

Syntetyczny opis wyników realizacji zadań w PBZ-MIN-009/T11/2003 pt. „Elementy i moduły optoelektroniczne do zastosowań w medycynie, przemyśle, ochronie środowiska i technice wojskowej” wykonywanych w latach 2003-2007

I. Charakterystyka ogólna

Na rozliczany PBZ składa się łącznie 30 oddzielnych zadań wymienionych w harmonogramie. Wybór zadań został dokonany na etapie opracowywania wniosku. Spośród szerokiej gamy możliwych do realizacji tematów i mieszczących się w nich zadań, dokonano wyboru jedynie nielicznych, mając na względzie w pierwszym rzędzie możliwości technologiczne i doświadczenia krajowych zespołów badawczych, a następnie możliwości praktycznego wykorzystania w warunkach naszego kraju wyników realizacji programu.

Porównując ten Projekt z programami prowadzonymi w innych krajach i z rozmachem z jakim wchodzi optoelektronika do gospodarki światowej, zakres Projektu (biorąc także pod uwagę potencjał naszego Państwa) nie jest nadmiernie rozbudowany; jest raczej skromny.

Opierając się na aktualnym stanie prac w głównych krajowych jednostkach naukowych zajmujących się optoelektroniką, projekt dokonuje wyboru najbardziej aktualnych i perspektywicznych kierunków.

Obejmuje on głównie tematykę dostatecznie zaawansowaną do przyszłych wdrożeń, możliwych do wytwarzania w naszych warunkach, a jednocześnie dostatecznie innowacyjną, zapewniającą (zdaniem jego autorów) wystarczającą efektywność produkcyjną. Pozwoli on w stosunkowo krótkim czasie stworzyć bazę nowoczesnych podzespołów i modułów optoelektronicznych stanowiących podstawę do opracowywania i wytwarzania urządzeń i systemów je wykorzystujących.

Specyficzne zadanie nr 8 zostało wprowadzone do Projektu na życzenie Departamentu Polityki Zbrojeniowej MON. Także szczegółowe wymagania dotyczące zakresu prowadzonych tam prac i głównych parametrów urządzenia zostały sformułowane w uzgodnieniu z specjalistami wojskowymi.

Poniżej przedstawione zostaną skrótowo wyniki naukowe i praktyczne uzyskane w poszczególnych zadaniach.

II. Opis zadań i uzyskane wyniki.

[Grupa 1. Moduły optoelektroniczne do zastosowań w interferometrii](#)

Zadanie 1.1. Opracowanie i wykonanie polowych mikrointerferometrów pomiarowych przystosowanych do zasilania promieniowaniem ciągłym (cw) i impulsowym w zakresie podczerwieni (1,06 μ m) i widzialnym (0,53 μ m).

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Zadanie 1.2. Opracowanie i wykonanie modułów jednoczęstotliwościowych mikrolaserów na osnowach domieszkowanych jonami neodymu (Nd³⁺), ciągłego działania (cw) i impulsowych (Q-S) generujących na częstotliwości podstawowej i z konwersją na drugą harmoniczną dla mikrointerferometrów polowych.

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Zadanie 1.3. Opracowanie układu kontroli i aktywnej stabilizacji częstotliwości mikrolaserów jednoczęstotliwościowych ciała stałego.

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Zadanie 1.4. Opracowanie i wykonanie nowej generacji modułów laserów gazowych o stabilizowanej częstotliwości do zastosowań w przemyśle

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Grupa 2. Moduły laserowe do zastosowań w technice wojskowej, ochronie środowiska medycynie i przemyśle

Zadanie 2.1. Opracowanie i wykonanie modułów generujących promieniowanie o długości fali 1.5µm do nadajników dalmierzy „bezpiecznych dla wzroku”.

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Zadanie 2.2. Opracowanie i wykonanie modułu impulsowego lasera neodymowego z konwersją częstotliwości pompowanego diodami półprzewodnikowymi

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Zadanie 2.3. Opracowanie i wykonanie modułu lasera włóknowego na zakres widzialny z konwersją wzbudzenia.

