



**Agenda Badawcza Wspólnego  
Przedsięwzięcia  
Województwa Lubelskiego oraz  
Narodowego Centrum Badań i Rozwoju**

**PN. LUBELSKA WYŻYNA  
TECHNOLOGII FOTONICZNYCH**

**2017r.**

Załącznik nr 1 do uchwały Zarządu Województwa Lubelskiego

## Spis treści:

1. Streszczenie – krótka charakterystyka programu.
2. Cele.
3. Zakres tematyczny.
4. Wskaźniki.
5. Zarządzanie.
6. Harmonogram.
7. Plan finansowy.



# 1. Streszczenie – krótka charakterystyka programu.

Polskie technologie fotoniczne i światłowodowe powstały i są rozwijane poprzez instytucje naukowe i przedsiębiorstwa zlokalizowane w Polsce Południowo-Wschodniej. Lubelscy naukowcy pracują m. in. nad stworzeniem technologii nowych rodzajów światłowodów czujnikowych, mikrostrukturalnych i fonicznych, a także światłowodów domieszkowanych pierwiastkami rzadkimi dla laserów włóknowych i wzmacniaczy optycznych oraz nad nowymi rodzajami powłok ochronnych światłowodów. Z tego względu kolejne inwestycje w rozwój fotoniki przyspieszą wzrost gospodarczy regionu, tym bardziej że jest ona całkowicie niezależna od innych technologii i surowców naturalnych oraz bezpieczna dla środowiska naturalnego.

Polskie uczelnie, instytuty badawcze oraz przedsiębiorstwa z branży fotonicznej coraz sprawniej ze sobą współpracują w oparciu o nowoczesny i skuteczny model zakładający pośrednictwo firm technologicznych z sektora MŚP w transferze technologii z nauki do przemysłu, co wydatnie podnosi efektywność w relacjach pomiędzy sektorem naukowo-badawczym, administracją i biznesem. Przedsiębiorstwa technologiczne z zakresu fotoniki skoncentrowały swoją działalność badawczo-rozwojową w Lublinie, w oparciu o istniejące zaplecze naukowo-badawcze ukierunkowane na komercjalizację. Dzięki powyższemu doświadczeniu możliwe będzie poszerzanie współpracy o nowych partnerów reprezentujących zarówno jednostki naukowo-badawcze jak i przedsiębiorców. Z punktu widzenia gospodarki województwa lubelskiego rozwój przedsiębiorczości technologicznej w obszarze fotoniki będzie bezpośrednio wywierał wpływ na rozwój wszystkich inteligentnych specjalizacji regionu jakimi są biogospodarka, medycyna i zdrowie, energetyka niskoemisyjna, informatyka i automatyka.

W związku z powyższym Województwo Lubelskie złożyło do Narodowego Centrum Badań i Rozwoju propozycję ustanowienia Wspólnego Przedsięwzięcia pn. *Lubelska Wyżyna Technologii Fonicznych*, która została zaakceptowana. W jej wyniku zostało podpisane w dniu 17 maja 2017 r. *Porozumienie w sprawie realizacji Wspólnego Przedsięwzięcia polegającego na wsparciu badań przemysłowych i prac rozwojowych w obszarze technologii fonicznych*.

Zgodnie z założeniami Wspólnego Przedsięwzięcia w konkursach organizowanych przez NCBR dofinansowanie będą mogły uzyskać konsorcja przedsiębiorstw i jednostek naukowych, natomiast Województwo Lubelskie w ogłaszanych przez siebie konkursach będzie udzielało dofinansowania realizującym projekty przedsiębiorstwom.

## 2. Cele.

Ustanowienie przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz Województwo Lubelskie wspólnego programu dla rozwoju technologii fotonicznych zapewni z jednej strony rozwój ogólnopolskiej, a w szczególności lubelskiej gospodarki w zakresie wysokich technologii (na dzień dzisiejszy obecnych w regionie w stopniu niewystarczającym), a z drugiej umożliwi nowym oraz prowadzącym już działalność na Lubelszczyźnie przedsiębiorcom natychmiastową szansę rywalizacji ze ścisłą światową czołówką tej branży. Szczególnie istotne jest powstanie nowoczesnych, technologicznych firm z sektora MŚP, które mogą elastycznie funkcjonować, przystosowując się do zmian i nowych trendów na rynku globalnym. Jednocześnie wyspecjalizowane firmy współpracujące z jednostkami naukowo – badawczymi zapewniłyby zarówno sprawną komercjalizację jak i ochronę polskiej własności intelektualnej. W perspektywie, wspomniane przedsiębiorstwa mogłyby stać się siłą napędową gospodarki regionu.



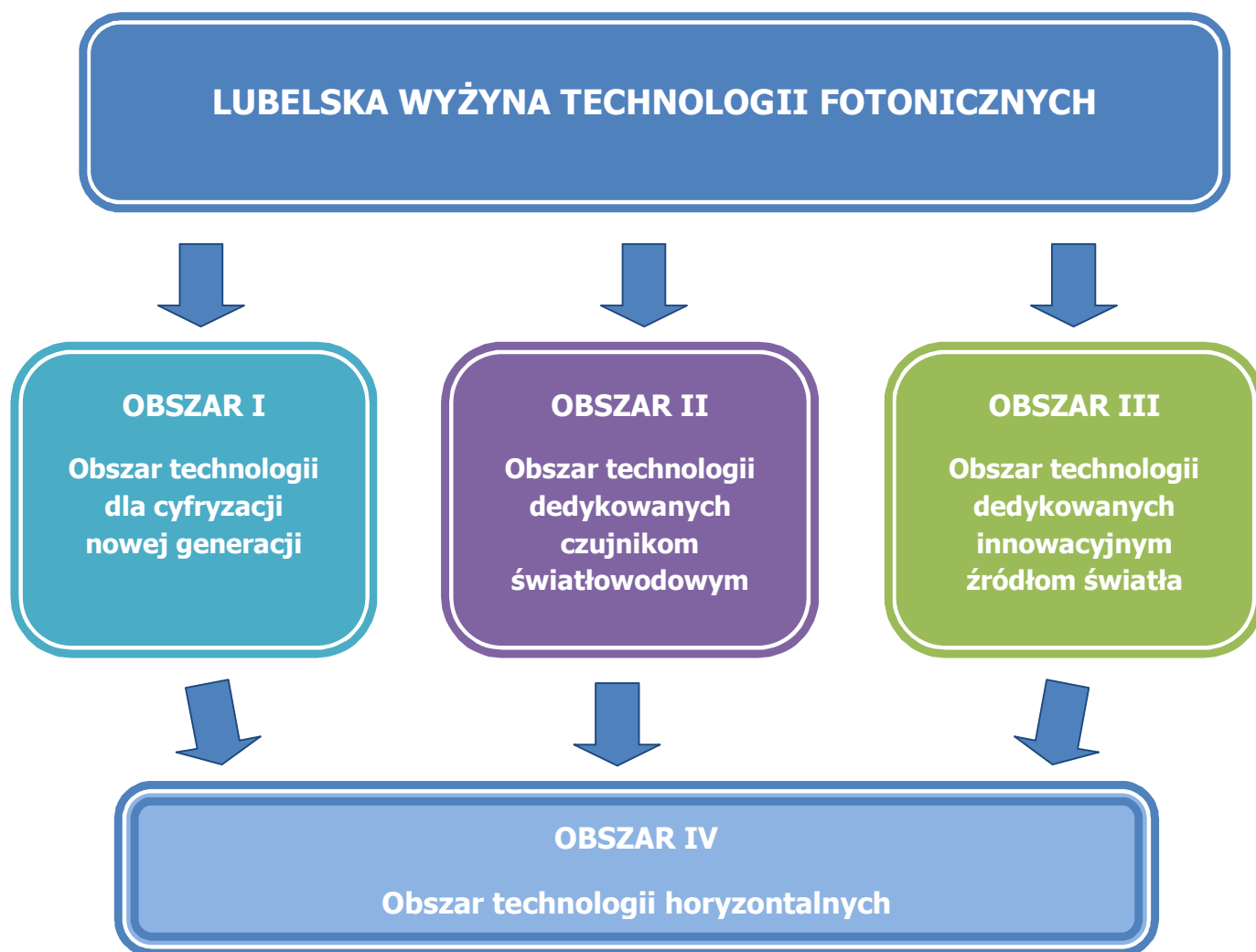
## 3. Zakres tematyczny.

Zakres Wspólnego Przedsięwzięcia dotyczący rozwoju technologii fotonicznych wpisuje się w *Strategię na rzecz odpowiedzialnego rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 roku)* - dokument przyjęty przez Radę Ministrów w dniu 14 lutego 2017 r. oraz jest zgodny z Krajowymi Inteligentnymi Specjalizacjami (KIS) będącymi integralną częścią Programu Rozwoju Przedsiębiorstw. Efektem opracowania KIS jest wskazanie krajowych inteligentnych specjalizacji stanowiących priorytety w zakresie polityki naukowej i innowacyjnej, wśród których znajduje się KIS 18 Fotonika.



Fotonika oraz jej komponenty otwierają ogromne możliwości przed takimi działaniami gospodarki jak: transport (lotnictwo), biotechnologia, ochrona środowiska, robotyka, mikroobróbka, obronność, petrochemia, motoryzacja, medycyna (chirurgia, dermatologia, diagnostyka medyczna), telekomunikacja, energetyka, budownictwo, przemysł wydobywczy, zbrojeniowy czy kosmiczny i wiele innych. Tak szerokie spektrum zastosowań, pozwala na znaczny rozwój gospodarki poprzez unowocześnianie różnych gałęzi przemysłu, kreowanie nowych miejsc pracy, tworzenie nowych przedsiębiorstw i zdobywanie przewagi konkurencyjnej względem innych krajów wysoko rozwiniętych.

Fotonika będąc dynamicznie rozwijającą się wielosektorową dziedziną multidyscyplinarną, przenika do wielu obszarów działalności człowieka, a technologie fotoniczne mają wpływ na poprawę konkurencyjności i innowacyjności niemal wszystkich gałęzi przemysłu. Dlatego ich rozwijanie pozwoli na elastyczne podejście do realizowania wyzwań w trzech kluczowych obszarach: technologii dla cyfryzacji nowej generacji, technologii dedykowanych czujnikom światłowodowym oraz technologii dedykowanych innowacyjnym źródłom światła.



## I. Obszar technologii dla cyfryzacji nowej generacji

Stosowana obecnie telekomunikacja światłowodowa, będąca podstawą współczesnego przesyłu informacji, staje przed wyzwaniem wynikającym z ciągle zwiększającego się zapotrzebowania na przepustowość sieci transmisyjnych, któremu nie jest w stanie sprostać. Zapotrzebowanie na przepustowość sieci jest tak duże, że istnieje realne zagrożenie kryzysem telekomunikacyjnym. Oznacza to, że w niedalekiej przyszłości rynek będzie wymagał nowej, rewolucyjnej technologii, która umożliwi skokowy, a nie liniowy, wzrost przepływności sieci i łącz światłowodowych. Obecnie zakłada się, że w przyszłości do przesyłu danych powszechnie wykorzystywana będzie technika zwielokrotnienia przestrzennego (*space division multiplexing*), w której wykorzystywane będą światłowody wielordzeniowe i/lub wielomodowe, gdzie każdy rdzeń i/lub mod będzie przysyłał niezależną informację.

Cyfryzacja nowej generacji to nie tylko innowacyjne światłowody, ale również całe otoczenie techniczne. Autonomicznemu zasilaniu służą ogniwa fotowoltaiczne zmniejszające zużycie energii oraz powodujące wzrost bezpieczeństwa poprzez zwiększenie niezawodności działania urządzeń fotonicznych. Zastępowanie urządzeń elektrycznych wymagających zasilania, urządzeniami pasywnymi (np. światłowodowymi) stało się już rzeczywistością.

Pod pojęciem cyfryzacji nowej generacji znajdują się także zagadnienia związane z technikami data center oraz przechowywaniem informacji w chmurach danych. Od sprawności tych technik systemowych zależy sprawność i bezpieczeństwo gospodarki, które opierają się w coraz większym stopniu na technikach cyfrowych.

Celem realizacji projektów w ramach Obszaru I będzie opracowanie innowacyjnych technologii wytwarzania nowych typów światłowodów umożliwiających wykorzystanie technik zwielokrotnienia przestrzennego do przesyłania danych oraz opracowanie technologii wytwarzania nowych komponentów fotonicznych (światłowodowych) dla cyfryzacji nowej generacji.

Opracowane rozwiązania pozwolą na wzrost konkurencyjności polskiego, a w szczególności lubelskiego sektora komponentów fotonicznych (światłowodowych), szczególnie dedykowanych do zastosowań w systemach dostępowych.

