

Założenia i cele do osiągnięcia w PBZ: „Elementy i moduły optoelektroniczne do zastosowań w medycynie, przemysle, ochronie środowiska i technice wojskowej”

1. Wstęp

W grudniu 2001r. wysiłkiem wielu specjalistów skupionych wokół Konsorcjum „Polska Optoelektronika” przy współudziale Sekcji Optoelektroniki Komitetu Elektroniki i Telekomunikacji Polskiej Akademii Nauk (KEiT PAN) oraz Polskiego Komitetu Optoelektroniki (PKOpto) został opracowany i zaproponowany przez KEiT PAN Zespołowi T-11 KBN wniosek Projektu Badawczego Zamawianego pt. **„Elementy i moduły optoelektroniczne do zastosowań w medycynie, przemyśle, ochronie środowiska i technice wojskowej”** do ustanowienia. Główne założenia projektu, a w szczególności jego tematy poświęcone metrologii, przedstawione zostały także do oceny Komitetowi Metrologii i Aparatury Naukowej PAN, gdzie po recenzji i dyskusji na zebraniu ogólnym Komitetu uzyskały pozytywną ocenę.

Wniosek ze względu na bardzo użyteczny charakter został skierowany do zaopiniowania przez Ministerstwo Gospodarki, a następnie przez Ministerstwa Zdrowia, Środowiska i Obrony Narodowej tj. przez Resorты, które są adresatami opracowań zawartych w Projekcie.

Proces opiniowania oraz wynikła stąd konieczność uzupełnień (będzie mowa o nich w dalszej części tego opracowania) zakończył się w grudniu 2002 r. Od tej chwili losy Projektu znajdują się w gestii Komitetu Badań Naukowych (KBN). Mamy jednak prawo przypuszczać, że tak wszechstronnie i gruntownie sprawdzony i pozytywnie oceniony przez wszystkie instancje wniosek powinien mieć szansę na ustanowienie. Obowiązujące w KBN procedury przy ustanawianiu PBZ wskazują, że Projekt może być ustanowiony jeszcze w 2003 r. Wymaga on jednak zrozumienia i pomocy specjalistów, którzy prezentują identyczny jak jego autorzy, punkt widzenia na sposoby wykorzystania części funduszy przeznaczonych na naukę. W tym celu pragniemy bliżej przedstawić cele i zadania Projektu.

2. Geneza wniosku

W dyskusjach prowadzonych od wielu lat w organizacjach naukowych takich jak Sekcja Optoelektroniki KEiT PAN i PKOpto przeważał pogląd, że polityka grantów indywidualnych nie prowadzi do ukierunkowanego rozwoju optoelektroniki w Polsce. Ten swoistego rodzaju „koncert życzeń” nie umożliwia dokonywania wyboru kierunków badań ważnych ze względu na rozwój gospodarczy kraju i możliwości produkcyjne firm przemysłowych, a w związku z tym sprzyja rozdrobnieniu tematyki i jest nie efektywny. Z drugiej strony analiza światowego rynku wyrobów z zakresu optoelektroniki oraz możliwości technologiczne i intelektualne krajowych ośrodków badawczych wskazują na możliwość uczynienia z wybranych kierunków optoelektroniki w Polsce ważnej gałęzi gospodarczej. **Aby tak się stało, należy w stosunkowo krótkim czasie doprowadzić najbardziej reprezentatywne i jednocześnie potrzebne wyroby spośród najbardziej badawczo w kraju zaawansowanych kierunków optoelektroniki do takiej postaci, by mogły stać się przedmiotem prac wdrożeniowych i produkcyjnych.** Środkiem prowadzącym do tego celu są zdaniem wielu specjalistów Programy Badawcze Zamawiane i Projekty Celowe z tym, że Projekty Celowe dotyczyć mogą zagadnień

obejmujących zadania pojedyncze i prowadzić do opracowania i doprowadzenia do postaci nadającej się wdrożenia konkretną technologię lub urządzenie.

Kompleksowa problematyka badawcza, dotycząca grup tematycznych lub całych dziedzin może być rozwiązywana raczej w ramach PBZ.

O słuszności powyższych poglądów świadczyły dobre rezultaty uzyskane w trakcie realizacji uczelnianego programu Politechniki Warszawskiej „Inżynieria Fotoniczna” oraz PBZ 023-10 pt. **„Diody laserowe dużej mocy i lasery z ciałem stałym pompowane diodami laserowymi - opracowanie technologii wytwarzania materiałów i podzespołów oraz konstrukcji urządzeń laserowych”**. Powyższy PBZ ustanowiony na zamówienie Ministerstwa Gospodarki i realizowany w latach 1997-2000 przez cztery instytucje: Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych, Instytut Optoelektroniki WAT, Instytut Technologii Elektronowej oraz Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki PW, został wykonany z sukcesem. Doprowadził do opracowania technologii podstawowych materiałów aktywnych i nieliniowych, półprzewodnikowych diod laserowych, laserów ciała stałego pompowanych diodami laserowymi oraz ich aplikacji w postaci dalmierza dla celów wojskowych.

