



**„OPTOELEKTRONIKA KLUCZEM
DO BEZPIECZEŃSTWA
I LEPSZEGO ŻYCIA OBYWATELI”
– MATERIAŁY Z II KONFERENCJI
OPTOELEKTRONICZNEJ**

Rawa Mazowiecka 12–13.10.2016 r.



Spis treści

| | |
|--|----|
| Słowo wstępne | 4 |
| Gospodarze konferencji | 5 |
| Komitety konferencji | 7 |
| Patroni i sponsorzy konferencji | 9 |
| Optoelektronika w programach modernizacyjnych MON | 10 |
| Postępy w technologii włókien i kabli światłowodowych w kontekście wyzwań w zakresie bezpieczeństwa narodowego | 11 |
| Wykorzystanie analizy termograficznej na potrzeby akcji ratowniczo-gaśniczej | 12 |
| Perspektywy produkcji azotkowych diod laserowych i ich matryc w Polsce | 13 |
| Laserowe systemy GasEye do detekcji substancji niebezpiecznych w procesach przemysłowych i w atmosferze | 14 |
| Państwowy system badań optoelektronicznych urządzeń obrazujących i laserowych | 16 |
| Polskie technologie światłowodowe dla obronności Polski | 20 |
| Detektory supersieciowe InAs/GaSb na zakres średniej podczerwieni | 22 |
| Fotowoltaika wobec zaspokojenia potrzeb energetycznych – trendy, prace badawcze, stan aktualny | 26 |
| Rola fotoniki w bezpieczeństwie ruchu drogowego | 27 |
| Od badań podstawowych do zaawansowanych systemów optoelektronicznych – wyzwania, możliwości, zagrożenia | 35 |
| Smart farming wyzwanie dla systemów optoelektronicznych | 41 |
| Dane kontaktowe | 45 |



Słowo wstępne

Szanowni Państwo,

Serdecznie zapraszam Państwa do uczestnictwa w II Konferencji Optoelektronicznej pod tytułem „Optoelektronika kluczem do bezpieczeństwa i lepszego życia obywateli”, odbywającej się w dniach 12–13 października 2016 roku w Hotelu Ossa Congress & SPA w Rawie Mazowieckiej. II Konferencja Optoelektroniczna została objęta patronatem honorowym Sekretarza Stanu w Ministerstwie Obrony Narodowej.

II Konferencja Optoelektroniczna pod tytułem „Optoelektronika kluczem do bezpieczeństwa i lepszego życia obywateli” organizowana jest przez PCO S.A. przy współudziale Wojskowej Akademii Technicznej, Polskiej Platformy Technologicznej Fotoniki oraz Politechniki Warszawskiej.

Celem przyświecającym organizatorom konferencji jest stworzenie pola wymiany doświadczeń oraz informacji między przedstawicielami świata nauki, przemysłu obronnego oraz wojska. Konferencja to wydarzenie cykliczne, wpisujące się w Strategię Europa 2020, w której istotną rolę odgrywa rozwój branży optoelektronicznej.

Tematyka konferencji obejmuje między innymi takie zagadnienia jak: rola oraz zadania przemysłu optoelektronicznego w strategii MON, synergia nauki wojska i przemysłu w optoelektronice, optoelektronika wobec zagrożeń bezpieczeństwa obywateli, projektów badawczo-rozwojowych i możliwości ich finansowania, a także optoelektronika jako klucz do lepszego życia.

Zaprezentowane zostaną również najnowocześniejsze wyroby spółek branży optoelektronicznej.

Mam nadzieję, że organizowana konferencja przyczyni się do dalszego zacieśniania współpracy między wojskiem, przemysłem i nauką. Ponadto będzie okazją do zaprezentowania najnowszych osiągnięć w dziedzinie optoelektroniki oraz owocnych dyskusji.

Zapraszam Szanownych Uczestników do aktywnego udziału w konferencji oraz do zapoznania się z niniejszym opracowaniem zawierającym zbiór przedstawionych referatów.



dr inż. Ryszard Kardasz
Prezes Zarządu
PCO S.A.



Gospodarze konferencji



PCO S.A.

PCO S.A. jest spółką należącą do Polskiej Grupy Zbrojeniowej, a także centrum badawczo–produkcyjnym, w którym wszystkie powstające i sprzedawane wyroby są efektem prac własnego zaplecza badawczo–rozwojowego. Podstawową

działalnością PCO S.A. jest produkcja i sprzedaż wyrobów optoelektronicznych, przyrządów obserwacyjnych i celowniczych z zastosowaniem techniki laserowej, noktowizyjnej i termowizyjnej dla potrzeb wojska.



PPTF

Polska Platforma Technologiczna Fotoniki

Polska Platforma Technologiczna Fotoniki

Polska Platforma Technologiczna Fotoniki (w skrócie PPTF) powstała w dniu 27 lutego 2013 roku w siedzibie PCO S.A. Powstanie platformy było wspólnym przedsięwzięciem przedsiębiorstw, stowarzyszeń, wyższych uczelni oraz instytutów badawczych działających w Polsce w obszarze fotoniki, które wpisywało się w podejście Unii Europejskiej wobec najbardziej innowacyjnych obszarów gospodarki w Europie.

Inicjatywa UE w zakresie budowy europejskich platform technologicznych służy osiągnięciu znacznych efektów wzrostu gospodarczego poprzez inicjowanie i wdrażanie działań innowacyjnych w partnerstwie publiczno–prywatnym.

Stawiając czoło wyzwaniom naukowo–technicznym, nakreślonym w Strategii Europa 2020 i w polskich dokumentach strategicznych dotyczących rozwoju kraju, fotonika jest obecnie jedną z kluczowych technologii UE.

PPTF ma charakter otwarty, w każdej chwili mogą przystąpić do niej nowi członkowie. Członkami PPTF mogą być jednostki organizacyjne, które prowadzą działalność naukową, gospodarczą lub będące organizacjami rządowymi, samorządowymi lub pozarządowymi związanymi z fotoniką lub deklarującymi działalność na rzecz rozwoju fotoniki w Polsce.





Wojskowa Akademia Techniczna

Wojskowa Akademia Techniczna powołana ustawą z 1951 roku, jest publiczną uczelnią akademicką nadzorowaną przez ministra obrony narodowej. Jako otwarty uniwersytet techniczny służy Siłom Zbrojnym, nauce, gospodarce i społeczeństwu poprzez kształcenie podchorążych i studentów, rozwój kadry naukowo-dydaktycznej oraz prowadzenie badań naukowych i prac rozwojowych w obszarach nauk ścisłych, technicznych i społecznych, a w szczególności w zakresie techniki wojskowej

i technologii bezpieczeństwa. Współpracuje z uczelniami akademickimi w kraju i za granicą. W myśl nadrzędnej dewizy: Omnia pro Patria Akademia kontynuuje chlubne tradycje technicznych szkół wojskowych: Szkoły Rycerskiej, Szkoły Głównej Artylerii i Inżynierii oraz Wyższej Szkoły Inżynierii Wojskowej. Przygotowuje przyszłe kadry inżynierskie, przekazuje wiedzę, kształtuje umiejętności i doskonali kompetencje na najwyższym poziomie, ucząc jednocześnie patriotyzmu i odpowiedzialności za Ojczyznę.



Politechnika Warszawska

Politechnika Warszawska – tradycja Politechniki Warszawskiej – największej i najstarszej uczelni technicznej w Polsce – sięga początków XIX wieku. Za datę powstania szkolnictwa technicznego w Warszawie przyjmuje się rok 1826, w którym została otwarta Szkoła Przygotowawcza do studiów technicznych. Inicjatorem powstania szkoły i autorem programu nauczania był działający w Komisji Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego Stanisław Staszic – wszech-

stronny uczyony i działacz oświaty. Na Politechnice Warszawskiej zgromadzony jest największy w Polsce potencjał naukowo-badawczy w dziedzinie nauk technicznych. Tu powstaje największa liczba liczących się w kraju i za granicą opracowań naukowych. O randze Politechniki Warszawskiej świadczą liczne umowy o współpracy z innymi uczelniami, wymiana kadry i studentów oraz wspólne programy badawcze.



Komitety konferencji

Komitet honorowy

1. płk Piotr Gąstał – Dowództwo Generalne Rodzajów Sił Zbrojnych
2. dr inż. Ryszard Kardasz – Prezes Zarządu PCO S.A.
3. Bartosz Kownacki – Sekretarz Stanu w MON
4. gen. bryg. Zygmunt Mierczyk – Wojskowa Akademia Techniczna
5. Arkadiusz Siwko – Prezes Zarządu PGZ S.A.
6. Waldemar Skowron – Prezes Zarządu Mesko S.A.
7. Adam Struzik – Marszałek Województwa Mazowieckiego
8. prof. dr hab. inż. Jan Szmidt – Rektor Politechniki Warszawskiej

Komitet naukowy

1. płk dr hab. inż. Sławomir Augustyn – Inspektorat Implementacji Innowacyjnych Technologii Obronnych
2. prof. dr hab. inż. Krzysztof Chrzanowski – INFRAMET
3. dr hab. inż. Łukasz Dziuda – Wojskowy Instytut Medycyny Lotniczej
4. dr Jacek Galas – Dyrektor INOS
5. dr hab. Agnieszka Iwan – Instytut Elektrotechniki – Wrocław
6. prof. dr hab. inż. Andrzej Jeleński – ITME
7. płk dr inż. Krzysztof Koczyński – Dyrektor Instytutu Optoelektroniki WAT
8. Mariusz Krawczak – PCO S.A.
9. prof. dr hab. inż. Małgorzata Kujawińska – Politechnika Warszawska
10. dr inż. Tomasz Mirosław – PCO S.A. – Przewodniczący
11. Stanisław Natkański – Członek Zarządu, Dyrektor Techniczny PCO S.A.
12. Adam Piotrowski – Prezes Zarządu Vigo System S.A.



13. prof. Ryszard Romaniuk – Stowarzyszenie Elektryków Polskich
14. Karol Szyszkiewicz – PCO S.A. – Sekretarz
15. dr inż. Stanisław Walicki – Dyrektor Departamentu Nauki i Szkolnictwa Wojskowego MON
16. prof. dr hab. inż. Tomasz Woliński – Polskie Stowarzyszenie Fotoniczne
17. Jerzy Wiśnioch – PCO S.A.
18. płk dr inż. Maciej Zając – Inspektorat Uzbrojenia

Komitet organizacyjny

Dział Komunikacji i PR, PCO S.A.

1. Aleksandra Celer – Przewodniczący
2. Paulina Denis-Dyoniziak
3. Anna Jabłońska
4. Marita Pastuszka
5. Piotr Ciszewski



Patroni i sponsorzy konferencji

Patronat honorowy

Sekretarz Stanu w MON



Patronat medialny

Agencja Lotnicza Altair



Sponsorzy

VIGO System S.A.



Fibrain Sp z o.o.



CRW Telesystem Mesko



Optoelektronika w programach modernizacyjnych MON

Stanisław Natkański, PCO S.A.

Streszczenie

Natura współczesnych konfliktów zbrojnych stawia nowe wyzwania technologiczne przed uzbrojeniem, umożliwiającym efektywne działania sił zbrojnych przeciwdziałającym pojawiającym się zagrożeniom, w tym również asymetrycznym. Wymusza to dostosowanie potencjału technologicznego przemysłu obronnego do pojawiających się potrzeb. Technologie optoelektroniczne odgrywają istotną rolę w budowaniu zdolności sił zbrojnych, mają w tym procesie ugruntowaną pozycję. PCO S.A. w przeciągu ostatnich 10–ciu lat, dzięki dużemu wysiłkowi ekonomicznemu, stałemu unowocześnianiu i rozwijaniu bazy produkcyjnej oraz badawczej, zaangażowaniu kadry inżynierskiej i zarządzającej, osiągnęło stopień rozwoju, który umożliwia sprostanie potrzebom programów modernizacyjnych MON i zarazem dołączenie do firm europejskich dysponujących innowacyjnymi, nowoczesnymi technologiami optoelektronicznymi. Budowana przez

lata pozycja rynkowa Spółki, wspierana przez współpracujące ośrodki naukowo–badawcze, a także wzbogacana efektami współpracy międzynarodowej, stworzyła solidne podstawy umożliwiające skuteczne podejmowanie wyzwań technologicznych zaspakajających zdefiniowane potrzeby w obszarze szeroko rozumianej optoelektroniki poszczególnych rodzajów sił zbrojnych. PCO S.A., jest jedyną na krajowym rynku firmą optoelektroniczną o potencjale zdolnym opracować i produkować seryjnie urządzenia optoelektroniczne na potrzeby modernizacyjne MON, zapewnić utrzymanie dostarczanego sprzętu w gotowości technicznej, a także jego przyszłe modernizacje w wieloletniej perspektywie czasowej. Wystąpienie będzie próbą konfrontacji rzeczywistych osiągnięć Spółki z bieżącymi potrzebami MON oraz planów rozwojowych PCO S.A. w kontekście Planu Modernizacji Technicznej Sił Zbrojnych RP.



Postępy w technologii włókien i kabli światłowodowych w kontekście wyzwań w zakresie bezpieczeństwa narodowego

Michał Dłubek, Fibrain Sp. z o.o.

Streszczenie

Postępująca digitalizacja i uzależnienie od dostępu do sieci i przesyłu danych nie ominęły także wojska. Współczesna armia polega prawdopodobnie w równej mierze na informacji, jak na klasycznym uzbrojeniu. Jednocześnie każda armia posiada bardzo specyficzne wymagania dotyczące funkcjonalności obsługiwanej infrastruktury, często zwracając przy tym uwagę na jej pochodzenie. Potencjał rodzimych producentów i możliwości dostosowania oferowanych rozwiązań do konkretnych taktycznych i strategicznych

wymagań armii są w tym kontekście nie do przecenienia. Z drugiej strony, postęp techniczny sprawił, że standardowe włókno światłowodowe, przez długi czas traktowane jako niemożliwe do podsłuchania bez detekcji intruzji jest w tym momencie w praktyce podsłuchiwalne, co może w wielu przypadkach stanowić istotne zagrożenie. Dostępne obecnie nowe technologie i typy włókien światłowodowych, w tym produkowanych w Polsce, to zagrożenie potrafią skutecznie wyeliminować.



Wykorzystanie analizy termograficznej na potrzeby akcji ratowniczo–gaśniczej

mt. bryg. dr inż. Adam Krasuski, Szkoła Główna Straży Pożarnej

Streszczenie

Akcja ratowniczo–gaśnicza jest uznawana jako jedno z najtrudniejszych środowisk decyzyjnych. Dowódca akcji obciążony presją mentalną oraz czasu musi podejmować szybkie i trafne decyzje.

Miejsce akcji charakteryzuje się dużą trudnością w pozyskaniu wiarygodnych informacji, które są kluczowe w procesie podejmowania decyzji. Zadymienie, temperatura oraz wiele innych czynników powoduje, że dowódca często musi bazować na przypuszczeniach. Błędy natomiast w procesie podejmowania decyzji pociągają za sobą poważne konsekwencje.

