

Opis specjalizacji

KIS 9. ELEKTRONIKA I FOTONIKA

Słownik:

ASIC (ang. *Application Specific Integrated Circuit*) – specjalizowany elektroniczny układ scalony

ASPIC (ang. *Application Specific Photonic Integrated Circuit*) – specjalizowany fotoniczny układ scalony

Body Area Network – sieć sensorowa, której elementy ułożone są na lub wewnątrz organizmów żywych

CIGS (ang. *Copper Indium Gallium Selenide solar cells*) – ogniwa fotowoltaiczne z selenku miedziowo-indowo-galowego

CW (ang. *Continuous-wave*) - rodzaj emisji fali elektromagnetycznej ze stałą amplitudą i częstotliwością

FSO (ang. *Free-Space Optical communication*) – technologia bezprzewodowej komunikacji optycznej, która wykorzystuje emisję światła w wolnej przestrzeni do przesyłania danych pomiędzy dwoma punktami

Harsh environment – trudne warunki środowiskowe (np. warunki kosmiczne, górnictwo, hutnictwo)

ITU-T (ang. *International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector*) - Sektor Normalizacji Telekomunikacji ITU

LED (ang. *Light Emitting Diode*) - dioda elektroluminescencyjna zaliczana do półprzewodnikowych przyrządów optoelektronicznych, emitujących promieniowanie w zakresie światła widzialnego, podczerwieni i ultrafioletu

MEMS (ang. *MicroElectroMechanical Systems*) – mikrosystem najczęściej wytwarzany przy użyciu technologii półprzewodnikowej, składający się z elementów mechanicznych i elektrycznych

MIR (ang. *Mid infrared*) - promieniowanie elektromagnetyczne w zakresie średniej podczerwieni

MOEMS (ang. *MicroOptoElectroMechanical Systems*) – mikrosystem najczęściej

wytwarzany przy użyciu technologii półprzewodnikowej, składający się z elementów mechanicznych, optycznych i elektrycznych **M2H** (ang. *Machine to Human*) – komunikacja pomiędzy człowiekiem a maszyną

M2M (ang. *Machine to Machine*) – komunikacja pomiędzy maszynami

NEMS (ang. *NanoElectroMechanical Systems*) – mikrosystem najczęściej wytwarzany przy użyciu technologii półprzewodnikowej, składający się z elementów mechanicznych i elektrycznych, zawierający elementy o rozmiarach nanometrycznych

NGN (ang. *Next Generation Network*) - sieć następnej generacji; dotyczy kluczowych zmian w architekturze sieci telekomunikacyjnych, które nastąpią w ciągu następnych lat

NOEMS (ang. *NanoOptoElectroMechanical Systems*) – mikrosystem najczęściej wytwarzany przy użyciu technologii półprzewodnikowej, składający się z elementów mechanicznych, optycznych i elektrycznych, zawierający elementy o rozmiarach nanometrycznych

OLED (ang. *Organic Light Emitting Diode*) - dioda elektroluminescencyjna z organiczną warstwą emitującą światło, zaliczana do półprzewodnikowych przyrządów optoelektronicznych, emitujących promieniowanie elektromagnetyczne w zakresie światła widzialnego, podczerwieni i ultrafioletu

PHM (ang. *Prognostics Health Monitoring*) – zarządzanie i przewidywanie żywotności konstrukcji

QCC (ang. *Quantum Communication Infrastructure*) – sieć, w której bezpieczeństwo transmisji zabezpieczone jest przez techniki QKD i inne techniki optyczne, w szczególności kwantowe

QKD (ang. *Quantum Key Distribution*) – kwantowa dystrybucja klucza, występuje z przyrostkiem CV (continuous wave) i DV (discrete wave- techniki jednofotonowe)

SHM (ang. *Structural Health Monitoring*) – monitorowanie stanu technicznego konstrukcji

ULP (ang. *Ultra Low Power*) – strategię projektowania układów i systemów zintegrowanych w których zużycie mocy jest obniżane poniżej wynikającego z upływności przyrządów (tranzystorów) poprzez zastosowanie specjalnych rozwiązań układowych (np. wprowadzanie tranzystorów bramkujących i in.) przy minimalizacji pogorszenia szybkości działania systemu (układu).

