

Instytut Technologii Elektronowej

Tekst: Instytut Technologii Elektronowej, redakcja tekstu - prof.dr hab.inż. Jerzy Kątcki

Zdjęcia: Instytut Technologii Elektronowej

Opracowanie redakcyjne: Edward Piekarski

Opracowanie graficzne i typograficzne: Stanisław Mątecki

© Copyright by Polska Izba Gospodarcza Zaawansowanych Technologii, 2018

© Copyright by Instytut Technologii Elektronowej, 2018





INSTYTUT TECHNOLOGII ELEKTRONWEJ

Założnikiem Instytutu Technologii Elektronowej był **Zakład Elektroniki** pod kierownictwem prof. Janusza Groszkowskiego, powołany w 1952 roku przy Wydziale Nauk Technicznych PAN. W 1953 roku Zakład wszedł w skład IPPT PAN. Tu opracowano pierwsze polskie diody i tranzystory germanowe i krzemowe oraz termistory i hallotrony. Tu powstały zręby optoelektroniki półprzewodnikowej – diody elektroluminescencyjne, lasery złączone i wskaźniki cyfrowe. To właśnie z Zakładu Elektroniki IPPT PAN wywodzili się pierwsi pracownicy ITE.

Instytut Technologii Elektronowej został utworzony na mocy uchwały Rady Ministrów nr 206/66 z dnia 17 lipca 1966 roku w strukturach Polskiej Akademii Nauk. Działalność ITE od momentu jego powstania jest ukierunkowana na rozwój elektroniki półprzewodnikowej. Należy podkreślić, że jest to dziedzina wiedzy niewiele starsza od Instytutu. Jego powstanie i rozwój odbywały się niemal równoległe z powstaniem i rozwojem jednej z najszybciej rozwijających się dyscyplin nauki, stanowiącej podstawę trzeciej rewolucji przemysłowej. Specyfiką uprawianej przez Instytut dziedziny jest to, że stawia wysokie wymagania intelektualne. Szacuje się, że wiedza w tym zakresie podwaja się w ciągu dziesięciolecia i jest wielkim wyzwaniem dla pracowników naukowych, wymagając od nich nieustannego kształcenia. Instytut Technologii Elektronowej zatrudnia wybitną kadrę naukową w tym 7 profesorów oraz 13 doktorów habilitowanych. Rada Naukowa ITE posiada uprawnienia do nadawania stopnia doktora (od 1969 roku) i doktora habilitowanego (od 1984 roku) w dyscyplinie elektronika. Instytut

od 1970 roku prowadzi studium doktoranckie.

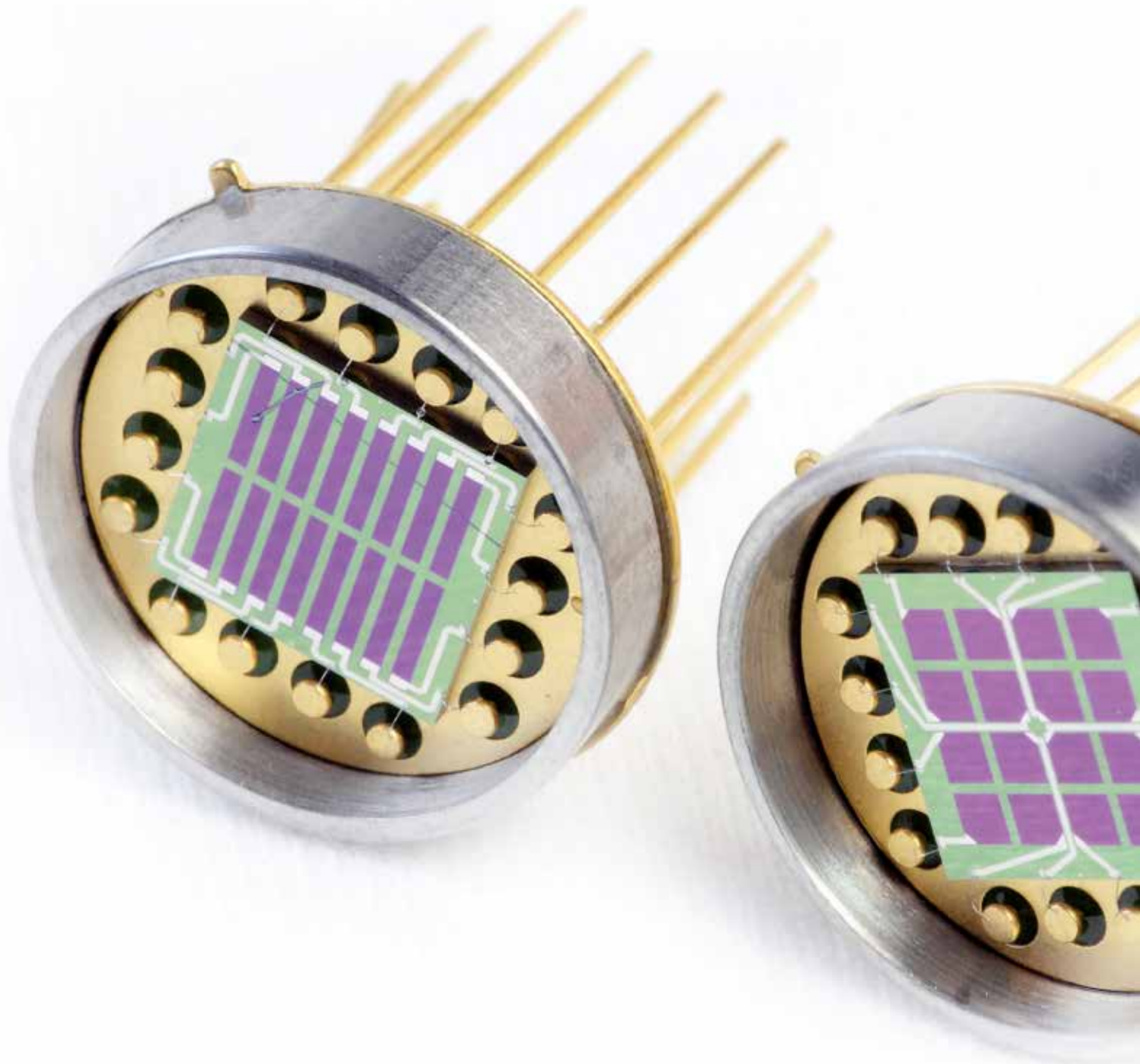
Instytut prowadzi badania naukowe i prace rozwojowe w obszarze technologii mikro- i nanoelektronicznych oraz fotonicznych, rekomendowanych przez Komisję Europejską jako dwie z pięciu Kluczowych Technologii Prorozwojowych (Key Enabling Technologies – KET). Ponadto, prowadzone w Instytucie badania naukowe i prace rozwojowe mają bezpośredni związek z trzema innymi obszarami, zaliczanymi do Kluczowych Technologii Prorozwojowych, nanotechnologią, zaawansowanymi materiałami i biotechnologią. Technologie te stanowią podstawę innowacji w szerokim zakresie zaawansowanych produktów i procesów we wszystkich sektorach przemysłowych, zarówno wschodzących, jak i tradycyjnych.

Historia Instytutu jest ściśle związana z budową przemysłu półprzewodnikowego w Polsce. W ITE umiejętnie połączono badania podstawowe i stosowane z wdrażaniem do produkcji opracowywanych podzespołów elektronicznych, przede wszystkim mikroelektronicznych, optoelektronicznych i mikrofalowych, ale także specjalnych, takich jak termistory i hallotrony.

