ZAKŁAD TECHNOLOGII MIKROSYSTEMÓW I NANOSTRUKTUR KRZEMOWYCH

Kierownik: dr inż. Piotr GRABIEC
e-mail: grabiec@ite.waw.pl,
tel. (0-prefiks-22) 716 59 92, fax 716 59 91

Zespół: mgr inż. Jan Bar, mgr inż. Tomasz Bieniek,
mgr inż. Tadeusz Budzyński, inż. Henryka Chmiel,
mgr inż. Rafał Dobrowolski, dr inż. Krzysztof Domański,
mgr inż. Remigiusz Grodecki, dr inż. Paweł Janus,
mgr inż. Bohdan Jaroszewicz, mgr inż. Andrzej Kociubiński,
inż. Witold Król, mgr inż. Sylwester Krzemiński,
dr inż. Krzysztof Kucharski, dr hab. inż. Jan Łysko,
dr hab. inż. Jacek Marczewski, Waldemar Milczarek,
inż. Andrzej Panas, mgr inż. Andrzej Sierakowski,
mgr inż. Karina Skwara, dr inż. Wojciech Słysz,
mgr inż. Krystyna Studzińska, dr inż. Dariusz Szmigiel,
dr inż. Daniel Tomaszewski, mgr inż. Iwona Węgrzecka,
mgr inż. MaciejWęgrzecki, dr inż. Michał Zaborowski

1. Prace prowadzone w 2006 r.

Prace prowadzone w Zakładzie w 2006 r. można podzielić na następujące grupy tematyczne:

- działalność naukowo-badawcza w ramach zadań statutowych i grantów MNiSW,
- działalność naukowo-badawcza w ramach Programów Ramowych UE,
- współpraca naukowa (poza Programami Ramowymi UE),
- działalność dydaktyczna.

2. Działalność w ramach zadań statutowych i grantów MNiSW

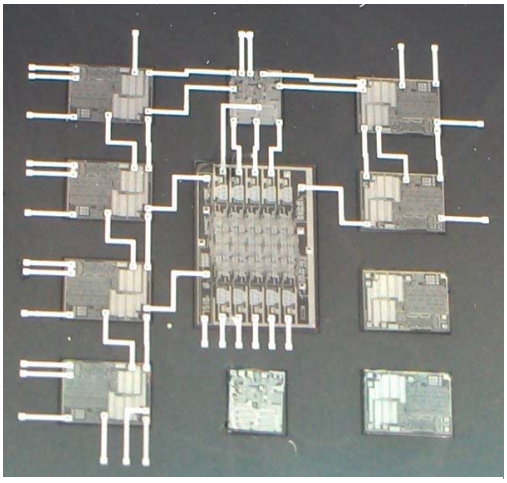
Celem prac prowadzonych w 2006 r. było:

- rozszerzenie oferty technologicznej Zakładu;
- pozyskanie zamówień na usługowe prace badawczo-rozwojowe dla odbiorców krajowych i zagranicznych;
- przygotowanie warunków dla stworzenia na bazie potencjału laboratorium Zakładu w Piasecznie centrum mikro- i nanotechnologii krzemowej jako krajowego ośrodka oferującego usługi badawcze i rozwojowe dla krajowego środowiska naukowego oraz dla przemysłu;

- dalsze nawiązywanie partnerskiej współpracy z czołowymi europejskimi ośrodkami badawczymi, uzyskanie kolejnych grantów europejskich oraz przygotowanie się do ich realizacji;
- pozyskiwanie nowych źródeł finansowania prac (spoza MNiSW);
- podnoszenie poziomu technologicznego linii przy jednoczesnych staraniach o obniżenie kosztów jej eksploatacji;
- rozwijanie systemu sterowania jakością ISO 9001.

Prowadzone prace badawcze koncentrowały się na pięciu głównych blokach tematycznych: zagadnienia integracji przyrządów mikroelektronicznych w mikrosystemach MEMS/MOEMS; badania nad technologią wytwarzania mikro- i nanosond pomiarowych; opracowanie konstrukcji nowych typów oraz charakteryzacja i optymalizacja technologii różnorodnych detektorów; weryfikacja i optymalizacja technologii ASIC/MPW; prace związane z wdrażaniem technologii FD (*fully depleted*) SOI. Ważnym źródłem finansowania działalności było istnienie Krajowego Centrum Mikro- i Nanotechnologii Krzemowej.