Rezultaty podjętych we wspomnianym wyżej Projekcie prac nie były wyłącznie czysto naukowe (publikacje, wystąpienia na konferencjach lub dysertacje), ale także praktyczne w tym komercyjne.

W wyniku wykonania PBZ 023-10 możliwe stało się zawarcie kilku projektów celowych na wykonanie urządzeń laserowych do konkretnych zastosowań, a opracowana w ITME technologia półprzewodnikowych struktur laserowych zaowocowała szeregiem zamówień z Holandii, USA i Japonii dających od przeszło już roku dochód w kwocie średnio ok. 30000 \$ miesięcznie.

Nawiązana współpraca naukowa pomiędzy zespołami biorącymi udział w realizacji PBZ skłoniła je do przedłużenia przyjętych zasad współdziałania na przyszłość. W ten sposób powstała idea powołania do życia **Konsorcjum „Polska Optoelektronika”**, którego zadaniem jest kreowanie oraz zwiększenie efektywności prowadzonych w Polsce badań naukowych, prac rozwojowych i wdrożeń w obszarze optoelektroniki.

Tak sformułowany cel Konsorcjum realizowany jest poprzez:

1. koordynacja tematyki prac statutowych prowadzonych w poszczególnych jednostkach wchodzących w skład Konsorcjum i współdziałanie przy ich realizacji,
2. wspólne podejmowanie i realizację prac badawczych oraz projektów badawczych, celowych i zamawianych finansowanych przez KBN,
3. wspólne występowanie w konkursach projektów europejskich,
4. podnoszenie kwalifikacji pracowników poprzez staże w laboratoriach partnerów,
5. udostępnianie posiadanej aparatury pomiarowej,
6. koordynowanie inwestycji aparaturowych,
7. wspólną promocję i akwizycję rezultatów prac wykonywanych w jednostkach objętych porozumieniem,
8. współdziałanie przy organizacji seminariów i konferencji naukowych, wymianę wydawnictw oraz informacji o ważniejszych pracach i publikacjach,
9. uwzględnianie potrzeb małych i średnich firm produkcyjnych w planach jednostek naukowo-badawczych,
10. ułatwianie przepływu wyników badań z jednostek naukowo-badawczych do firm produkcyjnych

Nie ukrywamy, że celem działania Konsorcjum jest także „lobbing” optoelektroniki. Jednak chcemy z niej uczynić dziedzinę pożyteczną gospodarczo poprzez propagowanie

odpowiednio w tym celu zaprogramowanych badań. Tak rozumiany „lobbing” powinien znaleźć zrozumienie i poparcie.

Ostatnio z inicjatywy Konsorcjum powoływana została do życia Konferencja „OPTOELEKTRONIKA – Oferta Nauki Polskiej dla Przemysłu” organizowana przy okazji Targów Poznańskich – dni „Nauka dla Gospodarki”. Najbliższa konferencja odbędzie się w dn. 11-12.06.03. w Poznaniu.

3. Cel i zadania projektu

Celem obecnie zgłoszonego projektu jest opracowanie oraz badania optymalizacyjne podstawowych elementów i podzespołów (w postaci zamkniętych konstrukcyjnie modułów) przeznaczonych do budowy urządzeń mogących znaleźć zastosowania w medycynie, przemyśle, ochronie środowiska i technice militarnej.

Pełne wykonanie projektu powinno przynieść określone korzyści w zakresie nauki oraz gospodarki.

Powinien on dać znaczące efekty badawcze, a ponadto przyczynić się do dalszej konsolidacji krajowych ośrodków badawczych działających w obszarze optoelektroniki i stworzyć warunki do włączenia się ich w światowy nurt prac w tej bardzo silnie rozwijającej się w ostatnich latach dziedzinie.

Daleko ważniejsze są jednak oczekiwane efekty gospodarcze. Mamy przekonanie, że wykonanie projektu umożliwi aktywizację małych i średnich przedsiębiorstw w konstrukcji nowoczesnych urządzeń optoelektronicznych dla szerokiej gamy zastosowań.

W kraju aktualnie działa szereg firm produkujących urządzenia optoelektroniczne. Sukcesy ich dotychczasowej działalności wskazują, że dziedzina ta zawiera nisze, w których możliwe jest lokowanie się z produkcją na tyle innowacyjną, że jest poszukiwana i znajduje zbyt na rynku światowym. Należy liczyć, że powodzenie w realizacji projektu spowoduje wzrost zainteresowania tych firm wykonanymi w ramach projektu opracowaniami. Spowodować także może powstanie firm nowych, ukierunkowanych na spożytkowanie otrzymanych wyników. Tak działo się w szeregu innych krajów.

