności par materiałów wybuchowych o bardzo niskim stężeniu (zakres ppt - parts per trillion) w stosunkowo krótkim czasie.



5.

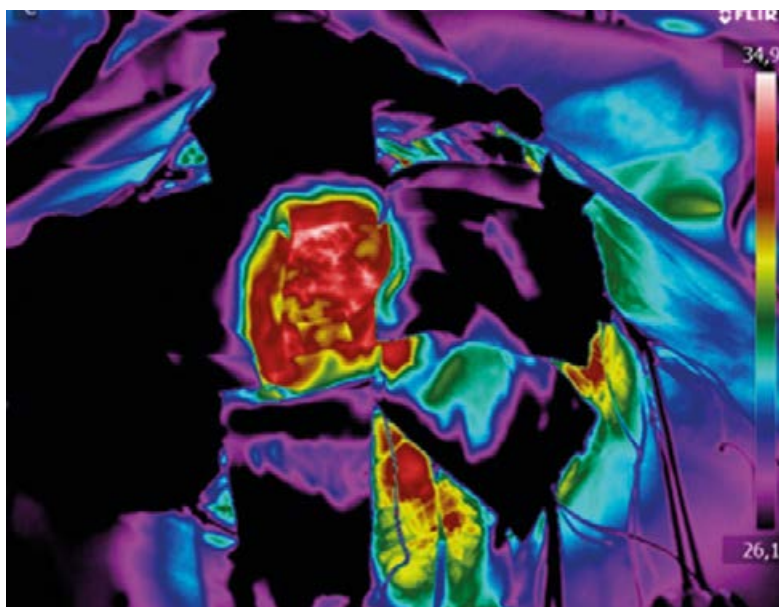
TECHNOLOGIE PODCZERWIENI

5.1. ZASTOSOWANIE TERMOWIZJI W BIOMEDYCYNIE

mkastek@wat.edu.pl

5.1.1. OCENA METABOLIZMU I FUNKCJI MÓZGU NA PODSTAWIE ANALIZY TERMOGRAMÓW

Głównym celem badań jest ustalenie korelacji pomiędzy stanem klinicznym pacjenta i zmianami temperatury powierzchni kory mózgowej, rejestrowanymi śródoperacyjnie za pomocą kamery termowizyjnej o dużej rozdzielczości przestrzennej i temperaturowej. Analiza termiczna powierzchni kory mózgowej ma również na celu weryfikację hipotezy badawczej o przydatności kamery termowizyjnej do identyfikacji oraz określenia dokładnej mapy kory mózgowej funkcjonalnie istotnej oraz do wyznaczania precyzyjnych lokalizacji guzów mózgu, zdiagnozowanych innymi metodami obrazowymi, na przykład za pomocą tomografii komputerowej, czy rezonansu magnetycznego. Przeprowadzone badania wykazały silną korelację pomiędzy zmianami temperatury powierzchni mózgu szczura a zmianami mózgowego przepływu krwi.



5.1.2. ZASTOSOWANIE TERMOWIZJI PODCZAS ZABIEGÓW BIOPSI I RESEKCJI GUZÓW MÓZGU

Śródoperacyjna identyfikacja tkanek mózgu objętych procesem chorobowym, precyzyjne dotarcie do nich oraz radykalne ich usunięcie stanowi istotę każdego zabiegu neurochirurgicznego. Celem podjętych badań jest ocena przydatności kamery termowizyjnej do identyfikacji i wyznaczania dokładnych granic guzów mózgu oraz opracowanie metodologii obrazowania śródoperacyjnego umożliwiającego analizę zmian temperatury powierzchni kory mózgowej. Analizę termiczną przeprowadzono u siedmiu pacjentów z wykrytymi w badaniach obrazowych nowotworami ośrodkowego układu nerwowego. Wyniki pomiarów przeprowadzonych śródoperacyjnie potwierdzają możliwość wykorzystania kamery termowizyjnej do nieinwazyjnej rejestracji temperatury powierzchni kory mózgowej oraz wskazują, że temperatura powierzchni guzów różni się od temperatury powierzchni tkanek nieobjętych zmianą chorobową.