### 1.1 Technologie wytwarzania dedykowanych komponentów fotonicznych i światłowodów dla systemów transmisyjnych wykorzystujących multipleksację optyczną

#### Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji

Stale rosnące zapotrzebowanie na przesył danych w systemach telekomunikacji światłowodowej, a zarazem ograniczona przestrzeń w infrastrukturze teletechnicznej (szczególnie w dużych aglomeracjach) wymaga ciągłego poszukiwania nowych rozwiązań. Jednym z nich jest zastosowanie światłowodów wielordzeniowych z izolowanymi rdzeniami,



które pozwalają na zwiększenie przepustowości sieci tyle razy, ile rdzeni zawierają. Każdym kanałem (rdzeniem) wysyłana może być inna, niezależna informacja. Kolejnym możliwym rozwiązaniem jest wykorzystanie światłowodów kilku- i wielomodowych, w których każdy mod może być niezależnym nośnikiem informacji. Z technologicznego punktu widzenia głównym wyzwaniem w obu przypadkach jest zapewnienie wysokiej izolacji poszczególnych rdzeni (np. poprzez wprowadzanie do światłowodów mostków o obniżonym współczynniku załamania lub mikrostruktur z otworów powietrznych) lub poszczególnych modów (np. poprzez odpowiednio dostosowany rozkład współczynnika załamania rdzenia). Nie mniej ważne jest także opracowanie technologii komponentów fonicznych, które umożliwią integrację nowych struktur światłowodów wielordzeniowych (lub wielomodowych) z istniejącą infrastrukturą telekomunikacyjną, przez co w łagodny sposób nowe typy światłowodów będą mogły być wykorzystane w istniejącym systemie telekomunikacyjnym bez konieczności wymiany wykorzystywanych obecnie światłowodów jednordzeniowych.

Poza rozwojem technologii światłowodów i komponentów do multipleksacji przestrzennej poprawa wydajności obecnych systemów telekomunikacyjnych jest możliwa poprzez opracowanie technologii dedykowanej komponentom światłowodowym o poprawionej funkcjonalności. Poprawę parametrów (np. straty wtrąceniowe, odbicie, stabilność przy zmianach temperatury, etc.) elementów transmisyjnych dostępnych obecnie można osiągnąć przez zastosowanie światłowodów specjalnych. Nowe rodzaje komponentów fonicznych dedykowanych sieciom transmisyjnym (np. światłowodowe kompensatory dyspersji, światłowodowe dzielniki mocy optycznej, światłowodowe tłumiki i przełączniki optyczne, sprzęgacze światłowodowe, w tym utrzymujące polaryzację) pozwolą na wyeliminowanie wad obecnie stosowanych komponentów telekomunikacyjnych i poprawę jakości transmisji. Wytworzenie ww. komponentów będzie możliwe po opracowaniu technologii przetwarzania światłowodów specjalnych (m.in. mikrostrukturalnych i wielordzeniowych).

#### ❖ Cel

Zwiększenie wydajności systemów telekomunikacyjnych, zwiększenie ilości przesyłanych danych (pojemności transmisyjnej) pojedynczym światłowodem.

#### ❖ Oczekiwany efekt

Opis i demonstratory technologii niezbędnych do budowy prototypowej sieci transmisyjnej wykorzystującej nowe rodzaje światłowodów wielordzeniowych i/lub multipleksacji przestrzennej.

## **1.2 Technologie wytwarzania światłowodów aktywnych do zastosowań we wzmacniaczach światłowodowych nowej generacji**

### **Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji**

Gwałtowny rozwój telekomunikacji dalekozasięgowej był możliwy między innymi dzięki opracowaniu światłowodowych wzmacniaczy EDFA (erbium-doped fiber amplifier). Pozwoliły



one na zwiększenie zasięgu linii światłowodowych do kilku tysięcy kilometrów. Wzmacniacze takie są obecnie przystosowane do zwiększania mocy optycznej sygnału w światłowodach jednomodowych w całym zakresie spektralnym WDM (wavelength division multiplexing). Niemniej jednak, spodziewany w przyszłości rozwój światłowodów kilkumodowych i światłowodów wielordzeniowych będzie wymagał stosowania odpowiednich wzmacniaczy, które są w stanie równo i stabilnie wzmocnić każdy kanał niezależnie od modu i rdzenia. Opracowanie technologii wytwarzania światłowodów aktywnych do takiego wzmacniacza umożliwi konstrukcję dalekozasięgowych sieci telekomunikacyjnych wykorzystujących technikę zwielokrotniania w dziedzinie przestrzeni (ang. space division multiplexing). Aby skonstruować odpowiedni wzmacniacz, niezbędne jest opracowanie technologii wytwarzania kilkumodowego i/lub wielordzeniowego światłowodu domieszkowanego erbem o odpowiednim rozkładzie współczynnika załamania (dopasowanego do światłowodu transmisyjnego), zapewniającego wzmocnienie na równym poziomie, niezależnie od modu i/lub rdzenia. Opracowanie takiej technologii umożliwi budowę wzmacniacza, który pozwala nie tylko na wzmocnienie sygnału zwielokrotnionego w dziedzinie długości fali (wzmacniacz WDM), ale również rozszerza tę charakterystykę na operację kilkumodową i wielordzeniową. Docelowo, umożliwi to rozszerzenie stosowalności multipleksacji przestrzennej nie tylko w sieciach typu metro, ale również w sieciach międzymiastowych czy transkontynentalnych.

Nie mniej ważnym problemem będzie również opracowanie technologii dedykowanych światłowodom aktywnym dla nowej generacji wzmacniaczy pozwalających na poszerzenie pasma spektralnego pracy poza obecnie wykorzystywane pasma C i L oraz technologii nowych typów wzmacniaczy optycznych, w tym wzmacniaczy hybrydowych oraz potencjalnie bardzo atrakcyjnych wzmacniaczy bizmutowych.

#### ❖ Cel

Zwiększenie efektywności przesyłania danych w sieciach telekomunikacyjnych poprzez wykorzystanie nowych rodzajów wzmacniaczy optycznych.

#### ❖ Oczekiwany efekt

Demonstratory technologii fotonicznych niezbędnych do budowy:

- wzmacniacza optycznego wykorzystującego nowe rodzaje światłowodów kilkordzeniowych i/lub kilkumodowych.
- wzmacniacza o poszerzonym zakresie spektralnym,
- wzmacniacza hybrydowego
- wzmacniacza bizmutowego.





### 1.3 Technologie hybrydowego zasilania z użyciem fotowoltaicznych źródeł energii

#### Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji

Wraz z rozwojem techniczno-cywilizacyjnym pojawia się coraz więcej potrzeb związanych z funkcjonowaniem gamy urządzeń i elementów infrastruktury, które muszą operować w zdalnych lokalizacjach, rozumianych jako obszary pozbawione możliwości doprowadzenia zasilania sieciowego. Istotnym zadaniem staje się więc opracowanie technologii zasilania alternatywnego, a więc opartego na dostępnych źródłach energii odnawialnej. Wykorzystuje się w tym przypadku przede wszystkim fotowoltaiczne źródła energii, gdyż można je stosować w wielu scenariuszach. Niestety źródła fotowoltaiczne posiadają istotne ograniczenia, które wiążą się z ich zależnością od warunków atmosferycznych, pory dnia i roku oraz z szeregiem właściwości fizycznych związanych m.in. ze stanem samych ogniw lub paneli fotowoltaicznych. Wszystkie wymienione elementy powodują, że produktywność źródeł fotowoltaicznych jest nieliniowa, co stwarza szereg problemów implementacyjnych. Jedną z odpowiedzi na problem nieliniowej produktywności fotowoltaicznego źródła energii są hybrydowe technologie zasilania, tj. właściwe połączenie fotowoltaicznych źródeł i innego źródła bądź innych źródeł energii odnawialnej, w szczególności energii wiatrowej. Niezbędne jest opracowywanie i ulepszanie wszelkich technologii, które miałyby za zadanie efektywne połączenie korzyści wynikających z zastosowania wymienionych źródeł, a nie bazowały wyłącznie na prostym dodaniu kilku urządzeń dostarczających energię i podłączenie ich do jednego obwodu. Ma to szczególne znaczenie w przypadku instalacji na obiektach pozostających w ruchu (m.in. statkach wodnych), gdzie każdy pojedynczy element odpowiedzialny za dostarczanie energii (np. pojedynczy panel fotowoltaiczny, pojedynczy generator wiatrowy) musi być niezależnie sterowany w związku z dynamiczną zmianą warunków zewnętrznych (m.in. poziomu wiatru, nasłonecznienia), aby całość układu zasilającego dostarczała energię o maksymalnie stabilnych i zadanych parametrach. Jest to istotne niezależnie od tego, czy w danym przypadku zostanie zastosowana bateria, czy źródło hybrydowe zostanie podłączone bez uwzględnienia baterii do obciążenia (odbiorników). W każdym przypadku technologia musi zapewniać ścisłą kontrolę wszystkich kluczowych parametrów pracy oraz gwarantować właściwe parametry wyjściowe.

#### ❖ Cel

Zwiększenie efektywności pracy źródeł energii poprzez opracowanie technologii fotonicznych dla hybrydowych źródeł zasilania pozwalających na wyeliminowanie wad obecnych źródeł fotowoltaicznych.

#### ❖ Oczekiwany efekt

Opracowanie metod i algorytmów umożliwiających efektywne wykorzystanie energii pochodzącej z wszystkich wybranych źródeł, aby dostarczanie energii odbywało się w sposób maksymalnie efektywny oraz bezpieczny, nadający się do wykorzystania zarówno do ładowania baterii oraz bezpośredniego wykorzystania w systemie odbiorników bez uwzględnienia baterii.



## **1.4 Technologie dla fotonicznych systemów komunikacyjnych o dużych przepływnościach dla transmisji sygnału optycznego w otwartej przestrzeni**

### **Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji**

Naturalne bariery przepustowości komunikacji bezprzewodowej z użyciem techniki radiowej mogą zostać pokonane poprzez zastosowanie wielofalowej (WDM) komunikacji fotonicznej w otwartej przestrzeni. Użycie w tym celu wiązki świetlnej o dużej spójności przestrzennej pozwoli na skokowy wzrost przepustowości dzięki wykorzystaniu multipleksacji przestrzennej, co jest możliwe w skali nieporównanie większej niż ma to miejsce w przypadku światłowodu. Komunikacja z urządzeniami mobilnymi, bądź w sieciach ad-hoc, wymaga nadążnego kierowania skolimowaną wiązką. Obecny stan techniki wyklucza taką ideę, jeżeli miałyby mieć zastosowanie do realizacji komunikacji ze zminiaturyzowanymi urządzeniami takimi, jak smartfon, tablet lub inne należące do grupy urządzeń Internetu Rzeczy. Potencjał wprowadzenia przełomu w rozwiązaniu tego problemu mają źródła światła i fotodetektory (jednofalowe oraz WDM), których orientacja przestrzenna emisji/recepcji jest sterowana, np. dzięki umieszczeniu na mikromechanicznym manipulatorze. Zagadnienie integracji platformy fotonicznej z mikromechaniczną nie zostało dotąd skutecznie rozwiązane. Dodatkową trudnością w przypadku integracji fotodetektora z elementem mikromechanicznym jest szczupłość miejsca limitująca możliwość powierzchniowego rozmieszczenia fotodetekcyjnych elementów WDM i mikrooptycznych elementów ogniskujących. Otwartym zagadnieniem jest zintegrowanie fotodetektora umieszczonego na elemencie mikromechanicznym z fotoniczną częścią korektora charakterystyki toru. Zaletą użycia korektora działającego na sygnale optycznym jest uniknięcie degradacji sygnału po konwersji opto-elektrycznej. Technologia wykonywania sterowanych fotonicznych komponentów korektora do zintegrowania z fotodetektorem odbiornika optycznego do komunikacji w otwartej przestrzeni jest obecnie kwestią otwartą.

#### **❖ Cel**

Pokonanie bariery technologicznej wykonywania fotodetektorów o wąskim kącie recepcji i kierowanej osi recepcji oraz zwiększenie przepustowości łącza optycznego przeznaczonego do kierunkowej komunikacji w otwartej przestrzeni.

#### **❖ Oczekiwany efekt**

1. Opis metodologii projektowania oraz technologii wykonania adaptacyjnego korektora dla odbiornika optycznego służącego do komunikacji w otwartej przestrzeni.
2. Opisy technologii integracji struktur fotodetektorów z mikromanipulatorem mechanicznym oraz prototypowy element fotodetektora o wąskim kącie recepcji i kierowanej osi recepcji wykonany z użyciem tych technologii.

## 1.5 Technologie dla transceiverów światłowodowych nowej generacji

### Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji

Barierą dla lepszego wykorzystania światłowodu jako medium transmisyjnego zapewniającego dużą przepustowość łącza komunikacyjnego (na przykład ponad 100Gbps w jednym kanale falowym), są negatywne zjawiska związane z propagacją w światłowodzie: dyspersja polaryzacyjna i efekty nieliniowe. W przypadku światłowodów wielordzeniowych bądź kilkumodowych dodatkowo czynnikiem limitującym uzyskanie dużej wypadkowej przepustowości łącza jest przesłuch pomiędzy rdzeniami/modami. Wobec ograniczonej skuteczności kompensacji powyższych zjawisk w dziedzinie optycznej rozwiązaniem warunkującym zwiększenie przepustowości jest zastosowanie właściwych technologii przetwarzania sygnałów w dziedzinie elektrycznej lub łącznie optycznej i elektrycznej, decydujących o sposobie wykonania transceivera fotonicznego systemu komunikacyjnego. Jednym z kluczowych elementów transceivera jest adaptacyjny filtr nieliniowego korektora charakterystyki toru, który ze względu na szerokość pasma sygnałów musi być wykonany w postaci zintegrowanego układu monolitycznego o dostatecznie dużej szybkości działania. Dla właściwego przetwarzania sygnałów w paśmie przekraczającym 100GHz kluczową kwestią jest zapewnienie dostatecznie małej tolerancji wykonania elementów a także powtarzalności charakterystyk. Specjalną trudnością w przypadku filtra dla transceivera przeznaczonego dla światłowodu wielordzeniowego jest konieczność integracji w jednym układzie odpowiedniej liczby struktur, każda z wieloma wieloma portami, przy utrzymaniu ich szybkości działania i symetrii charakterystyk. Korygowanie przeników pomiędzy kanałami (falowymi, rdzeniami światłowodu wielordzeniowego, itp.) za pomocą metod fotonicznych, pomimo ograniczonej skuteczności, posiada tę zaletę, że nie pogarsza jakości sygnału po konwersji opto-elektrycznej. Optymalny podział funkcji korekcyjnych pomiędzy część fotoniczną oraz technologia wykonywania sterowanych fotonicznych komponentów korektora są obecnie kwestią otwartą.