Realizacja przedstawionej powyżej wizji skutkować może dodatnimi wynikami gospodarczymi i społecznymi. W pierwszym rzędzie zaliczyć do nich należy:

- **wzrost innowacyjności produktów krajowych i ich zgodność z kierunkami rozwoju produkcji preferowanymi w Unii Europejskiej,**
- **powstanie nowych miejsc pracy, a tym samym przyczynienie się do likwidacji bezrobocia,**
- **wzrost dochodu budżetu państwa.**

4. Tematyka projektu

Jednym z podstawowych zadań jakie stało przed autorami projektu był wybór tematyki jaką należy zaproponować do umieszczenia w projekcie. Jest to zadanie bardzo trudne i jednocześnie (autorzy mają tego pełną świadomość) kontrowersyjne. Przy rozwiązywaniu tego zadania należy również brać pod uwagę szczupłość środków przeznaczanych w kraju na naukę, które z roku na rok maleją. Projekt nie może być zbyt drogi. Zbyt rozbudowany projekt nadmiernie uszczupli środki przeznaczone na projekty indywidualne i budżet KBN go nie udźwignie. Z drugiej strony zbyt nisko wycenione zadanie może nie zostać wykonane należycie i nie przynieść spodziewanych efektów. Ta swoista „kwadratura koła” każe po pierwsze silnie ograniczyć liczbę zadań, po drugie realizować je bardzo oszczędnie.

Przy selekcji tematyki zamieszczanej w projekcie brane były pod uwagę następujące kryteria:

- zamieszczona w projekcie tematyka powinna być nowoczesna, zgodna z światowymi trendami rozwojowymi optoelektroniki;
- powinna być zapewniona pełna możliwość realizacji zamieszczonej w projekcie tematyki przez krajowe ośrodki badawcze;
- uzyskane w trakcie wykonania projektu rezultaty mają szanse być spożytkowane gospodarczo tzn. powstałe wyroby są poszukiwane na rynku (światowym) oraz mogą być w kraju wytwarzane.

Autorzy projektu mają przekonanie, że zawarte w projekcie zadania te kryteria spełniają. Ich zdaniem, zadania umieszczone w projekcie:

- dotyczą jednych z najnowszych, rozwijanych w renomowanych laboratoriach światowych, kierunków optoelektroniki;
- dotyczą zagadnień najbardziej w kraju zaawansowanych naukowo;
- mają wystarczające zaplecze technologiczne i techniczne;
- stwarzają możliwość wykorzystania w kraju powstałych rezultatów badań w postaci materialnej (nie zakończą się wyłącznie publikacjami);
- dotyczą zagadnień zaliczanych do nisz, w których producenci (polskie firmy), oferując dobry wyrób będą mogły znaleźć na niego nabywców.

Projekt w obecnej postaci zawiera osiem podstawowych grup zagadnień, które zostaną pokrótce scharakteryzowane poniżej.

4.1. Moduły optoelektroniczne do zastosowań w interferometrii

Interferometry pomiarowe w wielu odmianach są dostępne komercyjnie i powszechnie wykorzystywane w nauce, przemyśle, medycynie itp. Łączą one w sobie funkcje czujnikowe, przetwarzania danych i wykonawcze.

Krajowe ośrodki naukowe, a także niektóre małe firmy produkcyjne, mają duże doświadczenie w konstrukcji interferometrów klasycznych a także mikrointerferometrów polowych. Jest to więc dziedzina, w której możemy zaistnieć i nie powinniśmy jej zaniedbać.

Dla kompleksowego zaawansowania tej dziedziny sformułowano w projekcie trzy zadania badawcze.

1. Zadanie pierwsze dotyczy opracowania koncepcji modułowej budowy mikrointerferometrów falowodowych do badań mikroelementów, podzespołów o milimetrowych rozmiarach oraz zaprojektowanie wykonanie i wszechstronne przebadanie takich interferometrów.

2. Zadanie drugie dotyczy opracowania i budowy modułów jednoczęstotliwościowych mikrolaserów ciała stałego, ciągłego działania i impulsowych, generujących w zakresie podczerwieni i widzialnym przewidzianych generalnie do współpracy z interferometrami pomiarowymi. Do interferometrów precyzyjnych istnieje potrzeba zapewnienia aktywnej stabilizacji częstotliwości generacji z dokładnością nie gorszą niż 10^{-8} co w programie zostało także przewidziane.