Kluczową informacją dla dowódcy jest lokalizacja osób poszkodowanych oraz dynamika rozwoju pożaru. Automatyczna detekcja oraz lokalizacja ludzi na podstawie analizy obrazu z kamer termograficznych jest znana i rozwijana od dawna. Jednakże w środowisku pożaru, gdzie rozkład

temperatury otoczenia jest zmienny, nabiera ona nowego trudniejszego kontekstu.

Dynamika pożaru określana jest poprzez parametr zmiany mocy pożaru w czasie. Zmiany te zostawiają swój unikalny ślad temperaturowy na przegrodach budowlanych. Odpowiednia analiza termograficzna tych śladów pozwala na przewidzenie dalszego rozwoju pożaru.

W ramach wystąpienia zaprezentowane zostaną doświadczenia zdobyte podczas realizacji projektu badawczo–rozwojowego: „Nowoczesne narzędzia inżynierskie do wspomagania decyzji przeznaczone dla dowódców podczas działań ratowniczo–gaśniczych PSP w obiektach budowlanych”, w zakresie wykorzystania termografii do lokalizacji osób w środowisku pożaru oraz szacowania parametrów pożaru.



Perspektywy produkcji azotkowych diod laserowych i ich matryc w Polsce

Michał Leszczyński, Piotr Perlin, Krzysztof Węgrzyn TopGan Lasers

Streszczenie

Po technologii BluRay używająca diody laserowe 405 nm, azotkowe lasery UV, niebieskie i zielone (370–530 nm) znajdują zastosowanie w białym oświetleniu zastępując w wielu przypadkach LEDy, w komunikacji „Ostatniej mili”, w projektorach RGB. Oprócz tych olbrzymich masowych rynków, azotkowe diody laserowe będą wykorzystywane w zegarach atomowych (komunikacja GPS), w przemyśle drukarskim, chemicznym, do spektroskopii i wykrywania materiałów śladowych, do komunikacji podwodnej, i w wielu innych dziedzinach.

Firma TopGaN bazuje na wielu unikatowych technologiach opracowanych w Polsce i może się pochwalić wieloma osiągnięciami, m.in., bardzo dużymi mocami (kilka watów mocy optycznej) matryc laserowych, nie produkowanych dotychczas przez konkurentów (Nichia, Osram). Rozpo-



częcie masowej produkcji jest planowane na lata 2017–2018. Celem prezentacji będzie zaprezentowanie polskim firmom planów produkcyjnych TopGaNu, co powinno umożliwić im opracowanie nowych produktów na bazie nowych generacji laserów i ich matryc.



Lasery systemy GasEye do detekcji substancji niebezpiecznych w procesach przemysłowych i w atmosferze

dr Paweł Kluczyński, Krzysztof Siembab, Janusz Dereżyński, Dominik Łuczak, Adrian Wójcik, Airoptic Sp. z o.o.

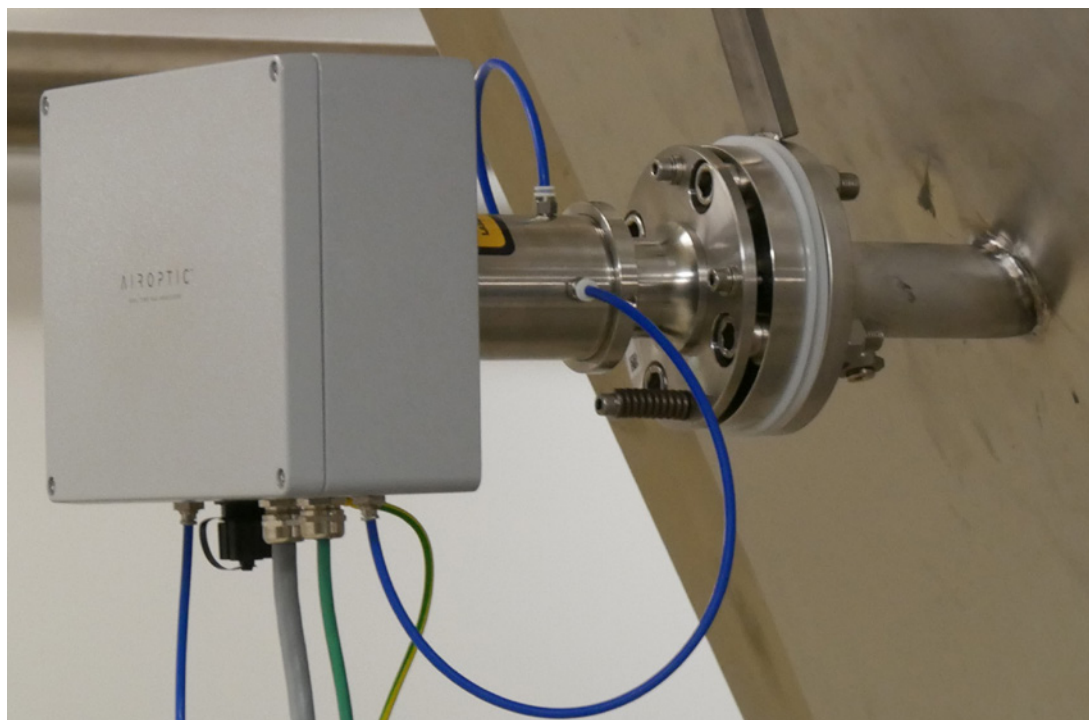
Spektrometry laserowe GasEye firmy Airoptic Sp. z o.o. wykorzystywane są do szybkiej i precyzyjnej analizy gazów bezpośrednio w procesach przemysłowych i w atmosferze. Systemy te w szczególności nadają się do pomiaru stężenia substancji, których nawet śladowa obecność stanowi bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia i życia ludzkiego albo wskazuje na powstanie innego zagrożenia, np. zagrożenia wybuchem. Przykładami takich aplikacji są m.in. pomiar in-situ par formaldehydu w procesie produkcji płyt wiórowych z dokładnością kilkunastu części na miliard oraz szybka detekcja śladowych ilości tlenu węgla do wczesnego wykrywania zarzewi ognia w procesie przemysłowym (Rys. 1). Dzięki pomiarowi bezpośrednio w procesie i czasowi reakcji instrumentu na poziomie kilku milisekund, system GasEye pozwala na prawie natychmiastowe i selektywne wykrycie śladowych ilości substancji niezależnie od innych składników obecnych w badanej mieszance gazowej. W przeciwieństwie do tradycyjnych analizatorów stosowanych w przemyśle np. analizatorów niedyspersyjnych (NDIR), systemy laserowe GasEye charakteryzują się ponadto zaniedbywalnym dryfem zera, i pracują non-stop bez potrzeby ponownej kalibracji, dzięki wbudowanej układowi autokalibracji. Mogą poza tym mierzyć w warunkach słabej widoczności, bezpośrednio w procesach

i atmosferze, przy zapyleniach sięgających nawet kilkudziesięciu g/m^3 .

Firma Airoptic jako jedna z pierwszych na świecie zastosowała lasery ICL (ang. interband cascade lasers) na średniej podczerwieni w komercyjnym produkcie, co pozwoliło na detekcję takich związków jak formaldehyd czy węglowodory na poziomie ppb [1–2]. Firma opracowała ponadto technologię do zdalnego pomiaru par alkoholu w kabinach samochodów, na której powstał system GasEye EtOH [3].

Firma kładzie duży nacisk na działalność badawczo-rozwojową w zakresie tworzenia nowych metod i systemów do optycznej detekcji substancji. Firma uczestniczy w programach badawczych i współpracuje z największymi ośrodkami w Polsce i Europie przy opracowywaniu nowych źródeł światła i detektorów na średniej podczerwieni z zastosowaniem do pomiaru gazów. W ramach prac badawczo-rozwojowych powstaje obecnie m.in. system do szybkiej detekcji węglowodorów bezpośrednio w procesach petrochemicznych, w oparciu o szerokoprzejrzalne źródła laserowe na średniej podczerwieni. System ten ma docelowo wyprzeć powolne, skomplikowane i kosztowne obecnie stosowane chromatografy gazowe (GC) i przemysłowe spektrometry fourierowskie (FTIR).





Rysunek 1: System GasEye cross duct CO/CH₄ firmy Airoptric Sp. z o.o. monitorujący śladowe ilości tlenku węgla i metanu bezpośrednio w zapyłonym procesie przemysłowym

Literatura

- [1] Pawel Kluczynski, Stefan Lundqvist, Sofiane Belahsene, Yves Rouillard, Lars Nähle, Marc Fisher, Johannes Koeth, "Detection of propane using tunable diode laser spectroscopy at 3.37 μm ," Applied Physics B 108 (1), 183–188 (2012).
- [2] Stefan Lundqvist, Pawel Kluczynski, Robert Weih, Michael von Edlinger, Lars Nähle, Marc Fischer, Adam Bauer, Sven Höfling, and Johannes Koeth, „Sensing of formaldehyde using a distributed feedback interband cascade laser emitting around 3493 nm,” Applied Optics 51 (25), 6009–6013 (2012).
- [3] Pawel Kluczynski, Stefan Lundqvist, "Method and apparatus for remote detection of alcohol vapor in the atmosphere", U.S. Pat. 9,068,885 (2015).



Państwowy system badań optoelektronicznych urządzeń obrazujących i laserowych

prof. dr hab. inż. Krzysztof Chrzanowski, INFRAMET

Streszczenie

W referacie zaprezentowano doświadczenia firmy Inframet z dostawy systemu zestawów do badań optoelektronicznych urządzeń obrazujących i laserowych wraz z dodatkowym wyposażeniem do rekalkibracji. System ten może stanowić podstawę do budowy państwowego systemu badań i certyfikacji kamer termowizyjnych, kamer

wizyjnych, przyrządów noktowizyjnych, wzmacniaczy obrazu i dalmierzy laserowych.

Słowa kluczowe: kamery termowizyjne, kamery VIS–NIR, przyrządy noktowizyjne, dalmierze laserowe, metrologia.

Wstęp

Inframet jest jednym ze światowych liderów w zakresie aparatury kontrolno–pomiarowej do badań optoelektronicznych urządzeń obrazujących i laserowych. Zestawy kontrolno pomiarowe produkowane przez firmę zostały wyeksportowane do ponad 40 krajów świata. Wielu znanych producentów optoelektronicznych urządzeń obrazujących i laserowych znajduje się na liście klientów firmy. Jednakże zrealizowane dostawy to zwykle zamówienia pojedynczego, dwóch czy trzech zestawów kontrolno–pomiarowych dla tego samego odbiorcy. W tej sytuacji prawdziwym wyzwaniem dla firmy było zamówienie na dostawę pięciu zaawanso-

wanych zestawów kontrolno–pomiarowych wraz z dodatkowym wyposażeniem do ich rekalkibracji. W praktyce było to zamówienie prawie kompletnego systemu do badań optoelektronicznych urządzeń obrazujących i laserowych dla jednego z krajów Dalekiego Wschodu. Należy podkreślić że byliśmy zobowiązani do dostarczenia dodatkowego wyposażenia pomiarowego, które umożliwi rekalkibrację naszej aparatury z wykorzystaniem typowego wyposażenia metrologicznego państwowych instytutów metrologicznych.

Zestawy kontrolno–pomiarowe

Zgodnie z zamówieniem do obowiązków firmy Intranet należało dostarczenie serii zestawów kontrolno–pomiarowych:

1. Zestaw DT150Z do badań kamer termowizyjnych,
2. Zestaw TVT150X do badań kamer wizyjnych,
3. Zestaw Nimax B5 do badań przyrządów noktowizyjnych,
4. Zestaw ITS–IP/D do badań wzmacniaczy obrazu,

5. Zestaw LTE–B do badań dalmierzy laserowych.

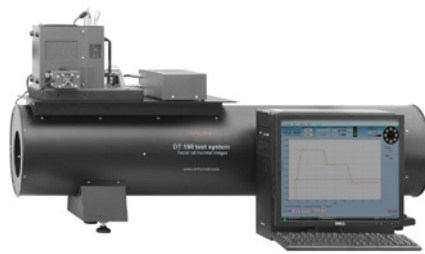


Inframet jest jednym ze światowych liderów w zakresie aparatury kontrolno-pomiarowej do badań optoelektronicznych urządzeń obrazujących i laserowych. Zestawy kontrolno pomiarowe produkowane przez firmę zostały wyeksportowane do ponad 40 krajów świata. Wielu znanych producentów optoelektronicznych urządzeń obrazujących i laserowych znajduje się na liście klientów firmy. Jednakże zrealizowane dostawy to zwykle zamówienia pojedynczego, dwóch czy trzech zestawów kontrolno-pomiarowych dla tego samego odbiorcy. W tej sytuacji prawdziwym wyzwaniem dla firmy było zamówienie na dostawę pięciu zaawansowanych zestawów kontrolno-pomiarowych wraz z dodatkowym wyposażeniem do ich recalibracji. W praktyce było to zamówienie prawie kompletnego systemu do badań optoelektronicznych urządzeń obrazujących i laserowych dla jednego z krajów Dalekiego Wschodu. Należy podkreślić że byliśmy zobowiązani do dostarczenia dodatkowego wyposażenia pomiarowego, które umożliwi recalibrację naszej aparatury z wykorzystaniem typowego wyposażenia metrologicznego państwowych instytutów metrologicznych.

Możliwości pomiarowe wyżej wymienionych zestawów są następujące:

1. Zestaw DT 150Z: pomiar MRTD, MTF, NETD, FOV, jednorodność, dystorsja, 3DNoise, NPSD, matwe piksele, PVF, SRF, ATF, SNR,
2. Zestaw TVT 150X: pomiar resolution, MRC, MTF, dystorsja, FOV, czułość, SNR, NEI, FPN, jednorodność, funkcja odpowiedzi, liniowość,
3. Zestaw NIMAX B5: Pomiar rozdzielczość, MRC, wzmocnienie jaskrawości, skazy obrazu, błędy kolimacji, powiększenie, pobór prądu, MTF, SNR.
4. Zestaw ITS-IP/D: pomiar rozdzielczość, MTF, SNR, wzmocnienie luminancji, skazy obrazu, nie jednorodność, Halo, wymiar fotokatody, błąd zjustowania, dystorsja, powiększenie, pobór prądu, EBI
5. Zestaw LTE-B: pomiar ER (współczynnik ekstynkcji), energia impulsu, mojc szczytowa impulsu, szerokość impulsu, PRF, dokładność pomiaru odległości, czułość odbiornika.