Do roku 1970 ITE był instytutem **Polskiej Akademii Nauk**. W tym okresie opracowano konstrukcję i technologię wytwarzania cienkowarstwowych hallotronów germanowych (1966), diod elektroluminescencyjnych z GaAs (1966),



Dyrektor Instytutu
dr inż. Piotr Dumania



Krzemowe matryce fotodiodowe do monitorowania optycznego czujników mikrodźwigniowych w mikroskopii sił atomowych

krzemowych dyfuzyjnych fototranzystorów, szybkich fotodiod, matryc fotodiodowych, fotoogniw i czytników monolitycznych (1967). Opracowano również technologię dyfuzji domieszek do krzemu (gal i fosfor), technologię wytwarzania pierwszych krzemowych dyfuzyjnych (mesa) tranzystorów (1966) oraz technologię selektywnej dyfuzji boru do krzemu, którą zastosowano w procesie wytwarzania pierwszych w Polsce planarnych fotodiod i tranzystorów krzemowych (1969). Wdrożono do produkcji cienkowarstwowe halotrony germanowe oraz wiele konstrukcji

termistorów, termistorowe czujniki podczerwieni i termistory o bardzo niskim poziomie szumów własnych (1966).

Uchwałą nr 47/75 Rady Ministrów z dnia 1 kwietnia 1970 roku w resorcie Przemysłu Maszynowego powstało **Naukowo-Produkcyjne Centrum Półprzewodników (NPCP CEMI)**. Zadaniem Centrum było kompleksowe rozwiązanie zagadnień związanych z rozwojem przemysłu półprzewodnikowego i mikroelektroniki. W skład NPCP CEMI weszły: **Instytut Technologii Elektronowej (ITE)** wraz z zakładami doświadczalnymi; **Przemysłowy Instytut Elektroniki**



Prace badawczo-rozwojowe i wdrożeniowe ITE CEMI obejmowały:

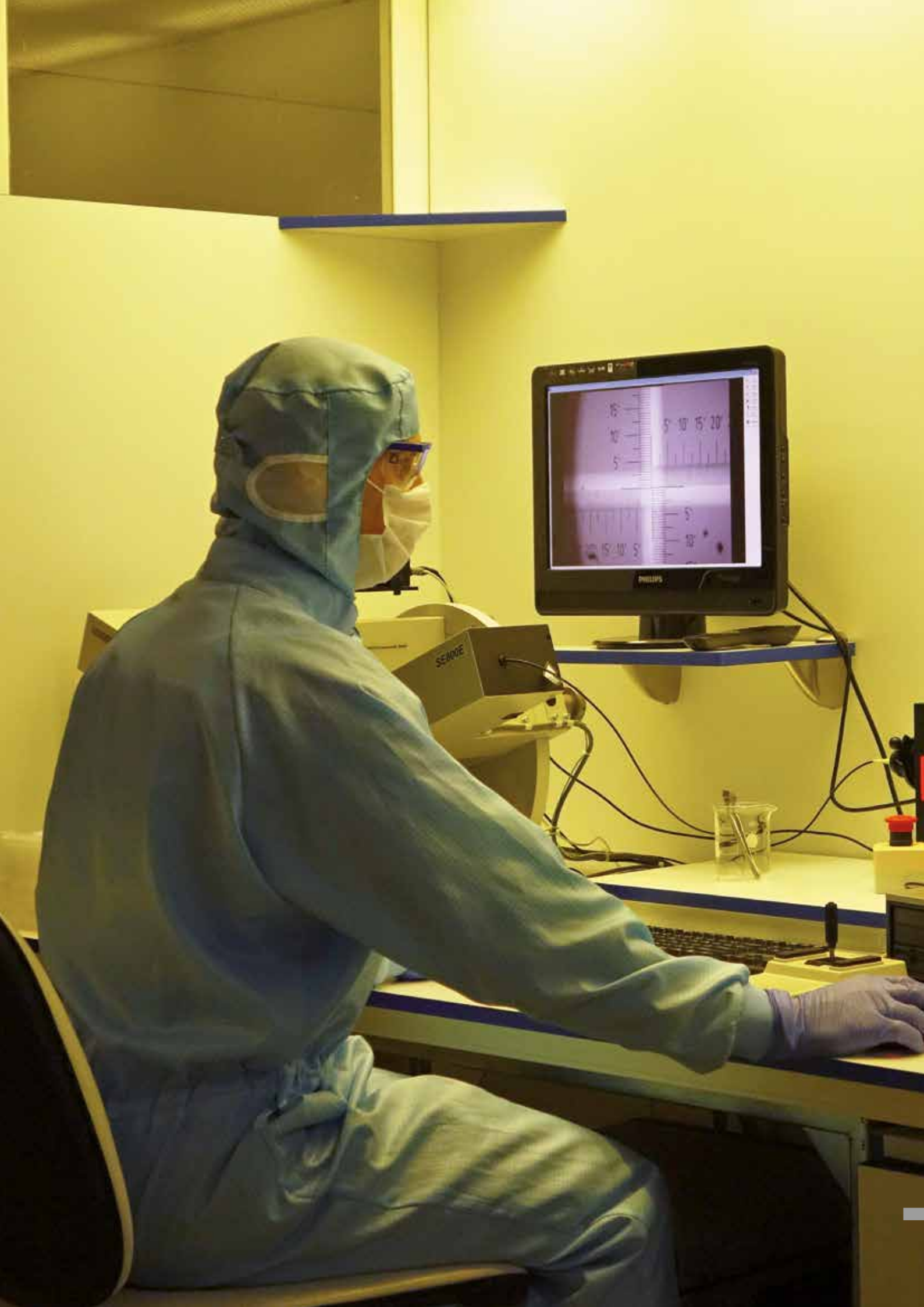
- opracowanie konstrukcji krzemowych diod, tranzystorów oraz monolitycznych układów scalonych wykonywanych w technologii epiplanarnej;
- opracowanie specjalnych elementów, m. in. mikrofalowych i optoelektronicznych;
- badania mające na celu zwiększenie stopnia integracji elementów półprzewodnikowych;
- uruchomienie nowych linii produkcyjnych w FP TEWA.

W 1976 roku Oddział Zakładu Doświadczalnego Półprzewodników (ITE) w Łęcznej, mający na swoim koncie wiele wdrożeń konstrukcji i technologii opracowanych w Instytucie, opartych niemal całkowicie na patentach ITE, został przekazany jako w pełni dojrzała jednostka produkcyjna do FP TEWA. W 1979 roku Zakład Doświadczalny Półprzewodników ITE w Warszawie został przekształcony w wydział produkcyjny FP TEWA, a Zakład Doświadczalny ITE w Toruniu w samodzielną jednostkę pod nazwą **Zakład Elektroniczny**.

Do uruchomienia produkcji i dalszego rozwoju techniki układów MOS/LSI niezbędna była budowa dwóch linii technologicznych: niewielkiej, ale kompletnej linii **EPSILON** oraz linii produkcji masowej **DELTA**. Linia EPSILON miała z założenia służyć specjalistom ITE do opracowywania modeli i prototypów nowych układów, a linia DELTA była przeznaczona do masowej produkcji układów w FP TEWA.

W styczniu 1976 roku zakończono kompletowanie urządzeń linii EPSILON i wytworzono na niej pierwsze polskie układy MOS/LSI – rejestr przesuwany RD 200, a do końca roku 1977 wykonano prototypową serię układu kalkulatora MC74007 i modelową serię układów do zegarka MCX 1201. Równoległe z uruchomieniem linii EPSILON i opracowywaniem pierwszych w kraju układów MOS/LSI prowadzono intensywne prace nad skompletowaniem urządzeń, przygotowaniem pomieszczeń i zapewnieniem

(PIE) z Zakładem Doświadczalnym Urządzeń Technologicznych (ZDUT) w Warszawie; **Ośrodek Naukowo-Produkcyjny Materiałów Półprzewodnikowych (ONPMP)** z Zakładem Doświadczalnym Produkcji Materiałów Półprzewodnikowych (ZD ONPMP) w Warszawie; **Fabryka Półprzewodników TEWA** (FP TEWA) w Warszawie; **Zakład Przemysłu Elektronicznego** (KAZEL) w Koszalinie oraz **Biuro Projektowo-Technologiczne** (PEWA) w Warszawie. W tym nowo utworzonym Centrum ITE został instytutem wiodącym, a FP TEWA – wiodącą jednostką produkcyjną.



niezbędnej energetyki dla linii produkcji masowej DELTA. W styczniu 1978 roku, po skompletowaniu urządzeń, rozpoczęto rozruch mechaniczny linii DELTA. Duży wkład w te prace wnieśli pracownicy ITE. Co ważne, linie EPSILON i DELTA znajdowały się w bezpośrednim sąsiedztwie i były wyposażone w identyczne lub bardzo podobne urządzenia technologiczne. Umożliwiło to specjalistom z ITE i załodze FP TEWA bliską współpracę i wymianę doświadczeń. W 1977 roku uruchomiono w ITE linię bipolarnych układów scalonych ALFA.