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Zadanie 2.4. Opracowanie i wykonanie modułu lasera Er:YAG generującego promieniowanie o długości fali 2.94 µm w nanosekundowym reżymie impulsowym

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Grupa 3. Czujniki światłowodowe do zastosowań w ochronie środowiska naturalnego, medycynie i przemyśle

Zadanie 3.1.1. Opracowanie i wykonanie modułu czujnika do pomiaru parametrów wody pitnej

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Zadanie 3.1.2. Opracowanie i wykonanie modułu czujnika do pomiaru zawartości aerozoli

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Zadanie 3.2.1. Opracowanie i wykonanie modułów czujników do pomiaru temperatury, ciśnienia hydrostatycznego i naprężeń hydrostatycznych

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Zadanie 3.2.2. Opracowanie i wykonanie modułu czujnika do pomiaru wibracji

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Zadanie 3.3. Opracowanie i wykonanie modułu kolorymetrycznego czujnika z siecią neuronową do rozpoznawania barw.

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Grupa 4 Półprzewodnikowe pompy laserowe

Zadanie 4.1. Opracowanie technologii i konstrukcji oraz wykonanie modułów laserów półprzewodnikowych cw i impulsowych o mocy średniej $P \geq 1$ W do pompowania laserów domieszkowanych neodymem i holmem.

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Zadanie 4.2. Opracowanie technologii i konstrukcji oraz wykonanie modułów laserów półprzewodnikowych cw i impulsowych o mocy średniej $P \geq 1$ W do pompowania laserów domieszkowanych erbem i iterbem.

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Zadanie 4.3. Optymalizacja konstrukcji laserów mocy przy wykorzystaniu metod teoretyczno-symulacyjnych.

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Zadanie 4.4. Badania mechanizmów odprowadzania ciepła ze struktur laserów półprzewodnikowych dużej mocy i opracowanie układów ich chłodzenia

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Grupa 5 Moduły detektorów promieniowania podczerwonego

Zadanie 5.1. Opracowanie i wykonanie nie chłodzonych i minimalnie chłodzonych detektorów średniej i dalekiej podczerwieni nowej generacji:

- Detektory do spektroskopii Fouriera zakresu 3-16 μm
- Detektory do szerokopasmowej (1 Gb/s) łączności optycznej w otwartej przestrzeni z użyciem laserów falowodowych CO_2

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Zadanie 5.2. Opracowanie i wykonanie nie chłodzonych detektorów na zakres 1.5 – 2,1 μm .

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Grupa 6. Materiały aktywne i nieliniowe

Zadanie 6.1. Opracowanie technologii i wykonanie nowych materiałów aktywnych o lepiej dopasowanych do pompy diodowej parametrach

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Zadanie 6.2. Opracowanie i wykonanie modeli nieliniowych absorberów $\text{YAG}:\text{V}^{3+}$ i $\text{YAP}:\text{Co}^{3+}$ do pasywnej modulacji dobroci rezonatorów laserowych

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Zadanie 6.3. Opracowanie i wykonanie modeli nieliniowych absorberów półprzewodnikowych

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Grupa 7 Elementy optyki światłowodowej

Zadanie 7.1.1. Opracowanie technologii i konstrukcji oraz wykonanie światłowodów kapilarnych

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Zadanie 7.1.2. Opracowanie technologii i konstrukcji oraz wykonanie przełączników mikromechanicznych

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Zadanie 7.1.3. Opracowanie technologii i konstrukcji oraz wykonanie światłowodowych siatek Bragga

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Zadanie 7.2. Opracowanie technologii i konstrukcji oraz wykonanie planarnych siatek dyfrakcyjnych do urządzeń spektroskopowych i laserów przestrajalnych.