Jak powyżej zaprezentowano, omawiane zestawy kontrolno-pomiarowe umożliwiają pomiar długiej serii parametrów optoelektronicznych urządzeń obrazujących i laserowych. Należy jednak zaznaczyć że ich użytkownik zamierza uzyskać



Rys. 1. Fotografia zestawu DT 150Z do badań kamer termowizyjnych



Rys. 2. Fotografia zestawu TVT150X do badań kamer wizyjnych



Rys. 3. Fotografia zestawu Nimax B5 do badań przyrządów noktowizyjnych



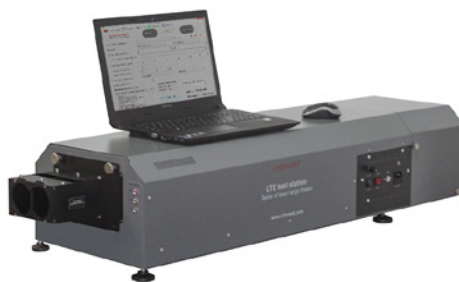
Rys. 4. Fotografia zestawu ITS-IP do badań wzmacniaczy obrazu

akredytację tylko na wybrane parametry w celu zminimalizowania kosztów uzyskania i utrzymania akredytacji.



Możliwości pomiarowe wyżej wymienionych zestawów są następujące:

1. Zestaw DT 150Z: pomiar MRTD, MTF, NETD, FOV, jednorodność, dystorsja, 3DNoise, NPSD, matwe piksele, PVF, SRF, ATF, SNR;
2. Zestaw TVT 150X: pomiar resolution, MRC, MTF, dystorsja, FOV, czułość, SNR, NEI, FPN, jednorodność, funkcja odpowiedzi, liniowość;
3. Zestaw NIMAX B5: Pomiar rozdzielczość, MRC, wzmocnienie jaskrawości, skazy obrazu, błędy kolimacji, powiększenie, pobór prądu, MTF, SNR;
4. Zestaw ITS-IP/D: pomiar rozdzielczość, MTF, SNR, wzmocnienie luminancji, skazy obrazu, nie jednorodność, Halo, wymiar fotokatody, błąd zjustowania, dystorsja, powiększenie, pobór prądu, EBI;
5. Zestaw LTE-B: pomiar ER (współczynnik ekstynkcji), energia impulsu, mojc szczytowa impulsu, szerokość impulsu, PRF, dokładność pomiaru odległości, czułość odbiornika.



Rys. 5. Fotografia zestawu LTE-B do badań dalmierzy laserowych

Jak powyżej zaprezentowano, omawiane zestawy kontrolno-pomiarowe umożliwiają pomiar długiej serii parametrów optoelektronicznych urządzeń obrazujących i laserowych. Należy jednak zaznaczyć że ich użytkownik zamierza uzyskać akredytację tylko na wybrane parametry (pogrubiona czcionka) w celu zminimalizowania kosztów uzyskania i utrzymania akredytacji.

Rekalibracja aparatury kontrolno-pomiarowej

Inframet proponował zastosowanie przez użytkownika do cyklicznej rekalibracji dostarczonych zestawów kontrolno-pomiarowych z wykorzystaniem dwóch metod:

1. Badania porównawcze wzorcowych optoelektronicznych urządzeń obrazujących/laserowych;
2. Rekalibracja kluczowych bloków dostarczonych zestawów kontrolno-pomiarowych z wykorzystaniem certyfikowanych narzędzi pomiarowych.

Pierwsza metoda polega na porównaniu wyników badań zestawu wzorcowych urządzeń (kamera termowizyjna, kamera wizyjna, przyrząd noktowizyjny, wzmacniacz obrazu, dalmierz laserowy) uzyskanych przez użytkownika aparatury firmy Inframet z wynikami badań tych samych urządzeń przeprowadzonych przez czołowe laboratoria w EU specjalizujące się w zakresie metrologii optoelektronicznych urządzeń obrazujących i laserowych. Zestaw wzorców zoptymalizowany do badań porównawczych został przekazany do klienta.

Druga metoda polega na wykorzystaniu serii narzędzi pomiarowych powiązanych łańcuchem metrologicznych porównań ze wzorcami jednostek

miar wybranych wielkości fizycznych dostępnych w typowych państwowych instytutach metrologicznych.

Inframet dostarczył serię certyfikowanych narzędzi pomiarowych powiązanych łańcuchem metrologicznych porównań względem wzorców jednostek miar w EU:

1. Miernik temperatury;
2. Miernik luminancji;
3. Źródło promieniowania polichromatycznego o temperaturze barwowej 2850 K (wzorec luminancji wysokiego poziomu);
4. Tłumik promieniowania optycznego (konwerter wzorca luminancji wysokiego poziomu na wzorec natężenie oświetlenia niskiego poziomu);
5. Ultraczuły miernik natężenia oświetlenia;
6. Wzorcowy cel kalibracyjny o znanym współczynniku odbicia dyfuzyjnego;
7. Zestaw wzorcowych tłumików promieniowania laserowego.

Wyżej wymienione narzędzia pomiarowe mogą być sprawdzane w typowych instytutach metrologicznych, a jednocześnie pozwalają one na rekalibrację głównych bloków dostarczonych zestawów kontrolno-pomiarowych.



Wnioski

W naszym kraju trwają obecnie prace nad stworzeniem państwowego systemu certyfikacji optoelektronicznych urządzeń obrazujących i laserowych takich jak kamery termowizyjne, kamery wizyjne, przyrządy noktowizyjne, dalmierze laserowe i systemy wielo-sensorowe. W tej sytuacji nasze

doświadczenia mogą być przydatne i interesujące dla instytucji naukowych oraz krajowych producentów sprzętu optoelektronicznego pracujących nad stworzeniem wyżej wymienionego systemu zabezpieczenia metrologicznego.



Polskie technologie światłowodowe dla obronności Polski

Tomasz Nasitowski, InPhoTech Sp. z o.o.

Streszczenie

Łączność światłowodowa stanowi podstawę współczesnej telekomunikacji, a czujniki światłowodowe oraz światłowodowe źródła światła znajdują szerokie zastosowanie w wielu gałęziach gospodarki. Również w nowoczesnym przemyśle obronnym innowacyjne techniki

światłowodowe mogą stać się istotnym elementem decydującym o przewadze nad konkurencyjnymi rozwiązaniami.

Słowa kluczowe: światłowody, czujniki światłowodowe, lasery światłowodowe

Wstęp

Szybka i niezawodna komunikacja, przetwarzanie wielu pakietów informacji na raz, zbieranie informacji na temat odległych miejsc za pomocą wielu sensorów, łączenie wszystkich urządzeń w sieć, zdalne i niezawodne sterowanie nimi, to jedne z głównych elementów współczesnych systemów zbrojeniowych. Stąd też, pomimo wyśrubowanych wymagań dla nowych technologii, światłowody coraz chętniej są używane w przemyśle obronnym. Główne zalety światłowodów, w porównaniu

do technologii kabli miedzianych oraz komunikacji bezprzewodowej to:

- niezawodność i niskie straty na dużych odległościach,
- duża gęstość przesyłanej informacji,
- mała waga włókna oraz niski pobór mocy systemów nadawczo–odbiorczych,
- nieczułość na zakłócenia elektromagnetyczne oraz nie generowanie zakłóceń,
- bezpieczeństwo w środowisku wybuchowym.

Światłowody do zastosowań telekomunikacyjnych

Dzięki tym zaletom, w siłach zbrojnych światłowody mogą być z powodzeniem użyte do szybszej i bardziej niezawodnej komunikacji stacjonarnej oraz mobilnej, operującej w obecności dużych pól elektromagnetycznych np. od wiązek radarowych, czy impulsu elektromagnetycznego, jak i pracującej w pobliżu materiałów wybuchowych. W zastosowaniach komunikacyjnych nie bez znaczenia, szczególnie na dużych odległościach, staje się możliwość podsłuchania przekazywanych informacji. Opracowany przez nas światłowód wielordzeniowy, jest bezpośrednią odpowiedzią na to zagrożenie. Dzięki zwiększeniu ilości rdzeni z jednego do siedmiu wewnątrz jednego włókna światłowodowego, możliwe jest

siedmiokrotne zwiększenie gęstości przesyłu informacji. Z drugiej strony, możliwe jest maskowanie przesyłanego sygnału w jednym rdzeniu, za pomocą fałszywych sygnałów przesyłanych w innych rdzeniach. Dodatkowo, dzięki zastosowaniu specjalnej mikrostruktury wewnątrz tego światłowodu, jest on ekstremalnie nieczuły na zgięcia i wyciekanie światła, a co za tym idzie podsłuchiwanie, staje się praktycznie niemożliwe. Z punktu widzenia zastosowań mobilnych układów komunikacyjnych, istotne jest również 7-krotne zmniejszenie ilości okablowania, co zmniejsza wagę systemu, ale i usprawnia sam proces montażu i łączenia elementów.



Światłowody dla zastosowań czujnikowych i w nowoczesnych źródłach światła

Jednocześnie, światłowody specjalne mogą być wykorzystane jako element czujnikowy w sensorach ciśnienia, temperatury, czy naprężeń. Pomiar taki może być wykonywany w trybie punktowym za pomocą światłowodowych siatek Bragga lub w systemie pomiaru rozłożonego, za pomocą technik rozproszonych, na wielu kilometrach. Głównymi zaletami takiego systemu jest możliwość integracji w złożone układy, np. monitorowania dużych obszarów chronionych, oraz jego niewielki rozmiar. Światłowód bowiem, będąc sam w sobie czujnikiem oraz transmi-

terem informacji, nie potrzebuje dodatkowego okablowania.

Światłowody odgrywają również ważną rolę w dziedzinie nowoczesnych źródeł światła. Zastosowanie światłowodów specjalnych do laserów wysokiej mocy, pozwala na osiągnięcie urządzenia o małych rozmiarach i wadze, z jednoczesną dużą stabilnością pracy i odpornością na wstrząsy. Jest to niezwykle istotne w mobilnych zastosowaniach laserów zarówno jako broni, jak i narzędzia dla wojsk inżynieryjnych.

Podsumowanie

Niezwykle istotny jest fakt, iż opisywane technologie światłowodów specjalnych są technologiami rodzimymi, rozwijanymi niezależnie od innych krajów, o jednoczesnym wysokim poziomie innowacyjnym w skali świata. Zastosowanie tych technologii mogłoby pozwolić na

podniesienie poziomu zdolności operacyjnych Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej oraz uzyskanie znaczącej przewagi nad potencjalnymi konkurentami w technikach ważnych dla bezpieczeństwa kraju.



Detektory supersieciowe InAs/GaSb na zakres średniej podczerwieni

Agata Jasik, Iwona Sankowska, Krzysztof Czuba, Ewa Papis–Polakowska, Maciej Sakowicz, Janusz Kaniewski, Instytut Technologii Elektronowej

Streszczenie

W referacie omówione zostaną badania prowadzone w Instytucie Technologii Elektronowej nad nowym typem półprzewodnikowych niechłodzonych detektorów na podczerwień, bazujących na supersieciach II rodzaju (SLs) wytwarzanych z heterostruktur InAs/GaSb. Charakteryzują się stłumioną rekombinacją Augera, co skutkuje mniejszymi prądami ciemnymi i większą detekcyjnością. Dobrze opanowana w ITE technologia otrzymywania związków AIIIIBV gwarantuje jednorodność na dużej po-

wierzchni, co pozwala na wykonywanie matryc detektorów. Zainteresowanie tymi strukturami wynika z faktu, że zgodnie z dyrektywami Unii Europejskiej stosowane obecnie detektory z HgCdTe będą w najbliższej przyszłości stopniowo wycofywane z rynku z powodu zawartości toksycznych pierwiastków rtęci i kadmu.

Słowa kluczowe: MBE, supersieci InAs/GaSb, detektory niechłodzone, średnia podczerwień

Wstęp

Optoelektronika półprzewodnikowa pozostaje jedną z ważniejszych dziedzin rozwijanych w ITE. Na I Konferencji Optoelektronicznej przedstawiono prace prowadzone w ITE nad laserami kaskadowymi emitującymi w pasmie średniej podczerwieni. Niniejsza prezentacja dotyczy drugiej gałęzi optoelektroniki półprzewodnikowej, a mianowicie detektorów. Rozwój detektorów podczerwieni działających w zakresie długości fal 3–15 μm jest bowiem ważny z punktu widzenia wielu zastosowań zarówno przemysłowych jak i wojskowych. Obecnie

produkowane systemy detekcji promieniowania podczerwonego wykorzystują przyrządy wykonane z tellurku kadmu i rtęci, antymonku indu a także kwantowe fotodetektory podczerwieni. Mający miejsce ostatnio duży postęp w technologii supersieci II rodzaju z InAs/GaSb może spowodować, że przyrządy na ich bazie staną się w niedalekiej przyszłości dominującymi fotodetektorami w zakresie widmowym średniej 3–5 μm , a przede wszystkim dalekiej 8–12 μm podczerwieni.



1. SLs II rodzaju InAs/GaSb

1.1 Własności SLs

Przerwa energetyczna w supersieciach II rodzaju InAs/GaSb zależy od grubości warstw, co pozwala na uzyskiwanie wysokiej jednorodności przestrzennej struktur. Supersieci te charakteryzują się dużą masą efektywną elektronu oraz małą szybkością generacji w procesie Auger [1]. Za skrócenie czasów życia nośników w tym systemie materiałowym odpowiedzialne są głównie procesy Shockleya–Reada–Halla (SRH) [2]. Pochodzenie centrów rekombinacyjnych SRH nie jest wystarczająco dobrze poznane, wiąże się

z defektami występującymi zarówno w materiałach warstw jak i na ich międzypowierzchniach.

Jednym z kluczowych zagadnień wytwarzania supersieci InAs/GaSb są naprężenia sieci w strukturze [3]. Naprężenia wprowadzane przez warstwę InAs kompensowane są przez obszary międzyfazowe o odpowiednim typie/materiale i grubości. Grubości warstw i obszarów międzyfazowych są projektowane i kontrolowane podczas wzrostu struktur z dokładnością do jednej warstwy atomowej.

1.2 Wytwarzanie SLs

Heterostrukтуры detektorów wytwarzano za pomocą epitaksji z wiązek molekularnych (MBE). Na wyposażeniu ITE znajdują się dwa reaktory MBE, w tym RIBER 32P dedykowany związkom z antymonem (rys.1). Reaktor wyposażony jest w klasyczne komórki efuzyjne dla pierwiastków z grupy III (In, Ga) i komórki krakerowe dla pierwiastków z gr. V (As, Sb).

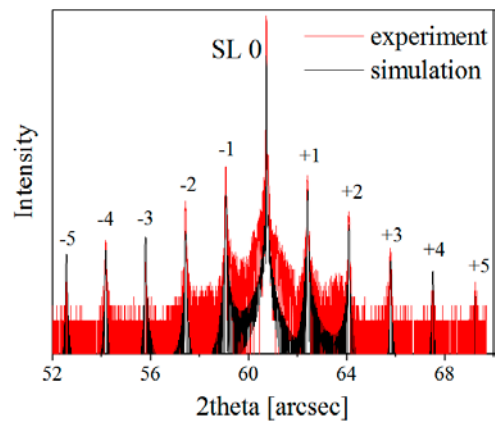


Rys.1. Urządzenie RIBER 32P do krystalizacji heterostruktur metodą MBE

Warunki technologiczne wytwarzania supersieci nie są optymalne dla żadnego z materiałów SL. Jakość krystaliczną struktur, naprężenia sieci, grubość i skład warstw kontrolowano za pomocą wysokorozdzielczej dyfraktometrii rentgenowskiej na urządzeniu X'Pert PRO firmy PANalytical. W uzupełnieniu badań strukturalnych, wykonano

charakteryzację optyczną wykorzystując do tego celu spektroskopię luminescencyjną.