Celem prac związanych z integracją mikrosystemów było opracowanie metody mechanicznego i elektrycznego łączenia struktur krzemowych (docelowo układów ASIC zamawianych przez ITE u zewnętrznych producentów) z płytkami krzemowymi zawierającymi struktury MEMS lub MOEMS, wytworzonymi w ITE. Technologia integracji umożliwi w przyszłości konstruowanie i wytwarzanie w ITE złożonych mikrosystemów zawierających czujniki lub aktuatory oraz analogowe i cyfrowe układy mikroelektroniczne o dużej skali integracji zawierające bloki sterująco-przetwarzające. Opracowywano następujące operacje technologiczne: pocienianie pojedynczych struktur do grubości 80 μm i 50 μm, wklejanie struktur w zagłębienia wytrawione w płytce krzemowej, planaryzacja powierzchni płytki z wklejonymi strukturami warstwą polimeru oraz wykonanie połączeń elektrycznych między układami za pomocą ścieżek aluminiowych wytworzonych metodą fotolitografii i trawienia w warstwach metalu oraz polimeru (rys. 1).

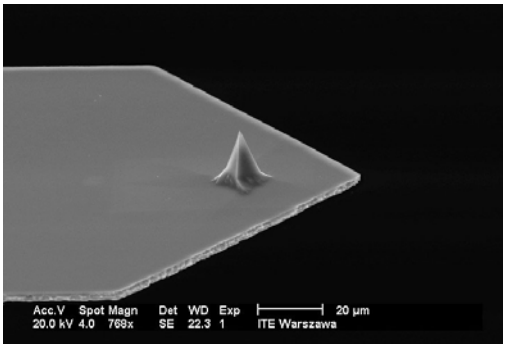


Rys. 1. Połączenia elektryczne między strukturami wklejonymi w gniazda, wykonanymi w podłożu krzemowym

W ramach tego zadania wykonano także struktury testowe do pomiarów elektrycznych i zbadano niezawodność połączeń elektrycznych między strukturami wklejanymi w podłoża krzemowe lub polimerowe. W tym celu w warstwie polimeru planaryzującego struktury wytworzono kontakty *via* o rozmiarach 40×40 μm. Następnie w warstwie Al wytworzono ścieżki metalizacji łączące wklejone

struktury. Wykorzystano w tym celu urządzenie DWL200 umożliwiające rysowanie wzorów ścieżek bezpośrednio na powierzchni podłoża. Wdrożenie do eksploatacji tego urządzenia było ważnym osiągnięciem Zakładu w 2006 r.

W ramach badań nad technologią wytwarzania sond pomiarowych kontynuowano prace nad dwoma wyodrębnionymi zagadnieniami: opracowano i wykonano rodzinę krzemowych mikro- i nanosond oraz przeprowadzono badania nad strukturą testową do kalibracji sond AFM. W wyniku prac prowadzonych w ścisłej współpracy z Zakładem Metrologii Mikro- i Nanostruktur Politechniki Wrocławskiej opracowano i wykonano różnego typu nanosondy pomiarowe: belki z piezorezystywną bądź optyczną detekcją ugięcia, wyposażone w różnorodne końcówki pomiarowe (rys. 2). Prace te, finansowane w ramach badań statutowych, były także przedmiotem dwóch wzajemnie uzupełniających się grantów MNiSW (ITE i Politechnika Wrocławska).

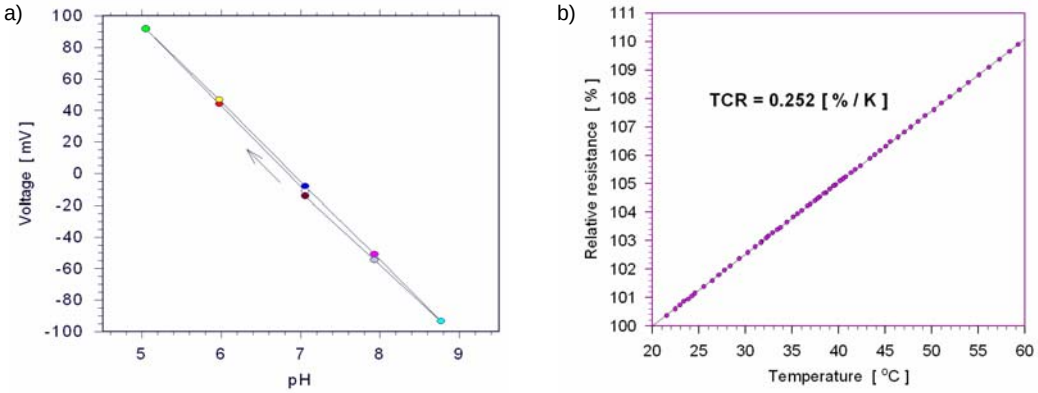


Rys. 2. Końcówka dźwigni wyposażonej w ostrze pomiarowe

W trakcie prac nad strukturą testową opracowano konstrukcję i technologię struktury testowej (mikrowagi) do kalibracji mikrosond AFM. Struktura taka (rys. 3), wyposażona w ruchomą elektrodę napędzaną elektrostatycznie, służy do zadawania znanej siły (lub przemieszczenia) na ostrze pomiarowe dźwigni AFM. W konsekwencji, znając wartość siły elektrostatycznej, można wyznaczyć najistotniejszy parametr opisujący dźwignie AFM, czyli stałą sprężystość. W związku z rosnącymi potrzebami mikroinżynierii i nanfotoniki krzemowej prowadzono rozległe badania nad kinetyką trawienia jonowego w warunkach skokowej zmiany atmosfery reakcyjnej oraz rozpoczęto badania wpływu parametrów trawienia na chropowatość ścian bocznych (PBZ).