Mikrolasery dysponując mocą średnią rzędu kilku lub kilkudziesięciu miliwatów stanowią bardzo atrakcyjne źródła promieniowania użyteczne w wielu innych zastosowaniach. Moduły te mogą więc występować samodzielnie i powinny znaleźć szeroki zbytn.

3. Zadanie trzecie dotyczy nowych rozwiązań w zakresie miniaturyzacji interferometrów dwuczęstotliwościowych do pomiarów przemieszczeń liniowych i kątowych z nanometrową dokładnością.

(Łącznie zad. 4.1. zawiera opracowanie i wykonanie 9 różnych modułów).

4.2. Moduły laserowe do zastosowań w technice wojskowej, ochronie środowiska i medycynie

Ta grupa zadań generalnie dotyczy opracowania i budowy modułów laserów ciała stałego pompowanych półprzewodnikowymi diodami laserowymi (DPSSL - Diode Pumped Solid State Lasers). Technologia DPSSL zrewolucjonizowała lasery ciała stałego. Zapewniła im o rząd wyższą sprawność generacji i umożliwiła budowę laserów o niespotykanej dotąd geometrii materiału aktywnego: mikrolaserów (w tym falowodowych) i laserów włóknowych.

Dzięki zdobytemu dotychczas doświadczeniu (w tym w czasie realizacji PBZ023-10) i pozycji krajowych ośrodków badawczych, to właśnie w tej technologii upatrujemy możliwość zaistnienia na rynku optoelektronicznym.

Zawarta w programie tematyka dotycząca laserów jest ukierunkowana na poszczególne zastosowania dla potrzeb militarnych, ochrony środowiska i medycyny.

1. Lasery przeznaczone dla wojska dotyczą bardzo ważnej aplikacyjnie tematyki generacji promieniowania bezpiecznego dla wzroku tj. o długości fali ok. 1,5 μm . Nasylenie wojsk urządzeniami laserowymi o gęstościach mocy zdolnych do koagulacji siatkówki, powoduje poszukiwanie możliwości generacji promieniowania, które nie transmituje się przez zewnętrzne warstwy oka. Problem ten chociaż nie jest nowy, nie znalazł dotychczas jednoznacznego rozwiązania. Uważamy, że krajowe ośrodki badawcze są w stanie włączyć się w rozpracowanie tego zagadnienia poprzez opracowanie i budowę dwóch modułów: impulsowego lasera DPSSL Er,Yb:YAG i Er,Yb:Szkło oraz generatora OPO pompowanego impulsowym laserem 1,06 μm pobudzonym diodą półprzewodnikową. Parametry obydwu układów jako nadajniki dalmierzy laserowych muszą zapewniać pomiar odległości nie mniejszą niż 5km. (5 różnych modułów)

2. Do zastosowań medycznych przewiduje się opracowanie i wykonanie lasera generującego promieniowanie w postaci krótkich impulsów o długości fali 2,9 μm wykorzystujący ośrodek czynny Er:YAG. Zgodnie z przeprowadzonymi wstępnymi doświadczeniami, oczekuje się bardzo pozytywnych efektów oddziaływania tego promieniowania z tkankami. Lasery tego typu będą niezwykle przydatne w mikrochirurgii laryngologicznej i okulistycznej.

3. Jeżeli chodzi o lasery przydatne w ochronie środowiska, to przede wszystkim należy zapewnić budowę urządzeń umożliwiających badania spektroskopowe różnych ośrodków. W tym celu niezbędne są moduły laserowe generujące w zakresie widzialnym i ultrafiolecie zdolnych do wzbudzenia luminescencji badanych materiałów. W programie przewidywane jest opracowanie i wykonanie dwóch typów takich laserów:

- Modułu lasera z ośrodkiem domieszkowanym neodymem i pompą diodową wytwarzającym impulsy o czasie trwania 10-50ns z repetycją 5kHz i mocy średniej ok.1 mW, które będą powielane na wyższe harmoniczne (do IV włącznie) w kryształach nieliniowych.
- Modułów laserów włóknowych z konwersją wzbudzenia generujących promieniowanie o kilku długościach fal (491, 520, 605, 635nm) i mocy 20-200mW.

Opracowane moduły powinny zabezpieczyć potrzeby spektroskopii na użytek ochrony środowiska naturalnego.

(Łącznie 8 różnych modułów)

4.3. Czujniki światłowodowe do zastosowań w ochronie środowiska naturalnego, medycynie i przemyśle

To najbardziej liczna rodzina modułów, które mają duże szanse na wykorzystanie praktyczne i ewentualne wdrożenia. Wytypowane do opracowania czujniki dotyczą ochrony szeroko rozumianego środowiska naturalnego.