UV (ang. *Ultraviolet*) – promieniowanie elektromagnetyczne w zakresie ultrafioletu

VIS (ang. *Visible*) – promieniowanie elektromagnetyczne w zakresie widzialnym

Elektronika i fotonika to dziedziny techniki kluczowe dla współczesnej gospodarki, medycyny, badań naukowych, obronności i życia codziennego. Są to technologie dostarczające części i podzespoły do większości produkowanych obecnie urządzeń. Podzespoły te, w większości zintegrowane z urządzeniem, bywają niewidoczne dla użytkowników, ale pełnią zasadniczą rolę kontrolując jego stan lub realizując jego kluczową funkcję. Elektronika i fotonika otaczają nas zewsząd.

Rozwój fotoniki to obszar określany jako priorytetowy w strategii rozwoju UE i innowacji. Bezspornie jest to obszar stymulujący rozwój inteligentnej gospodarki. Globalny rynek fotoniki stale rośnie i szacuje się, że w 2025 r. osiągnie poziom 900 mld Euro. Prognozuje się, że w kolejnych latach fotonika odegra szczególną rolę w: medycynie i biotechnologii (szybka, nieinwazyjna diagnostyka i monitoring zdrowia), w rolnictwie i produkcji żywności (monitorowanie upraw, zarządzanie energią i zasobami wody, automatyzacja operacji rolniczych), transporcie (technologie dla pojazdów autonomicznych: LIDARy, termografia, monitoring emisji), ochrony środowiska (monitoring jakości powietrza, wody, gleby, wykrywanie skażeń), Przemysłu 4.0 (sensory i transmisja danych dla automatyzacji produkcji), inteligentnych miastach (Internet rzeczy, powszechna cyfryzacja, ultra szybkiej sieci przesyłania danych).

Kolejnym obszarem strategicznym z perspektywy dokumentów UE jest obszar technik kwantowych, którego rozwój jest celem programu strategicznego Quantum Flagship, co ma przynieść rozwój gospodarki opartej na wiedzy oraz nowych efektów podstawowych i ich zastosowań, w szczególności w technice czujników, telekomunikacji i kryptografii oraz obliczeń kwantowych

Popandemiczny kryzys łańcucha dostaw wskazał bariery rozwoju wielu dziedzin życia spowodowany brakiem szybko reagującego na potrzeby innych dziedzin gospodarki przemysłu wytwarzającego podzespoły oraz urządzenia elektroniczne i fotoniczne,

Jako najbardziej perspektywiczne obszary rozwoju specjalizacji wskazano:

- SENSORY I DETEKTORY (KONSTRUKCJA, TECHNOLOGIA, MATERIAŁY)

Obszar tematyczny obejmuje kluczowe dla rozwoju nowoczesnych zaawansowanych technologicznie sensorów elektronicznych i fotonicznych do detekcji i analizy emisji promieniowania EM i akustycznego znajdujących zastosowanie w systemach produkcji, rolnictwie, energetyce, transporcie i medycynie, oraz pozostałych

dziedzinach życia. Najbardziej efektywne i oczekiwane technologie sensoryczne to:

1. Technologia i konstrukcja sensorów światłowodowych punktowych i rozłożonych, w tym wykorzystujących światłowody klasyczne i mikrostrukturalne. (do monitorowania, konstrukcji budowlanych, wszelkiej infrastruktury, systemów transportu, przemysłowych procesów produkcyjnych, zarządzania energią oraz rolniczej produkcji żywności i jej przechowywania, jak również medycznego monitorowania stanu pacjentów itp:
2. Technologia i konstrukcja sensorów, detektorów oraz matryc detektorowych promieniowania elektromagnetycznego (UV-VIS-IR-THz) do systemów monitorowania procesów produkcyjnych, jak również w systemach bezpieczeństwa do detekcji zagrożeń.
3. Technologia i konstrukcja sensorów, detektorów i matryc detektorowych promieniowania jonizującego (do zastosowań wytwórczych wysokich technologii, badań naukowych, i badań kosmosu.
4. Technologia i konstrukcja sensorów wykorzystujących techniki akustyczne (do monitorowania otoczenia i właściwości materiałów i konstrukcji)
5. Technologia i konstrukcja sensorów typu MEMS/NEMS/MOEMS.(do wytwarzania integrowanych, autonomicznych, samo zasilających się sensorów)
6. Technologia i konstrukcja sensorów elastycznych i/lub drukowanych. (do integracji z materiałami elastycznymi ubraniami lub opakowaniami do monitorowania stanu ludzi (pracowników pracujących w trudnych warunkach) lub opakowaniami monitorującymi stan zawartości,
7. Technologia i konstrukcja sensorów wielkości elektrycznych i magnetycznych. (dla robotyki i automatyki)
8. Technologia i konstrukcja sensorów i matryc sensorów fizycznych, chemicznych i biochemicznych, w tym elektrochemicznych, półprzewodnikowych, termometrycznych, masowych i piezoelektrycznych. (do zastosowań przemysłowych, monitorowania otoczenia i środowiska)
9. Sensory chemiczne gazów i substancji chemicznych (fotoniczne, konduktometryczne i inne). (do monitorowania stanu środowiska, dla systemów bezpieczeństwa i monitorowania środowiska.
10. Techniki i materiały dla funkcjonalizacji elementów sensorowych szerokiego przeznaczenia.
11. Sensory do pomiarów biofizycznych parametrów organizmów żywych i struktur biologicznych. do monitorowania stanu pacjentów, roślin i zwierząt w procesie produkcji zdrowej żywności i gospodarki wodnej.
12. Sensory wykorzystujące struktury biologiczne (enzymy, białka, kwasy nukleinowe i inne), (do detekcji czynników biologicznych, diagnostyki medycznej itp.)
13. Technologia, konstrukcja, modelowanie i charakteryzacja inteligentnych sensorów i sieci sensorowych – jako dzielność badawczo-naukowa wspierająca

rozwój technologii fotonicznych i elektroniki..

14. Konstrukcja i technologia sensorów biokompatybilnych oraz ich hermetyzacja (do zastosowań rehabilitacyjnych i kosmetycznych)
15. Sensory spektrometryczne, w tym czujniki wykorzystujące promieniowanie THz (do komunikacji i monitorowania otoczenia)
16. Zintegrowane systemy analityczne np. typu Lab-on-Chip (do natychmiastowej diagnostyki stanu obiektów)

- TECHNOLOGIE, MATERIAŁY I URZĄDZENIA DLA FOTOWOLTAIKI

1. Technologie innowacyjnych ogniw fotowoltaicznych z materiałów krzemowych, w tym technologie ogniw cienkowarstwowych i hybrydowych.
2. Technologie wysokowydajnych ogniw cienkowarstwowych na bazie materiałów nie-krzemowych (np. stop CIGS, kesterity, perowskity, polimery przewodzące, polimery kompozytowe i inne).
3. Technologie ogniw fotowoltaicznych trzeciej generacji, w tym kropki kwantowe, plazmony, poziomy przejściowe, pomnażanie nośników ładunku, struktury organiczne i barwnikowe (ogniwa na podłożach elastycznych, konwersja widmowa światła.
4. Technologie przeźroczystych warstw przewodzących oraz przeźroczystych półprzewodników, np. elastycznych typu n i p.
5. Technologie modułów fotowoltaicznych z wykorzystaniem nowych materiałów do zastosowań w systemach zintegrowanych z podłożem.
6. Nowe techniki i urządzenia do badań i diagnostyki modułów i systemów fotowoltaicznych (w tym techniki analizy uzysków energetycznych).