[Karty katalogowe](#)

[Sprawozdanie naukowe](#)

Zadanie 7.3. Opracowanie technologii i konstrukcji oraz wykonanie matryc mikrosoczewek
[Karty katalogowe](#) [Sprawozdanie naukowe](#)

Grupa 8 Opracowanie układu do zdalnego wykrywania broni chemicznej i biologicznej

Zadanie 8.1. Opracowanie układu do zdalnego wykrywania broni chemicznej i biologicznej
[Karty katalogowe](#) [Sprawozdanie naukowe](#)

III. Podsumowanie

Charakteryzując wykonanie Programu, powinno się wziąć pod uwagę aspekt naukowy i praktyczny uzyskanych wyników, w tym liczbę opracowań możliwych do bezpośredniego wykorzystania i ewentualnej komercjalizacji. Obydwa aspekty są oczywiście ważne, ale aspekt drugi jest, moim zdaniem, szczególnie godny podkreślenia, gdyż od początku takie były deklarowane w Ofercie założenie Programu. Ta część założeń oferty. przywołana we wstępie tego opracowania, w pełni określa utylitarny charakter Programu.

Nie oznacza to rezygnacji z osiągnięcia wyników o charakterze naukowym. Przy realizacji każdego zadania konieczne było rozwiązanie szeregu problemów o ściśle badawczym charakterze

Chcąc być wyrazicielem wszystkich pracowników nauki zaangażowanych w wykonanie Projektu, należy stwierdzić, że czas i środki przeznaczony na jego realizację nie zostały zmarnowane. To, że sprawozdajemy Projekt siedem lat po jego sformułowaniu, z nie po trzech i pół roku (taki był okres jego wykonywania) wynika z faktu, że więcej czasu potrzebowaliśmy na przebrnięcie wszelkich szczebli administracyjnych przy jego ustanawianiu niż przy jego realizacji. Fakt ten deklarujemy decydentom, o ile kiedykolwiek pochylią się nad tym (pewnie mało ważnym) dokumentem.

Bezsporne są wyniki naukowe Programu. Świadczy o tym poniżej przytoczony w Raporcie Końcowym spis prac wykonanych i opublikowanych w trakcie realizacji PBZ. Zamyka się on liczbą 219 pozycji w tym 2 monografie i 2 patenty. Artykuły, o których była mowa powyżej, w większości opublikowane były w czasopiśmie o światowym zasięgu (w języku angielskim) w tym 50 w czasopiśmie z listy Filadelfijskiej. Równie bezsporny jest wpływ Programu na rozwój i podnoszenie kwalifikacji kadry naukowej. Aby podsumowanie, którego dokonaliśmy nie budziło wątpliwości, podajemy nie tylko liczbę prac habilitacyjnych i doktorskich związanych z tematyką zadań PBZ, ale również wykaz nazwisk i tytułów rozpraw wykonanych lub będących w trakcie wykonywania:

Rozprawy habilitacyjne

1. Waldemar Żendzian: „Generatory parametryczne do dalmierzy laserowych”,
2. Andrzej Małąg: „Optymalizacja konstrukcji i technologii diod laserowych ze względu na przestrzenne charakterystyki promieniowania”,
3. Leszek Sałbut: „Ekstensometria optyczna z wykorzystaniem interferometrii siatkowej ze sprzężonymi rzędami dyfrakcyjnymi”,
4. Arkadiusz Antończak: „Jednoczęstotliwościowe lasery ciała stałego ze stabilizacją częstotliwości”.

Rozprawy doktorskie

1. Tomasz Piwoński: „Zastosowanie metody termoodbicia do badania rozkładów temperatury na powierzchni zwierciadeł laserów półprzewodnikowych”,
2. Jacek Kwiatkowski: „Zjawiska nieliniowe w laserach ciała stałego pompowanych diodami laserowymi mocy ciągłej”
3. Andrzej Kowalik: „Technologia wytwarzania i optymalizacja procesów dyfrakcyjnych elementów optycznych otrzymywanych przy użyciu elektronolitografii”
4. Jerzy Sarnecki: „Otrzymywanie epitaksjalnych warstw granatów dla techniki laserowej”
5. Dorota Pierścińska: „Analysis of thermal processes on the facets of semiconductor lasers”,
6. Andrzej Kłós: „Wpływ warunków technologicznych na niejednorodności kryształu tleno-boranu gadolinowo – wapniowego {GdCa₄O(BO₃)₃ – GdCOB}”
7. Emil Kowalczyk: „Analiza dynamiki procesów cieplnych w laserach półprzewodnikowych”