Mające się ukazać akty prawne dotyczące kontroli emisji zanieczyszczeń do środowiska naturalnego stworzą duże zapotrzebowanie na proste i tanie mierniki kontrolujące toksyczność emitowanych gazów, zrzucanych wód, lub stałych składników zanieczyszczających glebę. Te mierniki mogą być wytwarzane w kraju dając zatrudnienie naszym firmom lub zakupione za granicą.

W programie zawarto potrzebę opracowania i wykonania z myślą o ofercie dla przemysłu niżej omówione grupy czujników:

- **Czujniki do pomiarów wody pitnej:** będą to moduły czujników kontrolujących pH, zawartość jonów metali i jonów wapnia w wodzie o czułościach i dokładnościach zgodnych z normami europejskimi,
- **Czujnik do pomiaru aerozoli:** czujnik powinien mierzyć gęstość emitowanych do atmosfery cząstek dowolnych aerozoli o rozmiarach ok. 10 μm ,
- **czujniki do pomiaru temperatury, ciśnienia hydrostatycznego i naprężeń hydrostatycznych:** moduły tych czujników przeznaczone są do monitorowania bezpieczeństwa złożonych konstrukcji mechanicznych i budowlanych,
- **czujnik do pomiaru wibracji:** będzie to czujnik MEOMS do pomiarów wibracji o uniwersalnych możliwościach aplikacyjnych,
- **czujnik kolorymetryczny z siecią neuronową do rozpoznawania barw:** moduł powyższy przeznaczony jest do rozpoznawania klas barw ze skokiem ok. 30 nm i może być wykorzystany do automatycznej oceny i selekcji obiektów na podstawie zmiany ich barwy.

(Łącznie 9 różnego rodzaju modułów).

4.4. Półprzewodnikowe pompy laserowe

Cechy laserów półprzewodnikowych: wysokie wydajności z jednostki objętości, miniaturowe rozmiary, łatwość zasilania i możliwość łączenia ich w jednym procesie technologicznym w macierze laserów powoduje, że lasery półprzewodnikowe stają się **podstawowymi źródłami światła wykorzystywanymi w praktyce**. Powszechność zastosowań laserów półprzewodnikowych powoduje, że wytwarzana jest ogromna ilość ich typów. Różnią się one długością fal, wartością mocy, rodzajem pracy lecz przede wszystkim przeznaczeniem. Jak wynika z analizy rynku, najwięcej laserów półprzewodnikowych sprzedawanych jest na potrzeby telekomunikacji. W następnej kolejności idą lasery przeznaczone do odczytu i zapisu informacji, drukarek laserowych, odczytu kodów kreskowych itp. Jest to rynek opanowany przez największe firmy światowe, a oferowane tam lasery nie są wyjątkowo drogie i raczej dostępne.

Z drugiej strony w Polsce istnieje nowoczesna baza technologiczna MOCVD i MBE, za pomocą której można wytwarzać na światowym poziomie laserowe struktury półprzewodnikowe. W wspomnianym wcześniej Programie PBZ 023-10 opracowane były struktury laserowe (są one obecnie sprzedawane do USA i Japonii przynosząc dochód o wartości ok. 30000 \$ miesięcznie) i lasery AlGaAs i InGaAs jako pompy laserów ciała stałego, które miały przyzwoite parametry energetyczne.

Wydaje się celowe wykorzystanie zdobytych doświadczeń i możliwości aparaturowych i dalsze doskonalenie tych technologii. Trzeba udoskonalić konstrukcję laserów, by powiększyć ich moc i przedłużyć czas pracy.

W projekcie zaproponowano zajmować się w dalszym ciągu laserami mocy przeznaczonymi do pompowania laserów ciała stałego lecz opartymi o nowy, czteroskładnikowy związek półprzewodnikowy (InGa/AsP).

Wymagane do opracowania i wykonania moduły i ich parametry:

- Dł. fali 940 nm i 980nm, pasmo gen. 4 nm, moc CW 0.5W wyj. bezp.,
- Dł. fali 940nm i 980 nm, QCW moc śr.(100μs,100Hz) 1W, wyj. bezp.,
- Dł. Fali 840-1000nm, CW moc 1W wyj. bezp.,
- Dł. Fali 840-1000nm, cw liniowa matryca (10szt) moc5W,
- Dł. Fali 790 i 808 pasmo 2nm, moc0.5 W, wyj. bezp.,
- Dł. Fali 790 i 808 pasmo 2nm, QCW (100μs,100Hz),moc 1 W, wyj. bezp.,
- Dł. Fali 790 i 808 pasmo 2nm, liniowa matryca CW, moc 5W
- Układy chłodzenia diod i liniowych macierzy diod laserowych.

W stosunku do PBZ023-10 są to lasery oparte na innych (Al.-free) strukturach i są ok. 5-8 razy bardziej wydajne energetycznie.