#### ❖ Cel

Pokonanie bariery technologicznej wykonywania zintegrowanych adaptacyjnych filtrów nieliniowego korektora dla transceiverów optycznych umożliwiających przekroczenie przepływności 100Gbps i przeznaczonych do pracy ze światłowodem wielordzeniowym.

#### ❖ Oczekiwany efekt

Opis metodologii projektowania i opis technologii wytwarzania adaptacyjnego korektora dla transceivera do pracy ze światłowodem wielordzeniowym.

## **1.6 Technologie routingu fotonicznego dla terabitowych sieci światłowodowych**

### **Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji**

W perspektywie 5-10 lat, techniki komunikacji fotonicznej zdominują sieci miejskie i dostępowe. Przewiduje się, że w ślad za komunikacją w szkieletach sieci, również te systemy optyczne będą wykorzystywać multipleksację falową (WDM), być może także multipleksację przestrzenną w oparciu o światłowody wielordzeniowe, i przesyłać co najmniej 10-40Gbps w jednym kanale falowym. Sieci takie wymagać będą kompaktowych urządzeń umożliwiających routing kanałów falowych. Jedyną racjonalną odpowiedzią na tę ostatnią potrzebę jest wprowadzenie na rynek masowo produkowanych zintegrowanych układów fotonicznych o dużej skali integracji służących do przestrzennego routowania (przełączania) kanałów falowych. Niezbędną selektywność zapewnić mogą sprzężone struktury interferometryczne. Sterowanie tymi strukturami można osiągnąć poprzez przemieszczanie elementów mikromechanicznych. Problemem jest zintegrowanie interferometrycznych struktur fotonicznych elementami mikromechanicznymi. Rozwiązanie problemu wymaga rozwinięcia koncepcji i narzędzi projektowych, optymalizacji doboru materiałów, optymalizacji procesów technologicznych, weryfikacji koncepcji poprzez wytworzenie i scharakteryzowanie w drodze pomiarów próbek laboratoryjnych prototypów wybranych elementów. Rozwiązanie problemu umożliwi opracowanie platformy technologicznej dla zintegrowania systemów mikro-/nano-mechanicznych ze strukturami nanofotonicznymi, a w szczególności do wytwarzania wieloportowego przełącznika falowego w postaci zintegrowanego układu fotonicznego.

#### **❖ Cel**

Rozwinięcie platformy technologicznej dla zintegrowania systemów mikro-/nano-mechanicznych ze strukturami nanofotonicznymi wykorzystującymi różne materiały i zweryfikowanie jej przydatności do rozwinięcia na dalszym etapie technologii produkcji zaawansowanych zintegrowanych układów fotonicznych.

#### **❖ Oczekiwany efekt**

Opis metodologii projektowania i opis technologii wykonania wieloportowego przełącznika falowego (wavelength cross-connect, WXC) o przepustowości bitowej co najmniej 40Gbps na jeden port, zintegrowanego ze sterującym układem mikromechanicznym.

## **II. Obszar technologii dedykowanych czujnikom światłowodowym**

Opracowanie nowatorskich technologii fotonicznych pozwoli na konstruowanie nowych czujników światłowodowych, które będą charakteryzowały się znacznie większą czułością, wytrzymałością (wysokie temperatury i inne zagrożenia środowiskowe) oraz



dokładnością niż ich obecne elektroniczne odpowiedniki. Pozwoli to na zrewolucjonizowanie dotychczasowych systemów pomiarowych oraz uzyskanie rezultatów, które wcześniej nie były możliwe do uzyskania. Dzięki innowacyjnym technologiom fonicznym możliwe będzie opracowanie nowatorskich sposobów wytwarzania czujników dla wielu gałęzi gospodarki, m. in. dla sektorów: wydobywczego i paliwowo-energetycznego, budownictwa oraz wszechstronnego wykorzystania w medycynie. Zwłaszcza w medycynie precyzja pomiarów odgrywa istotne znaczenie (szczególnie niewielkie zmiany parametrów). Bezpieczeństwo i niezawodność mają w tym przypadku bezpośredni wpływ na właściwą diagnozę i leczenie, a przez to decydują o ratowaniu życia ludzkiego.

Celem realizacji projektów w ramach Obszaru II będzie opracowanie innowacyjnych technologii fonicznych umożliwiających wytwarzanie czujników o znacznie większej czułości, wytrzymałości i dokładności niż obecnie znane czujniki elektroniczne.

Opracowane rozwiązania pozwolą polskim, a w szczególności lubelskim firmom na wejście na rynek zaawansowanych układów i systemów czujnikowych, jednocześnie stwarzając szansę na opracowanie unikatowych rozwiązań w dynamicznie rozwijającym się obszarze systemów sensorycznych.

## **2.1 Technologie szkieł typu high silica, specjalnych pokryć ochronnych elementów fonicznych oraz światłowodów dla czujników pracujących w środowiskach agresywnych**

### **Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji**

Obecnie wszystkie światłowody o najlepszej jakości wytwarzane są ze szkła krzemionkowego i szkieł typu high silica czyli szkieł krzemionkowych zawierających niewielką ilość domieszek modyfikujących ich właściwości optyczne. Niestety pomimo znacznej odporności chemicznej, tego typu szkła charakteryzują się dość słabą wytrzymałością mechaniczną. Stąd konieczność stosowania specjalnych pokryć ochronnych. Jednym z podstawowych ograniczeń stosowania szklanych światłowodów w wymagających i agresywnych środowiskach (np. w warunkach pracy kopalni, rafinerii lub w huty) jest degradacja powierzchni szkła w warunkach podwyższonej temperatury i wilgotności. Szkło staje się kruche, co z czasem powoduje samoczynną destrukcję światłowodu. Dlatego z punktu widzenia zastosowań czujników światłowodowych w przemyśle, krytyczny jest rozwój technologii nowych rodzajów szkieł typu high silica zawierających w składzie domieszki ograniczające ich samodestrukcję, jak też rozwój technologii pokryć ochronnych światłowodów i komponentów czujnikowych, które jeszcze skuteczniej niż obecnie chronić będą światłowody przed wpływem agresywnego środowiska zewnętrznego. Ponadto rozwój technologii pokryć dedykowanych dla czujnikowych komponentów światłowodowych (m.in. sprzęgaczy, interferometrów, dzielników, multiplekserów, siatek Bragga, zwierciadeł etc.) powinien iść w parze z rozwojem technologii integracji komponentów w badanych materiałach.

Jednym ze środowisk agresywnych wpływających niekorzystnie na funkcjonowanie światłowodów jest promieniowanie jonizujące. Wywołuje ono we włóknie defekty zwiększające tłumienie światłowodu, co wpływa niekorzystnie na pracę czujnika, między



innymi poprzez zakłamanie wyników pomiarowych lub uniemożliwienie ich odczytu. Zjawisko to, nazywane ciemnieniem (photodarkening), będzie mogło być zminimalizowane poprzez opracowanie odpowiedniej technologii szkła high silica odpornego na promieniowanie jonizujące.

#### ❖ Cel

Zwiększenie efektywności i niezawodności w sektorze czujników światłowodowych poprzez opracowanie technologii nowych materiałów.

#### ❖ Oczekiwany efekt

Demonstratory technologii niezbędnych do wytwarzania nowych materiałów dla sensorów światłowodowych pracujących w środowiskach agresywnych.

## **2.2 Technologie aktywnych i pasywnych powłok cienkowarstwowych dla specjalnych czujników światłowodowych**

### **Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji**

Obecnie wiele dziedzin przemysłu potrzebuje innowacyjnych metod superczułej detekcji różnych wielkości fizycznych i czynników chemicznych. Precyzja, częstotliwość, a czasami w ogóle możliwość przeprowadzenia pomiaru mają kluczowe znaczenie dla prowadzonych procesów. W szczególności czujniki światłowodowe potrzebne są w przemysłach wydobywczym, petrochemicznym oraz przy przesyłach produktów przetwórstwa ropy naftowej i gazu ziemnego. Pomiary stężenia gazów wybuchowych w wymienionych dziedzinach gospodarki są szczególnie ważne ze względów bezpieczeństwa. W chwili obecnej pomiary często są wykonywane przez operatorów poruszających się pieszo m.in. po kopalniach lub rafineriach.

W czujnikach opartych o technologię warstw aktywnych światło jest doprowadzane światłowodem do miejsca pomiaru, który może być oddalony nawet dziesiątki kilometrów od zasilanych urządzeń nadawczo-odbiorczych, i w którym sygnał jest modyfikowany, dzięki użyciu dedykowanych materiałów aktywnych zmieniających swoje właściwości optyczne lub zmieniających propagację światła w samym światłowodzie w wyniku kontaktu z analizowanym medium (np. z cząsteczkami mierzonego gazu). Zmodyfikowany w miejscu pomiaru sygnał jest następnie transmitowany do miejsca detekcji, gdzie jest analizowany.

#### ❖ Cel

Zwiększenie efektywności w sektorze czujników światłowodowych poprzez opracowanie technologii nowych powłok cienkowarstwowych.

#### ❖ Oczekiwany efekt

Demonstratory technologii niezbędnych do wytwarzania nowych typów czujników światłowodowych wykorzystujących powłoki cienkowarstwowe.





## **2.3 Technologie wytwarzania światłowodów specjalnych do pomiarów wieloparametrowych lub o podwyższonej czułości lub do zastosowań w czujnikach rozłożonych**

### **Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji**

Badania w obrębie niniejszego zagadnienia będą miały na celu m.in. opracowanie technologii wytwarzania światłowodów o zmniejszonych czułościach krzyżowych na wybrane wielkości fizyczne, które z powodzeniem będą mogły być montowane w nowych typach czujników, w najbardziej wymagających warunkach przemysłowych. Zagadnienie obejmuje także technologię włókien fonicznych, których właściwości pozwalają na zwiększenie czułości na badane medium, zwiększenie zakresów pomiarowych oraz eliminację czułości krzyżowych na niezależne czynniki zewnętrzne. Ponadto planowane jest tu także opracowanie technologii wytwarzania światłowodów wielordzeniowych do zastosowań w czujnikach kształtu i zgięć oraz w czujnikach wieloparametrowych, w których poszczególne rdzenie są selektywnie czułe na różne wielkości fizyczne.

Poza technologiami światłowodów do zastosowań w czujnikach punktowych, w ramach zagadnienia badawczego będą rozwijane technologie światłowodów dedykowanych do zastosowań w pomiarach rozłożonych. Pomiary wykonywane z pomocą światłowodowych czujników rozłożonych są techniką unikalną, biorąc pod uwagę wszystkie dostępne techniki pomiarowe. Żadna technika poza światłowodową, nie umożliwia dokonywania tego typu pomiarów. Każdy fragment światłowodu można traktować jako niezależny czujnik danej wielkości fizycznej. Daje to możliwość dokonywania pomiarów wzdłuż wielu kilometrów gazociągów, torów kolejowych czy innego typu infrastruktury z rozdzielczością pojedynczych metrów. Obecnie technika światłowodowych pomiarów rozłożonych wykorzystuje standardowe światłowody telekomunikacyjne. Dzięki opracowaniu technologii wytwarzania specjalnych światłowodów dedykowanych pomiarom rozłożonym możliwe będzie zwiększenie rozdzielczości pomiarowych, dokonywanie pomiarów wielkości fizycznych, których nie można mierzyć światłowodami standardowymi (np. ciśnienie czy kształt) oraz zwiększenie czułości pomiarowych. Opracowanie technologii wytwarzania światłowodów dedykowanych do takich zastosowań jest bardzo wymagające ze względu na fakt, że wykorzystywane zjawiska zależą bardzo mocno od właściwości materiałowych oraz geometrycznych włókna. W skali globalnej jest to zagadnienie badawcze w początkowej fazie rozwoju, a co za tym idzie bardzo perspektywiczne.

Obecnie nie ma na rynku rozwiązań, które cechowałyby się planowanymi do osiągnięcia w wyniku prowadzonych badań, parametrami pomiaru, lub które pozwalałyby na jednoczesny pomiar wieloparametrowy. Dzięki opracowaniu technologii światłowodów wielordzeniowych (m. in. o heterogenicznych rdzeniach) będą mogły zostać stworzone bezkonkurencyjne światłowody dedykowane do czujników (zarówno punktowych jak i rozłożonych) realizujących jednoczesny pomiar wieloparametrowy (np. naprężeń, ciśnienia i temperatury) w jednym włóknie.