8. Anna Szerling: „Optymalizacja technologii wytwarzania laserów dużej mocy z InGaAs/GaAs na pasmo 980 nm”
9. Michał Kosmala: „Technologia MBE struktur modulatorów typu SESAM”
10. Jarosław Sotor: „Kontrola częstotliwości mikrolaserów”
11. Grzegorz Budzyna: „Optokomutacyjna stabilizacja lasera dwumodowego”
12. Aneta Michałkiewicz: „Rozwój systemów holografii cyfrowej dla potrzeb badań mikroelementów”,
13. Jerzy Krężel: „Zintegrowany system mikrointerferometru siatkowego z modułem aktywnego sterowania wiązką”
14. Adam Piotrowski: "Otrzymywanie metodą MOCVD heterostruktur Hg_{1-x}Cd_xTe stosowanych w nie chłodzonych detektorach podczerwieni"
15. Jarosław Pawluczyk, „Optymalizacja heterostrukuralnych detektorów długofalowego promieniowania podczerwonego pracujących bez chłodzenia kriogenicznego”
16. Krzysztof Kłos, "Wzrost warstw tellurku kadmowo-rtęciowego (HgCdTe) metodą MOCVD przy wykorzystaniu interdyfuzji warstw CdTe i HgTe",

Część rozpraw nie jest jeszcze zakończonych i obronionych, a ich wyniki opublikowane. Należy więc mieć pewność, że lista publikacji dotyczących uzyskanych w Programie wyników ulegnie znacznemu powiększeniu.

Wykonawcy poszczególnych zadań również wielokrotnie przedstawiali wyniki ich prac na zagranicznych i krajowych konferencjach i spotkaniach. Spis powyższych form upowszechnienia otrzymanych w projekcie wyników przedstawia załączony w p. 6 Raportu wykaz zawierający 119 pozycji.

Przechodząc do oceny wyników praktycznych Projektu należy zauważyć, że zrealizowany Program nie był tematycznie jednorodny. Nie był on przeznaczony do rozwiązania jednego, określonego zadania. W sumie w Programie realizowanych było 30 zadań przydzielonych do 8 grup tematycznych. Jest to o tyle ważne, że z nielicznymi wyjątkami, zahamowanie lub opóźnienie prac w jednym zadaniu nie limitowało innych. Realizację każdego z zadań należy traktować oddzielnie, niezależnie od pozostałych.

Oferty poszczególnych zadań w części ich praktycznej realizacji dość rygorystycznie określały, jak wykonane demonstratory i o jakich minimalnych parametrach będą świadczyły o opanowaniu technologii lub konstrukcji materiałów, elementów lub modułów wchodzących w zakres wykonania zadania. Wykazy wymaganych ofertą demonstratorów i ich parametrów oraz wykonane w trakcie realizacji Programu ich odpowiedniki wraz z osiągniętymi parametrami zostały wyszczególnione w omówieniu wykonania kolejnych zadań.

Generalnie rzecz ujmując – w części dotyczącej nauki - Program został wykonany w całości; w części praktycznej - w znakomitej większości przypadków.

Tylko w jednym przypadku (*Zadanie 2.3. Opracowanie i wykonanie modułu lasera włóknowego na zakres widzialny z konwersją wzbudzenia*), na skutek zakupu wadliwych światłowodów aktywnych, nie zostały wykonane moduły laserów włóknowych na zakres widzialny z konwersją wzbudzenia o zadowalających parametrach. Wykonawcy z Instytutu Mikroelektroniki i Optoelektroniki PW czują się zobligowani do zakupu światłowodów w renomowanej firmie za własne środki (statutowe) i w ciągu roku dokończenia realizacji tematu. Deklarację taką złożoną na piśmie załączamy do dokumentów rozliczenia Programu.

W pozostałych 29 realizowanych zadaniach wykonanych zostało 51 (spełniających częstokroć z dużą nadwyżką założone w ofercie parametry) modeli materiałów, podzespołów lub modułów optoelektronicznych urządzeń lub ich podstawowych części. Dla bliższego ich przedstawienia, zostały wykonane i oddzielnie wydrukowane karty katalogowe tych wyrobów.