5.2. TECHNOLOGIE ELEMENTÓW OPTYCZNYCH NA ZAKRES PODCZERWIENI



5.2.1. OPRACOWANIE TECHNOLOGII WYKONYWANIA SOCZEWEK SFERYCZNYCH I ASFERYCZNYCH DLA ZAKRESU PODCZERWIENI

Technologia optycznych elementów asferycznych pozwala na konstrukcję lekkich układów optycznych poprzez zmniejszenie liczby soczewek w obiektywie. Ponieważ jedna powierzchnia asferyczna może zastąpić kilka elementów o powierzchniach sferycznych uzyskuje się układ o mniejszych gabarytach, tańszy w produkcji oraz o lepszych parametrach transmisji promieniowania podczerwonego. Opracowanie technologii wykonywania precyzyjnych powierzchni sferycznych z kolei pozwoli na polepszenie parametrów optycznych wykonywanych zespołów optycznych, takich jak MTF oraz błąd frontu falowego (OPD). Opracowanie obu tych technologii może mieć kluczowe znaczenie w przypadku projektowania obiektywów do kamer termowizyjnych z matrcami o małych wymiarach pojedynczego detekora.



5.2.2. OPRACOWANIE TECHNOLOGII NANOSZENIA CIENNIKICH WARSTW DIAMOND LIKE CARBON DLA ZAKRESU PODCZERWIENI

Technologia *diamond like carbon* (DLC) to technologia nanoszenia powłok funkcjonalnych, pełniących kilka ról jednocześnie. W przypadku układów na zakres widmowy podczerwieni powłoki te służą jako powłoki anty-refleksyjne (rozjaśniające) oraz chroniące powierzchnię soczewki przed wpływem atmosfery, przypadkowymi zarysowaniami i innymi uszkodzeniami mechanicznymi. Opracowanie technologii nanoszenia cienkich warstw DLC pozwoli na konstrukcję urządzeń bardziej trwałych i odpornych na warunki pracy, w szczególności obiektywów do termowizyjnych obserwacyjnych urządzeń i systemów militarnych.



5.3. METROLOGIA URZĄDZEŃ PODCZERWIENI

5.3.1. OPRACOWANIE PROCEDUR POMIARU PARAMETRÓW KAMER TERMOWIZYJNYCH, KAMER NISKIEGO POZIOMU OŚWIETLENIA I URZĄDZEŃ NOKTOWIZYJNYCH

mkastek@wat.edu.pl

Opracowano procedury pomiarów parametrów kamer termowizyjnych, noktowizorów oraz kamer niskiego poziomu oświetlenia. Umożliwiają one pomiar podstawowych parametrów takich jak: stosunku sygnału do szumu SNR, funkcji przenoszenia modulacji MTF oraz kontrastu CTF, funkcji minimalnego rozróżnialnego kontrastu MRC, kątów pola widzenia FOV, charakterystyki MRTD. Pomiar powyższych parametrów umożliwia w sposób wiarygodny porównywanie parametrów zasięgowych kamer termowizyjnych, noktowizorów i kamer niskiego poziomu oświetlenia. Procedury pomiaru zostały zweryfikowane podczas pomiarów parametrów urządzeń obserwacyjnych na stanowisku MST dla różnych warunków oświetlenia. Opracowane metody pomiarowe zastosowane zostały w procedurach pomiarowych Akredytowanego Laboratorium Badawczego IOE WAT.