(Łącznie 12 różnych modułów)

4.5. Moduły detektorów promieniowania podczerwonego

Polskie ośrodki badawcze i produkcyjne mają tradycje w opracowaniu i wytwarzaniu detektorów. Detektory krzemowe (zakres widzialny) są wytwarzane i dostarczane w pewnym asortymencie na rynek przez ITE. Detektory IF (podczerwień) są wytwarzane i sprzedawane przez VIGO System SA. Z VIGO współpracuje Instytut Fizyki Technicznej WAT. Ośrodki te zakupiły ostatnio najnowszą aparaturę MOCVD do wytwarzania struktur detekcyjnych. Są w stanie wytwarzać detektory na światowym poziomie. Ocenia się, że znajdują zbyt detektory do urządzeń pomiarowych, szczególnie spektroskopii rentgenowskiej w zakresie 3-16μm o czułości $D^* = 10^8 \text{ cm Hz}^{1/2}/\text{W}$ w 300K i inercji 2ns oraz detektory wąskopasmowe na zakres 10,6 μm o rząd wyższej (10^9) wykrywalności. Detektory o wyżej podanych parametrach gwarantują ich zbyt na rynku światowym.

(Łącznie 2 różne moduły)

4.6. Materiały aktywne i nieliniowe

W PBZ 023-10 opracowane zostały: wysoko domieszkowany Nd:YAG (1,75% Nd) oraz Cr:YAG jako nieliniowy absorber. Prace zakończyły się pozytywnie i krysztaly te produkowane w małych seriach.

1. Ośrodek aktywny Nd:YAG ma wąską linię absorpcji na długości fali pompy 808nm i jest to jego zasadnicza wada.

W programie umieszczono wymaganie opracowania technologii wytwarzania dwóch krysztalów: **YVO₄** i **GdCOB**, które tej wady nie mają i są bardziej przydatne dla pompy diodowej.

2. Dla laserów o długości fali bezpiecznej dla wzroku (1,34; 1,5μm) brak skutecznych absorberów nieliniowych. Umieszczone w projekcie prace dotyczą trzech kierunków:

- Opracowania technologii krysztalów **V:YAG** jako absorbera nieliniowego dla laserów generujących 1,34μm.
- Opracowanie technologii krysztalów **Co:YAP** jako absorbera nieliniowego dla laserów generujących 1,5μm,
- Opracowanie zupełnie nowych uniwersalnych absorberów nieliniowych w postaci struktur półprzewodnikowych typu **SESAM** (Semiconductor Saturable Absorber Mirrors) *(Łącznie zadania 4.6 dotyczą opracowania 5 technologii ośrodków aktywnych i nieliniowych).*

4.7. Elementy optoelektroniczne w szczególności optyki światłowodowej i planarnej

Powyższa grupa zadań dotyczy opracowania technologii i budowy ważnych dla urządzeń optoelektronicznych elementów:

- **Włókien światłowodowych z falą zanikającą:** do zastosowań przede wszystkim w czujnikach światłowodowych
- **Światłowodowych siatek Bragga:** jako zwierciadeł lub wąskopasmowych filtrów do zastosowań w czujnikach i laserach włóknowych,
- **Modułu mikromechanicznego, piezoelektrycznego przełącznika światłowodowego:** do budowy przełączanych sieci czujników światłowodowych,
- **Siatek holograficznych** o szerokim paśmie spektralnym (600-2500nm), równomiernej charakterystyce dyfrakcyjnej i wydajności 40%
- **Macierzy mikrosoczewek do formowania wiązek wieloelementowych diod laserowych :** macierze skorygowane dla długości fal 808, 940 i 980 nm.
- **Fazowych filtrów próbkujących o wysokiej (90%) wydajności dyfrakcyjnej:** dla generacji macierzy mikroobrazów o rozdzielczości 500linii/mm.
(Łącznie 6 technologii i 8 różnych elementów).

4.8. System do wykrywania skażeń chemicznych i biologicznych

Zadanie 8 zostało włączone do projektu na wyraźne żądanie MON. Postawienie wymagań na LIDAR rozproszeniowy, będący przedmiotem opracowania tego zadania, wymagało wykonania wstępnej ekspertyzy. Ekspertyza była przedmiotem oddzielnej umowy pomiędzy DPZ MON i Instytutem Optoelektroniki WAT.

W rezultacie sformułowano następujące zasadnicze cele, które mają być osiągnięte w wyniku realizacji zadania:

- opracowanie bazy danych spektroskopowych typowych Bojowych Środków Trujących (BST) oraz wytypowanie związków je symulujących,
- poszukiwanie związków symulujących Biologicznych Środków Masowego Rażenia (BSMR),
- opracowanie modelu użytkowego LIDARU rozproszeniowego do zdalnego **wykrywania skażeń chemicznych i biologicznych** o zasięgu 5km,
- sprawdzenie funkcji opracowanego modelu użytkowego w warunkach zbliżonych do rzeczywistych,
- określenie możliwości rozbudowy opracowanego modelu o układy rozszerzające na zakres UV i IF oraz opracowanie koncepcji zintegrowanego systemu do zdalnego **wykrywania i identyfikacji skażeń chemicznych i biologicznych**.