Ważnym osiągnięciem tego okresu było wykonanie w 1982 roku prototypu, a następnie wdrożenie do produkcji układu jednostki centralnej ośmiobitowego mikroprocesora MCY 7880. Był to odpowiednik układu Intel 8080, zaprojektowanego dla technologii NMOS o wymiarze krytycznym 6 μm i wprowadzonego do produkcji w USA w 1974 roku. Należy dodać, że w skład systemu mikroprocesorowego, rozwijanego od 1979 roku i sukcesywnie wdrażanego do produkcji w NPCP CEMI, wchodziły także inne peryferyjne układy scalone zarówno bipolarnie, jak i NMOS (interfejsy, dekodery itp.).

Lata 1970-1989 obfitowały w Instytucie w wiele istotnych dla polskiego przemysłu półprzewodnikowego opracowań i wdrożeń. W tym okresie do produkcji w FP TEWA wdrożono kilkanaście typów planarnych i epiplanarnych fotodiod krzemowych, fototranzystorów, tranzystorów i matryc fotodiodowych, kilka typów diod elektroluminescencyjnych, w tym emitujące podczerwień, światło czerwone i zielone (1975), półprzewodnikowe wskaźniki wielocyfrowe do kalkulatorów kieszonkowych (1977) oraz dwa nowe inżynierskie układy kalkulatorowe (1980). W tym czasie wdrożono do produkcji również diody Zenera (1977), liniowe układy scalone (1978), układ pamięci statycznej RAM MCY 7102 (1979), układy logiczne CMOS - odpowiedniki serii 4000 (1983). W kolejnych latach powstało wiele nowych opracowań, wdrożonych do produkcji wielkoseryjnej (m. in. pamięci statyczne i dynamiczne).

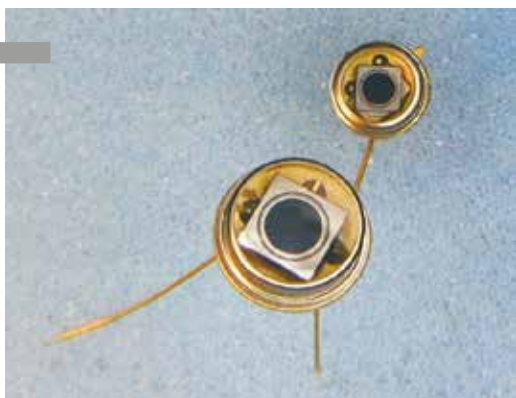
Uruchomiono produkcję krzemowych tranzystorów epitaksjalno-planarnych i układów scalonych małej skali integracji (1974), struktur DEL i wyświetlaczy cyfrowych CQYP 94/95 z GaAsP (1978), układów zegarkowych MCX 1201 (1978), struktur układów mikroprocesorowych (małoseryjną, 1983) oraz nowych typów fotodetektorów (1985).

W roku 1987 Minister Przemysłu nadał Instytutowi statut potwierdzający jego osobowość prawną i formalną niezależność od władz CEMI. **Instytut stał się niezależną jednostką badawczo-rozwojową (JBR).**

Od roku 1990 w przemyśle półprzewodnikowym nastąpił katastrofalny spadek zamówień na nowe wdrożenia i wyroby produkcji laboratoryjnej. W okresie transformacji, w latach 1990-1994, prace w Instytucie koncentrowały się na opracowaniu układów VLSI i typu ASIC oraz sensorów piezorezystywnych i pojemnościowych, opracowaniu technologii wytwarzania laserów heterozłączowych ze studniami kwantowymi oraz opracowaniu konstrukcji, technologii wytwarzania i uruchomieniu produkcji przyrządów mikrofalowych i epiplanarnych fotodiod lawinowych o strukturze n^+p-p^+ .

Po upadłości CEMI w 1994 roku Instytut Technologii Elektronowej całkowicie zmienił strategię działania. Włączył się w nurt badań europejskich i światowych, podjął współpracę z przedsiębiorstwami przemysłowymi na rynku globalnym, eksportował zaawansowane wyroby półprzewodnikowe do USA i wysoko uprzemysłowionych krajów europejskich. Skupiono się wówczas na bardziej skomplikowanych, specyficznych wyrobach na zamówienie odbiorców rynkowych (m. in. specjalizowane układy scalone ASIC). Jednym z najlepszych przykładów opracowań tego okresu, które reprezentowały najwyższy, światowy poziom, były **fotodiody lawinowe eksportowane przez ITE do USA**. Podstawą polityki naukowej Instytutu była współpraca z instytucjami naukowymi Unii Europejskiej, Stanów Zjednoczonych i Japonii. Dzięki

Krzemowe fotodiody lawinowe o średnicy obszaru światoczułego 3 mm i 5 mm



też współpracy już w drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych w ITE zostało zbudowane laboratorium projektowania układów scalonych na światowym poziomie, dorównującym nowoczesnym laboratoriom w krajach zachodnich.

W 1995 roku, zastąpiono pionierami naukowo-badawcze **zakładami naukowymi**. Ważne było przeniesienie w 2000 roku Zakładu Technologii Mikroelektronicznej z dawnego CEMI do nowej lokalizacji w Piasecznie. Staraniem dyrekcji ITE i z poparciem **Agencji Rozwoju Przemysłu** wybudowano nowoczesny budynek laboratoryjny, który był pierwszym własnym obiektem Instytutu, zaprojektowanym specjalnie dla technologii stosowanych w Instytucie.

Do najważniejszych osiągnięć Instytutu po 1995 roku można m. in. zaliczyć:

- opracowanie konstrukcji i technologii oraz uruchomienie produkcji fotodiod lawinowych o średnicy obszaru aktywnego 3 mm dla amerykańskiej firmy **Advanced Photonics Inc.** (1995). Opracowanie i uruchomienie eksportu produkcji krzemowych fotodiod lawinowych zostało uhonorowane wie-

Laser GRIN SCH z pojedynczą studnią kwantową InGaAs/GaAs



loma nagrodami, w tym w 1998 roku Nagrodą Gospodarczą Prezydenta RP za najlepszy wynalazek w dziedzinie produktu lub technologii;

- prace nad specjalizowanymi **detektorami cząstek alfa** do międzynarodowych badań nad transaktywnościami we współpracy z Institut für Radiochemie, Technische Universität München, Paul Scherrer Institut, Villigen i GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, Darmstadt (2004) oraz opracowanie i wykonanie zestawu dwu- i jednostronnych detektorów paskowych płaszczyzny ogniskowej Focal Plane **Detector Box (FPDB) separatora TASCA** (TransActinide Separator and Chemistry Apparatus), zbudowanego w GSI Darmstadt z opracowanych i wykonanych w ITE detektorów DSSSD 144x48, DSSSD 16x16 i SSSSD (2008). Opracowanie i wdrożenie do produkcji wielu typów krzemowych fotodetektorów oraz unikalnych detektorów promieniowania jonizującego zostało uhonorowane wieloma nagrodami, w tym w 2015 roku Nagrodą Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za badania na rzecz rozwoju gospodarki;
- **opracowanie laserów z pojedynczą studnią kwantową** i rozseparowanym ograniczeniem optycznym i elektrycznym SCH SQW (1995), **kwantowych laserów kaskadowych** (2009) oraz **kwantowych laserów kaskadowych ze struktur naprężonych** (2014). Opracowanie pierwszych w Polsce laserów na studniach kwantowych i kwantowych laserów półprzewodnikowych uhonorowano wieloma nagrodami, w tym w 2013 roku Nagrodą Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za wybitne osiągnięcia naukowe i naukowo-techniczne w kategorii badań na rzecz rozwoju gospodarki;
- opracowanie technologii zintegrowanych sond do mikroskopii sił atomowych;
- opracowanie elementów rezystywnych do **sondy MUPUS**, mającej podczas misji Rosetta badać **jądro komety Czuriurow-Gierasimienko** (2002);