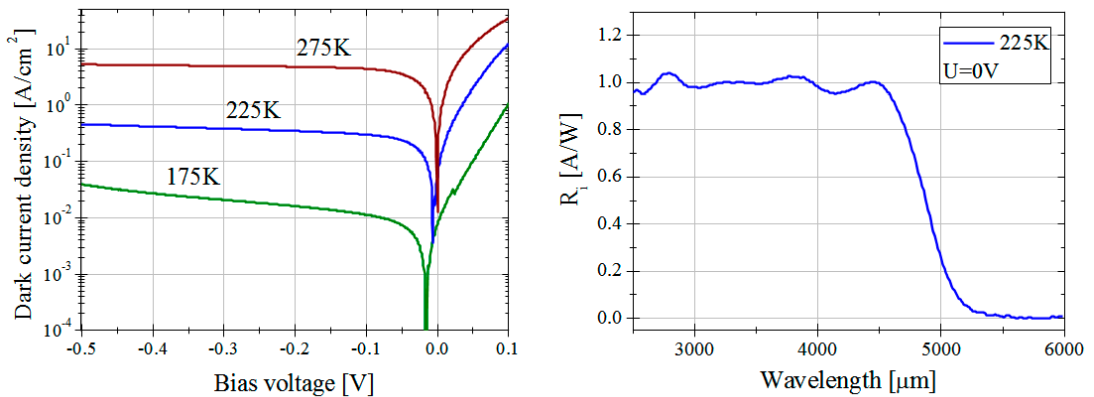
Wyniki uzyskane za pomocą dyfraktometrii rentgenowskiej pokazują krzywą złożoną z pików satelitarnych aż do piątego rzędu i pików interferencyjnych świadczących o zachowaniu periodyczności i płaskorównoległości płaszczyzn atomowych (rys. 2). Badania natężenia fotoluminescencji od mocy wzbudzenia pokazały zależność bliską liniowej, co świadczy o ekscytowanym mechanizmie rekombinacji w materiale, a tym samym o zredukowanej gęstości defektów.



Rys. 2. Krzywa dyfrakcyjna uzyskana dla SLs II rodzaju 10ML InAs/10ML GaSb



2. Detektory supersieciowe



Rys.1 Urządzenie RIBER 32P do krystalizacji heterostruktur metodą MBE

W efekcie przeprowadzonych badań wykonano detektory typu p-i-n na bazie SLs 10 ML InAs/10 ML GaSb. Przyrządy zoptymalizowano do pracy w zakresie średniofalowej podczerwieni (od 3 do 5 μm). Wyniki pomiarów detektorów o strukturze typu mesa o średnicy 300 μm dla kilku wybranych temperatur przed-

stawiono na powyższym rysunku. W tabeli 1 pokazano parametry detektora komercyjnie dostępnego [4] i wykonanego w ITE. Parametry detektora supersieciowego można uznać za zbliżone do parametrów detektora wykonanego z HgCdTe.

Tabela 1. Zestawienie parametrów detektorów wytworzonych na bazie SLs II rodzaju InAs/GaSb i wykonanego z HgCdTe [4] dla temperatury 225K

| Struktura | ϕ mesy [μm] | R_j [A/W] | $R_d A$ [Ω·cm²] | D^* [cm·Hz ^{1/2} W ⁻¹] |
|--------------|------------------|-------------|-----------------|---|
| MCT Vigo [4] | 100 | ≥1,3 | ≥0,1 | 9,0·10 ⁹ |
| SLs ITE | 300 | 1,13 | 3,3 | 3,5·10 ⁹ |

Podsumowanie

W najbliższej przyszłości w ITE kontynuowane będą prace nad przeniesieniem technologii detektorów bazujących na SL II rodzaju InAs/GaSb z zastosowaniem podłoża GaSb na podłoża z GaAs oraz nad opracowaniem tego rodzaju przyrządów pracujących w paśmie dalszej podczerwieni.

Prace zostały częściowo sfinansowane przez NCBiR w ramach projektu PBS1/B3/2/2012 oraz przez NCN w ramach projektu 2013/11/B/ST7/04341.



Literatura

- [1] Pidgeon C.R., Ciesla C. M., Murdin B. N., Suppression Of Non-Radiative Processes In Semiconductor Mid-Infrared Emitters and Detectors, *Prog. Quant. Electr.*, 1998, vol. 21, no. 5, pp. 361–419.
- [2] Klein B., Gautam N., Plis E., Schuler-Sandy T., Rotter T.J., Krishna S., Connelly B.C., Metcalfe G.D., Shen P., Wraback M., Carrier lifetime studies in midwave infrared type-II InAs/GaSb strained layer superlattice, *J. Vac. Sci. Technol. B*, 2014, vol. 32, no. 2, 02C101, pp7.
- [3] Li J.H., Stokes D.W., Wickett J.C, Caha O., Bassler K.E., Moss S.C., Effect of strain on the growth of InAs/GaSb superlattices: An x-ray diffraction study, *J.Appl. Phys.*, 2010, vol. 107, 123504, pp.9.
- [4] [http://www.vigo.com.pl/produkty/infrared-detectors/Detektory Fotowoltaiczne/pv-2te-series](http://www.vigo.com.pl/produkty/infrared-detectors/Detektory_Fotowoltaiczne/pv-2te-series).



Fotowoltaika wobec zaspokojenia potrzeb energetycznych – trendy, prace badawcze, stan aktualny

Paweł Kwaśnicki, ML System

Streszczenie

Potrzeby energetyczne świata oszacowane przez IEA na rok 2013 sięgnęły $3,89 \times 10^{20}$ J. Największym źródłem energii jak do tej pory wciąż są zasoby kopalne takie jak węgiel czy ropa naftowa i gaz, niemniej jednak w ostatnich dziesięcioleciach odnotowano ogromny wzrost udziału odnawialnych źródeł energii, szybszy niż w przypadku jakichkolwiek innych źródeł w całej historii.

Według danych z The Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21)–Global Status Report [1, 2, 3, 4, 5] wzrost inwestycji na odnawiane źródła energii w latach 2008–2015 był na poziomie 100 miliardów USD. W roku 2014 dzięki fotowoltaice generowano już 178 GW energii a rok później było to o 50 GW energii więcej i liczba ta rośnie z roku na rok. Jest to słuszny kierunek gdyż do powierzchni ziemi dociera ok 89 petawatów energii emitowanej przez słońce, wykorzystanie jedynie 0,02% wystarczyłoby na pokrycie zapotrzebowania energetycznego całej planety, dlatego też fotowoltaika jest tak istotnym elementem energetyki światowej.

Konwersja energii słonecznej na energię elektryczną odbywa się przy wykorzystaniu ogniw

fotowoltaicznych. Obecnie wyróżniamy 4 generacje ogniw: ogniwa pierwszej generacji to ogniwa krzemowe, których udział na rynku jest obecnie największy (ok 25%), II generacja to cienkowarstwowe ogniwa oparte na związkach miedzi, indy, galu i selenu (CIGS). Ogniwa III i IV generacji to ogniwa organiczne i polimerowe które zyskują coraz większą popularność z racji na ich cenę i łatwość produkcji. Coraz szerzej mówi się również o ogniwach perowskitowych oraz opartych na konwerterach w postaci struktur niskowymiarowych. Te ostatnie zyskują coraz większą uwagę dzięki swym unikatowym właściwościom. Shockley–Queisser limit który jest graniczną wartością sprawności ogniw o typowej konstrukcji pojedynczego złącza p–n może być znacznie przekroczony w przypadku ogniw opartych na kropkach kwantowych (QDs). Już w 2005r grupa Arthur’a Noziki z NREL pokazał sprawność kwantową ogniw opartych na QDs na poziomie 65% [6], co niemal 3 krotnie przewyższa sprawność najlepszych ogniw krzemowych. Prace nad QDSC wciąż trwają i szacuje się że za kilka lat ogniwa oparte na kropkach kwantowych mogą pojawić się w sprzedaży.

Literatura

- [1] REN21 (2011). „Renewables 2011: Global Status Report” (PDF). p. 15.
- [2] REN21 (2012). Renewables Global Status Report 2012 p. 17.
- [3] REN21 2013 Renewables Global Status Report” (PDF). Retrieved 30 January 2014.
- [4] REN21. „Renewables 2014: Global Status Report” (PDF). Archived from the original on 4 September 2014. Retrieved 20 January 2015.
- [5] http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf
- [6] R. J. Ellingson et.al., Nano Lett., 2005, 5 (5), pp 865–871



Rola fotoniki w bezpieczeństwie ruchu drogowego

prof. nzw. dr hab. inż. Jacek Dybała, Instytut Pojazdów, Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych, Politechnika Warszawska

Streszczenie

Szybki rozwój motoryzacji i postępująca urbanizacja wywiera bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo ruchu drogowego. Działania zmierzające do podniesienia poziomu bezpieczeństwa znalazły swój wyraz w idei Inteligentnych Systemów Transportowych, która zakłada współdziałanie inteligentnej infrastruktury drogowej z inteligentnymi pojazdami. Rozwiązania z zakresu fotoniki, interdyscyplinarnej dziedziny nauki i techniki łączącej dokonania optyki, elektroniki i informatyki

znakomicie wpisują się w koncepcję Inteligentnych Systemów Transportowych. W artykule przedstawiono szereg systemów, które znalazły swoje zastosowanie zarówno w inteligentnej infrastrukturze drogowej, jak i w inteligentnych pojazdach.

Słowa kluczowe: fotonika, bezpieczeństwo ruchu drogowego, inteligentna infrastruktura drogowa, inteligentny pojazd, systemy wizyjne

Wstęp

W dzisiejszych czasach większość ludzi korzysta codziennie z różnego rodzaju środków transportu, wśród których znaczący udział mają samochody. Z tego też względu trudno wyobrazić sobie współczesne życie bez samochodów. Szybki rozwój motoryzacji i postępująca urbanizacja wywiera bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo ruchu drogowego. Na drogach zginęły już setki tysięcy ludzi (w 2015 r. na drogach UE życie straciło 26 tys. osób [1]), a jeszcze więcej osób zostało rannych i nawet niepełnosprawnych. Rozległość konsekwencji i strat powodowanych wypadkami drogowymi oraz wymagania użytkowników odnośnie wydajności systemu transportowego sprawiły, że podjęte zostały działania zmierzające do podniesienia poziomu bezpieczeństwa zarówno całego systemu, jak i poszczególnych środków transportu. Działania te znalazły swój wyraz w koncepcji Inteligentnych Systemów Transportowych (ang. Intelligent Transport Systems – ITS) [2, 3], czyli systemów wspierających funkcjonowanie transportu zintegrowanymi rozwiązaniami

pomiarowymi, telekomunikacyjnymi i informatycznymi w celu zwiększenia bezpieczeństwa ruchu i efektywności transportu oraz ochrony zasobów środowiska naturalnego. Systemy te są intensywnie rozwijane zarówno w warunkach przemysłowych, jak i akademickich, a ich główną ideą jest współpraca inteligentnej infrastruktury drogowej z inteligentnymi pojazdami.

W związku z tym, że istotnym elementem Inteligentnych Systemów Transportowych są rozwiązania pomiarowe i informatyczne, jest zrozumiałe, że w ich koncepcję doskonale wpisują się rozwiązania z zakresu fotoniki, interdyscyplinarnej dziedziny nauki i techniki łączącej dokonania optyki, elektroniki oraz informatyki. Technologia fotoniczna, umożliwiająca realizację zadań z zakresu akwizycji, przetwarzania i analizy obrazów znajduje swoje zastosowanie zarówno w obszarze inteligentnej infrastruktury drogowej, jak i inteligentnych pojazdów.



Zastosowanie fotoniki w infrastrukturze drogowej

W koncepcji Inteligentnych Systemów Transportowych droga staje się drogą „inteligentną” – może obserwować, analizować, podejmować działania oraz wysyłać i odbierać komunikaty. Idea tych systemów uwzględnia zatem konieczność instalowania w infrastrukturze drogowej odpowiednich systemów sensorycznych. Wyposażenie infrastruktury transportowej w odpowiednie sensory może zapewnić efektywny monitoring prędkości pojazdów, pomiar natężenia ruchu, detekcję obecności pojazdów w obszarach niedozwolonych (wyodrębnione pasy komunikacji miejskiej, przejścia dla pieszych, przejazd przez pasy zieleni, jazda „pod prąd”), klasyfikację pojazdów i pomiar masy pojazdu w ruchu. Takie informacje są niezbędne do osiągnięcia zamierzonych celów: efektywniejszego wykorzystania istniejącej infrastruktury drogowej, poprawy warunków i komfortu podróżowania oraz zwiększenia bezpieczeństwa ruchu drogowego.

Wśród systemów sensorycznych instalowanych na drogach i wykorzystujących światło w celu pozyskiwania informacji podstawowe znaczenie mają kamery używane przede wszystkim do identyfikacji pojazdów, ale także do pomiaru natężenia ruchu (pomiar prędkości i kierunku ruchu pojazdów). W grupie urządzeń wykorzystujących kamery plasują się zarówno fotoradary fotografujące pojazdy, które przekraczają określoną prędkość w danym miejscu lub na danym odcinku (odcinkowy pomiar prędkości), jak i zaawansowane systemy monitoringu drogowego, którego przykładem może być system NeuroCar firmy Neurosoft wykorzystujący technologię sieci neuronowych. System Neurocar bazuje na wideodetekcji oraz wideoidentyfikacji, którą umożliwiają pomiarowe i poglądowe kamery Bosch. Obraz dostarczany przez kamery cyfrowe jest analizowany przez sieć neuronową [4]. Kamera pomiarowa pozwala na szczegółową identyfikację pojazdu i umożliwia nie



Rys. 1. Identyfikacja pojazdów w systemie NeuroCar firmy Neurosoft [5]

Infrastruktura drogowa wyposażana jest w różnego rodzaju systemy sensoryczne realizujące określone zadania pomiarowe. Stosowane są m.in.: radary mikrofalowe (detekcja pojazdów i pomiar ich prędkości, klasyfikacja pojazdów), sensory ultradźwiękowe (pomiar prędkości pojazdów), pętle indukcyjne i sensory piezoelektryczne (wykrycie obecności pojazdu, pomiar natężenia ruchu, pomiar prędkości i kierunku ruchu pojazdów, pomiar rozkładu masy pojazdów, klasyfikacja pojazdów) oraz światłowodowe systemy sensoryczne (detekcja oblodzenia nawierzchni, pomiar obciążenia lin nośnych mostów).

tylko wyznaczenie prędkości pojazdu (punktowej, a przy zastosowaniu dwóch kamer również przejazdowej) i rozpoznanie jego numeru rejestracyjnego oraz kraju pochodzenia, ale również określenie marki, modelu, koloru oraz typu pojazdu (osobowy, dostawczy, ciężarowy, autobus, motocykl, inny) (Rys. 1). Detekcja obecności pojazdu następuje w czasie krótszym niż 12 ms, a rozpoznanie tablicy rejestracyjnej w około 40 ms [4].