Wyrobem materialnym, powstałym w wyniku wykonania zadania, będzie zwarty model użytkowy (tzw. „demonstrator technologiczny”), który będzie w stanie odbyć próby w warunkach zbliżonych do rzeczywistych i wykazać jego techniczną przydatność.

Należy zaznaczyć, że tak sformułowane zadanie będzie korzystało bezpośrednio lub pośrednio z wyników uzyskiwanych w ramach innych zadań Projektu w szczególności zadań: 2, 5 i 6.

Pragnę podkreślić, że w każdym z tych zadań należy wykonać po kilka zwartych konstrukcji modułów mających cechy „demonstratorów technologicznych”. W wielu zadaniach moduły łączą się z sobą tworząc podstawowe części urządzeń o konkretnych cechach użytkowych pod konkretne zastosowania. Łącznie w projekcie opracowanych będzie ok. 55 różnego rodzaju modułów, lub technologii o różnym stopniu trudności w tym urządzenie LIDAR, stanowiący zasadniczy problem sam w

sobie. Taki wynik końcowy prac jest to zgodne z początkowymi założeniami przyjętymi przy konstruowaniu PBZ.

5. Ocena wykonalności projektu

Szeroko pojętą optoelektroniką zajmuje się w kraju szereg zespołów badawczych działających w uczelniach, instytutach PAN i instytutach branżowych. Jest rzeczą charakterystyczną, że kompleksowego zadania naukowego nie jest w stanie podjąć żaden z nich. To właśnie ten aspekt był przyczyną zgłoszenia w 1996 r. inicjatywy powołania Projektu Zamawianego PBZ 023-10 a także projektu obecnego

Tylko wspólny wysiłek wspomnianych wyżej instytucji może zagwarantować wykonanie tak ambitnych zadań jak powyższe PBZ.

Zgłaszany do ustanowienia Projekt Badawczy Zamawiany opiera się na możliwościach badawczych, technologicznych, konstrukcyjnych i wykonawczych ośrodków, które od wielu lat zajmują się badaniami w zakresie optoelektroniki. Są to instytucje:

- Instytut Technologii Materiałów Elektronicznych - (ITME),
- Wojskowa Akademia Techniczna - (WAT),
- Politechnika Warszawska - (PW),
- Politechnika Wrocławska - (PWr),
- Politechnika Łódzka,
- Instytut Technologii Elektronowej - (ITE),
- Instytut Optyki Stosowanej - (INOS).

Są one w pełni przygotowane intelektualnie oraz ze względu na posiadaną aparaturę technologiczną i pomiarową do podjęcia i realizacji zawartych w programie prac naukowych i gwarantują wysoki poziom ich wykonania.

6. Zasady wdrożenia wyników projektu.

Stawiając przed projektem cele użyteczne, należy przewidywać sposoby wprowadzania rezultatów opracowań projektu do produkcji.

Należy wyraźnie oddzielić wykonawstwo elementów i podzespołów wymagających użycie unikatowych urządzeń technologicznych, często znajdujących się w kraju w pojedynczych egzemplarzach od wykonawstwa modułów składanych z gotowych, zakupywanych elementów niezależnie od stopnia ich komplikacji i wiedzy jaka musi być włożona w ich wytworzenie.

W pierwszym przypadku te elementy lub podzespoły (moduły) muszą być wytwarzane przez instytucje dysponujące określoną aparaturą technologiczną lub wytwórczą. Dotyczy to w pierwszym rzędzie reaktorów do epitaksji struktur półprzewodnikowych, urządzeń do wytwarzania kryształów aktywnych i nieliniowych, urządzeń do obróbki elementów optycznych i nakładania warstw dielektrycznych, systemy do elektronolitografii, urządzenia do wytwarzania struktur holograficznych itd. Tak się składa, że w większości przypadków te urządzenia technologiczne znajdują się w posiadaniu instytutów branżowych. Instytuty te mają możliwość prowadzenia produkcji małoseryjnej i z możliwości tej korzystają.

Poważne zadanie związane z wdrożeniem do produkcji proponowanych do opracowania detektorów HgCdTe można uznać za rozwiązane. Dzięki dotacji KBN dla WAT i kredytu z Agencji Techniki i Technologii dla VIGO zostaje zakupywana aparatura do epitaksji MOCVD, która usytuowana w VIGO zostanie przeznaczona do wytwarzania opracowanych detektorów o ile tylko będą miały one parametry zapewniające ich zbyt.