Rys. 3. Zmontowana struktura przeciwwagi

W ramach grantu MNiSW „Opracowanie miniaturowej sondy do badań komórek roślinnych” wykonano projekt sondy, opracowano prototyp sondy mieszczącej tranzystor ISFET i termorezystor Pt na wąskiej belce krzemowej grubości 60 µm. Charakterystyki pomiarowe pH i temperatury przedstawiono na rys. 4. Przyrząd umożliwia pomiary w małych objętościach cieczy, nawet poniżej 100 µl, w typowym zakresie spotykanym w organizmach żywych.

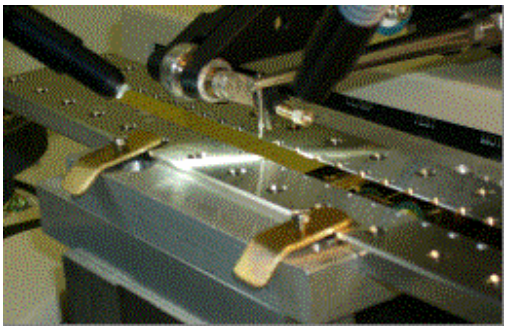


Rys. 4. Krzywe skalowania sondy do pomiaru pH (a) i temperatury (b) w preparatach biologicznych

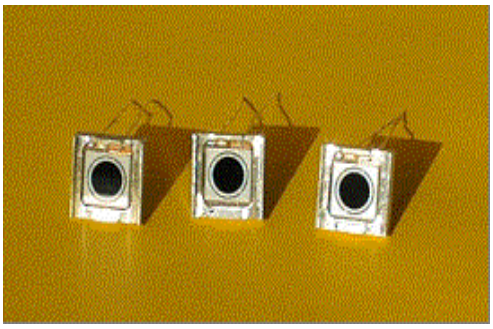
Prace związane z rozwojem różnorodnych detektorów dotyczyły zarówno detektorów promieniowania jonizującego, jak i fotodetektorów. Koncentrowały się one z jednej strony na detektorach całkowicie zubożonych (w tym monolitycznych, wykonywanych w technologii SOI), z drugiej zaś dotyczyły tematyki prowadzonej głównie przez zespół wywodzący się z Zakładu Fotodetektorów, zajmujący się wieloma wyspecjalizowanymi konstrukcjami detektorów do zastosowań interdyscyplinarnych (w tym optymalizacją detektora NbN do wykrywania pojedynczych fotonów).

Prace nad całkowicie zubożonymi detektorami promieniowania jonizującego zogniskowano na minimalizacji prądów ciemnych. Przeprowadzono wiele eksperymentów technologicznych, badając różnorodne etapy technologii pod kątem minimalizacji tych prądów. Jednocześnie, przy bardzo istotnym współudziale Zakładu Projektowania Układów Scalonych i Systemów, zakończono prace nad nową strukturą próbną dla detektorów całkowicie zubożonych, a także zaawansowano prace nad detektorem promieniowania rentgenowskiego, wykonywanego w technologii SOI dla potrzeb stomatologii (grant krajowy kierowany przez AGH). Doświadczenia zebrane przy konstrukcji przyrządów na podłożach wysokorezystywnych wykorzystano do prac technologicznych nad prototypem anten o regulowanej elektronicznie aperturze (grant krajowy PW). Prace nad detektorami do zastosowań niszowych dotyczyły detektorów całkowicie zubożonych do pomiaru kąta Lorentza, matryc chromatograficznych, detektorów radonu, fotodetektorów oraz detektora pojedynczych fotonów na bazie NbN (rys. 5–9). Większość z tych prac prowadzono we współpracy z ośrodkami zagranicznymi.

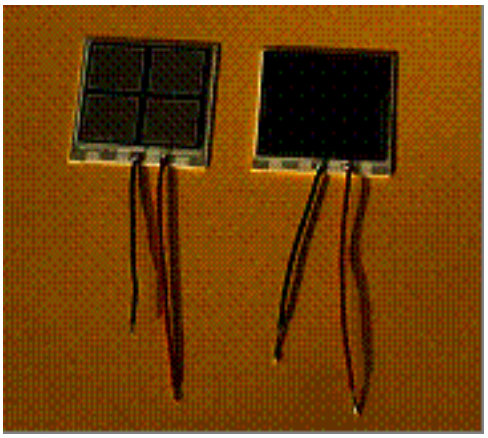
Spektakularnym osiągnięciem związanym z detektorami zaprojektowanymi i wykonanymi w ITE było wykrycie przy ich użyciu w maju 2006 r. nowego pierwiastka o liczbie atomowej 112 – izotop 283 przez międzynarodowy zespół z Paul Scherrer Institute i Uniwersytetu w Bernie (Szwajcaria) oraz Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych w Dubnej (Rosja). Zostało to odnotowane w licznych doniesieniach niemieckich, szwajcarskich i rosyjskich jako znaczące osiągnięcie nauki światowej, w tym polskiej (ITE).