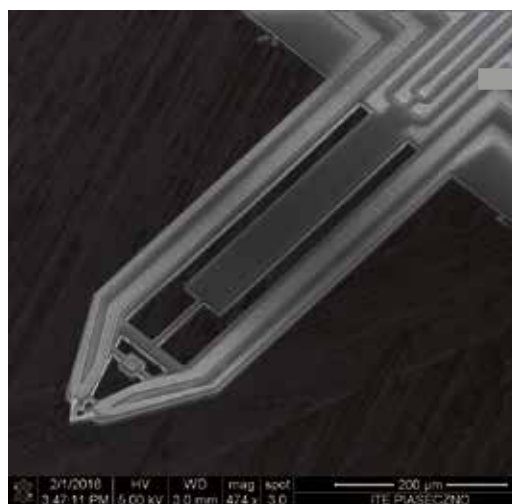
- opracowanie we współpracy z firmą **Tritem Microsystems GmbH** elementów kilku rodzin układów scalonych dla przemysłu samochodowego w technologii wysokotemperaturowej firmy **Atmel** (2006);
- opracowanie i wytworzenie nowatorskiego w skali światowej monolitycznego detektora promieniowania jonizującego na płytkach **Silicon-on-Insulator** (SOI) (w konsorcjum w ramach projektu UE SUCIMA);
- opracowanie detektorów podczuwieni na bazie supersieci antymonkowych (2012);
- opracowanie technologii wytwarzania nowego typu tranzystora mikrofalowego HEMT AlGaIn/GaN przeznaczonego do zastosowań w monolitycznych mikrofalowych układach scalonych na pasmo S (PoHEMT).

Instytut odegrał ważną rolę w procesie konsolidacji jednostek badawczo-rozwojowych. Na podstawie rozporządzenia Ministra Gospodarki dnia 15 marca 2002 roku **Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Mikroelektroniki Hybrydowej i Rezystorów** w Krakowie (OBRMHiR) został włączony do Instytutu jako **Oddział w Krakowie**. W dniu 1 stycznia 2012 roku, na mocy Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 23 grudnia 2011 roku, połączono dwa instytuty badawcze: **Instytut Technologii Elektronowej** z siedzibą w Warszawie oraz **Ośrodek Badawczo-Rozwojowy PREDOM-OBR**, tworząc ITE Oddział PREDOM.

○ silnej **pozycji międzynarodowej Instytutu Technologii Elektronowej** świadczy fakt, że do dzisiaj ITE zrealizował 50 projektów programów ramowych i innych inicjatyw Unii Europejskiej. W latach 2013-2016, w obszarze mikroelektroniki, ITE realizował 8 projektów w ramach 7. Programu Ramowego UE (NANO-TEC, e-BRAINS, SESBE, CarriCool, SENSEIVER, Par4CR, SMAC, NANOHEAT, w tym ten ostatni koordynował) oraz szereg projektów w ramach inicjatyw UE (ENIAC/ECSEL, EUREKA, ERA.net), w tym Lab4MEMS, Lab4MEMS2, EI4570-IPCTECH, PiezoMEMS, PARSIMO. ITE jest

jedynym w obszarze mikro/nanoelektroniki i fotoniki instytutem w kraju, który zainicjował i koordynował europejski projekt badawczy w ramach 7. Programu Ramowego UE. Aktywność ITE w dziedzinie pozyskiwania projektów Programie Ramowym Badań, Rozwoju Techniki i Prezentacji Unii Europejskiej została uhonorowana I nagrodą „Kryształowej Brukselki” w kategorii najlepszych instytutów badawczych (w 2001 roku) i w kategorii indywidualnej dla dra inż. Piotra Grabca w 2013 roku.

W 2017 roku Instytut został wpisany na prowadzoną przez Komisję Europejską listę **Europejskich Centrów Technologicznych** (KET), świadczących usługi dla małych i średnich przedsiębiorstw.



Sonda pomiarowa dla mikroskopii sił atomowych

Zgodnie ze Statutem ITE przedmiotem działania Instytutu jest prowadzenie badań naukowych i prac rozwojowych w dziedzinie nauk technicznych w obszarze mikro- i nanoelektroniki, optoelektroniki i nanofotoniki, elektroniki mikrofalowej, energoelektroniki, elektroniki przezroczystej i giętkiej oraz wdrażanie i upowszechnianie wyników tych prac w gospodarce narodowej. Zakres tych działań obejmuje w szczególności:

- opracowywanie konstrukcji i technologii wytwarzania mikro- i optoelektronicznych przyrządów półprzewodnikowych, w tym mikrofalowych oraz fonicznych przyrządów dyskretnych, detektorów i czujników, układów scalonych, mikrosystemów i podzespołów elektronicznych oraz mikroelektronicznych układów hybrydowych;



PVD 75

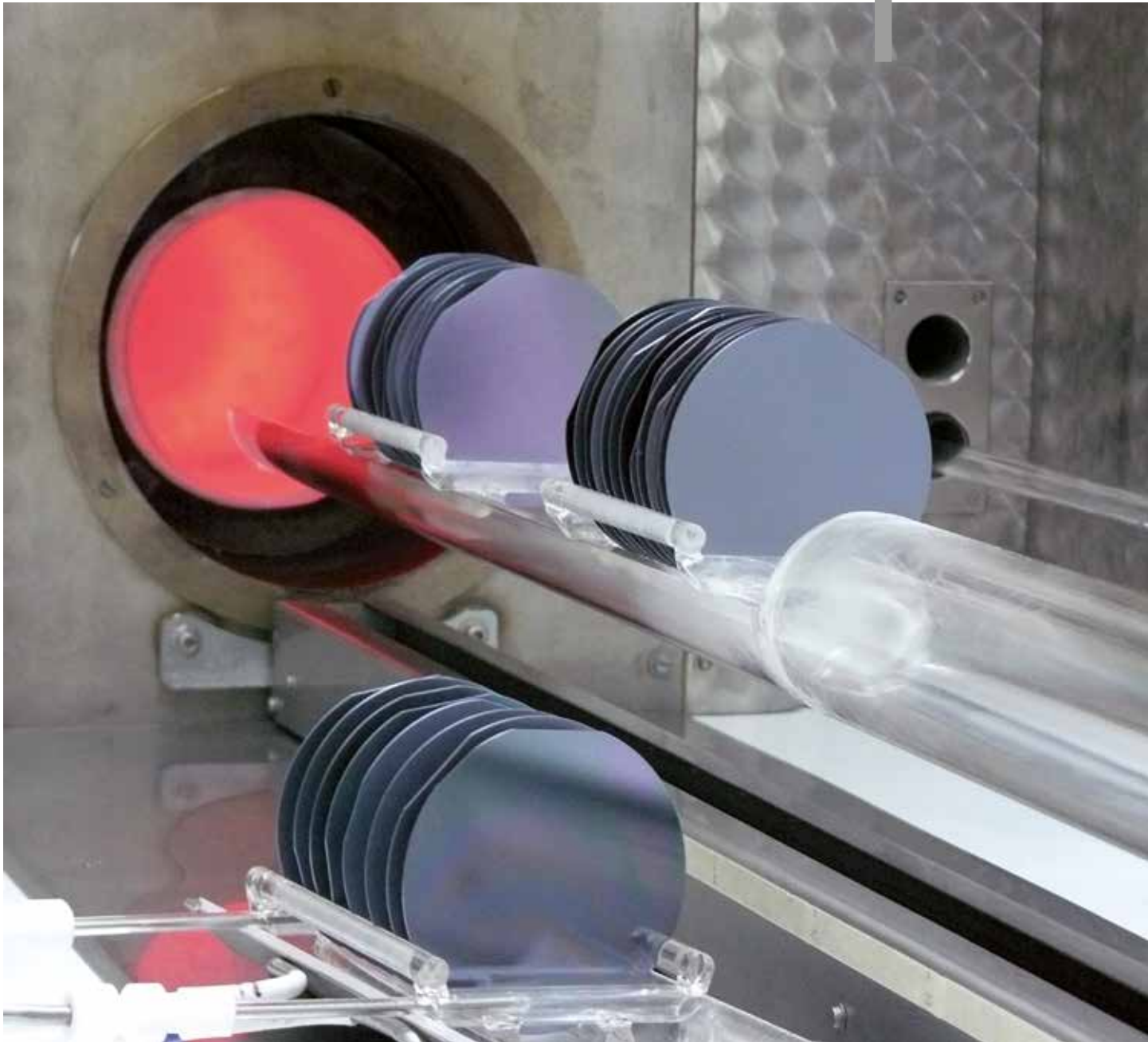
Kurt J. Lesker
Company

manufactured by
dartex
Reinraumzubehör

Technical specifications and safety instructions are printed on the front of the machine.