Myślę, że warto z katalogiem tym zapoznać krajowe firmy zajmujące się szeroko rozumianą optoelektroniką, a także innych potencjalnych odbiorców. Działania takie podejmiemy na optoelektronicznych konferencjach i wystawach. Czyniliśmy to już wcześniej chociażby na kilku konferencjach OPTOELEKTRONIKA – Oferta Nauki Polskiej dla Przemysłu organizowanych w latach 2003-2006 w czasie trwania Targów Poznańskich. Podane w kartach katalogowych foldery wskazują na możliwości zespołów je opracowujących. Opracowane przez nie instrukcje technologiczne pozwalają także na wytworzenie wyrobów o zbliżonych parametrach, ale spełniających specyficzne wymagania potencjalnych odbiorców.

Na wyjątkowo dobrym poziomie zrealizowane zostały te zadania, których wykonawcy są powiązani lub mają ścisły kontakt z firmami produkcyjnymi specjalizującymi się w produkcji urządzeń zbliżonych do opracowywanych w Programie. Sytuacja taka występowała w przypadku zadań 1.1 i częściowo 1.2 (powiązanie z f-mą SMART-TECH), 1.3 (powiązanie z f-mą LASER-TEX), oraz 5.1 (powiązanie z f-mą VIGO). Nie trzeba uzasadniać tego zjawiska; jest ono zrozumiałe. Wskazuje jednak jaka tematyka powinna być priorytetową w ewentualnych przyszłych programach badawczych ukierunkowanych na rynek.

Również JBR, te które częściowo utrzymują się ze sprzedaży swoich wyrobów, a przez to mają kontakty z rynkiem, wyjątkowo starannie i bardziej profesjonalnie wykonały swoje względem Programu zobowiązania. Dotyczy to przede wszystkim zadań 4.1; 4.4; 5.2; 6.1; 6.2; 7.2 i 7.3. W zadaniach tych mniej jest publikacji (choć to nie jest regułą), za to wyższy poziom techniczny opracowania. Jestem zdania, że potencjał JBR powinien być bardziej wykorzystany gospodarczo. Na razie mechanizmy takie nie zostały uruchomione. To wielka szkoda, gdyż opracowania, o których wspominałem powyżej są bliskie komercjalizacji.

Pewnej dodatkowej charakterystyki wymaga grupa tematów związana z czujnikami światłowodowymi: (3.1.1; 3.1.2; 3.2.1; 3.2.2; 3.3; 7.1.1; 7.1.2; 7.1.3; b 7.2; i 7.3). Zadania powyższe w większości realizowane były w Instytutach Politechniki Warszawskiej. Wprowadzony w trakcie ich realizacji wymóg poszukiwania ewentualnych użytkowników przyniósł pożądane rezultaty. Nawiązane zostały kontakty z szeregiem zakładów i urzędów (PCO, ORLEN, Inspektorat Ruchu Drogowego Ministerstwa Transportu, Wydział Ruchu Drogowego oraz Wydziały Prewencji i Zwalczania Przestępczości Gospodarczej Komendy Głównej Policji, Aerokluby sportowe itp). W ramach tych kontaktów zmieniono (przystosowano do potrzeb użytkowników) niektóre parametry opracowywanych czujników i są one u nich testowane. Mamy nadzieję, że kontakty te zaowocują projektami celowymi i możliwością komercjalizacji opracowanych urządzeń.

Komentarza i oceny wymaga stan bazy technologicznej jaką dysponowały krajowe, biorące udział w Programie, ośrodki naukowe: JBR i uczelnie. W przypadku PBZ dotyczyło to głównie bazy technologicznej do wytwarzania optoelektronicznych przyrządów półprzewodnikowych: laserów i fotodetektorów. Mimo, że baza ta w czasie trwania Programu uległa istotnemu powiększeniu oczywiście ze środków spoza PBZ (MOCVD w VIGO i ITME, MBE w ITE) jest ona nadal niewystarczająca tak pod względem liczby jak i asortymentu.