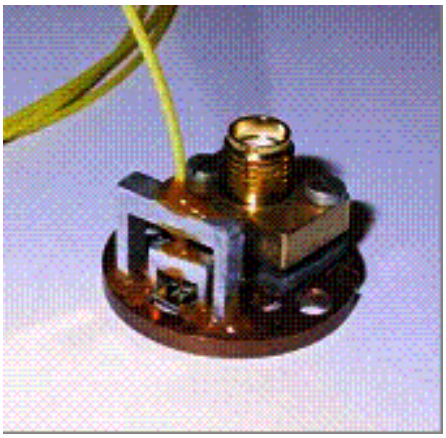
Rys. 5. Matryca chromatograficzna na stanowisku do wykonywania połączeń drutowych



Rys. 6. Fotodiody lawinowe o średnicy 5 mm w obudowie przystosowanej do dołączania scyntylatora o przekroju 10×10 mm

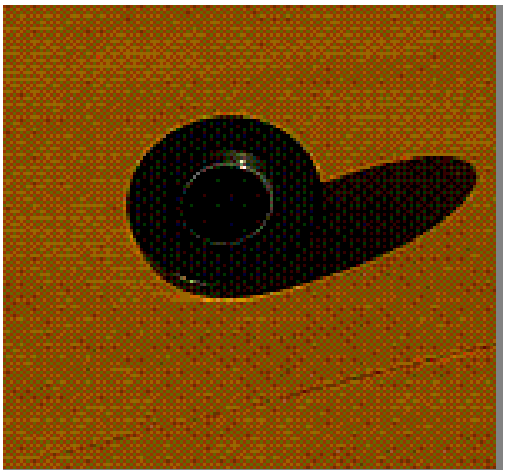


Rys. 7. Detektory radonu



Rys. 8. Nowo opracowana głowica detektorowa z detektorem NbN

W 2006 r. prowadzono także istotne prace nad weryfikacją i optymalizacją technologii ASIC/MPW przeznaczonej do wytwarzania projektów wielostrukturowych. Technologia ta osiągnęła poziom dojrzałości i spełnia obecnie kryteria niezbędne do jej zastosowania do wytwarzania projektów studenckich. Ponadto weryfikowano i rozbudowywano biblioteki komórek standardowych wchodzących w skład pakietu technologicznego (*design kit*). W celu rozszerzenia oferty opracowano technologię wytwarzania tranzystorów MOS z bramką swobodną (FGMOS). Nastąpił dalszy rozwój narzędzi (sprzęt, oprogramowa-



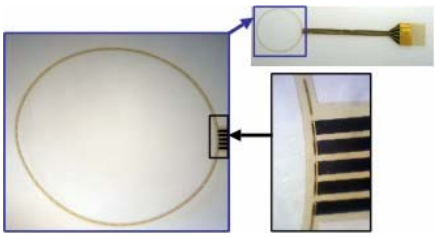
Rys. 9. Specjalizowana fotodioda do badań oceanograficznych

nie, struktury testowe) istotnych dla charakteryzacji różnorodnych technologii wywodzących się z CMOS.

W Laboratorium Mikroelektronicznym UCL (Université Catholique de Louvain) pod koniec lat dziewięćdziesiątych została opracowana eksperymentalna technologia wytwarzania układów CMOS na płytkach SOI z cienką warstwą krzemu, umożliwiającą wykonanie elementów w pełni zubożonych (FD). W wyniku umowy między ITE a UCL technologia ta ma zostać wdrożona w Zakładzie. Stworzyłaby ona ogromne możliwości uzyskiwania nowych kontraktów badawczych, zwłaszcza dotyczących integracji układów mikroelektronicznych wykonywanych w technologii FD SOI z mikrosystemami i sensorami. Prowadzone w 2006 r. prace studialne pozwoliły na określenie możliwości opracowania wariantu technologii uwzględniającego specyfikę linii doświadczalnej Zakładu, a tym samym możliwego do wdrożenia w ITE. Przeprowadzona analiza wykazała, że podjęcie tego przedsięwzięcia wymaga, poza opanowaniem elementów technologii różniących się zasadniczo od procesów wykonywanych w ITE, nakładów inwestycyjnych (adaptacja osprzętu pieców i implantatora, zakup wysokiej klasy elipsometru i reaktora RTP, unowocześnienie sprzętu do pomiarów elektrycznych).