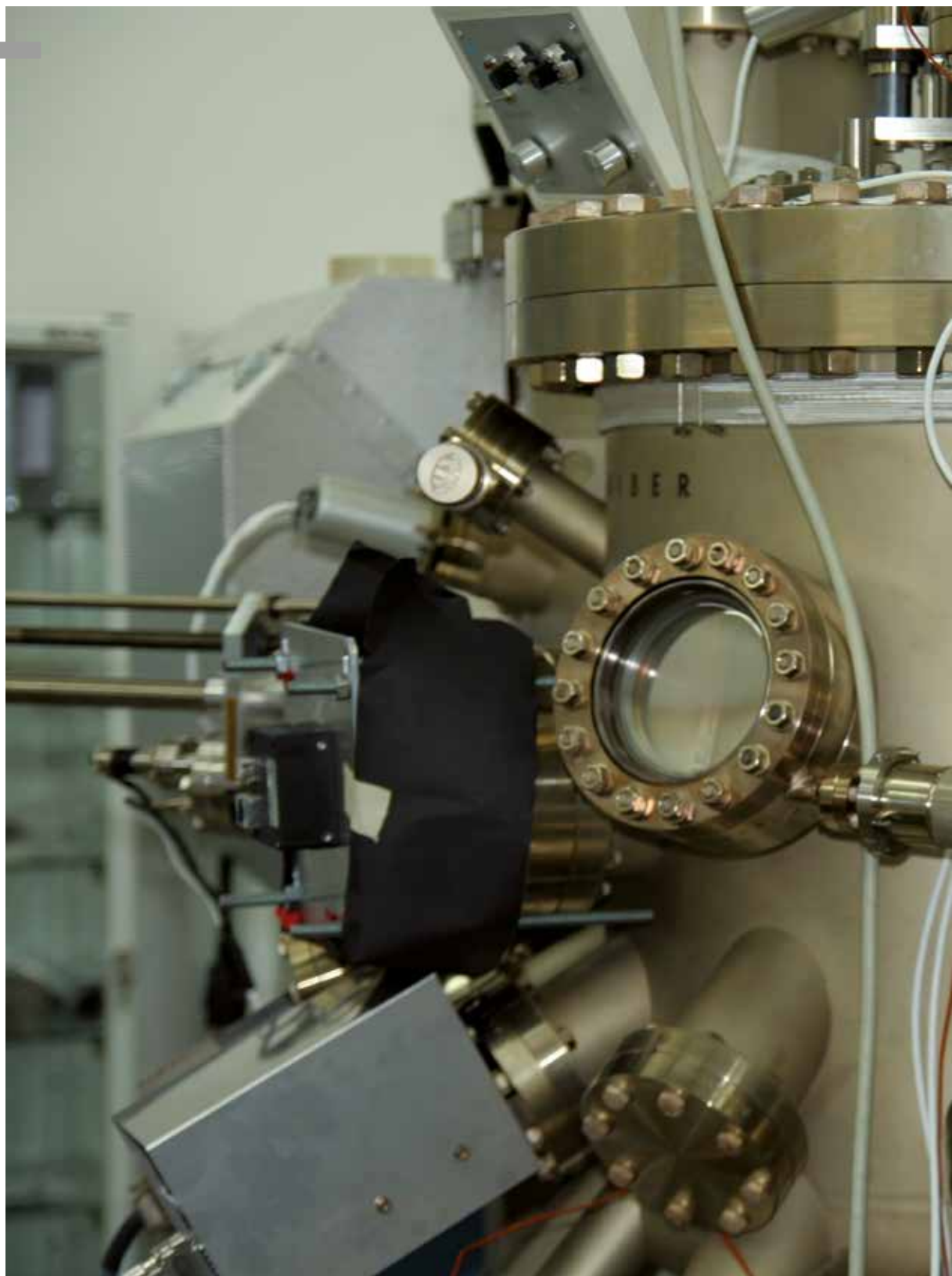
- rozwój metod projektowania mikro- i optoelektronicznych przyrządów półprzewodnikowych oraz opracowywanie nowych metod charakteryzacji materiałów, struktur i przyrządów półprzewodnikowych;
- krzemowe mikrosystemy, sensory i detektory do zastosowań interdyscyplinarnych;
- inżynieria materiałów, przyrządów, układów i systemów na bazie półprzewodników szerokoprzerwowych dla

Płytki krzemowe o średnicy 100 mm wyjeżdżają z pieca do utleniania (linia podzespołów krzemowych)



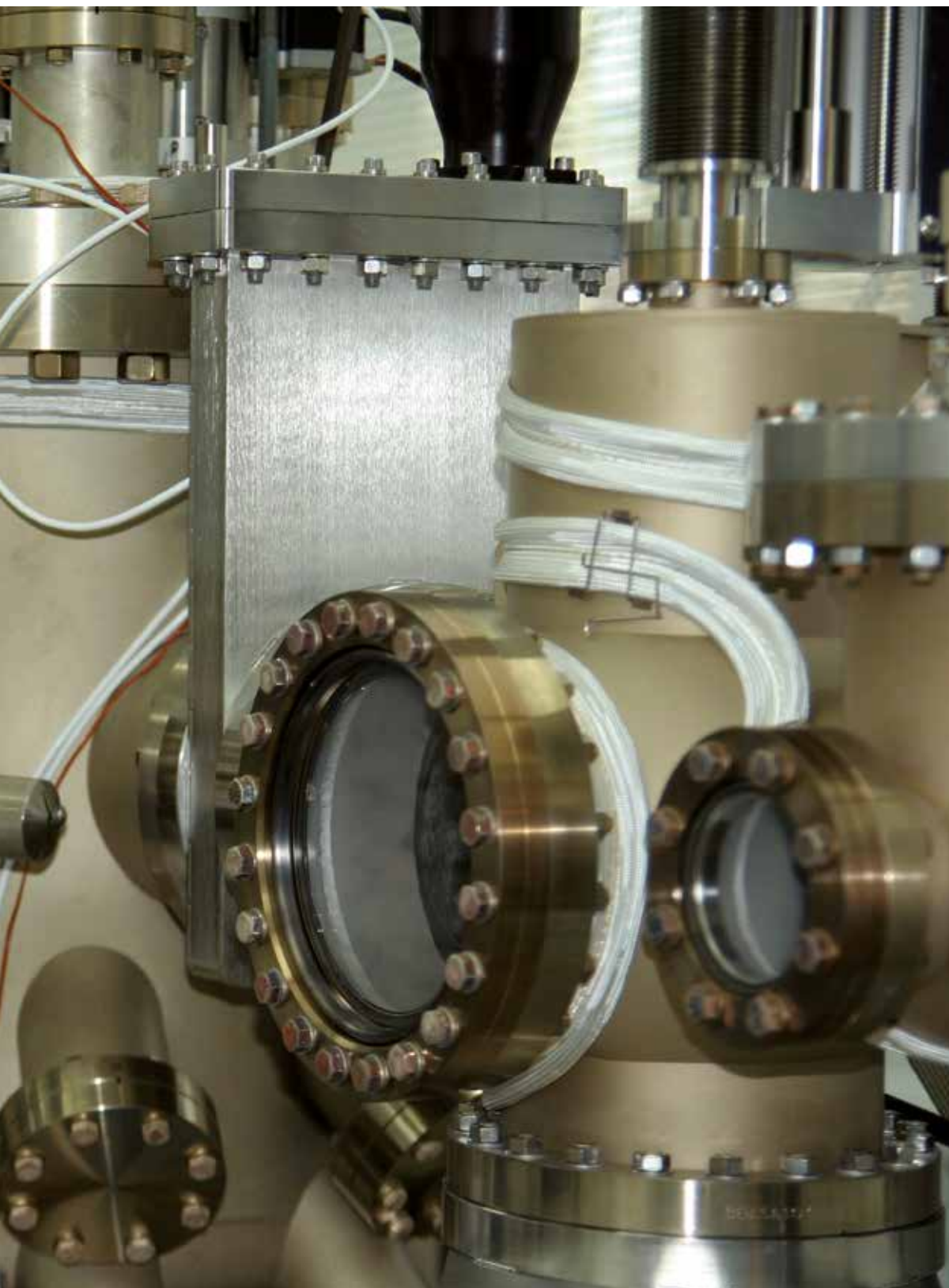
- prowadzenie działalności normalizacyjnej, certyfikacyjnej i aprobowej. W ITE realizowane są badania naukowe i prace rozwojowe w **pięciu kierunkach strategicznych**. Są to:
 - nanofotonika podczerwieni – badania nad strukturami do generacji i detekcji promieniowania;
 - kluczowych technologii prorozwojowych;
 - metody projektowania oraz technologie wytwarzania wielowarstwowych przyrządów elektronicznych;
 - badania niezawodności tranzystorów mocy z GaN.