Kamera poglądowa służy natomiast do śledzenia ruchu pojazdów i na przykład wykrywania pojazdów, które poruszają się na czerwonym świetle oraz identyfikacji zdarzeń drogowych i wykroczeń. System pozwala na identyfikację



takich zdarzeń, jak jazda pod prąd, brak pasów czy rozmowa przez telefon. Może być wykorzystywany na przykład w sieciach automatycznych punktów kontrolnych na granicach i drogach krajowych, w systemach parkingowych i poboru opłat, a także kontroli dostępu do wyznaczonych stref.

Inną grupę wizyjnych systemów sensorycznych instalowanych na drogach są systemy wyko-

rzystujące promieniowaniu podczerwone. Są wśród nich zarówno systemy wykorzystujące promieniowanie podczerwone w sposób pasywny (liczenie przejeżdżających pojazdów, pomiar prędkości i długości pojazdów), jak i aktywne (określanie wymiarów pojazdów przed wjazdem pod most lub do tunelu – Rys. 2).



Rys. 2. System kontroli wysokości pojazdów przed wjazdem pod most wykorzystujący aktywną podczerwień [6, 7]

Zastosowanie fotoniki w pojazdach

Aby Inteligentne Systemy Transportowe mogły działać efektywnie, inteligentna infrastruktura drogowa musi mieć partnera w postaci inteligentnego pojazdu. Współczesne samochody są zatem wyposażane przez producentów w różne systemy pokładowe, a wiele z nich należy do kategorii systemów bezpieczeństwa oraz wspomagania jazdy. Zainteresowanie firm motoryzacyjnych systemami podnoszącymi bezpieczeństwo jazdy jest zrozumiałe w świetle informacji statystycznych, z których wynika, że aż w 90% wypadków ich przyczyna leży po stronie człowieka, a nie techniki [8]. W celu zapobiegania popełnianiu przez ludzi brzemiennych w skutkach błędów, konstruktorzy współczesnych pojazdów wprowadzają zaawansowane systemy wspomagania kierowców, a wiele z nich bazuje na wykorzystaniu systemów wizyjnych.

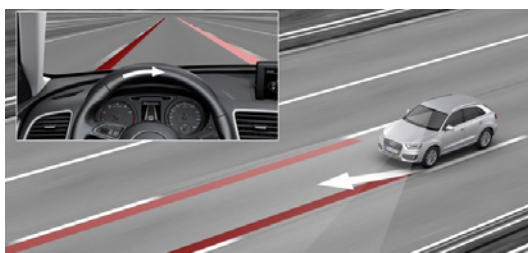
Trudno jest przecenić znaczenie przetwarzania informacji wizyjnej dla bezpieczeństwa ruchu drogowego. Wzrok jest jednym z podstawowych zmysłów, za pomocą którego człowiek odbiera bodźce ze świata i na ich podstawie definiuje

swoje zachowanie i reakcje. Analiza procesu pozyskiwania informacji za pomocą wzroku ujawnia jednak całą złożoność tego, co nazywamy patrzeniem i postrzeganiem. Zautomatyzowanie tego procesu jest bardzo trudne, może jednak przynieść wielkie korzyści. Urządzenia wyposażone w systemy realizujące „sztuczne widzenie”, czyli akwizycję, przetwarzanie, analizę i rozpoznawanie obrazów, mogą przyczynić się do zwiększenia bezpieczeństwa na drogach, a także sprawić, że długie podróże staną się mniej męczące i bardziej komfortowe. Czynnikiem wpływającym na szczególne zainteresowanie firm motoryzacyjnych zagadnieniami związanymi ze „sztucznym widzeniem” jest zwłaszcza rozwój pojazdów autonomicznych, które być może w niedalekiej przyszłości staną się podstawowym środkiem transportu drogowego.

Wśród systemów, które poprawiają nie tylko bezpieczeństwo, ale i komfort jazdy oraz wykorzystują informację wizyjną na szczególną uwagę zasługuje asystent pasa ruchu (ang. Lane Assist, Lane Keep Assist System, Lane Departure



Warning System), którego działanie opiera się na analizie linii namalowanych na jezdni i określających pas ruchu. Umieszczona z przodu pojazdu kamera „widzi” namalowane na jezdni linie (znakami poziome) i ustala zakres własnego pasa ruchu, w którym powinien znajdować się samochód. Gdy samochód zbliży się do jednej z linii ograniczającej pas ruchu lub ją przekroczy bez sygnalizacji kierunkowskazem, pojawia się ostrzegawczy dźwięk, zapala się kontrolka, występują delikatne vibracje na kierownicy lub w fotelu kierowcy, a w systemach aktywnych, z elektrycznym wspomaganie układu kierowniczego nastąpi delikatny skręt koła kierownicy w przeciwną stronę (Rys. 3.).



Rys. 3. Ilustracja działania asystenta pasa ruchu [9]

W niektórych przypadkach system może działać jak asystent skrętu, ponieważ na dużych łukach samochód przez pewien czas sam utrzymuje odpowiedni kąt skrętu kierownicy bez ingerencji kierowcy. System jest aktywny powyżej określonej prędkości jazdy, zazwyczaj od około 50 km/h [9]. Asystent pasa ruchu może nie działać prawidłowo w przypadku źle oznaczonej jezdni, małych promieni skrętu i niekorzystnych warunków pogodowych.

Innym interesującym systemem wykorzystującym informację wizyjną i poprawiającym bezpieczeństwo oraz komfort jazdy jest system rozpoznawania znaków drogowych (ang. Traffic Sign Recognition System, Traffic Sign Assist). Ponieważ kierowca może nie zawsze zauważyć znak umieszczony przy drodze, system ten ma za zadanie dostarczać osobie kierującej pojazdem informację przekazywaną przez mijane znaki drogowe. System wykorzystuje kamerę umieszczoną pomiędzy przednią szybą a lusterkiem wstecznym, która „widzi” drogę przed jadącym samochodem. Zastosowane metody przetwarzania, analizy i rozpoznawania obrazów umożliwiają wykrycie znaku drogowego, a następnie jego rozpoznanie (rozpoznanie jego kształtu, koloru oraz cyfr lub symboli

umieszczonych na znaku). Jeśli dany znak znajduje się w pamięci systemu (bazie danych), to zostaje on wyświetlony w postaci ikonki w centralnym punkcie deski rozdzielczej samochodu, pomiędzy głównymi tarczami wskaźników (Rys. 4). System potrafi segregować odczytane znaki nadając im różny priorytet i wyświetlać ten najistotniejszy w danej sytuacji drogowej [10].



Rys. 4. Ilustracja działania systemu rozpoznawania znaków drogowych [10]

Podstawową zaletą sprawnie działającego systemu rozpoznawania znaków drogowych jest przede wszystkim stałe informowanie kierowcy o ograniczeniach prędkości, zakazach i odwołaniach ograniczeń. Pojawiają się rozwiązania będące połączeniem adaptacyjnego tempomatu i systemu rozpoznającego ograniczenia prędkości. Kierowca mając na pokładzie samochodu taki złożony system, nie musi samodzielnie dostosowywać ustawień tempomatu do obowiązujących ograniczeń prędkości. System rozpoznawania znaków drogowych może nie działać prawidłowo w przypadku chaosu informacyjnego na poboczu drogi spowodowanego lokalną mnogością reklam ustawionych przy drodze. Innym utrudnieniem może być obecność znaków nieczytelnych lub zniszczonych oraz niekorzystne warunki pogodowe. Osobnym problemem jest to, że znaki zakazu generalnie obowiązują w Polsce do najbliższego skrzyżowania, a system nie odwoła zakazu gdy samochód minie skrzyżowanie, lecz dopiero gdy pojawi się stosowny znak odwołujący ograniczenie [9].

Kolejnym systemem poprawiającym bezpieczeństwo jazdy samochodem i wykorzystującym do tego celu informację wizyjną jest system przedkolizyjny z technologią wykrywania pieszych na drodze (ang. Pre-Collision System with Pedestrian Detection, Pre-Collision Assist with Pedestrian Detection), który wykrywa osoby znajdujące się na drodze przed autem oraz pieszych,





Rys. 5. Ilustracja działania systemu przedkolizyjnego z technologią wykrywania pieszych na drodze [12]

którzy przekraczają tor ruchu pojazdu, a następnie automatycznie aktywuje układ hamulcowy, jeśli kierowca nie podejmie odpowiednich działań zmierzających do uniknięcia kolizji (Rys. 5). Zadaniem umieszczonego z przodu pojazdu radaru jest wykrywanie i pomiar odległości zbliżającego się obiektu, natomiast zintegrowana z wewnętrznym lusterkami wstecznymi kamera dostarcza danych potrzebnych do identyfikacji tego obiektu. System komputerowy przetwarza zgromadzone informacje i porównuje je z danymi zgromadzonymi w bazie, aby odróżnić „kształty osób” od typowych obiektów i elementów scenarii znajdujących się w pobliżu drogi. Jeśli system wykryje pieszego poruszającego się przed samochodem i oszacuje, iż może dojść do zderzenia, kierowca samochodu otrzyma wstępne ostrzeżenie wizualne i dźwiękowe. Jeśli kierowca nie zareaguje w odpowiedni sposób, system skróci czas potrzebny na aktywowanie hamulców, zmniejszając odległość pomiędzy klockami hamulcowymi i tarczami. Jeśli kierowca nie zareaguje na te ostrzeżenia, a według oceny systemu zderzenie będzie nieuniknione, włączone zostaną z pełną mocą hamulce samochodu [11]. System pozwala uniknąć zderzenia z pieszym przy prędkości do 50 km/h. Przy wyższych prędkościach system również pracuje i koncentruje się na możliwie jak największym zmniejszeniu prędkości samochodu przed zderzeniem [12].

Działanie systemu przedkolizyjnego jest wzbogacone technologią wykrywania zwierząt na drodze (ang. Animal Detection). Wówczas system może również minimalizować ryzyko kolizji z udziałem zwierząt. Istniejąca technologia umożliwia wykrycie dużych zwierząt (łoś, jelenie, bydlę, konie), które stanowią główne zagrożenie dla bezpieczeństwa użytkowników pojazdów. Należy przypuszczać, że dalszy rozwój systemu umożliwi jego poprawne działanie również w przypadku pojawienia się na drodze mniejszych zwierząt [12].

Innym ważnym systemem poprawiającym bezpieczeństwo oraz komfort jazdy dzięki wykorzystaniu informacji wizyjnej jest asystent jazdy nocnej (ang. Night Vision System, Night Vision Assistant). Zasada działania asystenta jazdy nocnej opiera się na wykorzystaniu kamery termowizyjnej do rejestracji przestrzeni przed pojazdem i wyświetlaniu zarejestrowanego obrazu na wyświetlaczu w zestawie wskaźników lub bezpośrednio na szybie (Rys. 6).



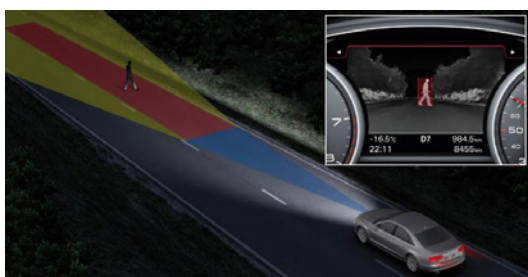
Rys. 6. Ilustracja działania asystenta jazdy nocnej [13]

Asystent jazdy nocnej może działać jako system aktywny (termografia aktywna) lub pasywny (termografia pasywna). W systemach aktywnych wykorzystywane są osobne reflektory podczerwieni umieszczone z przodu samochodu (zderzak lub, grill), które oświetlają drogę przed samochodem. Promieniowanie podczerwone odbija się od obiektów, dzięki czemu generowany jest kontrast termiczny między obiektami a tłem rejestrowanym przez kamerę podczerwieni. W systemach pasywnych nie ma dodatkowych źródeł promieniowania podczerwonego, a kamera podczerwieni rejestruje promieniowanie cieplne emitowane przez ciała fizyczne w przedziale temperatur spotykanych w warunkach codziennych. Zaletami systemów aktywnych są obraz wyższej jakości oraz lepsze odwzorowanie obiektów nieemitujących ciepła i skuteczniejsza praca przy wyższej



temperaturze otoczenia. Z wad można wymienić gorszą pracę w deszczu lub mgłę oraz krótszy zasięg (do 200 m), wynikający z zasięgu wiązki promieni. Systemy pasywne zapewniają większy zasięg (do 300 m) oraz wyższy kontrast obiektów ożywionych, jednak generują obraz słabszej jakości i radzą sobie gorzej przy wyższych temperaturach (np. w upalne noce) [14].

Asystenci jazdy nocnej najnowszych generacji posiadają funkcję wykrywania pieszych oraz zwierząt, dzięki której na wyświetlaczu są oni ujmowani w ramki, której kolor jest zależny od stopnia niebezpieczeństwa (Rys. 7). W sytuacji krytycznej, gdy człowiek lub zwierzę próbują



Rys. 7. Ilustracja działania asystenta jazdy nocnej z funkcją wykrywania pieszych i zwierząt [16]

wtargnąć na jezdnię i może dojść do ich zderzenia z jadącym samochodem, asystent jazdy nocnej ostrzeże kierowcę poprzez zmianę koloru ramki wykrytego obiektu z żółtej (potencjalne zagrożenie) na czerwoną (niebezpieczeństwo zderzenia) i dodatkowo wygeneruje sygnał dźwiękowy [15].

Asystent jazdy nocnej jest systemem szczególnie przydatnym w trakcie nocnej jazdy poza terenem zabudowanym (oświetlonym). Dzięki niemu kie-

rowca może dużo wcześniej, niż pozwalają na to reflektory samochodowe dostrzec człowieka idącego poboczem, zwierzę, które próbuje wejść na jezdnię, a także samochód jadący bez oświetlenia.

Ciekawym systemem poprawiającym komfort i bezpieczeństwo jazdy dzięki umiejętnemu wykorzystaniu informacji wizyjnej jest system aktywnych świateł drogowych (ang. Active High Beam Control), który umożliwia jazdę na światłach drogowych, bez oślepiania kierowców innych pojazdów. Jest to możliwe dzięki kamerze, która wykrywa inne pojazdy i steruje przysłonami zasłaniającymi „oślepiający” fragment snopa światła. Kluczowym elementem systemu jest kamera, zamocowana od wewnętrznej strony szyby czołowej, w okolicach mocowania lusterka wstecznego. Zastosowane oprogramowanie, dzięki rozróżnieniu częstotliwości światła bezbłędnie odróżnia światła samochodu lub motocykla, od blasku latarni, reklam, neonów, czy czerwonych świateł przy przejazdach kolejowych. Określanie położenia obiektów, także tych w ruchu, odbywa się z dużą precyzją – błąd nie przekracza 1,5 stopnia. Sygnał z kamery pozwala sterować cylindrycznymi przysłonami zintegrowanymi z reflektorami ksenonowymi. System dokładnie „wycina” ten fragment wiązki, który mógłby oślepić innych kierowców (Rys. 8). Rozwiązanie to dobrze się sprawdza, nawet gdy w polu widzenia kamery znajduje się kilka pojazdów i każdy porusza się w innym kierunku. Pojazdy, do których dojeżdża pojazd wyposażony w system aktywnych świateł drogowych są wykrywane do 300 metrów wcześniej, a te nadjeżdżające z naprzeciwka – z odległości 700 m. System działa przy prędkościach powyżej 15 km/h [12].