- TECHNOLOGIE, MATERIAŁY I URZĄDZENIA ŚWIATŁOWODOWE

Polska od lat jest w czołówce państw rozwijających technologie światłowodowe do zastosowań telekomunikacyjnych. Obecnie zastosowanie światłowodów rozszerza się na systemy czujnikowe do monitorowania m. in. temperatury, ciśnienia, naprężeń, substancji chemicznych, nawigacji, detekcji fal akustycznych i sejsmicznych, lasery i wiele innych. Z tego względu istotnym jest wykorzystanie polskiego potencjału w rozwoju poniższych technologii, które znajdą zastosowanie w urządzeniach wyższego rzędu

- Technologie, metody i urządzenia wykorzystujące światłowody (pasywne i aktywne) oraz elementy światłowodowe do zastosowań telekomunikacyjnych. (o możliwych zastosowaniach m. in. w sieciach 5G, 6G)
- Technologie, metody i urządzenia wykorzystujące światłowody aktywne, do zastosowań we wzmacniaczach i laserach włóknowych.
- Technologie, metody i urządzenia wykorzystujące światłowody specjalne, w tym

mikrostrukturalne i nanostrukturalne o kształtowanych własnościach transmisyjnych, polimerowe oraz światłowody zintegrowane z materiałami kompozytowymi (o możliwych zastosowaniach m. in. dla branży kosmicznej, lotniczej, motoryzacji)

- Technologie, metody i urządzenia wykorzystujące włókna specjalizowane pod kątem niestandardowych funkcjonalności (w tym generacji supercontinuum i innych efektów nieliniowych, transmisji wysokich mocy i/lub w nietypowych zakresach spektralnych, niekonwencjonalnych charakterystyk modowych lub dyspersyjnych) (w aparaturze przemysłowej i zaawansowanych technologiach wytwarzania i obróbki materiałów).

1. Urządzenia światłowodowe – lasery i wzmacniacze światłowodowe nowej generacji, w tym urządzenia na nietypowe zakresy spektralne, jak VIS oraz MIR (jako specjalizowane źródła promieniowania)
2. Technologie wykonywania i diagnostyki pokryć światłowodowych o wysokiej odporności na narażenia środowiskowe do zastosowań przemysłowych, w tym technologie obróbki i łączenia takich włókien. (o możliwych zastosowaniach w środowiskach agresywnych i wysokotemperaturowych)

- INNOWACYJNE ŹRÓDŁA PROMIENIOWANIA OPTYCZNEGO (MATERIAŁY, TECHNOLOGIE, URZĄDZENIA)

Źródła promieniowania laserowego wykorzystywane są w systemach łączności, transmisji danych w różnych ośrodkach, analizowanych obiektów. Są one kluczowym składnikiem systemów nawigacyjnych i monitorowania przestrzennego. Mają szerokie zastosowanie w systemach produkcyjnych, zwłaszcza w technologiach przyrostowych, znakowania i monitorowania obiektów.

1. Laserowe źródła promieniowania w obszarze VIS oraz UV, w tym lasery półprzewodnikowe na bazie materiałów z szeroką przerwą energetyczną.
2. Lasery półprzewodnikowe na zakres podczerwieni (NIR oraz lasery na pasma (SWIR, LWIR i THz) na bazie supersieciowych obszarów aktywnych (lasery typu QCL i ICL). Do monitorowania procesów produkcyjnych, systemów biologicznych i środowiska)
3. Urządzenia i systemy laserowe generujące promieniowanie szerokopasmowe.
4. Technologie, materiały i układy laserów (i mikrolaserów) ciała stałego: pracy ciągłej i impulsowych (nano-, piko-, i femtosekundowych), układy nieliniowej przemiany częstotliwości optycznych. (o możliwych zastosowaniach do cięcia, spawania laserowego i precyzyjnych systemów wytwarzania przyrostowego z różnych materiałów w tym kompozytowych)
5. Innowacyjne źródła światła, w tym źródła LED. (do konstrukcji energooszczędnych systemów oświetleniowych i sygnalizatorów świetlnych),

6. Organiczne materiały elektroluminescencyjne, w tym drukowane, elastyczne, itp.
7. Konstrukcje oraz technologie wytwarzania organicznych diod elektroluminescencyjnych (OLED). (konstrukcji cienkowarstwowych, elastycznych wyświetlaczy)
8. Technologie drukowanych i elastycznych wielkopowierzchniowych wyświetlaczy. (o możliwych zastosowaniach do konstrukcji aktywnych i pasywnych wyświetlaczy stosowanych np. w branży reklamowej)

- SYSTEMY ORAZ SIECI SENSOROWE I TELEKOMUNIKACYJNE

Obszar aplikacyjny wykorzystania technologii sensorów i łączności do budowania i dostarczania systemów koniecznych do: zarządzania: produkcją, bezpieczeństwem systemów; rozwoju inteligentnych systemów zarządzania energia, infrastrukturą miast, komunikacji itp.