Urządzenie do epitaksji z wiązek molekularnych struktur laserowych na linii podzespołów optoelektronicznych



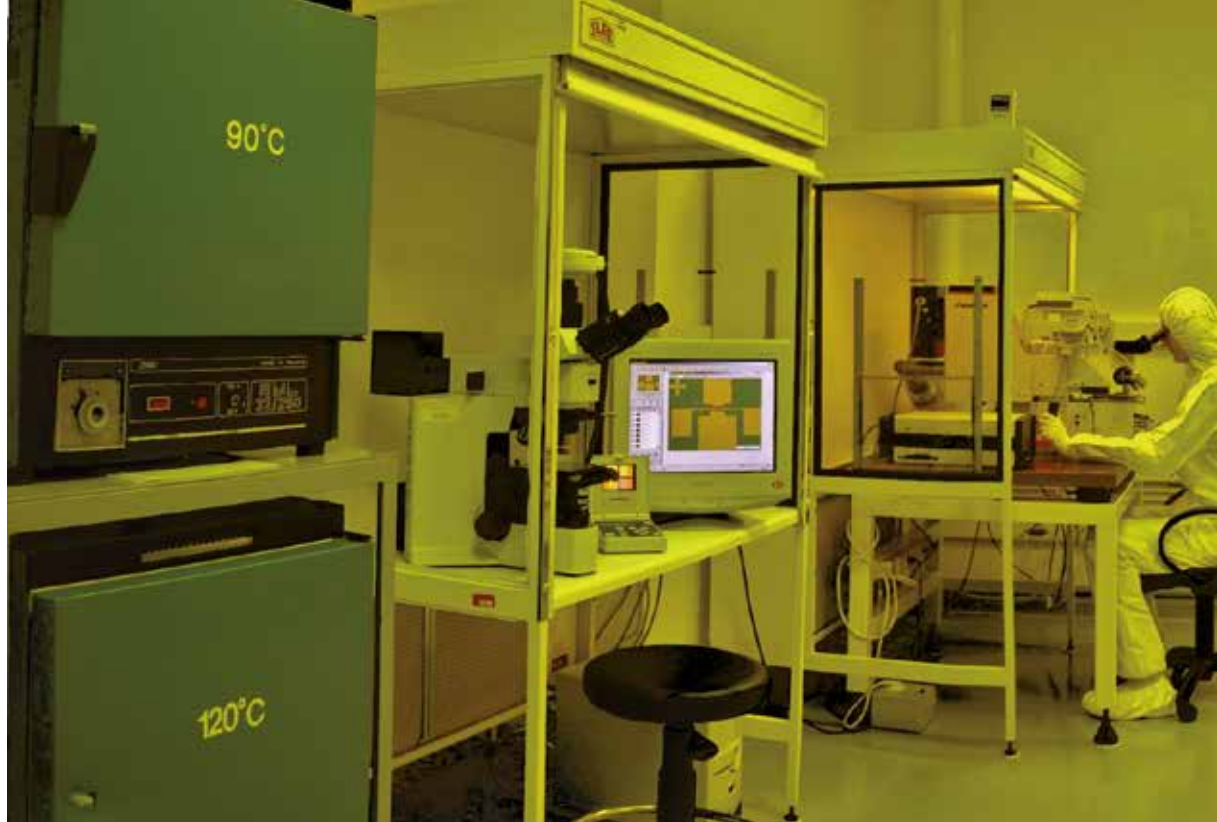
Główna siedziba Instytutu mieści się w Warszawie. Instytut ma dwa oddziały: w Krakowie i Warszawie. Badania naukowe i prace rozwojowe prowadzone są w siedmiu zakładach naukowo-badawczych.

Zakład Fotoniki prowadzi badania nad nowymi półprzewodnikowymi źródłami światła i detektorami do zastosowań w nowoczesnych działach gospodarki: przemyśle, ochronie środowiska, medycynie i technice wojskowej. Bada-



nia koncentrują się w szczególności na przyrządach optoelektronicznych pracujących w obszarze bliskiej i średniej podczerwieni. Podstawowe obszary działalności naukowej Zakładu obejmują unipolarne lasery kaskado-

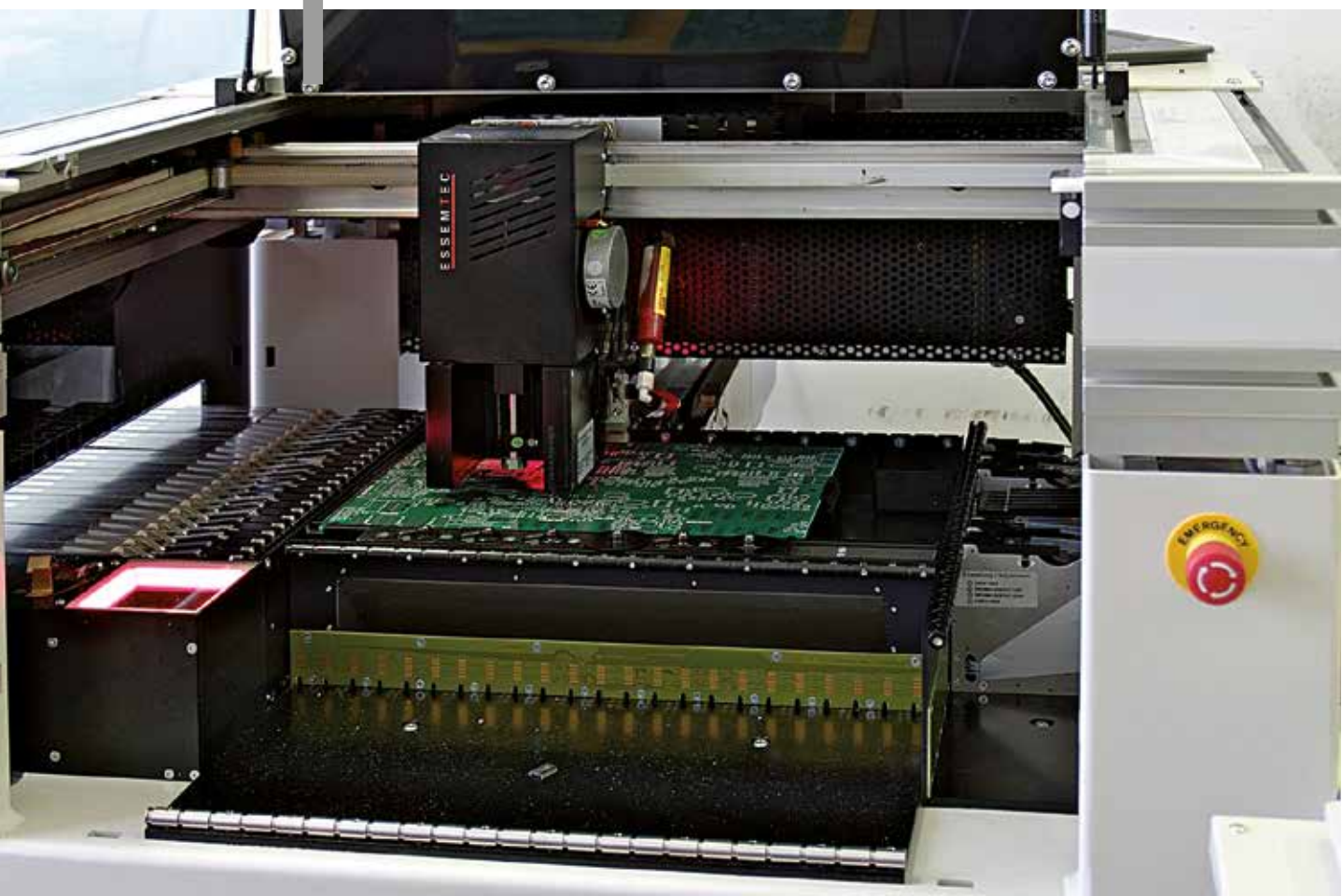
we ze związków $A_{III}B_{V}$, lasery dyskowe dużej mocy, lasery pompowane optycznie z zewnętrzną wnęką rezonansową, fotodetektory oparte na supersieciach II rodzaju na bazie związków z antymonem.