3. Działalność w ramach Programów Ramowych UE

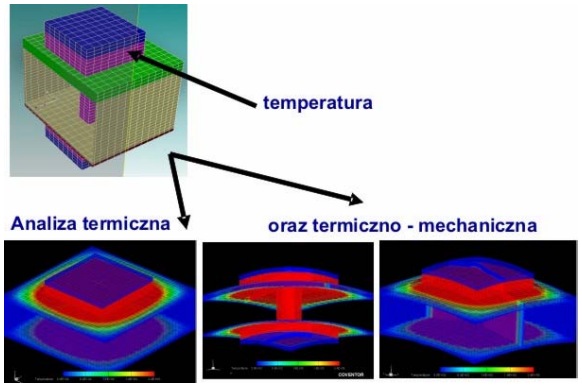
W ramach projektu Healthy Aims opracowano mikroelektrody do implantów siatkówkowego i ślimakowego oraz nerwu słuchowego, a także piezorezystywny krzemowy czujnik deformacji soczewki kontaktowej dla pomiarów ciśnienia śródgałkowego oka (rys. 10).



Rys. 10. Piezorezystywny czujnik krzemowy przeznaczony do umieszczenia wewnątrz soczewki kontaktowej czujnika ciśnienia śródgałkowego oka (Glaucoma Sensor) wytwarzanego przez Politechnikę w Lozannie (EPFL)

W ramach projektu e-CUBES wspólnie z partnerami opracowano strategię modelowania i symulacji, która będzie realizowana w czasie trwania projektu. Przeprowadzono pierwsze symulacje termiczne i termomechaniczne (rys. 11). Opracowano koncepcję struktury testowej do badania naprężeń i temperatury w układach 3-D, a także zaprojektowano pierwsze struktury przeznaczone do symulacji i modelowania.

Prace prowadzone w ramach projektu INTEGRAMplus były związane z projektowaniem i zaawansowanym modelowaniem hybrydowych struktur MEMS/CMOS. Opracowano unikatowe środowisko programistyczne do symulacji współbieżnej zintegrowanych komponentów mikromechanicznych i sterujących. Prowadzono intensywne prace nad rozwojem i aplikacjami zintegrowanej technologii MEMS/CMOS na bazie krzemu oraz materiałów polimerowych. Opracowana w ramach projektu technika integracji pozwoliła m. in. na wykonanie unikatowego



Rys. 11. Wyniki procesu symulacji (FEM) termicznej oraz termiczno-mechanicznej dla prostej struktury pojedynczego kontaktu via używanego do łączenia chipów w technologii 3-D

systemu mikrofluidycznego, wyposażonego w czujnik jonoczuły do pomiaru pH roztworu. Niezmiernie istotnym zadaniem realizowanym w ramach projektu były działania związane z pozyskiwaniem i obsługą klientów konsorcjum INTEGRAMplus. W 2006 r. nawiązano kontakt z kilkunastoma klientami zainteresowanymi realizacją prac w oparciu o zintegrowane technologie oferowane przez konsorcjum.

Projekt WARMER znajdował się we wstępnej fazie realizacji. Opracowano założenia organizacyjno-technologiczne wytworzenia przez ITE elektrod potencjometrycznych do osadzania warstw jonoselektywnych oraz tranzystorów ISFET do pomiaru pH.

W 2006 r. prowadzono ponadto różnorodną dzialalność w celu pozyskania nowych grantów UE, a także kontynuowano przedsięwzięcia włączające Instytut do Europejskiej Przestrzeni Badawczej (ERA) – MINOS, MINAS, MNT-ERA.NET oraz MINAEST-NET. Dr inż. Piotr Grabiec brał udział w pracach zespołów konsultacyjnych Komisji Europejskiej w obszarze mikro-nano-bio-technologii, a także w pracach Rady Naukowej (Scientific Community Council) Europejskiej Platformy Technologicznej Nanoelektroniki ENIAC (European Nanoelectronics Initiative Advisory Council), której zadaniem jest przygotowanie strategii europejskiej w obszarze nanoelektroniki w 7 PR UE.

4. Współpraca naukowa (poza programami ramowymi UE)

Niezależnie od działań związanych z projektami UE utrzymywano intensywne kontakty z wieloma ośrodkami zagranicznymi i krajowymi. W ramach tej współpracy podejmowano przedsięwzięcia (w tym głównie usługi n-b) z partnerami z USA, Tajwanu, Izraela, Włoch, Francji, Niemiec, Szwajcarii i Austrii. Na szczególne podkreślenie zasługuje rozwijająca się współpraca z naukowcami z CERN (m. in. konsorcjum CMS przy projektowaniu struktur testowych). Dla klientów

amerykańskich wykonywano przetworniki siła-przemieszczenie, produkowano tranzystory jonoczułe ISFET oraz opracowano specjalizowane struktury fotodetektorowe do badań oceanograficznych. We współpracy z Tajwanem rozwijano technologię trawienia tlenku hafnu. Inne kraje współpracowały zwłaszcza w dziedzinie wyspecjalizowanych detektorów promieniowania jonizującego oraz fotodetektorów, a Belgia przy pracach studialnych nad wdrażaniem technologii FD SOI. Wygłoszono kilka referatów zaproszonych na różnych forach. Ważnymi partnerami współpracy były także polskie uczelnie i instytuty badawcze (Politechniki Wrocławska, Warszawska i Łódzka, AGH w Krakowie, IPPT oraz IBiB w Warszawie).