- Techniki zarządzania, przetwarzania i gromadzenia danych, optymalizacji i samoorganizacji sensorów i sieci sensorowych.
- Bezpieczeństwo sensorów i sieci sensorowych oraz systemy zabezpieczenia transmisji i gromadzenia danych.
- Lokalizacja w sieciach sensorowych (algorytmy i techniki lokalizacji i tworzenia map).
- Rozwój sieci sensorowych Body Area Network.
- Rozwiązania konstrukcyjne i technologiczne służące tworzeniu autonomicznych sieci sensorowych o zerowym bilansie energetycznym.
- Optyczne urządzenia nadawcze, odbiorcze i przetwarzające oraz elementy sieci światłowodowych i technologie dla sieci dostępowych NGN i sieci rdzeniowej.
- Optyczne urządzenia i systemy zapewniające bezpieczeństwo transmisji i/lub przetwarzania danych na poziomie warstwy fizycznej, w tym systemy kwantowej dystrybucji kluczy kryptograficznych.
- Nowe techniki modulacji i demodulacji sygnałów optycznych ze zwiększoną odpornością na zakłócenia i zniekształcenia transmisji
- Nowe, złożone metody kodowania i zaawansowane techniki detekcji dla zwiększenia informacyjnej przepustowości łączy.
- Optyczne urządzenie nadawcze, odbiorcze oraz przetwarzające dla sieci transportowych, efektywne wzmacniacze mocy optycznej, technologie związane z optymalizacją wykorzystywanego pasma oraz redukcją konsumpcji energii.
- Rozwój technologii FSO do przepustowości na poziomie 100 Gbps i dystansach co najmniej 10 km.
- INNOWACYJNE UKŁADY I SYSTEMY ELEKTRONIKI, OPTOELEKTRONIKI I FOTONIKI SCALONEJ

Częstym oczekiwaniem wobec sensorów i urządzeń fotonicznych i elektronicznych jest

ich miniaturyzacja i integralność z urządzeniem, w które są wbudowywane. Czyni to z nich urządzenia inteligentne. Wobec tego konieczne jest rozwijanie technologii scalania rozwijania sensorów specjalizowanych. Wymaga to rozwoju technologii ich wytwarzania. Wobec powyższego za kluczowe uznaje się rozwijanie technologii i kompetencji z zakresie:

- Konstrukcje i technologie innowacyjnych przyrządów i modułów mocy oraz wysokich częstotliwości, w tym elektroniki THz.
- Technologie, konstrukcje, urządzenia i materiały dla innowacyjnych rozwiązań fotoniki i elektroniki, w tym fotoniki i elektroniki drukowanej.
- Projektowanie i prototypowanie specjalizowanych układów elektroniki scalonej ASIC, w tym - innowacyjne algorytmy i ich implementacja hardware'owa.
- Technologie i materiały dla optyki i fotoniki scalonej – w tym technologie bazujące na platformach półprzewodnikowych oraz dielektrycznych.
- Konstrukcje, technologie i prototypowanie układów MOEMS/NOEMS (RFID).
- Prototypowanie i wytwarzanie specjalizowanych układów fotoniki scalonej ASPIC
- Prototypowanie i wytwarzanie komponentów i układów optycznych, w tym płaskie elementy optyczne : metamateriały, DOE (Diffractive Optical Element) - elementy optyki dyfrakcyjnej, dynamiczne DOE tworzone na przestrzennych modulatorach typu SLM (Spatial light Modulator)
- Technologie integracji heterogenicznej ASPIC/ASIC/MOEMS).
- Materiały i technologie montażu i hermetyzacji (packagingu) układów elektronicznych i fonicznych.
- INNOWACYJNE TECHNOLOGIE I SYSTEMY ELEKTRONIKI DRUKOWANEJ

Rozwój koncepcji przemysłu 4.0 i przyrostowych technologii produkcji urządzeń mechanicznych rozwiązuje wiele problemów logistycznych. Pojawiają się oczekiwania zastosowania technologii przyrostowych w innych dziedzinach, w tym urządzeń elektronicznych i fonicznych, które łatwiej będą integrowane z obiektami, w które są wbudowywane.