Prace **Zakładu Technologii Mikrosystemów i Nanostruktur Krzemowych** obejmują szeroki zakres tematyczny – od fotodetektorów i detektorów promieniowania poprzez układy scalone, aż po czujniki i przyrządy oparte na strukturach mikromechanicznych – MEMS. Szczególne znaczenie mają prace nad detektorami krzemowymi do badań nad superciężkimi pierwiastkami oraz nad mikrosystemami dla nanometrologii i nanosensorów.

Zakład Mikro- i Nanotechnologii Półprzewodników Szerokoprzewodowych zajmuje się badaniami procesów wytwarzania nowych przyrządów i podzespołów z półprzewodników szerokoprzewodowych (azotkowych i tlenkowych). Podstawowe prace badawcze w Zakładzie skoncentrowane są na procesach wytwarzania tranzystorów HEMT AlGaIn/GaN dla przyrządów elektronicznych dużej mocy i wysokich częstotliwości.

Układarka do precyzyjnego pozycjonowania elementów SMD na podłożach PCB, ceramicznych i LTCC





Zakład Mikroelektroniki w Krakowie działa w obszarze mikro- i nanotechnologii i ich zastosowań w dziedzinie mikroelektroniki, fotowoltaiki, czujników i mikrosystemów. Obszar prac obejmuje szeroki zakres – od opracowań technologii i charakteryzacji materiałów i kompozytów ceramicznych i polimerowych, poprzez technologie lutowania bezołowiowego i mikromontażu, do projektowania i wytwarzania układów i systemów elektronicznych przeznaczonych do stosowania w medycynie, instalacjach fotowoltaicznych, ochronie środowiska. Intensywnie rozwijana jest technologia LTCC i jej aplikacje oraz elektronika drukowana na podłożach ceramicznych i organicznych.

Zakład Badań Materiałów i Struktur Półprzewodnikowych koncentruje się na strukturalnej, optycznej i elektrycznej charakteryzacji materiałów i przyrządów. Główne stosowane techniki badawcze to transmisyjna i skaningowa mikroskopia elektronowa oraz system do trawienia zogniskowaną wiązką jonów (FIB).

Zakład Projektowania Układów Scalonych i Systemów zajmuje się projektowaniem specjalizowanych układów scalonych ASIC, systemów elektronicznych wykorzystujących mikrokontroler-

ry. Ze względu na swą specyfikę ściśle współpracuje z Zakładem Technologii Mikrosystemów i Nanostruktur Krzemowych.

Zakład Projektowania i Diagnostyki Nanostruktur i Podzespołów Elektronicznych opracowuje nowe metody charakteryzacji nanostruktur półprzewodnikowych i wykonuje zaawansowane pomiary struktur pochodzących z własnych laboratoriów technologicznych, a także z przodujących zagranicznych centrów (z USA, Japonii, Niemiec, Francji, Wielkiej Brytanii i Szwecji).

ITE Oddział PREDOM analizuje zgodność wyrobów z wymaganiami norm w zakresie bezpieczeństwa użytkowania, kompatybilności elektromagnetycznej EMC, oddziaływania pól elektromagnetycznych, badania widma radiowego, poziomu emitowanego hałasu, oceny cech funkcjonalnych. Badaniami objęty jest m. in. sprzęt elektryczny i elektroniczny, oświetleniowy, wyroby medyczne oraz podzespoły. W latach 2004-2017 laboratorium wykonało ok. 8000 badań ocen zgodności oraz programów certyfikacji.

Organizacja prac badawczych Instytutu opiera się na czterech liniach technologicznych, umiejscowionych

w zakładach technologicznych ITE. Linie te są dedykowane specyficznym materiałom półprzewodnikowym i specyficznym aplikacjom.

Największą z nich jest zlokalizowana w Zakładzie Technologii Mikrosystemów i Nanostruktur Krzemowych w Piasecznie linia podzespołów krzemowych – układów scalonych, fotodetektorów, detektorów promieniowania jonizującego, mikrosystemów oraz różnego typu sensorów. Linia zlokalizowana jest w wysokiej czystości laboratorium technologicznym o powierzchni 1200 m²

elektronicznych dużej mocy/wysokich częstotliwości oraz podzespołów z półprzewodników tlenkowych.

Czwarta linia technologiczna znajduje się w Zakładzie Mikroelektroniki w Krakowie i jest dedykowana technologii LTCC – niskotemperaturowej współspiekanej ceramiki i elektronicznie drukowanej na podłożach ceramicznych i organicznych. Linia jest wyposażona w programowalne urządzenia do wytwarzania struktur wielowarstwowych, układów oraz komponentów elektronicznych.

Uroczystość nadania nazwy Copernicium pierwiastkowi 112 (Darmstadt, 2010)



i wyposażona w kompletny zestaw urządzeń umożliwiających wytwarzanie struktur mikro- i nanoprządów w oparciu o technologie krzemowe.

Kolejną linią technologiczną jest znajdująca się w Zakładzie Fotoniki linia podzespołów optoelektronicznych – laserów i detektorów podczerwieni – wytwarzanych na bazie GaAs, InP, GaSb i półprzewodników pokrewnych.

Trzecią linią jest usytuowana w Zakładzie Mikro- i Nanotechnologii Półprzewodników Szerokoprzewodzących linia podzespołów półprzewodnikowych z azotków grupy III – przyrządów

Najważniejsze osiągnięcia Instytutu.

Powodem do dumy są opracowywane, wytwarzane w Instytucie i sprzedawane w kraju i renomowanym ośrodkom badawczym za granicą **krzemowe detektory promieniowania jonizującego i optycznego**. Ze względu na swe unikalne właściwości zamawiane są przez czołowe europejskie ośrodki badawcze, takie jak Helmholtz Zentrum München GmbH, Niemcy, GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH Darmstadt, Paul Scherrer Institut Villigen w Szwajcarii, Johannes Gutenberg Universität Mainz Institut für Kernchemie

w Niemczech oraz przez światowego niemieckiego potentata w zakresie produkcji przyrządów pomiarowych promieniowania, firmę Saphymo GmbH we Frankfurcie nad Menem.