5. Działalność dydaktyczna

Zakład tradycyjnie włączał się w inicjatywy podejmowane przez uczelnie polskie i zagraniczne. Organizowane były praktyki studenckie, udostępniano narzędzia badawcze oraz prowadzono konsultacje i wykłady. Prowadzono także działalność popularnonaukową (udział w Festiwalu Nauki Polskiej i wykłady dla uczniów szkół średnich w ramach akcji kierowanej przez Instytut Fizyki PAN).

6. Uzyskane stopnie naukowe

W 2006 r. stopień doktora habilitowanego uzyskali pracownicy Zakładu:

- dr Jan Łysko na podstawie rozprawy habilitacyjnej pt. “Anizotropia trawienia i piezorezystancji w kryształach półprzewodników. Przykłady wykorzystania w przyrządach MEMS”,
- dr Jacek Marczewski na podstawie rozprawy habilitacyjnej pt. “Bulk Silicon Detectors of Ionizing Radiation. The Role of the Depletion Layer”.

7. Wyniki prac naukowo-badawczych

Prototypy, modele, wdrożenia

- 64-elementowa matryca chromatograficzna TUM2 (model i wdrożenie),
- 4-elementowy detektor do ekspozymetru radonu (model i wdrożenie),
- fotodioda 37S (model i wdrożenie),
- fotodioda lawinowa przystosowana do dołączania scyntylatora CsJ o przekroju 10×10 mm (model),
- miniaturowa sonda do badań komórek roślinnych (prototyp),
- krzemowa piezorezystywna dźwignia ze złotym polem montażowym (model),
- krzemowy nanomechaniczny przetwornik siła przemieszczenie (model),

- procedura technologiczna geterowania zanieczyszczeń dla przyrządów klasy jednostronnych detektorów promieniowania jonizującego (wdrożenie),
- matryca elektrod do implantów siatkówkowych (model),
- czujniki deformacji soczewki kontaktowej (model),
- mikroelektroda do implantu słuchu zintegrowana z czujnikiem ugięcia (model),
- mikroelektroda do implantu słuchu zintegrowana z czujnikiem wilgotności (model).

Usługi naukowo-badawcze i produkcja małoseryjna

Wartość sprzedaży produkcji małoseryjnej Zakładu w 2006 r. wyniosła ok. 100 tys. PLN (sprzedaż układu ASIC – MCY74645). Wykonano także wiele usług naukowo-badawczych na sumę około 310 tys. PLN.

Publikacje'2006

[P1] BULGHERONI A., BADANO L., CACCIA M., DOMAŃSKI K., GRABIEC P., GRODNER M., JAROSZEWICZ B., KOCIUBIŃSKI A., KUCHARSKI K., MARCZEWSKI J., TOMASZEWSKI D., ZALEWSKA A.: Silicon Ultra Fast Cameras for Electron and Sources in Medical Applications: a Progress Report. *Nucl. Phys.* B (Proc. Suppl.) 2006 vol. 150 s. 308–312.

[P2] CACCIA M., BADANO L., BERST D., DOMAŃSKI K., GRABIEC P., GRODNER M., JAROSZEWICZ B., KOCIUBIŃSKI A., KUCHARSKI K., MARCZEWSKI J., TOMASZEWSKI D. I IN.: The SUCIMA Project: A Status Report on High Granularity Dosimetry and Proton Beam Monitoring. *Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res*. A 2006 vol. 560 s. 153–157.

[P3] DOMAŃSKI K., JANUS P., SZMIGIEL D., PROKARYN P., KOCIUBIŃSKI A., GRABIEC P.: Mikrosystemowe elektrody do implantów medycznych. Mat. IX Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne" COE'2006. Kraków-Zakopane, 19–22.06.2006, s. 403–406.

[P4] DOMAŃSKI K., ŁYSKO J., GRABIEC P., DUMANIA P.: Microsystem Technology in IET, Warsaw, Poland. Proc. of the MINOS EURONET Meet. Barcelona, Hiszpania, 5–6.05.2006.

[P5] DVORAK J., BRUCHLE W., CHELNOKOV M., DRESSLER R., DULLMANN E., EBERHARDT K., GORSHKOV V., JAGER E., KRUCKEN R., KUZNETSOV A., NAGAME Y., NEBEL F., NOVACKOVA Z., QUIN Z., SCHADEL M., SCHAUSTEN B., SCHIMPF E., SEMCHENKOV A., THROLE P., TURLER A., WĘGRZECKI M., WIERCZINSKI B., YAKUSHEV A., YEREMIN A.: Doubly Magic Nucleus 270 108 Hs162. *Phys. Rev. Lett*. 2006 s. 242501-1-4.