## ❖ Cel

Zwiększenie efektywności w sektorze czujników światłowodowych poprzez opracowanie technologii nowych typów światłowodów specjalnych.

## ❖ Oczekiwany efekt

Demonstratory technologii niezbędnych do wytwarzania nowych typów światłowodów specjalnych dla sensorów światłowodowych.

### **2.4 Technologie światłowodowych struktur periodycznych dla innowacyjnych czujników światłowodowych**

#### **Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji**

Światłowodowe siatki Bragga (ang. Fiber Bragga Grating - FBG) są jedną z podstawowych technologii wykorzystywanych w czujnikach światłowodowych. Siatki Bragga umożliwiają realizację bezpośredniego i bezwzględnego pomiaru takich wielkości fizycznych jak temperatura i naprężenia. Tradycyjne FBG wykonywane na światłowodach klasycznych mają jednak pewne ograniczenia m.in. wysokie czułości krzyżowe na temperaturę/naprężenia, przez co konieczne jest stosowanie metod kompensacji. Eliminacja czułości krzyżowych jest możliwa do uzyskania m.in. poprzez stosowanie światłowodów specjalnych, w tym mikrostrukturalnych o odpowiednio zaprojektowanych czułościach. Dlatego konieczny jest rozwój technologii naświetlania siatek Bragga na nowych typach światłowodów specjalnych. Innym sposobem rozwiązania tego problemu jest wytworzenie struktur periodycznych z użyciem światłowodów klasycznych (np. SMF28). Innowacyjność rozwiązań czujnikowych można wtedy uzyskać stosując niekonwencjonalne metody realizacji struktur periodycznych w połączeniu z modyfikacją właściwości geometrycznych samego włókna (np. lokalne przewężenie włókna światłowodowego).

Tematyka projektów będzie dotyczyć zagadnień, w których synteza technologii wytwarzania struktur periodycznych i modyfikacji właściwości klasycznych włókien optycznych lub wytworzenia nowych rodzajów włókien fotonicznych zapewni uzyskanie nowatorskich struktur czujnikowych dedykowanych pomiarom wielkości fizycznych oraz chemicznych/biochemicznych. W szczególności pożądane jest opracowanie technologii realizacji periodycznych struktur czujnikowych o kształtowanej czułości na czynniki zewnętrzne, wykazujących nowe mechanizmy detekcji wielkości mierzonych.

Obszarem prac B+R będzie również opracowanie nowej technologii fotonicznej dla czujników światłowodowych umożliwiającej zapis nowych rodzajów struktur periodycznych z wykorzystaniem włókien klasycznych oraz trwałej lokalnej zmiany geometrii światłowodu. Rozwiązanie to umożliwi minimalizację kosztów wytwarzania czujników światłowodowych oraz zapewni kompatybilność z obecnymi opto-elektronicznymi systemami do akwizycji, przetwarzania i wizualizacji danych z czujników.





#### ❖ Cel

Zwiększenie efektywności w sektorze czujników światłowodowych poprzez opracowanie technologii czujnikowych struktur periodycznych.

#### ❖ Oczekiwany efekt

Demonstratory technologii niezbędnych do wytwarzania nowych sensorów światłowodowych wykorzystujących czujnikowe struktury periodyczne.

## 2.5 Technologie inteligentnej detekcji optycznej

### Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji

Detekcja optyczna stanowi coraz bardziej istotny obszar technologiczny, który decyduje o dostarczeniu wiedzy dla różnych dziedzin działalności człowieka. Warto tu zwrócić uwagę na m.in. badanie jakości powietrza, bezpieczeństwo teleinformatyczne, detekcję szeregu zjawisk w obszarach zurbanizowanych. Strefy przemysłowe i silnie zurbanizowane odznaczają się największymi poziomami zanieczyszczeń, które wraz z rozwojem cywilizacyjnym stają się zjawiskami coraz bardziej dynamicznymi i zmiennymi w czasie, co utrudnia ich szczegółową i trafną analizę. Ponadto rozwój infrastruktury stref zurbanizowanych wiąże się z potrzebą kreowania szeregu zaawansowanych usług, które dla swojego prawidłowego działania wymagają wiedzy pozyskiwanej ze źródeł o charakterze wizualnym. Znaczenie tego typu informacji będzie dynamicznie rosło, o ile zapewniona zostanie możliwość ich automatycznej analizy. Technologie inteligentnej detekcji optycznej umożliwią odpowiednio precyzyjne, efektywne i możliwie niskokosztowe monitorowanie zjawisk uchwytnych optycznie przy użyciu najnowszych rozwiązań w dziedzinie fotoniki, jak optoelektroniczne systemy detekcji laserowej, spektroskopowe pomiary składu materii i wykrywania związków chemicznych oraz wytworzenie technologii umożliwiających formułowanie definicji obiektów wizualnych i katalogu oczekiwanych zjawisk uchwytnych optycznie w taki sposób, aby następnie możliwe było ich automatyczne przetwarzanie (analizowanie) w czasie rzeczywistym. Pozwoli to na zastosowanie ww. technologii w szeregu scenariuszach istotnych społecznie, także związanych z bieżącym ostrzeganiem przed zidentyfikowanymi zagrożeniami, w tym związanymi z bezpieczeństwem teleinformatycznym, jak również zapewni możliwość jej dalszego rozwoju i ulepszania. Omawiane technologie powinny zapewniać jak najmniejszą ilość błędów detekcji oraz maksymalnie uwzględniać kwestie ekonomiczne, gdyż specyfika systemów detekcji często wymaga instalacji dużej liczby detektorów.

#### ❖ Cel

Zwiększenie efektywności w sektorze czujników optycznych poprzez opracowanie nowych technologii inteligentnej detekcji optycznej.

### ❖ **Oczekiwany efekt**

Opis i demonstratory technologii umożliwiających precyzyjne, efektywne i możliwie niskokosztowe wykrywanie, analizowanie i monitorowanie szeregu zjawisk uchwytnych optycznie, skutkiem czego powstałe technologie będą możliwe do zastosowania w przyszłych systemach detekcji optycznej.

## **2.6 Technologie zbierania i przetwarzania danych z czujników fotonicznych**

### **Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji**

Czujniki fotoniczne stanowią grupę elementów pomiarowych, których najistotniejszymi cechami są: brak wrażliwości na zakłócenia elektromagnetyczne oraz możliwość budowy układów rozproszonych. Światłowód, na którym umieszczone są czujniki stanowi jednocześnie medium transmisyjne dla sygnału wejściowego i pomiarowego na duże odległości, nawet do kilkudziesięciu kilometrów. Ich zaletą jest również niewielki rozmiar głowicy pomiarowej, ograniczony do średnicy włókna światłowodowego. Ze względu na konieczność dostosowania elementów źródła światła, systemu detekcji oraz samych światłowodów i zapisanych na nich struktur pomiarowych do konkretnego użycia, czujniki światłowodowe znajdują zastosowanie do budowy specyficznych układów pomiarowych w miejscach, w których zastosowanie konwencjonalnych układów elektronicznych jest niemożliwe. Cechy te znacząco ograniczają szerokie zastosowanie czujników fotonicznych. Istotną częścią tego problemu jest konieczność stosowania skomplikowanych układów detekcji i przetwarzania danych z tego typu sensorów. Ze względu na stopień skomplikowania oraz stabilność pracy zastosowanie czujników fazowych oraz amplitudowych podlega ograniczeniom. Obecnie najczęściej wykorzystywanym typem czujników fotonicznych są układy oparte na światłowodowych strukturach periodycznych. Systemy przetwarzania danych z tego rodzaju czujników wykonywane są z wykorzystaniem elementów światłowodowych i nie wymagają wykorzystania przestrzennych elementów optycznych. Konieczne jest jednak zastosowanie urządzeń o odpowiedniej rozdzielczości do pomiaru charakterystyk widmowych, takich jak optyczne analizatory widma. Zastosowanie tych urządzeń w warunkach zewnętrznych, ich cena oraz przetwarzanie danych wyjściowych stanowi zasadnicze ograniczenie.

### ❖ **Cel**

Zwiększenie efektywności i szybkości działania systemów pomiarowych opartych na czujnikach fotonicznych oraz zmniejszenie kosztów układów detekcji sygnałów z czujników fotonicznych stosowanych w trudnych warunkach środowiskowych.

### ❖ **Oczekiwany efekt**

Demonstrator efektywnego i szybkiego systemu przetwarzania danych pomiarowych z czujników fotonicznych.



## **2.7 Technologie pomiarów wielkości nieelektrycznych z wykorzystaniem innowacyjnych struktur periodycznych**

### **Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji**

Na obecnym poziomie rozwoju metrologii istnieje potrzeba wprowadzenia nowych technik pomiarowych, które umożliwią aplikację w miejscach, w których pomiar jest niemożliwy do wykonania lub jego realizacja jest bardzo skomplikowana. Do tych miejsc należą wybrane elementy sieci elektroenergetycznych oraz transportu drogowego.

a. Obecny stan elektroenergetycznych sieci przesyłowych i dystrybucyjnych w Polsce wymaga szerokiej modernizacji. Poza wymianą istniejących elementów sieci (przewody, konstrukcje wsporcze), system sukcesywnie wzbogacany będzie o aktywne elementy służące do zdalnego rozłączania linii przesyłowych oraz elementy systemów czujnikowych umożliwiających kompleksowe zarządzanie systemem energetycznym. Najistotniejszym elementem sieci przesyłowych wymagającym zastosowania systemów czujnikowych dla monitorowania i zarządzania działaniem sieci stanowią linie przesyłowe wysokiego i średniego napięcia. Układy czujnikowe instalowane w miejscach systemu energetycznego powinny umożliwiać pomiar zwiśu przewodów, ich naprężenia, temperatury oraz obciążenia prądowego z uwzględnieniem warunków atmosferycznych. Zarządzanie pracą systemów energetycznych jest konieczne z punktu widzenia ich niezawodności, a zastosowanie systemów czujnikowych pracujących na liniach elektroenergetycznych jest konieczne dla poprawnego ich działania. Dostępne obecnie systemy czujnikowe nie wykorzystują elementów fotonicznych.

b. W transporcie drogowym wymagane jest skuteczne ograniczenie udziału pojazdów przeciążonych. Kontrole masy i nacisku osi pojazdów mogą być realizowane jak dotychczas w sposób statyczny lub alternatywnie w sposób dynamiczny na stanowiskach Weigh-in-Motion (WIM). Czujniki nacisku osi w systemach WIM mogą być montowane w nawierzchni głównego przekroju drogi, dzięki czemu ważeniu podlega każdy pojazd bez ograniczania jego prędkości. Zapewnia to 100% skuteczność kontroli w przeciwieństwie do kontroli statycznych. Wadą systemów dynamicznego ważenia pojazdów jest jednak ograniczona i zmienna dokładność pomiaru, wynikająca głównie z wad stosowanych obecnie czujników nacisku (polimerowe, kwarcowe, płytowe). Problem ten nie został do tej pory rozwiązany. Istnieje więc potrzeba opracowania nowego rodzaju czujników nacisku osi przeznaczonych do systemów dynamicznego ważenia pojazdów WIM.

#### **❖ Cel**

- a. Zwiększenie efektywności w sektorze energetycznym oraz poprawa jego niezawodności.
- b. Ograniczenie udziału pojazdów przeciążonych w transporcie drogowym.

#### **❖ Oczekiwany efekt**

- a. Prototypowy układ opto-mechaniczny do wieloparametrowego pomiaru wielkości fizycznych niezbędnych do monitorowania pracy systemów energetycznych.



b. Demonstrator systemu dynamicznego ważenia pojazdów, przetestowany w warunkach laboratoryjnych i rzeczywistych.

## **2.8 Technologie wytwarzania elementów fotonicznych dla pomiarów parametrów biologicznych**

### **Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji**

Rzeczony technologii wytwarzania elementów fotonicznych ma duży potencjał w zastosowaniach medycznych. Prowadzenie światła we włóknie pozwala na osiągnięcie bardzo precyzyjnych metod pomiarowych. W związku z tym, bardzo obiecujący jest rozwój światłowodowych metod diagnostycznych, zwłaszcza w obszarach badań wymagających obecnie skomplikowanej oraz czasochłonnej preparatyki, a także wysoko wykwalifikowanego personelu. W szczególności korzystne będzie wykorzystanie światłowodów do diagnostyki nowotworów ze względu na obecność w ciele chorych charakterystycznych markerów białkowych oraz w zastosowaniach ortopedycznych m.in. do badania zwyrodnień stawów.

W związku z tym konieczne jest opracowanie technologii wykonywania elementów fotonicznych dla pomiarów parametrów biologicznych, które dzięki swojej precyzji umożliwią wykrywanie nawet bardzo niewielkich ilości substancji lub zmian ich właściwości. Dzięki nowym technologiom możliwe będzie wytworzenie sond światłowodowych do badań diagnostycznych, których wykonanie w chwili obecnej jest bardzo skomplikowane lub niemożliwe.

Światłowody mają szereg zalet, które umożliwiają wykorzystanie ich jako bardzo efektywnego narzędzia w analizie medycznej. Przede wszystkim ich małe rozmiary pozwalają na wykonywanie pomiaru bezpośrednio na żywej tkance, bez konieczności przeprowadzania biopsji i analizy mikroskopowej próbki, co pozwala na znaczne skrócenie czasu badania pacjenta do zaledwie jednego zabiegu. Sonden światłowodowe można umieścić wewnątrz standardowych igieł medycznych, dzięki czemu możliwe byłoby łatwe dotarcie do badanych miejsc w organizmie ludzkim.