Moduły nie wymagające do ich wyrobu zaangażowania skomplikowanych urządzeń technologicznych, mogą być wytwarzane w wielu miejscach. Moduły te są adresowane

przede wszystkim do małych i średnich przedsiębiorstw, a w szczególności do nowopowstających firm przy współudziale instytucji opracowujących te wyroby. W niektórych przypadkach przedsiębiorstwa tego typu już istnieją. Często są one stowarzyszone z ośrodkami naukowymi: uczelniami lub zespołami badawczymi.

Ten sposób rozumowania często jest kwestionowany. Chce udowodnić, że nie słusznie. Większość dużych firm światowych wytwarzających produkty „high-tech” założyli ludzie nauki, pracownicy wyższych uczelni i instytutów badawczych, którzy w tych instytucjach osiągnęli stosowny poziom wiedzy i „know-how”, by następnie spożytkować je w swoich firmach.

W Polsce jeżeli chodzi o firmy laserowe, to powstały one na tych samych zasadach. Oto przykłady (nam znane):

- VIGO- prof. Piotrowski, dr Nowak, dr Grudzień – byli pracownicy WAT
- LASER INSTRUMENTS- dr hab. Pokora – były pracownik WAT i IFPiLM
- SOLARIS LASER- dr Boruc – były pracownik PW,
- SOLARIS OPTICS- dr Muniak, dr Wodnicki – byli prac. WAT i IFPiLM,
- LASERTEX- dr Rzepka - pracownik PWr,
- SENSOMET . dr Domański – prac. PW,
- MEDIMET – dr Szydlak, dr Nowakowski – byli prac. WAT
- AMBER – dr Dubicki – były prac. WAT i IFPiLM,
- LASERTECH-dr Kęsik – prac. PW,
- SMARTTECH – firma związana z Inst. Mikromach. I Fotoniki PW.

Firm tych jest więcej. Jest rzeczą charakterystyczną, że wszystkie one powstały na początku lat 90-tych. Warto się zastanowić, dlaczego proces powstawania firm na czele z pracownikami uczelni został przerwany? Na pewno przyczyn jest wiele, nie można się oprzeć wrażeniu, że jedną z nich jest przyjęty w tym czasie sposób kwalifikowania i rozliczania (jedynie artykułem w czasopiśmie anglojęzycznym) finansowanych z funduszy państwowych prac badawczych?

7. Podsumowanie

O znaczeniu optoelektroniki we współczesnym świecie dziś nie należy już nikogo przekonywać. Mimo upływu prawie 40-tu lat od chwili odkrycia lasera, optoelektronika znajduje się obecnie w bardzo dynamicznej fazie rozwoju. Spowodowane jest to postęпами w technologii struktur półprzewodnikowych i konstrukcją stosunkowo tanich i wydajnych źródeł promieniowania optycznego. To lasery półprzewodnikowe są siłą napędową rozwoju całej optoelektroniki.

Polska ma swój udział w historii rozwoju tej dziedziny a w szczególności laserów. Niestety rozproszenie środków na drobne tematy prac badawczych jakie obserwujemy w kraju od przeszło 10-ciu lat spowodowało, że w tym bardzo ważnym dla rozwoju optoelektroniki okresie uczestniczyliśmy mało skutecznie.

Programy badawcze mające na celu odkrywanie nowych zarysowujących się możliwości i kierunków zastosowań optoelektroniki powoływane są na całym świecie. Programy takie prowadzone są obecnie w USA i Japonii. Ostatnio program „Optical Technology – Made in Germany” naszkicowany został w dokumencie: Deutsche Agenda: Optical Technology for the 21st Century”. Chociaż nie znane są jeszcze szczegóły odnośnie zakresy badań i przeznaczonych na jego realizację środków wiadomo, że będzie to największy z programów dotychczasowych i uczestniczyć w nim będzie większość instytucji naukowych i produkcyjnych zajmujących się optyką i optoelektroniką w Niemczech.

Jak widać zainteresowanie optoelektroniką tak z punktu widzenia nauki jak i przemysłu można traktować jako trend światowy. Ten trend nie będzie trwał wiecznie.

Oceniamy, że mamy możliwość odegrania pewnej roli w współczesnym rozwoju optoelektroniki. Aby tak się stało, należy nie tracąc czasu uruchomić również w Polsce stosowne programy badawcze w tej dziedzinie i wykorzystać gospodarczo ich wyniki. Ustanowienie niniejszego projektu zamawianego należy uznać więc za zadanie wyjątkowo pilne.

Zdzisław Jankiewicz
Andrzej Jeleński
Antoni Rogalski
Wiesław Woliński