[P6] GOTSZALK T., MARENDZIAK A., KOLANEK K., SZELOCH R., GRABIEC P., ZABOROWSKI M., JANUS P., RANGELOW I.W.: Scanning Probe Microscopy as a Metrology Method in Micro- and Nanostructure Investigations. *Bull. of Polish Acad. Sci., Tech. Sci.* 2006 vol. 54 nr 1 s. 1–5.

[P7] GRABIEC P., MARCZEWSKI J., YASHCHYSHYN Y., MODELSKI J.: Integration of Heterogeneous MEMS and RF Systems as an Enabling Technology for Unobtrusive Ambient Intelligence. Proc. of the 16th Int. Conf. MIKON'2006. Kraków, 22–26.05.2006, vol. 3 s. 935–940.

[P8] JANUS P., GRABIEC P., DOMAŃSKI K., GOTSZALK T., MULAK P.: Krzemowy mikro-stolik o submikrometrowym przesuwie do zastosowań w zintegrowanej sondzie nanotwardościomierza. Mat. IX Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne" COE'2006. Kraków-Zakopane, 19–22.06.2006, s. 471–474.

[P9] JAROSZEWICZ B., TOMASZEWSKI D., GRABIEC P., YANG CHIA-MING, PIJANOWSKA D., DAWGUL M., KRUK J., TORBICZ W.: Liniowa matryca czujników chemicznych typu P-Well i SOI ISFET. Mat. IX Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne" COE'2006. Kraków-Zakopane, 19–22.06.2006, s. 207–210.

[P10] JASTRZAB M., KOZIEL M., KUCEWICZ W., KUCHARSKI K., MARCZEWSKI J., NIEMIEC H., SAPOR M., TOMASZEWSKI D.: Prototypes of Large-Scale SOI Monolithic Active Pixel Sensors. *Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res.* A 2006 vol. 560 s. 31–35.

[P11] KOLANEK K., GOTSZALK T., WOSZCZYNA M., MASALSKA A., ZAWIERUCHA P., MULAK P., SZELOCH R., ZIELONY M., JANUS P., GRABIEC P.: Wytwarzanie przyrządów elektroniki kwantowej metodami mikroskopii bliskich oddziaływań. *Elektronika* 2006 nr 5 s. 27–29.

[P12] KOWALSKI P., GNIAZDOWSKI Z., JAŹWIŃSKI J., LATECKI B., STUDZIŃSKA K.: Piezo- elektryczny napęd struktur MEMS. Mat. IX Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektro- niczne" COE'2006. Kraków-Zakopane, 19–22.06.2006, s. 407–410.

[P13] ŁYSKO J., LATECKI B., PIJANOWSKA D., NIKODEM M., WRZESIŃSKA H., PANAS A.: Pomiary dynamiki krzemowego termoanemometrycznego czujnika mikroprzepływów. Mat. IX Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne" COE'2006. Kraków-Zakopane, 19–22.06.2006, s. 127–130.

[P14] MARCZEWSKI J., DOMAŃSKI K., GRABIEC P., GRODNER M., JAROSZEWICZ B., KOCIUBIŃSKI A., KUCHARSKI K., TOMASZEWSKI D., CACCIA M., KUCEWICZ W., NIEMIEC H.: Technology Development for SOI Monolithic Pixel Detectors. *Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res.* A 2006 vol. 560 s. 26–30.

[P15] MILOSTNAYA I., KORNEEV A., RUBTSOWA I., SELEZNEV V., MINAEVA O., CHULKOVA G., OKUNEV O., VORONOV B., SMIRNOV K., GOLTSMAN G., SŁYSZ W., WĘGRZECKI M., GUZIEWICZ M., BAR J., GÓRSKA M., PEARLMAN A., KITAYGORSKY J., CROSS A., SOBOLEWSKI R.: Superconducting Single-Photon Detectors Designed for Operation at 1.55-mm Telecommunication Wavelength. *J. of Physics*: Conf. Series 2006 vol. 43 s. 1334–1337.

[P16] MULAK P., GOTSZALK T., KOLANEK K., WOSZCZYNA M., MASALSKA A., ZAWIERUCHA P., WIELGOSZEWSKI G., ZIELONY M., SANKOWSKA A., SZELOCH R., JANUS P., GRABIEC P.: Zastosowanie interferometrii światłowodowej w ocenie właściwości metrologicznych czujników bliskiego pola mikroskopu sił atomowych. Mat. Konf. "Metrologia Kwantowa 2006". Poznań, 9–10.05.2006.