#### **❖ Cel**

Zwiększenie efektywności w sektorze diagnostyki medycznej poprzez opracowanie technologii nowych typów światłowodów i elementów fotonicznych.

#### **❖ Oczekiwany efekt**

Demonstratory technologii niezbędnych do wytwarzania nowych typów światłowodów i elementów fotonicznych do zastosowań medycznych.



## **2.9 Technologie integracji światłowodowych czujników optycznych z systemami niskomocowej transmisji dalekiego zasięgu**

### **Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji**

Zastosowanie dużej liczby czujników w systemach pomiarowych o znacznym rozproszeniu w terenie, wymusza (ze względu na koszty) zastosowanie transmisji radiowej. Wymagana jest również minimalizacja poboru mocy w celu zapewnienia jak najdłuższego okresu eksploatacji baterii (optymalnie brak wymiany w całym okresie eksploatacji urządzenia). Korzystne jest również zasilanie z tzw. energii śmieciowej, co umożliwia rezygnację z baterii czy akumulatorów lub znaczne ograniczenie ich pojemności. Pozwala to na ograniczenie niekorzystnego wpływu na środowisko naturalne.

#### **❖ Cel**

Zwiększenie efektywności pracy sieci czujników światłowodowych poprzez opracowanie nowych technologii integracji czujników z systemami transmisji dalekiego zasięgu.

#### **❖ Oczekiwany efekt**

Demonstratory technologii integracji sieci czujników optycznych z sieciami niskomocowej transmisji dalekiego zasięgu.

## **III. Obszar technologii dedykowanych innowacyjnym źródłom światła**

Ważnym obszarem badań nad fotoniką jest również tworzenie innowacyjnych źródeł światła, takich jak nowoczesne lasery czy źródła typu supercontinuum. Przykład ich zastosowania mogą stanowić urządzenia do obróbki laserowej, na które istnieje rosnące zapotrzebowanie. Spełniają one bowiem wysokie wymagania w zakresie precyzyjnego cięcia różnorodnych materiałów, jak choćby elementów do produkcji paneli fotowoltaicznych. W pełni światłowodowy laser impulsowy wysokiej mocy jest urządzeniem mającym niezwykle szeroki zakres zastosowania, począwszy od precyzyjnej obróbki metali oraz cięcia i spawania innych materiałów, poprzez dokładny pomiar odległości, aż po użycie do celów bojowych (np. zestrzeliwanie dronów, przepalanie). Laser charakteryzuje się niewielkimi rozmiarami i ciężarem oraz odpornością na drgania czy wstrząsy, co zapewnia jego wyjątkową mobilność i pozwala na użycie bez angażowania siły mechanicznej.

Rozwój nowoczesnych źródeł światła nieodłącznie związany jest z postępem technologicznym. Nowe technologie z zakresu optyki światłowodowej oraz opracowanie technologii wytwarzania mikrostrukturalnych światłowodów specjalnych dedykowanych do konkretnych zastosowań mogą pozwolić na kontrolę parametrów źródeł światła w sposób dotąd nieosiągalny, zarówno w zakresie źródeł wąsko-, jak i szerokospektralnych.

Celem realizacji projektów w ramach Obszaru III będzie opracowanie innowacyjnych technologii fotonicznych umożliwiających wytwarzanie nowych źródeł światła oraz kontroli ich pracy.

Opracowane rozwiązania zwiększą poziom konkurencyjności polskich, a w szczególności lubelskich przedsiębiorstw technologicznych na dynamicznie rozwijającym się rynku laserów i wzmacniaczy światłowodowych.

### **3.1 Technologie światłowodów jednopłaszczowych, wielopłaszczowych lub wielordzeniowych oraz elementów fotonicznych dla światłowodowych źródeł światła**

#### **Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji**

Lasery światłowodowe dużej mocy wykorzystywane są obecnie w wielu zastosowaniach takich jak m.in. przemysłowa obróbka materiałowa, wytwarzanie przyrządów półprzewodnikowych, chirurgia czy zastosowania wojskowe.

Generowanie dużych mocy optycznych w światłowodach możliwe jest dzięki światłowodom wielopłaszczowym. Dają one możliwość konwersji światła o słabej jakości wiązki z diod laserowych w wiązkę światła o doskonałej, dyfrakcyjnie ograniczonej jakości. Aby podnosić konkurencyjność laserów i wzmacniaczy, m.in. poprzez zwiększanie ich maksymalnego poziomu mocy, sprawności i niezawodności niezbędne jest opracowanie technologii wytwarzania nowatorskich włókien wielopłaszczowych oraz komponentów fotonicznych bazujących na tego typu włóknach (m.in. filtrów mocy resztkowej pomp, sprzęgaczy wprowadzających moc pompującą do płaszcza włókna).

Innym typem włókien, które mogą odegrać duże znaczenie w laserach dużej mocy są światłowody wielordzeniowe, w których generacja i wzmocnienie sygnału może się odbywać w niezależnych rdzeniach. Daje to szansę uzyskania większych mocy optycznych, niższych nieliniowości i dużej niezawodności przy zachowaniu doskonałych właściwości wiązki. Aby w pełni skorzystać z tych możliwości niezbędne jest jednak opracowanie technologii wytwarzania elementów umożliwiających koherentne łączenie wiązek (ang. coherent beam combining) pochodzących z różnych rdzeni światłowodu.

#### **❖ Cel**

Poprawa efektywności pracy (zwiększenie sprawności, zwiększenie mocy) światłowodowych źródeł światła poprzez opracowanie technologii nowych rodzajów światłowodów i komponentów fotonicznych.

#### **❖ Oczekiwany efekt**

Demonstratory technologii niezbędnych do wytwarzania światłowodów i elementów fotonicznych dla nowych światłowodowych źródeł światła.

### **3.2 Technologie światłowodów o kształtowanych charakterystykach dyspersyjnych i światłowodów nieliniowych do zastosowań w źródłach promieniowania optycznego**

Rozwój innowacyjnych źródeł światła zawsze wiązał się z rozwojem nowych materiałów. Tak jest również w przypadku szerokopasmowych źródeł światła typu supercontinuum (SC). Zastąpienie standardowych włókien światłowodowych początkowo stosowanych do generacji SC poprzez specjalne włókna światłowodowe pozwala na uzyskanie źródeł SC o znacznie lepszych parametrach. Niespotykana elastyczność światłowodów mikrostrukturalnych w odniesieniu do modelowania ich parametrów transmisyjnych, takich jak dyspersja czy pole modu, daje możliwość zoptymalizowania właściwości źródła SC do konkretnych zastosowań.

Światłowody specjalne, wykorzystujące odpowiednią strukturę włókna, a także materiał, z którego włókno jest wykonane, dają możliwość generacji światła z przedziału: ultrafioletu (UV), widzialnego (VIS), bliskiej (NIR) i średniej (MIR) podczerwieni. Niezbędne jest jednak opracowanie technologii wytwarzania odpowiednich włókien światłowodowych, takich jak światłowody o płaskich charakterystykach dyspersyjnych do generacji światła z wykorzystaniem zjawisk nieliniowych oraz technologii wytwarzania światłowodów o dużej nieliniowości i charakterystykach dyspersyjnych dopasowanych do parametrów taniego źródła pompującego. Umożliwi to wykorzystywanie jako pompy tanich i kompaktowych źródeł światła, które rzadko posiadają możliwość modyfikacji swych parametrów, co w szczególności dotyczy zakresu spektralnego, ale także czasu trwania i energii pojedynczych impulsów.

#### **❖ Cel**

Poprawa efektywności pracy światłowodowych źródeł światła poprzez opracowanie technologii nowych rodzajów światłowodów o kształtowanym profilu dyspersyjnym i włókien nieliniowych.

#### **❖ Oczekiwany efekt**

Demonstratory technologii umożliwiających wytwarzanie światłowodów o kształtowanych profilach dyspersyjnych i specjalnych właściwościach nieliniowych.

### **3.3 Technologie wytwarzania światłowodów polimerowych oraz elementów fonicznych dedykowanych dla innowacyjnych źródeł światła**

#### **Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji**

Technologie światłowodów polimerowych rozwijane są od połowy lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku. W początkowej fazie uważano te włókna za alternatywę włókien ze szkła krzemionkowego. Niestety dość szybko okazało się, że ze względu na znaczne straty optyczne znanych ówczesznie materiałów polimerowych zastosowanie włókien polimerowych



jest dość ograniczone. Niewielki przełom dokonała prezentacja w drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych włókna z polimeru perfluorowanego, który teoretycznie osiągał poziom tłumienia zbliżony do światłowodów ze szkła krzemionkowego. Niestety ze względu na duże koszty produkcji tego typu światłowody nie weszły do powszechnego użytku. Pomimo tego w dalszym ciągu włókna polimerowe są dość atrakcyjnym przedmiotem badań. Związane jest to przede wszystkim z dość gwałtownym rozwojem technologii materiałów polimerowych oraz znacznie łatwiejszą technologią wytwarzania włókien polimerowych w porównaniu z włóknami ze szkła krzemionkowego. Dodatkowym dużym atutem tych światłowodów jest możliwość łatwej modyfikacji materiału polimerowego przed, w trakcie, jak też po wytworzeniu światłowodu, co jest niemożliwe w przypadku światłowodów szklanych. Ze względu na małą sztywność, włókna polimerowe mogą mieć znacznie większe średnice co pozwala na stosowanie ich jako media przenoszące, zarządzające oraz kształtujące wiązkę światła wewnątrz obiektowych systemach oświetleniowych. W ramach niniejszego zagadnienia badawczego rozwijane będą technologie wytwarzania i modyfikacji nowych materiałów polimerowych oraz nowe technologie wytwarzania światłowodów polimerowych.

#### ❖ Cel

Poprawa efektywności przesyłania światła przy wykorzystaniu światłowodów polimerowych i polimerowych elementów fotonicznych.

#### ❖ Oczekiwany efekt

Demonstartory technologii wytwarzania światłowodów polimerowych i polimerowych elementów fotonicznych o większej efektywności przesyłania światła.

### **3.4 Technologie wytwarzania mikrostrukturalnych światłowodów domieszkowanych o podwyższonej odporności na promieniowanie jonizujące**

#### **Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji**

Ze względu na swoje atrakcyjne właściwości, takie jak mały rozmiar i waga, odporność na pola elektromagnetyczne, mały pobór mocy, możliwość pracy w podwyższonych temperaturach, światłowodowe źródła światła stosowane są coraz częściej w środowisku narażonym na silne promieniowanie jonizujące. Przykładem takiego środowiska jest przestrzeń kosmiczna. Wypracowywane przez lata standardy oprzyrządowania i komunikacji satelitarnej, realizowane w oparciu o elektronikę i techniki radiowe stają się już niewystarczające. Poszukiwane są nowe rozwiązania zwiększające przepustowość przesyłu danych, zmniejszające wagę i ilość okablowania wewnątrz satelitów i statków kosmicznych, ograniczające energochłonność oraz zwiększające niezawodność wynoszonych w kosmos systemów. Rozwiązaniem odpowiadającym na te potrzeby jest szerokie zastosowanie urządzeń fotonicznych, a w szczególności światłowodowych źródeł światła.





Aby umożliwić funkcjonowanie takich urządzeń w przestrzeni kosmicznej niezbędne jest jednak opracowanie technologii wytwarzania szkieł i światłowodów aktywnych odpornych na warunki, w jakich docelowe urządzenia będą miały pracować, a więc odpornych na promieniowanie jonizujące. Standardowe światłowody ulegają zjawisku ciemnienia (ang. photodarkening), które zwiększa straty światłowodów pogarszając sprawność urządzeń lub nawet uniemożliwiając ich pracę.

#### ❖ Cel

Poprawa niezawodności pracy światłowodowych źródeł światła w środowisku dużego promieniowania jonizującego.

#### ❖ Oczekiwany efekt

Demonstratory technologii umożliwiającej wytwarzanie światłowodów i elementów fotonicznych dla źródeł światła pracujących w środowisku dużego promieniowania jonizującego.

### 3.5 Technologie wytwarzania laserowych zwierciadeł światłowodowych

#### Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji

Światłowodowe siatki Bragga, ze względu na ich właściwości (m.in. szerokość widmową typowo poniżej 1nm i wysoką odbiciowość) znajdują zastosowanie w laserach światłowodowych. Obecnie powszechnie stosuje się siatki Bragga jako zwierciadła w rezonatorach światłowodowych oraz jako filtry optyczne. Jednym z trendów w technice laserów światłowodowych są lasery dużych mocy, w których wykorzystywane są światłowody o dużym polu modu. Ze względu na ograniczoną spójność laserów wykorzystywanych w technologii naświetlania siatek Bragga, wytwarzanie siatek na tego typu światłowodach (o dużym polu modu), jest trudne i wymaga przeprowadzenia prac badawczych oraz rozwoju technologii.

Drugim aspektem związanym z technologią siatek Bragga do wykorzystania w technice laserowej jest konieczność ich wytwarzania o zadanych i projektowanych charakterystykach widmowych. Siatki o zadanej odbiciowości, w szczególności wykonane na światłowodach specjalnych, mogą znaleźć zastosowania w rezonatorach laserów światłowodowych, a siatki o zadanej szerokości spektralnej mogą być wykorzystywane do filtrowania.