Rys. 8. Ilustracja działania system aktywnych świateł drogowych [12]



Podsumowanie

Rozwiązania z dziedziny fotoniki znajdują szerokie zastosowanie w systemach zwiększających bezpieczeństwo ruchu drogowego i instalowanych zarówno w infrastrukturze drogowej, jak i w pojazdach. Należy spodziewać się dalszego rozwoju systemów wizyjnych stosowanych w pojazdach, a czynnikiem wpływającym na szczególne zainteresowanie firm motoryzacyjnych zagadnieniami związanymi ze „sztucznym widzeniem” będzie zwłaszcza rozwój pojazdów autonomicznych, które być może w niedalekiej przyszłości staną się podstawowym środkiem transportu drogowego. Stworzenie autonomicznego pojazdu, który potrafiłby sam bezpiecznie poruszać się po drogach jest marzeniem wielu konstruktorów i firm motoryzacyjnych z całego świata, trudno jednak wyobrazić sobie rozwój pojazdów autonomicznych bez szerokiego wykorzystania fotoniki. Należy przypuszczać, że pojazdy autonomiczne będą miały na swym pokładzie szereg systemów wizyjnych w wydaniu „smart”, które w swoim

działaniu będą wykorzystywały rozwiązania z dziedziny sztucznej inteligencji. W przeciwnym wypadku trudno będzie oczekiwać, że pojazdy samosterowalne będą w stu procentach bezpieczne.

Można domniemywać, że era dominacji pojazdów autonomicznych zostanie poprzedzona wprowadzeniem półautonomicznych pojazdów, wyposażonych w szereg systemów poprawiających komfort podróżowania oraz zwiększających bezpieczeństwo ruchu drogowego, które wykorzystując swego rodzaju „autopilota” będą w stanie autonomicznie poruszać się po autostradach, umożliwiając kierowcom dokończenie pracy lub odpoczynek w trakcie przemierzania długich tras międzymiastowych. Z biegiem czasu, te istniejące i ciągle doskonalone systemy, tworzące swego rodzaju „wyspy technologiczne” będą ze sobą integrowane i w końcu utworzą „stały ląd”, czyli system kierujący pojazdem w sposób w pełni autonomiczny.

Literatura

- [1] Bezpieczeństwo na drogach UE, najnowsze dane statystyczne, <http://www.krbrd.gov.pl/pl/aktualnosci/bezpieczenstwo-na-drogach-ue-najnowsze-dane-statystyczne.html>, (dostęp 24.09.2016)
- [2] Litwin M., Krukowski P., Czym jest ITS?, Przegląd ITS, 2007, nr 0.
- [3] Nowacki G., Mikulski J. i in., Podstawy telematyki transportu drogowego, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Transportu Samochodowego, Warszawa, 2009.
- [4] Monitoring pojazdów – system Neurocar Bosch, <http://www.dinion.pl/artykuly/monitoring-pojazdow---system-neurocar-bosch.htm>, (dostęp 24.09.2016)
- [5] GITD zacznie łapać przejazdy na czerwonym świetle na 20 skrzyżowaniach, <http://www.brd24.pl/infrastruktura/gitd-zacznie-lapac-przejazdy-czerwonym-swietle-20-skrzyzowaniach/>, (dostęp 24.09.2016)
- [6] Could painting jaws on Onondaga Lake Parkway bridge help prevent truck crashes?, http://www.syracuse.com/news/index.ssf/2016/01/onondaga_lake_parkway_bridge_crash_trucks_jaws_shark_teeth.html, (dostęp 24.09.2016)
- [7] High-tech product could be the solution for Onondaga Lake Parkway’s low bridge, http://www.syracuse.com/news/index.ssf/2010/09/high-tech_product_could_be_the.html, (dostęp 24.09.2016)
- [8] Systemy bezpieczeństwa – standardowe i innowacyjne, <http://www.nowoczesnywarsztat.pl/artkul/6203/systemy-bezpieczenstwa-standardowe-i-innowacyjne> (dostęp 24.09.2016)
- [9] Systemy bezpieczeństwa i wspomaganie jazdy – kiedy i jak działają oraz czy warto im zaufać, <http://autokult.pl/25854,systemy-bezpieczenstwa-i-wspomagania-jazdy-kiedy-i-jak-dzialaj-oraz-czy-warto-im-zaufac>, (dostęp 24.09.2016)
- [10] Samochody mają oczy – kamera Opel Eye, <http://www.v10.pl/Samochody,maja,oczy,kamera,Opel,Eye,15078.html>, (dostęp 24.09.2016)
- [11] Ford: Nowe Mondeo z systemem Pre-Collision Assist, <http://www.newsauto.pl/ford-nowe-mondeo-systemem-pre-collision-assist/>, (dostęp 24.09.2016)



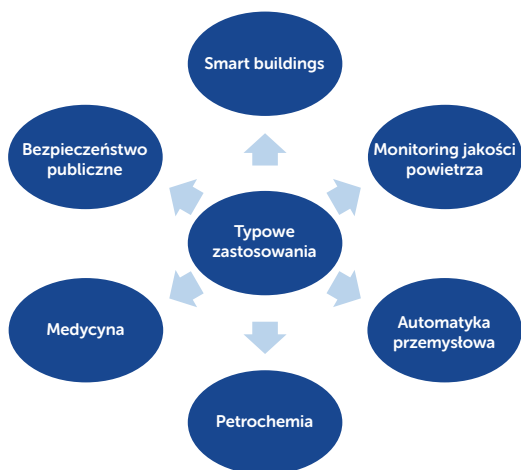
- [12] Volvo wyznacza standardy bezpieczeństwa, czyli wynalazki przyszłości w motoryzacji, <http://natemat.pl/77809,volvo-wyznacza-standardy-bezpieczenstwa-czyli-wynalazki-przyszlosci-w-motoryzacji>, (dostęp 24.09.2016)
- [13] Car Night Vision? What's the Deal?, <http://www.tech-craves.com/car-night-vision-whats-the-deal/66/581/>, (dostęp 24.09.2016)
- [14] Asystent jazdy nocnej – jak działa, ile kosztuje, czy warto?, <http://premiummoto.pl/asystent-jazdy-nocnej-jak-dziala/>, (dostęp 24.09.2016)
- [15] Asystent jazdy nocnej w Audi (Night Vision) – test, <http://technowinki.onet.pl/motoryzacja/asystent-jazdy-nocnej-w-audi-night-vision-test/8kw7kz>, (dostęp 24.09.2016)
- [16] System Night Vision, <http://motolive.pl/2012/03/system-night-vision/>, (dostęp 24.09.2016)



Od badań podstawowych do zaawansowanych systemów optoelektronicznych – wyzwania, możliwości, zagrożenia

dr inż. Adam Piotrowski, prezes VIGO System S.A.

VIGO System S.A. jest technologiczną spółką produkcyjną, kładącą bardzo duży nacisk na działalność badawczo-rozwojową, dzięki czemu od wielu lat wytwarza i oferuje na rynku globalnym najbardziej zaawansowane technologicznie detektory podczerwieni. Spółka zajmuje czołową pozycję na światowym rynku niechłodzonych detektorów podczerwieni produkowanych od podstaw czyli budowaniu idealnie uporządkowanych atomów w strukturze kryształu a następnie wykonywanie z nich przyrządu, który generuje sygnał elektryczny zależny od padającego promieniowania.



Zaawansowane produkty oferowane przez VIGO System S.A. dzięki unikalnym cechom pozwalającym na wygodną, bezobsługową pracę znajdują zastosowanie w wielu zaawansowanych dziedzinach gospodarki. Detektory można znaleźć m.in. w takich aplikacjach jak: bezpieczeństwo w transporcie (wykrywanie stanów awaryjnych taboru kolejowego dużych prędkości podczas jazdy), ochrona środowiska (monitorowanie zanieczyszczeń atmosfery), energetyka (weryfikacja stanu infrastruktury przesyłowej energii elektrycznej), technika wojskowa (systemy obserwacyjno-ce-

lownicze na bezzałogowych obiektach latających, amunicja inteligentna i samonaprowadzająca), medycyna (wykrywanie na wczesnym etapie markerów chorób nowotworowych, zmian onkologicznych w tkankach miękkich lub zaburzeń w systemie krążenia krwi), motoryzacja (analiza składu spalin) oraz przemysł (monitorowanie i kontrola procesów chemicznych). Dodatkowo produkty VIGO System wykorzystywane są w badaniach naukowych w dziedzinie spektroskopii, techniki laserowej i kontrolowanej syntezy termojądrowej oraz aparaturze kosmicznej (precyzyjne analizatory atmosfery i gruntu na Marsie).

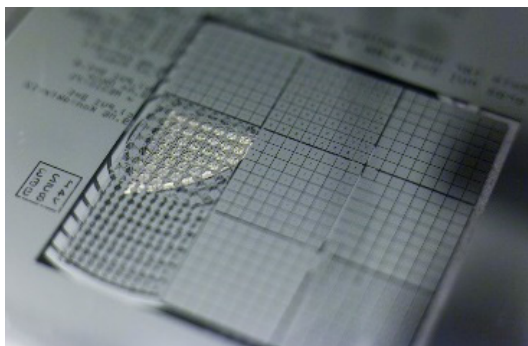
Początki badań nad niechłodzonymi detektorami podczerwieni sięgają lat 70 XX wieku, kiedy to późniejsi założyciele Spółki – Józef Piotrowski, Mirosław Grudzień i Wiesław Galus, opracowali



nowatorską na skalę światową technologię produkcji fotonowych detektorów podczerwieni opartą o technologię epitaksji z fazy gazowej (VPE), z wykorzystaniem tellurku kadmowo-rtęciowego (MCT), które mogą pracować w temperaturze otoczenia, w odróżnieniu od produkowanych wcześniej na świecie detektorów wymagających chłodzenia ciekłym azotem. Opracowana technologia zrewolucjonizowała podejście do



budowy detektorów podczerwieni, otworzyła nowe pola ich zastosowań i jednocześnie była fundamentem do powstania w późniejszym czasie Spółki. W tym czasie realizowane było wiele projektów badawczych na uczelniach ale nie było publicznego wsparcia na komercjalizację tych badań. Badania mogły być finansowane jedynie z własnych środków a firma przez wiele lat balansowała na granicy płynności finansowej. W roku 2002 zespół badawczy opracował i wdrożył kolejny, doskonalszy rodzaj technologii produkcji detektorów oparty o metodę MOCVD.



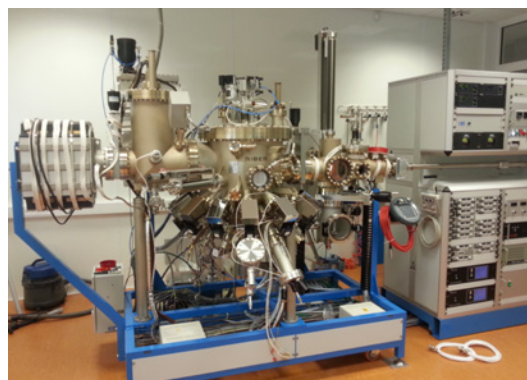
Decyzja o inwestycji w najnowocześniejszą aparaturę była najbardziej punktem zwrotnym dla rozwoju spółki. Na tym etapie inwestycje w specjalistyczną aparaturę technologiczną były niemożliwe do skredytowania przez banki. Luźne, ale wieloletnie relacje z Wojskową Akademią Techniczną, wspólne ambicje intelektualne i niekonkurencyjne cele pozwoliły podjąć decyzję



o wspólnym przedsięwzięciu aparaturowym, podzielenia ryzyka i współuczestniczenie w sukcesie. W tym czasie Spółka uzyskała też wsparcie w postaci kredytu z Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości.

Stworzyliśmy wtedy razem laboratorium, w formie przedsięwzięcia które teraz po latach jest nazywane partnerstwem publiczno-prywatnym. Takie rozwiązanie budziło wtedy wiele wątpliwości w ministerstwach, urzędach i instytu-

cjach kontrolnych. Po wielu kontrolach wszyscy uznali to przedsięwzięcie jako wzorowe. Dzięki



niemu strony budują swoją pozycję na gruntach komercyjnych i naukowych mają pełną swobodę działania. Podsumowując efekty tych kilkunastu lat współpracy razem WAT i VIGO podjęły decyzję o rozszerzeniu zakresu działania. Dla VIGO celem jest poszerzenie asortymentu produktów (w rozumieniu osiąganych parametrów i możliwych zastosowań np. zapewnienie wyższej odporności na trudne warunki eksploatacji). Dla WATu kluczowy jest dostęp do technologii bardziej złożonych, w których można uzyskiwać przełomowe badania.

Z tego powodu postanowiliśmy równolegle rozwijać alternatywną technologię produkcji detektorów w oparciu o związki z grupy trzeciej i piątej układu okresowego pierwiastków. W kwietniu 2015 roku uruchomiliśmy technologię MBE (Molecular Beam Epitaxy – epitaksja z wiązki molekularnej) dla wzrostu cienkich warstw kryształicznych. Dziś już wiadomo, że model współpracy się sprawdza idealnie. Natychmiastowo po symulacjach numerycznych następuje wzrost warstw epitaksjalnych, które mogą być w przetestowane w działającym środowisku produkcyjnym. W efekcie powstają już nowe produkty, które po badaniach kwalifikacyjnych będą włączone do oferty spółki.

Potwierdzeniem zaawansowania technologicznego spółki VIGO System S.A i jakości jej wyrobów oraz jej pozycji na światowym rynku jest zastosowanie detektorów podczerwieni produkcji VIGO w łaziku marsjańskim Curiosity, który 6 sierpnia 2012 r. wylądował na Czerwonej Planecie w ramach programu NASA, a następnie wykrycie śladów metanu na Marsie w grudniu 2014 r. za pomocą tych detektorów. Przygoda



kosmiczna trwa nadal, laboratoria NASA wciąż testują nowe zastosowania detektorów VIGO,

EXOMARS



Trace Gas Orbiter
2016



ExoMars rover
2018

a 14 marca 2016 z kosmodromu Bajkonur wystartowały kolejne detektory będące częścią europejskiej misji EXOMARS a w szczególności radiometru skonstruowanego we Francji na potrzeby badania atmosfery Marsa w trakcie lądowania lądownika Schiaparelli z orbity na powierzchnię planety.