5.3.2. OPRACOWANIE PROCEDURY POMIAROWEJ I STANOWISKA DO WYZNACZANIA WSPÓŁCZYNNIKÓW KOREKCYJNYCH NIECHŁODZONYCH MATRYC MIKROBOLOMETRYCZNYCH DETEKTORÓW PODCZERWIENI

Opracowano procedury pomiaru i rejestracji danych dla obserwacyjnych kamer termowizyjnych oraz stanowisko badawcze - pomiarowe pozwalające wyznaczyć współczynniki korekcji niejednorodności NUC i podstawowe parametry badanych kamer. Uzupełniono i rozbudowano oprogramowanie IRDiag o kreator umożliwiający zautomatyzowane przeprowadzenie pomiarów oraz opracowano procedury i funkcje do sterowania elementami stanowiska. Zastosowanie modułu przemieszczania liniowego wraz ze sterownikiem i kontrolerem z napisanym oprogramowaniem sprawiło, że zaprojektowane stanowisko jest w pełni zautomatyzowane. Moduł liniowy pozwala na ustawienie stolika z kamerą termowizyjną z dużą dokładnością i powtarzalnością co ma znaczący wpływ na dokładność wykonywanych pomiarów.



5.4. WDROŻENIE DO SERYJNEJ PRODUKCJI STRZELECKIEGO CELOWNIKA TERMOWIZYJNEGO SCT „RUBIN”

Celownik termowizyjny SCT RUBIN opracowano wspólnie z PCO S.A. w ramach projektu celowego oraz prac umownych. Celownik jest przeznaczony do obserwacji oraz prowadzenia ognia z broni o kalibrze od 5,56 mm do 12.7 mm włącznie, w dowolnej porze dnia i nocy oraz w trudnych warunkach atmosferycznych. W celowniku zastosowano mikro-bolometryczną matrycę detektorów podczerwieni o wymiarach 384x288 detektorów. Seryjną produkcję uruchomiono w roku 2013. Opracowano stanowiska kontrolno-pomiarowe niezbędne do uruchomienia seryjnej produkcji celowników. Przeprowadzono badania losowo wybranych egzemplarzy wyprodukowanych celowników w celu potwierdzenia poprawności zakładanych parametrów użytkowych.

hmadura@wat.edu.pl



6.

AKREDYTOWANE LABORATORIUM BADAWCZE INSTYTUTU OPTOELEKTRONIKI

jjanucki@wat.edu.pl





System zarządzania Laboratorium Badawczego jest certyfikowany przez Polskie Centrum Akredytacji i spełnia wymagania normy PN/EN ISO 17025. Zgodnie z polityką jakości Laboratorium realizujemy następujące cele:

- zapewnienie wysokiej jakości badań w obszarze optoelektroniki, techniki laserowej i techniki podczerwieni
- zaspokojenie zapotrzebowania na metrologiczne zabezpieczenie techniki laserowej i termowizyjnej w wojsku i gospodarce narodowej
- utrzymanie zaufania naszych klientów poprzez terminowe dostarczanie wiarygodnych wyników badań

Akredytowane procedury badawcze realizowane przez Laboratorium:

- pomiar energii impulsu promieniowania laserowego
- pomiar mocy promieniowania laserowego
- rejestracja rozkładu natężenia napromienienia w przekroju poprzecznym wiązki laserowej
- pomiar czasu trwania i współczynnika asymetrii impulsu laserowego
- wyznaczanie współczynnika korekcyjnego, nieliniowości i równoważnej szumów mierników energii/mocy promieniowania laserowego
- wyznaczanie współczynnika absorpcji materiałów optycznych
- wyznaczanie klasy bezpieczeństwa urządzeń emitujących promieniowanie laserowe
- 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 rozróżnialnej różnicy temperatur, pola widzenia.
- wyznaczenia parametrów kamer TV, LLTV oraz przyrządów noktowizyjnych: stosunku sygnału do szumu, funkcji przenoszenia modulacji oraz funkcji przenoszenia kontrastu, rozdzielczości przestrzennej oraz funkcji minimalnego rozróżnialnego kontrastu, pola widzenia.



Wojskowa Akademia Techniczna
Instytut Optoelektroniki
ul. gen. S. Kaliskiego 2
00-908 Warszawa

www.ioe.wat.edu.pl