#### ❖ Cel

Poprawa efektywności pracy światłowodowych źródeł światła poprzez wykorzystanie nowych rodzajów zwierciadeł włóknowych.

### ❖ **Oczekiwany efekt**

Demonstratory technologii wytwarzania nowych typów zwierciadeł światłowodowych dla nowych rodzajów światłowodowych źródeł światła.

## **3.6 Technologie integracji niskokoherentnych źródeł światła ze strukturami światłowodowymi**

### **Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji**

Obecne technologie wytwarzania elementów optoelektronicznych pozwalają na uzyskiwanie coraz bardziej wydajnych źródeł światła. Z jednej strony mowa jest o laserach dużej mocy i dużej koherencji wiązki, a z drugiej strony o źródłach światła, które mają niską koherencję. Do źródeł światła o niskiej koherencji należą źródła światła typu LED lub VCSEL. Źródła te dają bardzo duży potencjał w dziedzinach czujników światłowodowych oraz telekomunikacji. Prace będą dotyczyły technologii integracji niskokoherentnych źródeł światła ze strukturami światłowodowymi (zarówno standardowymi, jak i specjalnymi). Integracja ta będzie polegała na sprzęgnięciu (wprowadzeniu) światła ze źródła światła do światłowodu przy zachowaniu jak największej sprawności oraz stabilności takiego połączenia.

### ❖ **Cel**

Poprawa efektywności wprowadzania światła do światłowodu z niskokoherentnych źródeł światła.

### ❖ **Oczekiwany efekt**

Demonstratory technologii umożliwiających poprawę efektywności wprowadzania światła do światłowodu z niskokoherentnych źródeł światła.

## **3.7 Technologie wytwarzania światłowodów o małej nieliniowości i niskich stratach zgięciowych dla innowacyjnych źródeł światła**

### **Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji**

Wykorzystanie laserów do zastosowań w obróbce materiałowej niesie za sobą szereg zalet, co zostało zauważone i docenione przez Europejską Platformę Technologiczną Photonics21, która uznała to zastosowanie jako jedno z priorytetowych dla rozwoju gospodarki w Europie. Gwałtowny rozwój tej dziedziny możliwy jest dzięki światłowodom specjalnym, gdyż klasyczne światłowody telekomunikacyjne, mające małe średnice rdzeni (przez co niski próg wystąpienia efektów nieliniowych i uszkodzenia włókna) mogą być wykorzystane jedynie w nielicznych zastosowaniach.

Zastąpienie światłowodów standardowych przez światłowody mikrostrukturalne otwiera niespotykane dotąd możliwości związane z modelowaniem właściwości włókien

światłowodowych, m.in. możliwe jest uzyskanie ekstremalnie niskich apertur numerycznych włókna lub pracy jednomodowej w bardzo szerokim zakresie spektralnym. Potencjał włókien mikrostrukturalnych w laserach nie jest jednak wciąż w pełni wykorzystany.

#### ❖ Cel

Zwiększenie efektywności w sektorze światłowodowych źródeł światła poprzez opracowanie technologii wytwarzania aktywnych (domieszkowanych jonami ziem rzadkich) i pasywnych (do dostarczania dużych mocy i energii optycznych w obszar pracy) światłowodów jedno- i wielopłaszczyznowych dedykowanych do różnych konstrukcji laserów i pracy przy różnych długościach fali.

#### ❖ Oczekiwany efekt

Demonstratory technologii wytwarzania specjalnych aktywnych i pasywnych światłowodów fotonicznych dla nowych konstrukcji laserów włóknowych i pracy przy różnych długościach fali.

### **3.8 Technologie dla specjalizowanych źródeł światła do zastosowań w komunikacji w otwartej przestrzeni**

#### **Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji**

Naturalne bariery przepustowości komunikacji bezprzewodowej z użyciem techniki radiowej mogą zostać pokonane poprzez zastosowanie wielofalowej (WDM) komunikacji fotonicznej w otwartej przestrzeni. Użycie w tym celu wiązki świetlnej o dużej spójności przestrzennej pozwoli na skokowy wzrost przepustowości dzięki wykorzystaniu multipleksacji przestrzennej, co jest możliwe w skali nieporównanie większej niż ma to miejsce w przypadku światłowodu. Komunikacja z urządzeniami mobilnymi, bądź w sieciach ad-hoc, wymaga nadążnego kierowania skolimowaną wiązką. Obecny stan techniki wyklucza taką ideę, jeżeli miałyby mieć zastosowanie do realizacji komunikacji ze zminiaturyzowanymi urządzeniami takimi jak smartfon, tablet lub inne należące do grupy urządzeń Internetu Rzeczy. Potencjał wprowadzenia przełomu w rozwiązaniu tego problemu mają źródła światła i fotodetektory (jednofalowe oraz WDM), których orientacja przestrzenna emisji/recepcji jest sterowana, np. dzięki umieszczeniu na mikromechanicznym manipulatorze. Zagadnienie integracji platformy fotonicznej z mikromechaniczną nie zostało dotąd skutecznie rozwiązane. W zakresie powiązania mechanicznego struktury źródła światła z elementem mikromechanicznym w grę wchodzi problemy rozmiaru i masy struktury źródła, chłodzenia, różnic rozszerzalności cieplnej. Większość struktur źródeł światła cechuje się lateralnym wyprowadzeniem światła ze struktury (wyjątek diody VCSEL), w którym to przypadku dodatkowo niezbędne jest zintegrowanie źródła z dyfuzorem. W przypadku źródeł przewidzianych dla łączy optycznych o przepustowościach powyżej 10Gbps konieczne może być użycie zewnętrznego modulatora. Kompleks powyższych zagadnień powoduje, że nie można wskazać oczywistego rozwiązania integracji źródła światła z mikromechanizmami, wobec czego niezbędny jest etap badawczy.

#### ❖ Cel

Miniaturyzacja specjalizowanego źródła światła do zastosowań w kierunkowej komunikacji optycznej w otwartej przestrzeni.

#### ❖ Oczekiwany efekt

Opis technologii wykonania oraz prototypowy element źródła światła zintegrowanego z układami optycznymi i z mikromanipulatorem mechanicznym kierującym osią emisji dla systemów telekomunikacyjnych pracujących w otwartej przestrzeni.

## IV. Obszar technologii horyzontalnych

Zagadnienia horyzontalne zawierają zbiór technologii pozwalających na opracowanie światłowodów i technologii światłowodowych pojawiających we wszystkich trzech obszarach agendy badawczej. Technologia światłowodowa, zarówno światłowodów standardowych jak i specjalnych wymaga opracowania technologii wytwarzania specjalnych niezależnych elementów oraz ich przetwarzania. Chcąc opracować kompletny proces technologiczny, pozwalający na wytwarzanie komponentów fotonicznych, żaden z nich nie może zostać pominięty.

### 4.1. Technologie wysoce precyzyjnego wytwarzania szklanych kapilar i pręcików o kontrolowanej średnicy wewnętrznej i zewnętrznej

#### Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji

Światłowodowy ze szkła krzemionkowego i szkieł typu high silica wytwarzane są w procesie wyciągania, w którym przy działaniu wysokiej temperatury (powyżej temperatury mięknięcia szkła, ok 2200°C - 2400°C) szklana preforma jest rozciągana i przewężana, do otrzymania włókna światłowodowego. W wyniku tego procesu z preformy o średnicy rzędu kilkunastu centymetrów i długości rzędu kilkudziesięciu centymetrów powstaje włókno o średnicy rzędu setek mikrometrów i długości, w zależności od rodzaju włókna i preformy, od kilkuset metrów do nawet kilkuset kilometrów. Technologia pozwalającą uzyskać światłowodowy o bardzo złożonej strukturze wewnętrznej, jest technologia składania, polegająca na odpowiednim ułożeniu szklanych pręcików i kapilar w strukturę odpowiadającą strukturze docelowego światłowodu.

Technologia wytwarzania pręcików i kapilar szklanych jest kluczowym krokiem technologicznym przy wytwarzaniu światłowodów mikrostrukturalnych dla telekomunikacji i do celów specjalnych. Wszelkie defekty związane z wzajemnym niedopasowaniem kapilar i pręcików w wytworzonej techniką składania preformie w trakcie jej przetwarzania powiększają się, co przekłada się bezpośrednio na właściwości światłowodów. Dlatego

opracowanie technologii wytwarzania wysoko precyzyjnych kapilar i pręcików jest kluczowym elementem technologicznym.

Dodatkowo wysokoprecyzyjne kapilary i pręciki są wykorzystywane również w wytwarzaniu komponentów fotonicznych dla telekomunikacji, czujników i źródeł światła.

#### ❖ Cel

Poprawa efektywności wytwarzania półproduktów (kapilar i pręcików) do wytwarzania elementów fotonicznych i preform na światłowody fotoniczne.

#### ❖ Oczekiwany efekt

Opis technologii wytwarzania półproduktów (kapilar i pręcików) o wysokiej precyzji.

### **4.2. Technologie wytwarzania preform do światłowodów specjalnych o dedykowanym profilu współczynnika załamania światła**

#### **Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji**

Preformy to szklane kształtki, z których na wyciągarkach bezpośrednio wytwarzane są światłowody. Struktura wyciągniętego włókna jest ściśle zależna od struktury preformy, z której ten światłowód został wyciągnięty. W technologii światłowodów znanych jest kilka metod wytwarzania preform. Można je podzielić na dwie grupy: metody wewnętrznego osadzania i metody zewnętrznego osadzania. Historycznie jako pierwsza powstała grupa metod wewnętrznego osadzania. Ich dużą zaletą jest możliwość wytworzenia preformy o praktycznie dowolnym rozkładzie współczynnika załamania. Niestety ze względu na niskie sprawności reakcji chemicznych wydajność metod wewnętrznego osadzania jest bardzo mała. Wady tej nie posiadają metody zewnętrznego osadzania. Z kolei w tej grupie metod jest duże ograniczenie co do profilu współczynnika załamania. Oddzielną grupę metod stanowi metoda składania wraz z jej modyfikacjami. W tej metodzie preformy wytwarza się poprzez precyzyjne układanie pręcików i kapilar szklanych o ustalonych rozmiarach i parametrach optycznych. W zależności od struktury światłowodu jaki chce się otrzymać z danej preformy, należy precyzyjnie ułożyć odpowiednią kombinację setek pręcików i kapilar, dobranych w taki sposób, aby odpowiadały pożądanym właściwościom optycznym włókna.

#### ❖ Cel

Zwiększenie efektywności wytwarzania preform o dedykowanym profilu współczynnika załamania światła.

#### ❖ Oczekiwany efekt

Opis technologii wytwarzania preform do światłowodów specjalnych o dedykowanym profilu współczynnika załamania światła i dedykowanej strukturze wewnętrznej.



### **4.3. Technologie wytwarzania, na długich odcinkach, światłowodów specjalnych o kontrolowanych parametrach geometrycznych i materiałowych**

#### **Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji**

Włókna światłowodowe wytwarza się poprzez ich wyciąganie ze specjalnie przygotowanych preform. Do parametrów geometrycznych włókna zaliczyć należy średnicę zewnętrzną, średnicę otworów powietrznych, stałą sieci mikrostruktury czy współczynnik wypełnienia struktury szkłem. Z kolei wśród parametrów zależnych od materiału wyróżnić można parametry mechaniczne, takie jak odporność na zginanie i zrywanie, oraz optyczne, takie jak współczynnik załamania światła dla poszczególnych elementów mikrostruktury, modowość, dwójłomność, tłumienie czy wzmocnienie optyczne (w przypadku światłowodów aktywnych). Parametry te zależą nie tylko od użytej preformy, ale także od parametrów prowadzenia procesu wyciągania światłowodu, takich jak prędkość podawania preformy, prędkość wyciągania włókna, temperatura, naprężenie wyciągania i inne. Od możliwości jak najdokładniejszego kontrolowania tych parametrów zależą właściwości wytworzonego światłowodu. Właściwości optyczne światłowodu silnie zależą od jego parametrów geometrycznych (szczególnie w przypadku włókien mikrostrukturalnych) i są bardzo wrażliwe na wszelkie odchylenia od zadanych wartości, dlatego proces wyciągania światłowodu jest zagadnieniem niezwykle złożonym i wymagającym olbrzymiej precyzji. Zwłaszcza światłowody specjalne, które bardzo często opierają swoją zasadę działania na ustalonej strukturze włókna (na przykład odpowiednim rozmieszczeniu otworów powietrznych o sprecyzowanych rozmiarach i kształcie) są szczególnie czułe na wszelkie niedokładności w procesie wyciągania włókna. Dlatego też dla każdej nowej struktury światłowodu specjalnego należy opracować własną technologię wyciągania światłowodu. Dodatkowo od strony aplikacyjnej istotnym jest aby technologia wytwarzania światłowodów specjalnych pozwalała na uzyskiwanie długich odcinków światłowodowych, o powtarzalnych parametrach geometrycznych, materiałowych oraz optycznych, co bezpośrednio przekłada się na właściwości wytworzonych z nich urządzeń końcowych.

#### **❖ Cel**

Zwiększenie efektywności precyzyjnego wytwarzania światłowodów fotonicznych o zadanych parametrach geometrycznych i materiałowych.