Dotychczas kluczowym elementem strategii firmy był organiczny wzrost potencjału technologicznego i stopniowe zdobywanie rynku. Po wejściu na giełdę w listopadzie 2014 roku i zmianie struktury zarządzania pojawił się ogromny głód przyspieszonego i kontrolowanego rozwoju. W ciągu roku intensywnych prac została wypracowana długoterminowa strategia rozwoju zakładająca zmiany w zarówno w inżynierskim marketingu, wysokoskalowej produkcji mikroelektronicznej i budowaniu wspólnie z klientem nowej generacji urządzeń. Po etapie udanej komercjalizacji technologii stoją teraz wyzwania związane z industrializacją, certyfikacją i budowanie dalszego zaufania wśród klientów.

Nieubłagane działanie czasu spowodowało w ostatnim czasie zmianę generacyjną wśród pracowników praktycznie każdego szczebla. Te zmiany zsynchronizowane były z intensywnym wzrostem skali działania. Rozsądnie realizowana polityka kadrowa spowodowała, że tak intensywne zmiany odbyły się bez wpływu na ciągłość działań i jakość wytwarzanych produktów. W przemyśle mikroelektronicznym brakuje rynku

wtórnego kadr technologicznych związanych z produkcją. Z tego powodu spółka od kilku lat wprowadzała zasadę pełnej zastępowalności pracowników, tworzenie procedur operacyjnych i ciągłe szkolenie kadr. Kluczowym założeniem było silne wsparcie systemu szkolnictwa w celu stworzenia potencjału ludzkiego dla Spółki. Do tego potrzebne jest wieloletnie szkolenie inżynierów. W Vigo jest ono wsparte kilku stopniowym programem praktyk i staży jeszcze w trakcie studiów. Rocznie jest to współpraca z kilkudziesięcioma studentami, z których około 10% znajduje później u nas zatrudnienie. Spółka zatrzymuje inżynierów w Polsce, wspierając jednocześnie kształcenie kadr na rzecz innych krajowych podmiotów komercyjnych i badawczych. Taki proces kształcenia kadr jest jednak bardzo kosztowny i w tej chwili kluczowe jest stworzenie w Polsce potencjału technologicznego do tworzenia zarówno badań, wdrażania innowacji jak i zaawansowanej produkcji. Swoje dalsze działania opieramy na szerokiej lokalnej współpracy w ramach Polskiej Platformy Technologicznej Fotoniki, zrzeszającej najważniejsze uczelnie badawcze, instytuty technologiczne oraz firmy z naszej branży. Aktywny udział Vigo w działaniach platformy pozwala na wymianę doświadczeń i wzajemne wsparcie w kluczowych problemach rozwoju członków platformy.

Rynek fotoniki jest ogromny. Mamy nadzieje, że obecne publiczne wsparcie działań innowacyjnych w ramach realizacji Strategii Odpowiedzialnego Rozwoju i programów perspektywy unijnej 2015–2020 pozwoli wykorzystać obecny potencjał naukowo-badawczy uczelni i instytutów, przyspieszyć proces komercjalizowania nowych technologii. Jednocześnie należy tak przygotować przyszłe kadry techniczne aby uczniowie szkół średnich, studenci mieli przygotowanie do uprzemysłowienia naszej gospodarki. Kiedy z obecnych startupów zaczną pączkować skuteczne modele biznesowe, kluczowe będzie aby te najbardziej opłacalne zostawały w kraju. Jeżeli chcemy reindustrializować Polskę to koniecznie w oparciu o własne kadry i własne technologie.



System maskowania aktywnego i pasywnego w Siłach Zbrojnych RP

dr hab. inż. Adam Januszko, Agnieszka Iwan, Wojskowy Instytut Techniki Inżynieryjnej im. profesora Józefa Kosackiego

Maskowanie to sół działań wojskowych, stanowiący ważny problem bezpieczeństwa współczesnych działań bojowych.

flaż adaptacyjny – Kameleon, który wyróżniono złotym medalem na wystawie International Invention & Technology Exhibition ITEX2014 w Kuala Lumpur.

Perspektywicznym kierunkiem rozwoju optoelektroniki dla zastosowań wojskowych są prace dotyczące systemu maskowania aktywnego i pasywnego. W WITI został opracowany kamu-

Słowa kluczowe: systemy maskowania, kamuflaż aktywny i pasywny, nanotechnologia, materiały elektrochromowe

Zastosowanie fotoniki w infrastrukturze drogowej

Nie można nie doceniać znaczenia systemów maskowania (w tym różnego rodzaju kamuflaży) oraz obiektów pozornych we współczesnych systemach obronnych, a w szczególności w konfliktach zbrojnych, które miały miejsce w naszej niedawnej historii m. in. w byłej Jugosławii, Iraku, Afganistanie oraz skutki jego braku w konflikcie ukraińskim.

Maskowanie szeroko pojęte jest zadaniem wszystkich rodzajów wojsk. Maskowanie i pozoracja, ma nieraz decydujące znaczenia w działaniach taktycznych. Wyróżnić tu należy trzy bardzo ważne fazy działań, które muszą być ze sobą powiązane:

- dezinformacja
- pozorowanie
- ukrywanie.

Rodzaj zastosowanego maskowania zależy od rodzaju działań. Maskowanie statyczne, wykorzystujące pokrycia maskujące, spełnia inne

zadanie niż maskowanie dynamiczne (w tym mobilne pokrycia maskujące). We współczesnych konfliktach zbrojnych coraz powszechnie stosuje się obiekty pozorne (wielką rolę odegrały w konflikcie w Iraku). Niestety, Siły Zbrojne RP nie posiadają właściwie na swoim wyposażeniu makiet sprzętu bojowego. Należy więc rozpocząć proces opracowywania i wprowadzania obiektów pozornych już istniejącego, a ważnego pod względem taktycznym uzbrojenia, takiego jak czołgi, wozy bojowe, sprzęt artyleryjski czy też wszelkiego rodzaju statki powietrzne.

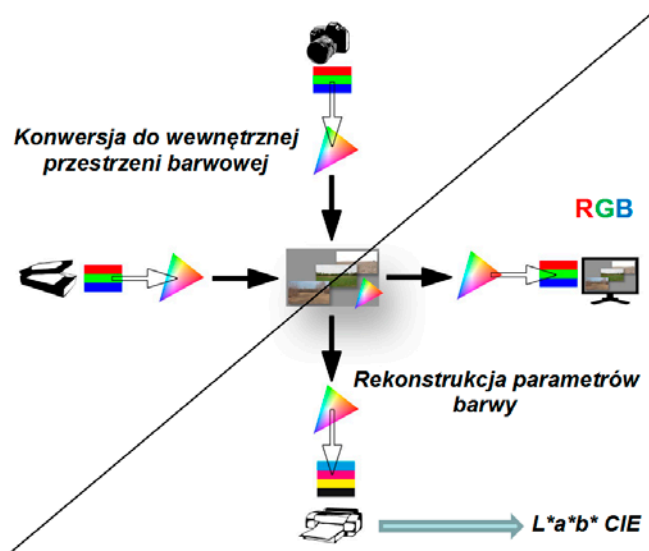
Spośród stosowanych obecnie systemów tzw. maskowania pasywnego wyróżnić należy opracowany wspólnie przez polską naukę i przemysł system kompleksowego maskowania „Berberys”, którego tekstura odpowiada barwom terenów naszego kraju oraz obniża sygnatury uzbrojenia SZ RP w zakresie termicznym i radiolokacyjnym.

Zastosowanie fotoniki w infrastrukturze drogowej

Prowadzone w Wojskowym Instytucie Techniki Inżynieryjnej (WITI) badania nad nowymi technologiami maskowania i pozoracji, w tym między innymi z wykorzystaniem nanotechnologii i ma-

teriałów elektrochromowych, pozwalają skonstruować tzw. kamuflaż aktywny, który obecnie znajduje się w fazie badań laboratoryjnych.





Jednym z jego elementów jest opracowany w WITI Cyfrowy System Zarządzania Barwą, który pozwala na rozpoznanie barw w środowisku, w którym jest planowane wykorzystanie kamuflażu. Ten rodzaj prac doprowadził do

opracowania tzw. Kamuflażu Dedykowanego, dopasowanego teksturą (barwa + jej rozkład) do środowiska/otoczenia, w którym będzie wykorzystywany (rys. 1).

Podsumowanie

Opracowany system maskowania aktywnego Kameleon może upodabniać się obecnie jedynie do środowiska, w którym dominują barwy zielona i żółta (ze względu na rodzaj zastosowanych materiałów elektrochromowych) [1–9]. Przeważają one w szacie roślinnej Ameryki Południowej

i Azji. Obecnie trwają prace nad uzyskaniem przez system barwy brązowej. Wówczas Kameleon będzie mógł bez trudu upodabniać się do lasów mieszanych, szaty roślinnej i barwy terenu dominującego w Europie, co jest wyzwaniem dla chemików, fizyków i optoelektroników.

Literatura

1. Patent RP, P. 395736, 2011.
2. K. Grudzinski, P. Lasmanowicz, L. M.N. Assis, A. Pawlicka, A. Januszko, "Digital Colour Management System for Colour Parameters Reconstruction", Proc. SPIE, 2013, 8897–29.
3. L. M. N. Assis, L. Ponez, A. Januszko, K. Gudzinski, A. Pawlicka, "Green–Yellow reflective electrochromic devices", Electrochem. Act., 2013, 111, 299–304.
4. Zgłoszenie PCT, BR 10 2013 007194–3, Brazylia, 2013.
5. Zgłoszenie UPRP, P. 404703, 2013.
6. Zgłoszenie UPRP, P. 412804, 2015.
7. Zgłoszenie UPRP, P. 413485, 2015.
8. Zgłoszenie UPRP, P. 413693, 2015.
9. A. Januszko, A. Pawlicka, J. Peszke, Urszula Jaworska, „Carbon nanotubes–polymer nanocomposites for controlled heating materials”, Journal of Applied Polymer Science, 2016, accepted.



Smart farming wyzwanie dla systemów optoelektronicznych

dr hab. Adam Ekielski, Wydział Inżynierii Produkcji,
Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego

Streszczenie

W pracy przedstawiono koncepcję wprowadzanego w coraz szerszym stopniu koncepcję inteligentnego rolnictwa (smart farming) jako kolejnego etapu rozwoju rolnictwa precyzyjnego. Ze względu na złożoność problematyki związanej z przedstawianą koncepcją skupiono się jedynie na poruszeniu podstawowych obszarów wchodzących w obszar „smart farmingu”. Całościowe podejście do zagadnienia produkcji rolniczej i leśnej wymaga wprowadzenia skutecznych systemów identyfikacji wartości wielkości wpły-

wających na efektywność rolnictwa. Korzystając z zespolonej oceny jakościowych i ilościowych uzyskanych obrazów w szerokim zakresie widma możliwe jest oszacowanie stanu plantacji. Wykonywanie częstych obserwacji pozwala na obserwację zmian tych wielkości i w przypadku niekorzystnych ich zmian na wcześniejszą reakcję.

Słowa kluczowe: Smart farming, widmo spektralne, absorpcja promieniowania.

Wstęp

Okres mechanizacji rolnictwa zakończył się w Europie w połowie lat 60 ubiegłego wieku. Doskonalenie materiału biologicznego i wzrost wydatków na chemiczne wspomaganie produkcji napotyka na liczne ograniczenia i protest konsumentów. Obecnie wzrost wydajności przy produkcji żywności może być zaspokojona przez wprowadzenie systemów automatyzacji procesów produkcji i ochrony w rolnictwie. Ze względu na specyfikę produkcji rolniczej, również wykorzystanie zasobów ludzkich powinno ulegać ciągłemu obniżaniu przez wzrost wydajności pracy. Wydajność przeciętnego pracownika pracującego w tym sektorze z czasem powinna zbliżyć się do wydajności pracowników zatrudnionych w innych gałęziach przemysłu. Należy również pamiętać o ograniczonych i stale zmniejszających się zasobach gruntów jakie są do naszej dyspozycji. Rolnic-

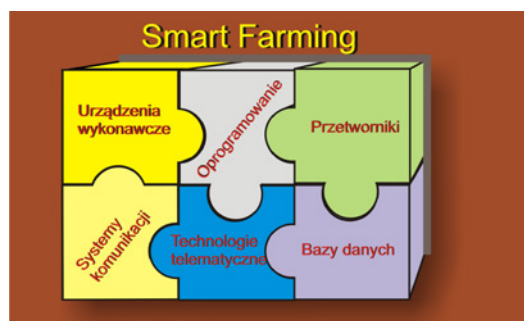
two zużywa 70 % dostarczonej do obiegu wody słodkiej, praktycznie 50% nie pokrytych lodem powierzchni łądów wykorzystywanych jest do produkcji rolnej i leśnej. Dlatego zarządzanie tymi zasobami jest ściśle związane z zapewnieniem bezpieczeństwa żywnościowego. Wobec licznych wyzwań stawianych obecnemu rolnictwu, FAO zaleca wykorzystanie we wszystkich sektorach rolnictwa nowoczesnych rozwiązań technicznych związanych z poprawą gospodarowania zasobami naturalnymi oraz energetycznymi. Celem rolnictwa precyzyjnego jest optymalizacja wydajności na jednostkę uprawianej powierzchni przez wykorzystanie nowoczesnych środków w ciągłym dopasowaniu do warunków środowiskowych. W założeniu ma to pozwolić na uzyskanie maksymalnych wartości takich wielkości jak: ilość produktu, jakość i zwrot poniesionych nakładów.



I. Smart farming

Rolnictwo precyzyjne nazywane jest czasami „smart farming”, jest to pewien błąd logiczny. Smart farming zawiera w sobie rolnictwo precyzyjne ale również składa się z systemów zarządzania zasobami np. przez wykorzystanie modułów telematycznych.

W uprawie inteligentnej (smart farming) wykorzystywanych jest szereg technologii pozwalających na realizację zamierzonych działań. Rysunek 1 przedstawia podstawowe wchodzące w skład ogólnej filozofii smart farmingu.



Rysunek 1. Podstawowe elementy systemu smart farmingu (źródło: opracowanie własne).

1.1. Obszary zastosowań rozwiązań rolnictwa inteligentnego.

Wykorzystanie przedstawionych na rysunku 1 technologii w rolnictwie jest niezwykle złożone. Wynika to głównie ze znacznego zróżnicowania środowiska przyrodniczego i skomplikowania procesów produkcyjnych w szeroko rozumianym rolnictwie. Ze względu na wymagania stawiane przed systemem, obszary zastosowań można podzielić na 7 sektorów.

1. Zarządzanie zespołami roboczymi – śledzenie i modyfikacja tras przejazdu wykorzystywanych pojazdów,
2. Ocena i optymalizacja prac polowych,
3. Kontrola i sterowanie procesami hodowlanym.

4. Uprawy i hodowla pod osłonami – szklarnie i obory.
5. Gospodarka rybacka.
6. Gospodarka leśna.
7. Sterowanie i kontrola zapasami magazynowymi.