W październiku 2015 roku zespół naukowców Instytutu został uhonorowany Nagrodą Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za badania na rzecz rozwoju gospodarki. Kierownik zespołu, **mgr inż. Maciej Węgrzecki**, opracował i wdrożył do produkcji wiele typów krzemowych fotodetektorów oraz unikalnych detektorów promieniowania jonizującego. W skład nagrodzonego zespołu wchodził również **inż. Jan Bar, dr inż. Piotr Grabiec, dr Jan Kulawik i inż. Andrzej Panas**.

o roli ITE w międzynarodowych badaniach nad transaktynowcami świadczy fakt, że dzięki detektorom promieniowania, opracowanym i wykonanym w ITE, po raz pierwszy w świecie został zarejestrowany fragment łańcucha rozpadu pierwiastka 112 nazwanego potem Copernicium (symbol Cn). Odkrycie to zyskało ogromny rozgłos światowy, pisano o szwajcarsko-rosyjsko-polskim odkryciu. Polskę reprezentowały w eksperymencie detektory ITE. W tym i w kolejnych eksperymentach, również przy wykorzystaniu detektorów z ITE, dowiedziono w niepodważalny sposób, że Copernicium jest ciekłym metalem podobnym do rtęci.

Prace nad konstrukcją unikalnych detektorów o najwyższych parametrach sięgają 2003 roku, kiedy Maciej Węgrzecki z ITE oraz Alexander Yakushev z IR TUM (Institut für Radiochemie – Technische Universität München) nawiązali współpracę w dziedzinie specjalizowanych detektorów przeznaczonych do międzynarodowych badań nad transaktynowcami – superciężkimi pierwiastkami o liczbie atomowej większej od 103.

Pierwsze w świecie, niezależne potwierdzenie istnienia pierwiastka 117, odkrytego w 2010 roku w Dubnej, uzyskano w międzynarodowym eksperymencie, prowadzonym w końcu 2013 roku w GSI w Darmstadt, wykorzystując

opracowane i wykonane w ITE detektory paskowe. Otworzyło to drogę do uznania pierwiastka 117 przez IUPAC/IUPAP za pierwiastek istniejący, nazwania i wpisania go do układu okresowego. W 2016 roku pierwiastek 117 został uznany i nazwany Tennessine, symbol Ts. Publikacja informująca o tym odkryciu została uznana za jedną z najwyżej cytowanych w bazie Web of Science.

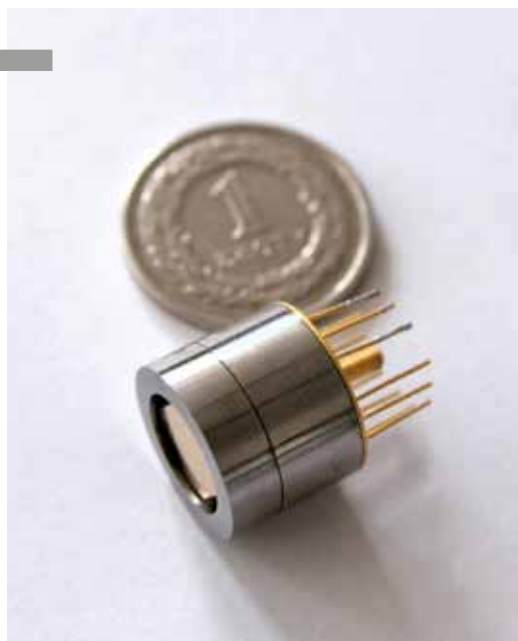
Zespół naukowy Zakładu Fotoniki ITE, kierowany przez **prof. Macieja Bugajskiego**, opracował **technologię wytwarzania kwantowych laserów**



System detekcyjny do analizy pierwiastków superciężkich, którego sercem są detektory opracowane w ITE

półprzewodnikowych (QCL), umożliwiających m. in. budowę przenośnych detektorów wykrywających śladowe ilości substancji chemicznych, np. metanu w kopalniach czy niebezpiecznych gazów w przemyśle chemicznym, a także pozwalających wykryć śladowe obecności markerów chorobowych w wydychanym przez pacjenta powietrzu, umożliwiającym również bezpieczne prześwietlanie pacjentów z rozdzielczością lepszą od uzyskiwanej w ultrasonografii. Technologia wytwarzania laserów kaskadowych swoją złożonością przewyższa znacznie wszystkie dotychczasowe technologie laserów półprzewodnikowych. Jej opanowanie

Kwantowy laser kaskadowy
z $\text{Al}_{0.45}\text{Ga}_{0.55}\text{As}/\text{GaAs}$
($\lambda = 9.4 \mu\text{m}$)
w hermetyzowanej
obudowie



sprawiło, że zespół badawczy zakładu znajduje się w gronie najlepszych na świecie.

Za twórczy wkład w rozwój fizyki i technologii nowoczesnych laserów półprzewodnikowych i opracowanie pierwszych w kraju laserów na studniach kwantowych i kwantowych laserów półprzewodnikowych w listopadzie 2013 roku prof. Bugajski został uhonorowany Nagrodą Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za wybitne osiągnię-

cia w kategorii badań na rzecz rozwoju gospodarki.

Elementy elektroniczne opracowane i wytworzone w ITE uczestniczyły także w podboju kosmosu. Opracowane przez naukowców – **dra inż. Andrzeja M. Łukasika i dra Jana Kulawika** – z Oddziału krakowskiego Instytutu, we współpracy naukowcami z Centrum Badań Kosmicznych PAN - specjalistyczne elementy elektroniczne aparatury **MUPUS** zostały wykorzystane na pokładzie łądownika **Philae**, który w sposób kontrolowany wylądował na komecie 67P/Czuriumow-Gierasimienko **w ramach misji Rosetta**. Misja sondy Rosetta została doceniona na świecie. Znalazła się na liście dziesięciu najważniejszych osiągnięć z dziedziny fizyki w 2014 roku, ogłoszonej przez **American Physical Society**.

Instytut Technologii Elektronowej w 2016 roku wszedł w kolejną dekadę swojej działalności. Prezentowane opracowanie pozwala Czytelnikowi wyrobić sobie pogląd jak w okresie minionego pięćdziesięciolecia rozwijał się i zmieniał i jaką rolę odegrał w rozwoju badań naukowych i wdrożeń.

**Pracownicy Instytutu Technologii Elektronowej,
którzy wnieśli wybitny wkład w rozwój
nauki przemysłowej i polskiego przemysłu**

Prof. dr hab. inż. Cezary Andrzej Ambroziak - elektronika
Prof. dr hab. Maciej Bugajski - elektronika, fotonika
Dr inż. Michał Cież - elektronika
Prof. dr hab. inż. Andrzej Czerwiński - elektronika
Dr inż. Piotr Dumania - elektronika
Dr inż. Piotr Grabiec - elektronika, chemia
Dr inż. Piotr Guzdek - elektronika, inżynieria materiałowa
Dr hab. inż. Eliana Kamińska - elektronika
Dr hab. inż. Janusz Kaniewski - elektronika, fizyka ciała stałego
Dr hab. inż. Andrzej Kassur - elektronika
Prof. dr hab. inż. Jerzy Kątcki - elektronika, inżynieria materiałowa
Prof. dr hab. inż. Jerzy Klamka - elektronika
Prof. dr hab. inż. Andrzej Kobus - elektronika
Mgr inż. Jan Koszur - elektronika
Mgr inż. Wojciech Maj - automatyka, mechatronika
Dr hab. inż. Jacek Marczewski - elektronika, mikroelektronika
Prof. dr hab. inż. Bohdan Mroziewicz - elektronika, optoelektronika
Prof. dr hab. Inż. Stanisław Nowak - elektronika
Prof. inż. Bohdan Paszkowski - elektronika,
Prof. dr hab. Inż. Anna Piotrowska - elektronika
Mgr inż. Zbigniew Poznański - elektronika, mechatronika
Dr hab. inż. Henryk Maria Przewłocki - elektronika
Prof. dr hab. inż. Jerzy Pułtorak - elektronika
Dr hab. inż. Andrzej Rosiński - elektronika, informatyka
Prof. dr hab. inż. Witold Rosiński - elektronika ciała stałego
Prof. dr hab., Stanisław Sikorski - elektronika
Prof. dr hab. inż. Jarosław Świdorski - elektronika
Mgr inż. Iwona Węgrzecka - elektronika
Mgr inż. Maciej Węgrzecki - elektronika
Dr inż. Wiesław Zaraska – elektronika