#### **❖ Oczekiwany efekt**

Opis technologii wytwarzania długich, jednorodnych odcinków światłowodów specjalnych o kontrolowanych parametrach geometrycznych i materiałowych.

#### 4.4. Technologie przetwarzania światłowodów specjalnych

##### Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji

Światłowody specjalne cechują się unikalnymi własnościami, jednak aby mogły być wykorzystane w praktyce, konieczne jest ich dalsze przetworzenie. Wśród procesów przetwarzania światłowodów wyróżnić można ich cięcie, łączenie i przewężanie, przy czym każdy z tych procesów może być wykonany na wiele sposobów, w zależności od funkcji, jaką ma spełniać.

Cięcie jest procesem pozwalającym uzyskać płaską powierzchnię czołową włókna, co jest kluczowe zarówno w użytkowaniu włókna jak i w dalszej jego obróbce. Jakość cięcia wpływa na rozkład światła wychodzącego ze światłowodu, na aperturę numeryczną, a także na poziom mocy odbitej od czoła włókna. Są to parametry istotne w takich zastosowaniach światłowodów jak przesył danych, czujniki światłowodowe czy światłowodowe źródła światła, w tym lasery. Ponadto uzyskanie powierzchni czołowej o odpowiedniej jakości jest niezbędne w procesie łączenia światłowodów, zwłaszcza w ich spawaniu.

Wśród technik łączenia światłowodów na szczególną uwagę zasługuje spawanie, polegające na połączeniu elementów stopionych w wysokiej temperaturze. Jest to technika pozwalająca uzyskać połączenia (spawy) o stosunkowo wysokiej wytrzymałości mechanicznej i bardzo niskich stratach (przetopienie spawanych włókien eliminuje bądź znacznie redukuje odbicie Fresnela). Łączyć ze sobą można nie tylko dwa światłowody tego samego typu, ale niemal dowolną kombinację światłowodów różnego rodzaju oraz pasywnych i aktywnych komponentów światłowodowych, takich jak wzmacniacze, dzielniki i sumatory mocy optycznej czy adaptory modowe. Dzięki temu możliwe jest konstruowanie światłowodowych układów optycznych, takich jak na przykład interferometry.

Proces przetwarzania może również polegać na lokalnej zmianie średnicy zewnętrznej światłowodu (zmianie ulega również struktura w środku światłowodu). Dzięki temu, że w procesie przetwarzania może zostać przeskalowana cała struktura światłowodu, można w ten sposób zmienić rozmiar rdzenia, wielkość otworów powietrznych oraz stałą sieci, co wpływa na właściwości optyczne światłowodu.

##### ❖ Cel

Zwiększenie efektywności wytwarzania światłowodów specjalnych i specjalnych elementów fotonicznych.

##### ❖ Oczekiwany efekt

Opis technologii wytwarzania i przetwarzania światłowodów specjalnych.



#### **4.5. Technologie zdalnego zasilania z wykorzystaniem łączy optycznych**

##### **Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji**

Motywacją podjęcia prac w kierunku technologii zdalnego zasilania poprzez światłowód jest zamiar zwiększenia funkcjonalności pasywnej sieci optycznej (PON) poprzez wprowadzenie elementów aktywnych typu: przełączniki i kompensatory, wymagających zasilania elektrycznego. Zasilanie za pośrednictwem energii optycznej przesyłanej światłowodem w PON ma ważną zaletę: wykorzystuje istniejącą infrastrukturę. Stanowi też rozwiązanie zasilania, gdy inne rozwiązania jak stosowanie lokalnych zasilaczy sieciowych, bateryjnych lub innych (energy harvesting), czy też zasilania poprzez przewody elektryczne, są niemożliwe do realizacji lub są niepożądane. W szczególności atrakcyjna jest możliwość zasilania urządzeń dołączonych do światłowodu, który użytkowany jest do standardowych celów telekomunikacyjnych. Problemy zdalnego zasilania poprzez światłowód obejmują zagadnienia ograniczeń przesyłania dużych mocy poprzez światłowód (rozpraszanie nieliniowe), strat w złączach, w tym konwersji na ciepło, sprawności konwersji foto-elektrycznej, sprawności magazynowania energii elektrycznej oraz energo-oszczędności zasilanych elementów. Przedmiotem badań będą sposoby zasilania światłowodu energią optyczną, sterowane elektrycznie komponenty fotoniczne służące do przełączania i regulowanej kompensacji, fotoogniwa o wysokiej sprawności przy niskim strumieniu optycznym, niskostratne kondensatory oraz wysokosprawne układy konwersji stałoprądowej (DC-DC).

##### **❖ Cel**

Zwiększenie efektywności zdalnego zasilania, za pośrednictwem przesyłanej światłowodem energii optycznej, sterowanych elektrycznie urządzeń służących do przełączania i kompensacji traktów optycznych.

##### **❖ Oczekiwany efekt**

Opis metodologii projektowania systemów zdalnego zasilania poprzez światłowód oraz opisy technologii wytwarzania kluczowych elementów systemów zdalnego zasilania poprzez światłowód.

#### **4.6. Technologie wysokowydajnych ogniw fotowoltaicznych**

##### **Opis problemu oraz uzasadnienie realizacji**

W związku ze zmianami klimatu i postępującym wyczerpywaniem paliw kopalnych, zapewnienie czystego i niewyczerpanego źródła energii wydaje się nadrzędnym zadaniem cywilizacyjnym najbliższych lat. Energia słoneczna jest praktycznie nieograniczonym zasobem w odróżnieniu od innych źródeł odnawialnych np. wody i może być wykorzystana praktycznie





wszędzie na świecie. Dlatego zasilanie w energię urządzeń telekomunikacyjnych, czujników oraz źródeł światła, powinno być realizowane w oparciu o systemy, których ważnym elementem powinny być ogniwa fotowoltaiczne pozwalające na bezpośrednie dostarczanie energii elektrycznej i/lub ładowanie baterii. Ogniwa stosowane w tego typu systemach powinny charakteryzować się wysoką sprawnością, dużą trwałością, niewielką masą, a także umożliwiać kształtowanie odpowiedzi spektralnej oraz regulacji proporcji prąd/napięcie dla zadanej powierzchni ogniwa. W obliczu wyczerpywania się potencjału rozwojowego klasycznej technologii krzemowej celowa jest inwestycja technologiczna w materiały i układy oferujące możliwości dalszego zwiększania sprawności oraz elastycznego kształtowania właściwości energetycznych w połączeniu z łatwością dostosowywania do różnych obszarów zastosowań.

Wszystkie te zalety posiadają ogniwa cienkowarstwowe, wśród których szczególną pozycję zajmują fotowoltaiczne struktury heterozłączowe oparte na półprzewodnikach z rodziny  $\text{Cu(In,Ga)Se}_2$  (CIGSe). Wykazują one rekordową wydajność przewyższającą już wydajność ogniw mc-Si. Cechą charakterystyczną ogniw CIGS jest także możliwość ich wytwarzania na elastycznych podłożach, co wraz z niską masą, wysoką sprawnością i możliwością efektywnego wytwarzania ogniw o niewielkich rozmiarach wyjątkowo trafnie adresuje wymagania stawiane przez rozproszone sieci czujnikowe i aplikacje systemów Internetu Rzeczy, wymagające lekkich generatorów zdolnych do przetwarzania energii dostępnej w otoczeniu. Również możliwość modyfikacji przerwy zabronionej oferowanej przez technologię CIGS (zawartość Ga) pozwala na projektowanie ogniw zoptymalizowanych np. do pracy w warunkach sztucznego oświetlenia. Ponadto, sama technologia CIGS jest w pełni skalowalna: ta sama linia technologiczna pozwala na wytwarzanie miniogniw do zasilania czujników, minimodułów fotowoltaicznych do zasilania elementów telekomunikacyjnych, a także modułów przemysłowych do zastosowań w standardowych systemach nagruntowych, wysokosprawnych modułów do zastosowań BAPV (systemów nie zintegrowanych strukturalnie z budynkiem) i modułów do układów BIPV. Dodatkowo, zastosowanie ogniw CIGS jako jednej z „warstw” w ogniwach tandemowych (w połączeniu z ogniwami krzemowymi), będących obecnie w centrum zainteresowań najważniejszych fotowoltaicznych grup badawczych na świecie ze względu na połączenie znaczącego, skokowego wzrostu sprawności przy jednoczesnym wykorzystaniu sprawdzonych i dobrze poznanych technologii, pozwala na opracowanie produktu o znacząco polepszonych parametrach i wydajności. Realizacja zagadnienia badawczego wymaga zaprojektowania i uruchomienia eksperymentalnej linii technologicznej ogniw CIGS, pozwalającej na przygotowanie prototypów i serii pilotażowych elementów aplikacyjnych, minimodułów, ogniw etc. Pilotażowa linia zapewni możliwości skalowania rozmiaru modułów od zastosowań mini (Internet Rzeczy) do midi (przenośne układy zasilania), a w dalszej perspektywie stworzy również możliwości dynamicznego rozwoju kolejnych technologii PV, obejmujących m.in. wytwarzanie konwerterów PV przeznaczonych do zdalnego zasilania promieniowaniem laserowych elementów aktywnych sieci światłowodowych i sensorycznych; opracowanie i rozwój technologii zasilania elementów infrastruktury systemów e-mobilności; rozwój technologii PV zintegrowanych z otoczeniem.



## ❖ Cel

Zwiększenie wydajności ogniw (paneli) fotowoltaicznych rozumianej w relacji do wszystkich kluczowych parametrów ogniw (paneli) z punktu widzenia efektywności ekonomicznej, takich jak: ilość energii dostarczanej z m<sup>2</sup> powierzchni, waga własna, łatwość instalacji, poziom awaryjności, bezpieczeństwo zastosowania, trwałość, elastyczność, możliwość pracy w trudnych warunkach.

## ❖ Oczekiwany efekt

Demonstratory technologii fotonicznych wykorzystywanych do wytwarzania wysokowydajnych paneli fotowoltaicznych.

# 4. Wskaźniki.

Stopień osiągnięcia CELU GŁÓWNEGO: ***Wzrostu zdolności lubelskiej gospodarki i nauki do tworzenia oraz komercjalizacji wiedzy w obszarze technologii fotonicznych*** mierzony będzie za pomocą następujących wskaźników:

1. Liczbą skomercjalizowanych wyników prac B+R
2. Przychodem z komercjalizacji wyników prac B+R
3. Liczbą przedsiębiorstw wykorzystujących rozwiązania powstałe w wyniku realizacji programu

Stopień osiągnięcia CELU SZCZEGÓŁOWEGO I: ***Wzrostu aktywności jednostek naukowych w obszarze fotoniki*** mierzony będzie za pomocą następujących wskaźników:

1. Liczbą realizowanych prac B+R
2. Liczbą jednostek naukowych wspartych w zakresie prowadzenia prac B+R
3. Liczbą nowych naukowców we wspieranych jednostkach
4. Liczbą skomercjalizowanych wyników prac B+R prowadzonych przez jednostkę naukową
5. Przychodem z komercjalizacji wyników prac B+R prowadzonych przez jednostkę naukową
6. Liczbą dokonanych zgłoszeń patentowych

Stopień osiągnięcia CELU SZCZEGÓŁOWEGO II: ***Wzrostu zaangażowania przedsiębiorstw działających w obszarze fotoniki w finansowanie prac badawczo-rozwojowych*** mierzony będzie za pomocą następujących wskaźników:

1. Liczbą przedsiębiorstw współpracujących z ośrodkami badawczymi
2. Liczbą osób prowadzących działalność B+R w ramach projektów
3. Liczbą przedsiębiorstw wspartych w zakresie prowadzenia prac B+R
4. Liczbą przedsiębiorstw ponoszących nakłady inwestycyjne na działalność B+R



5. Inwestycjami prywatnymi uzupełniającymi wsparcie publiczne w projekty w zakresie innowacji lub badań i rozwoju
6. Liczbą wdrożonych wyników prac B+R
7. Przychodem z wdrożonych wyników prac B+R



L.p.	Nazwa wskaźnika	Jednostka miary	Wartość bazowa	Rok pomiaru	Wartość docelowa	Rok pomiaru	Sposób pomiaru
<b>CEL GŁÓWNY:</b>							
<b>Zwiększenie zdolności lubelskiej gospodarki i nauki do tworzenia oraz komercjalizacji wiedzy w obszarze technologii fotonicznych</b>							
1.	Liczba skomercjalizowanych wyników prac B+R	szt.	0	2017	10	2026	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wskaźnik rezultatu bezpośredniego</li> <li>▪ Dane beneficjentów – raporty okresowe oraz wnioski o płatność</li> <li>▪ Wskaźnik POIR</li> </ul>
2.	Przychód z komercjalizacji wyników prac B+R	PLN	0	2017	X*	2026	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wskaźnik rezultatu bezpośredniego</li> <li>▪ Dane beneficjentów – raporty okresowe oraz wnioski o płatność</li> <li>▪ Wskaźnik POIR</li> <li>▪ Agregat wskaźników: <i>Przychód z komercjalizacji wyników prac B+R (POIR), Przychody ze sprzedaży nowych lub udoskonalonych produktów/ procesów (RPO WL) oraz Przychody ze sprzedaży licencji (RPO WL).</i></li> </ul>
3.	Liczba przedsiębiorstw wykorzystujących rozwiązania powstałe w wyniku realizacji programu	szt.	0	2017	35	2026	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wskaźnik rezultatu długookresowego</li> <li>▪ Dane beneficjentów – raporty okresowe oraz wnioski o płatność</li> </ul>
<b>CEL SZCZEGÓŁOWY I:</b>							
<b>Wzrost aktywności jednostek naukowych w obszarze fotoniki</b>							
1.	Liczba realizowanych prac B+R	szt.	0	2017	40	2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wskaźnik produktu</li> <li>▪ Dane beneficjentów – raporty okresowe oraz wnioski o płatność</li> <li>▪ Wskaźnik POIR</li> <li>▪ Agregat wskaźników: <i>Liczba realizowanych prac B+R (POIR) oraz Liczba realizowanych projektów B+R (RPO WL)</i></li> </ul>