Ze względu na specyfikę i wielkość produkcji pierwszym obszarem wprowadzania nowych rozwiązań jest produkcja roślinna. Do oceny jakości procesów produkcyjnych konieczne jest wprowadzenie dostatecznie czułych czujników oraz właściwego systemu zbierania informacji. Metodyka zbierania informacji może być realizowana w ujęciu lokalnym przez systemy naziemne lub przez systemy obserwacyjne wykorzystujące statki powietrzne.

1.2. Ocena jakości procesu produkcji

Optyczne metody pomiarowe są jednymi z najbardziej obiecujących przy ocenie zawartości składników odżywczych w glebie. Podstawową zaletą jest możliwość uzyskania dokładności skanowania praktycznie nieosiągalnego dla badań prowadzonych na powierzchni ziemi. Prowadzone badania korelacji pomiędzy wielkościami mierzonymi optycznie i wskaźnikami jakości gleby takimi jak: kwasowość, zawartość zakumulowanego węgla, aktywnością mikrobiologiczną zostały wielokrotnie potwierdzone. Nadal jednak podstawowe pomiary gleby wykonywane są metodami bezpośrednimi, przez systemy naziemne.

Pomiary pośrednie wykorzystujące analizę obrazów hiperspektralnych. Wskazują na możliwości oceny zasobności podłoża w składniki mineralne. W porównaniu z tradycyjnymi metodami, wykorzystanie sensorów optycznych powoduje obniżenie kosztów analiz o 80% [1] i nie wymaga niszczenia powierzchni gleby. Nadal jednak ograniczeniem jest niska dokładność pomiarowa w porównaniu do badań przeprowadzanych przez systemy naziemne. Pierwsze badania analizy zasobności gleby w substancje organiczne, wykorzystujące obrazy odbiciowe wykonane w bliskiej podczerwieni, [2], wykazały tylko nieco ponad 52% zgodność z pomiarami laboratoryjnymi.



2. Ocena stanu upraw

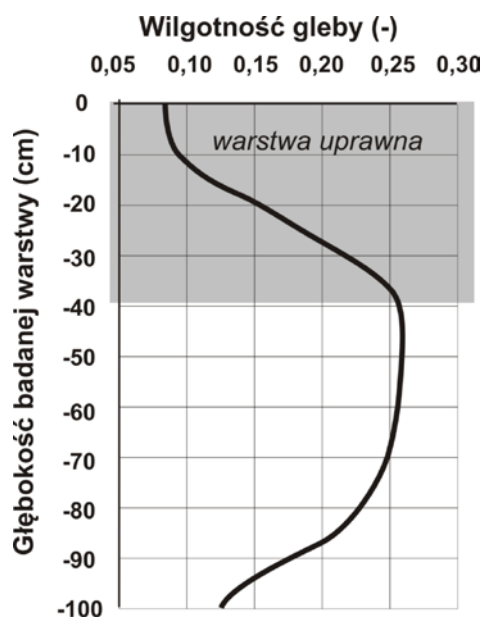
Do podstawowymi wielkościami umożliwiającymi ocenę stanu uprawy i potencjalne zagrożenia jest zawartość wody w glebie i w roślinach,

zawartość chlorofilu w liściach oraz ilość oraz rodzaj roślin konkurencyjnych (chwastów).

2.1. Pomiar wilgotności gleby

Pomiary zawartości wody w glebie są ściśle związane z intensywnością wzrostu roślin uprawnych, szybko wpływają na kondycje upraw. Ze względu zróżnicowanie pojemności wodnej gleby nawet na stosunkowo niewielkich powierzchniach, precyzyjne i dokładne określenie jej zawartości w glebie ma kluczowe znaczenie przy stosowaniu zabiegów nawadniających. Nowoczesne systemy nawadniające dzięki niezależnemu sterowaniu dyszami, pozwalają na rasteryzację nawadnianego obszaru już nawet o powierzchni około 0,5 m². Ograniczeniem jest ocena ilości dostępnej wody, która pozwoliłaby na zmniejszenie całkowitej jej ilości zużywanej podczas wegetacji roślin i podniesienie plonów. W zależności od uprawy dostępność wody zależy od głębokości jej pobierania przez rośliny. Dlatego systemy monitorujące powinny oceniać wilgotność gleby na jej powierzchni jak i na pewnej głębokości. Na rysunku 2. Przedstawiono przykładowy profil lokowania wody w przekroju glebowym. Można zauważyć, że pomiar wilgotności wierzchniej warstwy gleby nie oddaje rzeczywistego dostępu roślin do wody.

Do oceny wilgotności powierzchni wykorzystywane są czujniki mikrofalowe współpracujące z czujnikami podczerwieni. Jednym z często stosowanych rozwiązań jest pomiar szybkości



Rysunek 2. Profil lokowania wody w uprawach rolniczych. (Opracowanie własne na podstawie1).

nagrzewania i oddawania ciepła przez badane podłoże [3]. Praktycznie w tym obszarze, wykorzystanie UAS (unmanned aircraft system) jest trudne do zastąpienia. Wynika to przede wszystkim z wykonania nalotów pomiarowych praktycznie z dowolnymi interwałami czasowymi, bez niszczenia uprawy.

2.2. Stopień zagrożenia upraw chwastami, technika ich zwalczania

W przypadku rolnictwa wyjątkowo istotnym zagadnieniem jest ochrona uprawianych roślin przed chwastami i szkodnikami. Ponad 60% wykorzystywanych pestycydów na świecie są to herbicydy wykorzystywane do zwalczania chwastów. Stosowanie chemicznych środków ochrony roślin powinno być ograniczone do niezbędnego minimum. Problemem jest nierówno-

mierne rozmieszczenie niepożądanych roślin na powierzchni pola i zmienność tego parametru w czasie okresu wegetacji. Ocena lokalnego stopnia zachwaszczenia plantacji byłaby istotnym czynnikiem ograniczającym wykorzystanie pestycydów w rolnictwie i leśnictwie. Będzie to możliwe do realizacji jeżeli możliwa będzie dokładna identyfikacja roślin uprawnych połączona

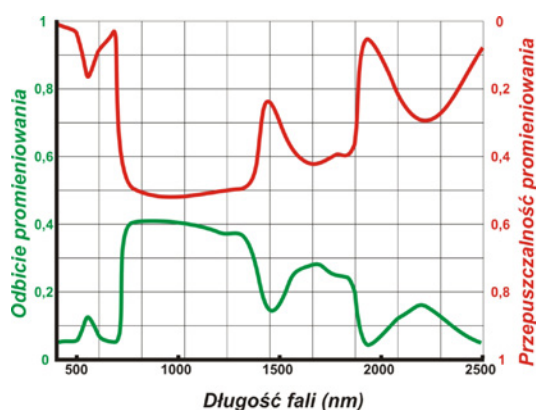
1. http://www.habitat.adfg.state.ak.us/geninfo/kbrr/coolkbayinfo/kbec_cd/html/ecosys/physical/soils.htm. Data dostępu: 08.05.2015.



z punktowym niszczeniem chwastów. Rozwiązanie niszczenia chwastów jest uzależnione od stadium rozwoju roślin. We wstępnych stadiach rozwoju roślin uprawnych, możliwe jest wykorzystanie robotów samojezdnych z mechatronicznymi lub termicznymi układami pielęgnacyjnymi.

W ich przypadku zastosowanie właściwie dobranych przetworników obrazu i algorytmów dyskryminujących praktycznie eliminuje potrzebę zastosowania środków chemicznych. W późnej fazie rozwoju roślin, punktowe dozowanie środków ochronnych jest niezbędne.

Na rysunku 3 przedstawiono typowy przebieg widma odbicia i pochłaniania światła przez zielone liście roślin.



Rysunek 3. Zmiana współczynników odbicia i przepuszczalności promieniowania przez zielony liść w zależności od długości fali promieniowania elektromagnetycznego (oprac. własne na podstawie: Modeling Leaf Optical Properties1).

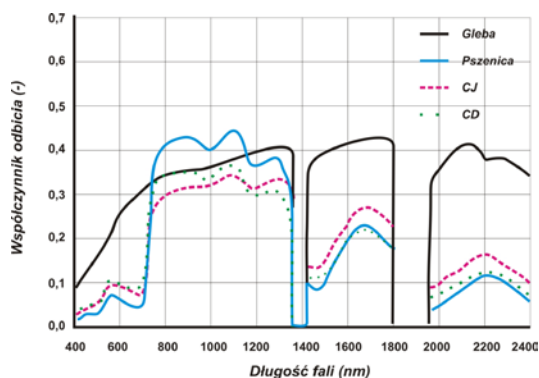
Przebieg zmian wartości pochłaniania fali jest charakterystyczny dla odmiany rośliny i stadium jej rozwoju. Jeżeli zatem, każda z odmian roślin w swoich kolejnych fazach rozwoju zmienia w charakterystyczny dla siebie sposób widmo fal

2.3. Ocena stanu upraw

Ciągła ocena stanu upraw jest wymagana w celu efektywnego wprowadzania substancji odżywczych. Podstawowym wskaźnikiem jest stopień nasycenia liści roślin chlorofilem. W badaniach publikowanych w ostatnich latach, często wskazywana jest wysoka skuteczność analiz stanu upraw wykorzystujących widmo światła czer-

wonych lub pochłanianych, to na tej podstawie można wstępnie zidentyfikować gatunek i często odmianę.

Synergiczne połączenie pracy czujników pracujących w głębokiej podczerwieni i ultrafiolecie jest jednym z rozwiązań charakteryzujących się stosunkowo wysoką dokładnością, na poziomie 80–90% [4], pozwalając na przeprowadzenie skutecznej identyfikacji chwastów, jak również oceny stanu uprawy. Na rysunku 4 przedstawiono wartości wchodzące w skład spektrum odbicia fal światła od części zielonych roślin w zależności od rodzaju chwastów na tle widma gleby. W przeciętnych warunkach całkowita dokładność selekcji chwastów podczas skanowania szerokopasmowego wynosiła 79%. Wzrost skuteczności dyskryminacji chwastów od roślin uprawnych możliwy jest przy wykorzystaniu jakościowej analizy obrazu.



Rysunek 4. Spektrum widma odbicia zmierzone dla: pszenicy, chwastów dwuliściennych (CD) i chwastów jednoliściennych (CJ), w odniesieniu do przeciętnego widma odbicia gleby [5].

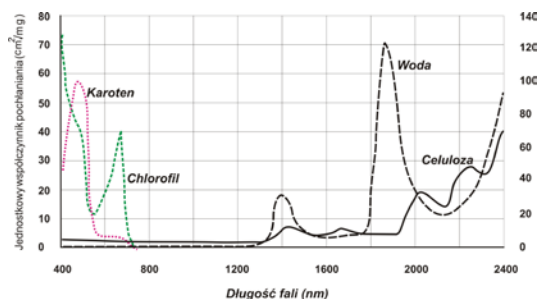
wonego w zakresie około 650 nm, czyli światła czerwonego.

Uzyskane dobre wskaźniki badań dla tego przedziału widma wynikają z zdolności absorbowania tej długości fali przez cząsteczki chlorofilu zawarte w liściach w porównaniu do innych substancji

2. <http://www.npsg.uwaterloo.ca/data/leaves.php>



(rysunek 5). Chlorofil absorbuje promieniowanie ze stosunkowo wąskiego zakresu fal pomiędzy światłem czerwonym i niebieskim. Rośliny zawierają również inne barwniki takie jak np. karoten wspierające w roślinach proces fotosyntezy. Współczynnik pochłaniania fali elektromagnetycznej dla wody wzrasta dla fal dłuższych od 950 nm. W przypadku celulozy występuje stopniowy wzrost pochłaniania wraz ze wzrostem długości powyżej 1200 nm. Porównując zmiany wartości współczynnika pochłaniania chlorofilu i karotenu, można oszacować udział tych składników w roślinach. W ten sposób szacując jakość obserwowanej uprawy. Wysoki udział chlorofilu i wody charakterystyczny dla fazy intensywnego wzrostu i może być dobrym źródłem oceny stanu upraw.



Rysunek 5. Spektrum pochłaniania fal elektromagnetycznych przez substancje zawarte w materiale roślinnym [6].

2.2. Podsumowanie i wnioski

- Wzrost popularności Smart Farming wymaga przede wszystkim wprowadzenia na rynek układów optoelektronicznych przystosowanych do badań zmian widma odbitego i pochłanianego przez materiał biologiczny.
- Układy optoelektroniczne w zależności od fazy wzrostu roślin, będą implementowane do maszyn naziemnych lub do ich przenoszenia wykorzystywane będą bezzałogowe statki powietrzne.
- Przetworniki montowane na pojazdach naziemnych pozwalają na uzyskanie bardzo wysokiej rozdzielczości obrazów w mikroskali. Jest to szczególnie wygodne jeżeli działania podejmowane muszą być w trybie on-line.
- Umieszczenie czujników na jednostkach unoszących się na powierzchni wymaga utrzymania wysokiej stabilności obrazu. Pozwala jednak na obserwację upraw niezależnie od fazy ich wzrostu.

Literatura

- [1] Nduwamungu C, Ziadi N, Parent L-E, Tremblay G. F., Thuries L. Opportunities for, and limitations of, near infrared reflectance spectroscopy applications in soil analysis: a review *Can. J. Soil Sci.*, 2009, tom 89, str. 531–41.
- [2] Christy, C. D., Real-time measurement of soil attributes using on-the-go near infrared reflectance spectroscopy. *Comput. Electron. Agric.*, 2008, tom 61, str. 10–9.
- [3] Maltese, A.; Capodici, F.; Ciraolo, G.; La Loggia, G. Mapping soil water content under sparse vegetation and changeable sky conditions: Comparison of two thermal inertia approaches. *J. Appl. Remote Sens.* 2013, tom 7, str. 735–748.
- [4] McNairn H, Champagne C, Shang J, Holmstrom D and Reichert G., Integration of optical and synthetic aperture radar (SAR) imagery for delivering operational annual crop inventories *J. Photogram. Remote Sens.*, 2009, tom 64, str. 434–49.
- [5] Shapira, U., Hermann, I., Karnieli, A., Bonfil, D.J.: Field spectroscopy for weed detection in wheat and chickpea fields. *International Journal of Remote Control*, 2013, tom. 34, str. 6094–6108.
- [6] Zwiggelaar, R. „A review of spectral properties of plants and their potential use for crop/weed discrimination in row-crops,” *Crop Protection*, 1998, tom 17, str. 189–206, May 1998.



Dane kontaktowe



PCO Spółka Akcyjna
ul. Jana Nowaka-Jeziorańskiego 28
03-983 Warszawa
pco@pcosa.com.pl
tel. +48 22 515 75 01
www.pcosa.com.pl



Wojskowa Akademia Techniczna
ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2
00-908 Warszawa 49
sekretariat.rektora@wat.edu.pl
tel. 22 683 90 01
www.wat.edu.pl



Polska Platforma Technologiczna Fotoniki
Siedziba Koordynatora - PCO S.A.
ul. Jana Nowaka-Jeziorańskiego 28
03-982 Warszawa
email: pco@pcosa.com.pl



Politechnika Warszawska
ul. Plac Politechniki 1
00-661 Warszawa
tel. 22 234 72 11
www.pw.edu.pl