W technologiach półprzewodnikowych nie można oczekiwać dobrych i powtarzalnych wyników jeżeli jedną aparaturę wykorzystuje się do wykonywania różnych przyrządów. Wręcz niedopuszczalne jest mieszanie reagentów, z czym mamy nagminnie do czynienia w ośrodkach dysponujących pojedynczą aparaturą doświadczalną.

Chwaląc VIGO za bardzo dobre wyniki otrzymane przy realizacji zadania 5.1 musimy wziąć pod uwagę, że razem z tym zadaniem VIGO (łącząc swoje środki z uzyskanymi z KBN przez WAT) zainstalowało reaktor MOCVD przeznaczony głównie do realizacji tego zadania. To komfortowe warunki, jakich nie miała praktycznie żadna instytucja uczestnicząca w realizacji Projektu. Może tak powinno być zawsze: instytucja otrzymuje do opracowania zagadnienie technologiczne jeżeli ma możliwość wyodrębnienia do niego stosownej aparatury technologicznej. Wtedy można nie tylko żądać, ale i oczekiwać pożądanych rezultatów.

Przy realizacji innych zadań tak dobrej sytuacji już nie było. Zespoły wykonawcze trafiły awarie kolejnych urządzeń technologicznych, których wiek liczy się w kilku dziesiątkach lat, brak do nich części zamiennych i nierytmiczne dostawy materiałów. Powodowało to opóźnienia w realizacji zadań, a przede wszystkim brak powtarzalności poszczególnych procesów oraz niewielki uzysk elementów spełniających wszystkie wymagania.

Podane powyżej przyczyny są powodem nie uzyskania takich rezultatów końcowych jakich można było się spodziewać na podstawie cząstkowych wyników pośrednich. Dotyczyło to np. zadań 4.1 i 4.2. Mimo otrzymania w zadaniu 4.1 parametrów pojedynczych diod laserowych na poziomie europejskim (spełniających z dużym nadmiarem założone w ofercie), powtórzenie tego wyniku w stosownie licznych liniijkach jest już niezwykle trudne. Moc (energia) generowana przez liniijkę, nie może przekraczać krotności najgorszej diody wchodzącej w jej skład. Także czas pracy liniijki wyznacza dioda najsłabsza. Oznacza to, że zarówno moce wyjściowe z liniijek laserowych jak i ich żywotność są znacznie trudniej osiągalne niż w pojedynczych diodach, a niezwykle niski tzw. „uzysk” czyni tą

produkcję nieopłacalną. To tłumaczy zapis w Protokole Odbioru zadania 4.2, że linijek laserowych nie ma sensu wykonywać w warunkach instytutowych na doświadczalnej aparaturze technologicznej.

Awarie aparatury są także powodem innych zapisów w Protokołach Odbiorów np. zadań 5.2; i 7.3, w których opracowywane było po dwa lub więcej przyrządów. Udowodniono w nich opanowanie całego procesu technologicznego przy wykonywaniu jednego z przyrządów i zasadniczych części innych lecz z powodu długotrwałych przestoju aparatury dokończenie jakiegoś etapu nie było możliwe. Mimo pełnego przekonania o opanowaniu pełnego cyklu technologicznego w tych zadaniach Komisje zalecały w takich razach dokończenie brakujących etapów i przedstawienie wyników w obowiązujących PBZ-ty sprawozdaniach wykorzystania wyników badań po roku.

Jako wynik końcowy wykonania PBZ-MIN-009/T11/2003 zleciodawcy przedstawiono:

- Raport Końcowy,
- [Sprawozdania Naukowe z końcowego wykonania poszczególnych zadań](#)
- Streszczenie sprawozdań naukowych z wykonania zadań PBZ-MIN-009/T11/2003,
- Syntetyczny opis wykonania PBZ-MIN-009/T11/2003
- Protokoły wewnętrznych odbiorów końcowych poszczególnych zadań,
- Opinie powołanych wewnętrznych recenzentów o realizacji poszczególnych zadań,
- [Karty katalogowe opracowanych demonstratorów w poszczególnych zadaniach.](#)

Kierownik PBZ-MIN-009/T11/2003
Prof. dr hab. inż. Zdzisław Jankiewicz