Za kluczowe dla rozwoju polskiej gospodarki należy uznać:

- Materiały i technologie do wytwarzania elementów elektronicznych (w tym nowe kompozycje past, atramentów) przy użyciu różnych technik drukarskich (sitodruk, ink jet, fleksografia, rotograwiura) oraz osadzania cienkich warstw.
- Materiały barierowe dla elektroniki drukowanej i elastycznej.
- Materiały i technologie podłoży do wytwarzania elementów i systemów elektroniki i fotoniki drukowanej.
- Technologie elektroniki i fotoniki drukowanej 3D.
- Drukowane elementy i systemy elektroniczne stosowane w rozwiązaniach dla elektroniki osobistej, transportu, ochronie zdrowia, opakowaniach, systemach

obronnych, systemach konstrukcyjnych i architekturze, telekomunikacji, Internecie rzeczy, identyfikacji (np.RFID), magazynowaniu i odzysku energii (energy harvesting), przemyśle spożywczym, rolnictwie i in.

- Inteligentne opakowania zbiorcze i jednostkowe, umożliwiające monitoring stanu zawartości oraz otoczenia, jak również interaktywną komunikację.
- Inteligentne systemy magazynowe współpracujące z drukowanymi układami identyfikacyjnymi, również dla potrzeb systemów Przemysłu 4.0.
- Elementy tekstroniczne. przewodzące materiały włókiennie-polimerowe otrzymywane metodami drukowania lub nanoszenia materiałów elektrycznie aktywnych (w tym np. zawierających nanocząstki metali i/lub alotropy węglowe) metodami fizycznymi lub chemicznymi i innymi.
- Materiały włókiennicze i inne, z warstwami elektroprzewodzącymi do zastosowań w charakterze systemów barierowych do ochrony człowieka i czułych urządzeń elektronicznych przed działaniem silnych pól elektro-magnetycznych o różnych zakresach częstotliwości.
- Elastyczne ogniwa fotowoltaiczne i inne alternatywne źródła energii do zasilania elektroniki osobistej, w tym integrowanej z tekstyliami.
- Elastyczne źródła światła do integracji ze strukturami elastycznymi.
- Innowacyjne systemy drukujące do zastosowań w technologiach wytwarzania układów elektroniki i fotoniki drukowanej oraz tekstroniki.
- ZAGADNIENIA APLIKACYJNE

W celu ułatwienia rozwoju innym inteligentnym specjalizacjom należy rozwijać dedykowane obszary rozwoju i adaptacji sensorów i urządzeń elektronicznych. Każda z dziedzin posiada swoją specyfikę, której brak zrozumienia stanowi barierę w przenikaniu się technologii i uzyskiwanie efekty synergii interdyscyplinarnej. W związku z tym wsparcia i rozwoju wymagają działania aplikacyjne, które będą stymulatorami rozwoju sensorów i urządzeń elektronicznych i fotonicznych oraz innych dziedzin, w których będą zastosowane:

- Sensory i sieci sensorowe oraz aparatura elektroniczna i fotoniczna dla zastosowań medycznych (w tym diagnostyki i sensoryki biomedycznej, implantów biomedycznych, elektronicznych tatuaży, monitorowania funkcji życiowych, terapii, rehabilitacji oraz dla potrzeb osób niepełnosprawnych.)
- Sensory i sieci sensorowe oraz aparatura elektroniczna i fotoniczna do monitorowania stanu środowiska oraz stanu zagrożenia bezpieczeństwa publicznego (w tym chemicznego, radiologicznego i epidemiologicznego)
- Sensory i sieci sensorowe oraz aparatura elektroniczna i fotoniczna do monitoringu stanu technicznego i bezpieczeństwa konstrukcji inżynierskich, infrastruktury przemysłowej i obiektów publicznych i/lub przewidywania czasu ich bezpiecznej eksploatacji (SHM i PHM).