2.	Liczba jednostek naukowych wspartych w zakresie prowadzenia prac B+R	szt.	0	2017	20	2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wskaźnik produktu</li> <li>▪ Dane beneficjentów – raporty okresowe oraz wnioski o płatność</li> <li>▪ Wskaźnik POIR</li> </ul>
3.	Liczba nowych naukowców we wspieranych jednostkach	EPC	0	2017	X*	2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wskaźnik rezultatu bezpośredniego</li> <li>▪ Dane beneficjentów – raporty okresowe oraz wnioski o płatność</li> <li>▪ Wskaźnik POIR</li> <li>▪ EPC-ekwiwalent pełnego czasu pracy</li> </ul>
4.	Liczba skomercjalizowanych wyników prac B+R prowadzonych przez jednostkę naukową	szt.	0	2017	10	2026	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wskaźnik rezultatu bezpośredniego</li> <li>▪ Dane beneficjentów – raporty okresowe oraz wnioski o płatność</li> <li>▪ Wskaźnik POIR</li> </ul>
5.	Przychód z komercjalizacji wyników prac B+R prowadzonych przez jednostkę naukową	PLN	0	2017	X*	2026	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wskaźnik rezultatu bezpośredniego</li> <li>▪ Dane beneficjentów – raporty okresowe oraz wnioski o płatność</li> <li>▪ Wskaźnik POIR</li> </ul>
6.	Liczba dokonanych zgłoszeń patentowych	szt.	0	2017	20	2026	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wskaźnik rezultatu bezpośredniego</li> <li>▪ Dane beneficjentów – raporty okresowe oraz wnioski o płatność</li> <li>▪ Wskaźnik POIR oraz RPO WL</li> </ul>

#### CEL SZCEGÓŁWY II:

##### Wzrost zaangażowania przedsiębiorstw działających w obszarze fotoniki w finansowanie prac badawczo rozwojowych

1.	Liczba przedsiębiorstw współpracujących z ośrodkami badawczymi	szt.	0	2017	30	2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wskaźnik produktu</li> <li>▪ Dane beneficjentów – raporty okresowe oraz wnioski o płatność</li> <li>▪ Wskaźnik POIR oraz RPO WL</li> </ul>
2.	Liczba osób prowadzących działalność B+R w ramach projektów	osoby	0	2017	X*	2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wskaźnik produktu</li> <li>▪ Dane beneficjentów – raporty okresowe oraz wnioski o płatność</li> <li>▪ Wskaźnik POIR</li> </ul>

3.	Liczba przedsiębiorstw wspartych w zakresie prowadzenia prac B+R	szt.	0	2017	40	2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wskaźnik produktu</li> <li>▪ Dane beneficjentów – raporty okresowe oraz wnioski o płatność</li> <li>▪ Wskaźnik RPO WL</li> </ul>
4.	Liczba przedsiębiorstw ponoszących nakłady inwestycyjne na działalność B+R	szt.	0	2017	40	2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wskaźnik produktu</li> <li>▪ Dane beneficjentów – raporty okresowe oraz wnioski o płatność</li> <li>▪ Wskaźnik RPO WL</li> </ul>
5.	Inwestycje prywatne uzupełniające wsparcie publiczne w projekty w zakresie innowacji lub badań i rozwoju	PLN	0	2017	30 mln	2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wskaźnik produktu</li> <li>▪ Dane beneficjentów – raporty okresowe oraz wnioski o płatność</li> <li>▪ Wskaźnik POIR</li> <li>▪ Agregat wskaźników: <i>Inwestycje prywatne uzupełniające wsparcie publiczne w projekty w zakresie innowacji lub badań i rozwoju (POIR) oraz Inwestycje prywatne uzupełniające wsparcie publiczne dla przedsiębiorstw (dotacje)</i> (RPO WL)</li> </ul>
6.	Liczba wdrożonych wyników prac B+R	szt.	0	2017	30	2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wskaźnik rezultatu długoterminowego</li> <li>▪ Dane beneficjentów – raporty okresowe oraz wnioski o płatność</li> </ul>
7.	Przychód z wdrożonych wyników prac B+R	PLN	0	2017	X*	2023	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wskaźnik rezultatu długoterminowego</li> <li>▪ Dane beneficjentów – raporty okresowe oraz wnioski o płatność</li> </ul>

**UWAGA:**

Wartość docelowa oznaczona „X\*” zostanie określona po rozstrzygnięciu konkursów, na podstawie informacji zawartych we wnioskach o dofinansowanie.

## 5. Zarządzanie.

W celu zapewnienia wsparcia koordynacji realizacji Wspólnego Przedsięwzięcia Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz Województwo Lubelskie powołają Komitet Sterujący, składający się z siedmiu członków, przy czym trzech z nich zostanie wskazanych przez Zarząd Województwa Lubelskiego, dwóch przez Dyrektora Centrum, jeden przez Radę Centrum, a jeden przez ministra właściwego ds. nauki. Dyrektor Centrum, w uzgodnieniu z Zarządem Województwa Lubelskiego, ustanowi regulamin pracy Komitetu Sterującego, który będzie określał zadania, tryb pracy oraz tryb wyboru i odwołania członków Komitetu Sterującego.

W celu zapewnienia właściwej realizacji Wspólnego Przedsięwzięcia, Dyrektor Centrum powoła Koordynatora Wspólnego Przedsięwzięcia. Koordynator Wspólnego Przedsięwzięcia wspierany będzie przez Koordynatora Operacyjnego wskazanego przez Zarząd Województwa Lubelskiego. Koordynatorzy, o których mowa powyżej wspierani będą odpowiednio przez komórki organizacyjne Biura Centrum oraz Urzędu Marszałkowskiego Województwa Lubelskiego w Lublinie, wskazane przez Dyrektora Centrum i Zarząd Województwa Lubelskiego, jako właściwe do realizacji Wspólnego Przedsięwzięcia, jak również inne komórki organizacyjne w zakresie ich kompetencji.

## 6. Harmonogram.

Wspólne Przedsięwzięcie pn. *Lubelska wyżyna technologii fotonicznych* realizowane będzie od 2017 roku (podpisanie Porozumienia o współpracy, Umowy wykonawczej wraz z Agendą Badawczą, powołanie Komitetu Sterującego i uchwalenie Regulaminu jego pracy). Ogłoszenie pierwszych konkursów na projekty B+R w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz Województwo Lubelskie nastąpi na przełomie 2017/2018 roku. W latach 2018 – 2023 planowane jest finansowanie projektów B+R wyłonionych w ramach konkursów, natomiast do roku 2026 będzie prowadzona ich ewaluacja oraz monitorowanie efektów realizacji projektów. Wspólne Przedsięwzięcie będzie realizowane do końca 2026 roku.



**Lata realizacji, monitorowania i ewaluacji Wspólnego Przedsięwzięcia pn. *Lubelska Wyżyna Technologii Fotonicznych***

Rok 2017		Rok 2018		Rok 2019		Rok 2020		Rok 2021		Rok 2022		Rok 2023		Rok 2024		Rok 2025		Rok 2026	
I-VI	VII-XII	I-VI	VII-XII	I-VI	VII-XII	I-VI	VII-XII	I-VI	VII-XII	I-VI	VII-XII	I-VI	VII-XII	I-VI	VII-XII	I-VI	VII-XII	I-VI	VII-XII
	K1 POIR																		
		Realizacja projektów z 1 Konkursu NCBR																	
		K2 RPO WL																	
			Realizacja projektów z 2 Konkursu UMWL																
					K3 POIR														
						Realizacja projektów z 3 Konkursu NCBR													
						K4 RPO WL													
							Realizacja projektów z 4 Konkursu UMWL												
		Finansowanie i nadzór nad wykonaniem projektów																	
				Monitorowanie i ewaluacja projektów															



## 7. Plan finansowy.

Planowany budżet Wspólnego Przedsięwzięcia wynosi 100 mln PLN (włącznie ze środkami finansowymi stanowiącymi wkład własny wykonawców projektów B+R), w podziale 50/50, przy czym:

- wkład Narodowego Centrum Badań i Rozwoju będzie współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój (PO IR) na lata 2014-2020.
- wkład Województwa Lubelskiego będzie współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Lubelskiego (RPO WL) na lata 2014-2020.

W części dot. Narodowego Centrum Badań i Rozwoju wsparcie będzie dzielone w proporcji: 35 mln zł z PO IR i 15 mln złotych wkład własny wykonawców projektów.

W części dot. Województwa Lubelskiego wsparcie będzie dzielone w proporcji: 35 mln zł z RPO WL i 15 mln złotych wkład własny wykonawców projektów.

Zakresem wsparcia Wspólnego Przedsięwzięcia objęte będą badania przemysłowe finansowane ze środków Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój na lata 2014-2020 przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz prace rozwojowe finansowane ze środków Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Lubelskiego na lata 2014-2020 przez Samorząd Województwa Lubelskiego.

Intensywność dofinansowania, warunki finansowania, okres kwalifikowalności oraz kategorie kosztów kwalifikowanych zostaną określone w regulaminach poszczególnych konkursów.

	<b>I. Technologie dla cyfryzacji nowej generacji</b>	<b>II. Technologie dedykowane czujnikom światłowodowym</b>	<b>III. Technologie dedykowane innowacyjnym źródłom światła</b>
1.	Technologie wytwarzania dedykowanych komponentów fonicznych i światłowodów dla systemów transmisyjnych wykorzystujących multipleksację optyczną	Technologie szkieł typu high silica, specjalnych pokryć ochronnych elementów fonicznych oraz światłowodów dla czujników pracujących w środowiskach agresywnych	Technologie światłowodów jednopłaszczyznowych, wielopłaszczyznowych lub wielordzeniowych oraz elementów fonicznych dla światłowodowych źródeł światła
2.	Technologie wytwarzania światłowodów aktywnych do zastosowań we wzmacniaczach światłowodowych nowej generacji	Technologie aktywnych i pasywnych powłok cienkowarstwowych dla specjalnych czujników światłowodowych	Technologie światłowodów o kształtowanych charakterystykach dyspersyjnych i światłowodów nieliniowych do zastosowań w źródłach promieniowania optycznego
3.	Technologie hybrydowego zasilania z użyciem fotowoltaicznych źródeł energii	Technologie wytwarzania światłowodów specjalnych do pomiarów wieloparametrowych lub o podwyższonej czułości lub do zastosowań w czujnikach rozłożonych	Technologie wytwarzania światłowodów polimerowych oraz elementów fonicznych dedykowanych dla innowacyjnych źródeł światła
4.	Technologie dla fonicznych systemów komunikacyjnych o dużych przepływnościach dla transmisji sygnału optycznego w otwartej przestrzeni	Technologie światłowodowych struktur periodycznych dla innowacyjnych czujników światłowodowych	Technologie wytwarzania mikrostrukturalnych światłowodów domieszkowanych o podwyższonej odporności na promieniowanie jonizujące
5.	Technologie dla transceiverów światłowodowych nowej generacji	Technologie inteligentnej detekcji optycznej	Technologie wytwarzania laserowych zwierciadeł światłowodowych
6.	Technologie routingu fonicznego dla terabitowych sieci światłowodowych	Technologie zbierania i przetwarzania danych z czujników fonicznych	Technologie integracji niskokoherentnych źródeł światła ze strukturami światłowodowymi
7.		Technologie pomiarów wielkości nieelektrycznych z wykorzystaniem innowacyjnych struktur periodycznych	Technologie wytwarzania światłowodów o małej nieliniowości i niskich stratach zgięciowych dla innowacyjnych źródeł światła
8.		Technologie wytwarzania elementów fonicznych dla pomiarów parametrów biologicznych	Technologie dla specjalizowanych źródeł światła do zastosowań w komunikacji w otwartej przestrzeni
9.		Technologie integracji światłowodowych czujników optycznych z systemami niskomocowej transmisji dalekiego zasięgu	
<b>IV. Obszar technologii horyzontalnych</b>			
1.	Technologie wysoce precyzyjnego wytwarzania szklanych kapilar i pręcików o kontrolowanej średnicy wewnętrznej i zewnętrznej		
2.	Technologie wytwarzania preform do światłowodów specjalnych o dedykowanym profilu współczynnika załamania światła		
3.	Technologie wytwarzania, na długich odcinkach, światłowodów specjalnych o kontrolowanych parametrach geometrycznych i materiałowych		
4.	Technologie przetwarzania światłowodów specjalnych		
5.	Technologie zdalnego zasilania z wykorzystaniem łącz optycznych		
6.	Technologie wysokowydajnych ogniw fotowoltaicznych		