- Sensory i sieci sensorowe dla inteligentnych budynków i miast, w tym dla potrzeb analizy i modelowania zachowań i otoczenia człowieka.
- Sensory i sieci sensorowe oraz aparatura elektroniczna i fotoniczna w zastosowaniach rolniczych, w przemyśle leśnym i rolno-spożywczym.
- Sensory i sieci sensorowe oraz aparatura elektroniczna i fotoniczna dla modelowania, symulacji, monitorowania i kontroli i/lub sterowania procesów technologicznych i produktów w produkcji i fazie po-produkcyjnej (aż do utylizacji w procesach GOZ).
- Sensory i sieci sensorowe oraz aparatura elektroniczna i fotoniczna na potrzeby systemów ochrony perymetrycznej.
- Sensory i inteligentne sieci sensorowe dla lokalizacji osób i rzeczy oraz nawigacji w obiektach zamkniętych.
- Sensory i urządzenia optoelektroniczne dla zaawansowanej metrologii i diagnostyki technicznej w tym dla badań nieniszczących.
- Sensory dla sterowania i autodiagnostyki maszyn i urządzeń w systemach M2M, H2M lub M2H.
- Sieci sensorowe na potrzeby monitorowania i sterowania ruchu lądowego, powietrznego, wodnego w transporcie i w przemyśle.
- Inteligentne sieci sensorowe i rozwiązania wspierające handel, zwłaszcza elektroniczny oraz systemy integrujące elektroniczne i tradycyjne kanały sprzedaży.
- Przyrządy i systemy fotoniczne oraz sensorowe do pracy ekstremalnych warunkach środowiskowych (ang. harsh environment).
- Urządzenia i systemy fotoniczne do obróbki przestrzennej i powierzchniowej materiałów oraz wytwarzania elementów.
- Urządzenia do rejestracji i przetwarzania obrazów w różnych zakresach widma (w tym systemy wiello i hiper-spektralne) dla robotyki i nawigacji
- Elektroniczna i/lub optoelektroniczna aparatura kontrolna i pomiarowa
- Rozwój elektroniki Ultra Low Power dla urządzeń IoT
- ZAGADNIENIA HORYZONTALNE W TECHNOLOGIACH SENSOROWYCH I FOTONICZNYCH

Fotonika i elektronika to kluczowe technologie o charakterze horyzontalnym, które umożliwiają przełamanie barier technologicznych związanych z optymalizacją energetyczną, oddziaływania na monitorowane obiekty, oraz ryzyka utraty kontroli lub niewłaściwego użycia urządzenia w tym cyberbezpieczeństwa. Dla przełamania barier horyzontalnych należy rozwijać:

- Układy i technologie dla systemów sensorowych i fotonicznych w tym integracja mikroukładów z oprogramowaniem (ang. embedded systems i systemy cyberfizyczne), układy kontrolerów, komunikacji i zasilania.
- Techniki i systemy oszczędnego wykorzystywania oraz zbierania energii (energy

harvesting) na potrzeby autonomicznych przyrządów i systemów sensorowych i fotonicznych.

- Technologie integracji i miniaturyzacji heterogenicznych i inteligentnych systemów sensorowych, fotonicznych i mikroelektronicznych.
- Metody kosymulacji i koprojektowania (ang. co-simulation and co-design) zintegrowanych systemów mikroelektronicznych (ang. mixed-signal) oraz mikrosystemów heterogenicznych.
- Metody podnoszenia niezawodności przyrządów oraz systemów sensorowych i fotonicznych.
- Technologie wykorzystania fuzji danych gromadzonych przez różne typy sensorów.
- Cyberbezpieczeństwo programowe i sprzętowe przyrządów i systemów mikroelektronicznych i fotonicznych na poziomie technologii i projektowania.
- Inteligentne sensory i mikro-aktuatory mechatroniczne i optomechatroniczne dla inteligentnych systemów automatyki.
- Elektroniczne układy wspierające systemy fotoniczne (w tym laserowe) oraz systemy detekcji.
- Techniki i urządzenia pomiarowe dla charakteryzacji, testowania i wzorcowania sensorów oraz elementów i systemów optycznych i fotonicznych.
- Innowacje procesowe zwiększające opłacalności produkcji układów elektronicznych.