[P17] NIEMIEC H., JASTRZĄB M., KUCEWICZ W., KUCHARSKI K., MARCZEWSKI J., SAPOR M., TOMASZEWSKI D.: Full-Size Monolithic Active Pixel Sensors in SOI Technology – Design Considerations, Simulations, and Measurements Results. *Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res.* A 2006 vol. 568 s. 153–158.

[P18] PEREZ R., CHAILLET N., DOMAŃSKI K., JANUS P., GRABIEC P.: Fabrication Modelling and Integration of a Silicon Technology Force Sensors in a Piezoelectric Micro-Manipulator. *Sensors & Actuators* A 2006 vol. 128 s. 367–375.

[P19] PIJANOWSKA D., DAWGUL M., TORBICZ W., YANG CHIA-MING, JAROSZEWICZ B., GRABIEC P.: Jonoczuły tranzystor polowy o obniżonej czułości na jony wodorowe – REFET239-242. Mat. IX Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne" COE'2006. Kraków-Zakopane, 19–22.06.2006, s. 239–242.

[P20] SŁYSZ W., WĘGRZECKI M., BAR J., GRABIEC P., GÓRSKA M., ZWILLER V., LATTA C., BOHI P., MILOSTNAYA I., MINAEVA O., ANTIPOV A., OKUNEV O., KORNEEV A., SMIRNOV K., VORONOV B., KAUROVA N., GOLTSMAN G., PEARLMAN A., CROSS A., KOMISSAROV I., VEREVKIN A., SOBOLEWSKI R.: Fiber-Coupled Single-Photon Detectors Based on NbN Superconducting Nanostructures for Practical Quantum Cryptography and Photon-Correlation Studies. *Appl. Phys. Lett.* 2006 vol. 88 s. 261113-1-3.

[P21] SZMIGIEL D., DOMAŃSKI K., GRABIEC P.: The Effect of Morphology and Surface Purity on the Etching of Silicon in an Inductively Coupled Fluorine-Based Plasma. Proc. of the First Central Europ. Symp. on Plasma Chemistry and Workshop on the Plasma-Assisted Combustion and Plasma-Aftertreatment of Combustion Flue Gases for Power Industry. Gdańsk, 28–31.05.2006, s. 1–5.

[P22] SZMIGIEL D., DOMAŃSKI K., PROKARYN P., GRABIEC P.: Deep Etching of the Biocompatible Silicon Rubber. *Microelectron. Eng.* 2006 vol. 83 s. 1178–1181.

[P23] SZMIGIEL D., DOMAŃSKI K., PROKARYN P., GRABIEC P., SOBCZAK J. W.: The Effect of Fluorine-Based Plasma Treatment on the Morphology and Chemical Surface Composition of Biocompatible Silicon Elastomer. *Appl. Surf. Sci.* 2006 vol. 253 s. 1506–1511.

[P24] WEN-YAW CHUNG, CHUNG-HUANG YANG, PIJANOWSKA D., GRABIEC P., TORBICZ W.: ISFET Performance Enhancement by Using the Improved Circuit Techniques. *Sensors & Actuators* B 2006 vol. 113 s. 555–562.

[P25] WĘGRZECKI M., BAR J., WĘGRZECKA I., SŁYSZ W., GRODECKI R., GRABIEC P., KRZEMIŃSKI S., BUDZYŃSKI T., ZABOROWSKI M., PANAS A., CIEŻ M., KULAWIK J., GRÖGER B.: Nowe krzemowe detektory promieniowania – opracowania Instytutu Technologii Elektronowej. *Elektronika* 2006 nr 12 s. 40–43.

[P26] WOSZCZYNA M., MASALSKA A., ZAWIERUCHA P., GRABIEC P., JANUS P., GOTSZALK T.: Zastosowanie piezoelektrycznego czujnika nanooddziaływań w modularnej mikroskopii sił atomowych. Mat. IX Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne" COE'2006. Kraków-Zakopane, 19–22.06.2006, s. 439–442.

[P27] WZOREK M., KĄTCKI J., PŁUSKA M., RATAJCZAK J., JAROSZEWICZ B., DOMAŃSKI K., GRABIEC P.: Buried Amorphous-Layer Impact on Dislocation Densities in Silicon. *J. of Microscopy* 2006 vol. 224 s. 104–107.

[P28] ZABOROWSKI M., SZMIGIEL D., GOTSZALK T., IVANOVA K., SAROV Y., IVANOV T., VOLLAND B., RANGELOW I.W., GRABIEC P.: Nano-Line Width Control & Standard Using Lateral Pattern Definition Technique. *Microelectron. Eng.* 2006 vol. 83 s.1555–1558.

[P29] ŻYŁKA P., JANUS P.: Pomiary odkształceń mechanicznych w polimerach elektroaktywnych za pomocą mikroczujników MEMS. Prace Naukowe Instytutu Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii Politechniki Wrocławskiej. Mat. VI Konf. Nauk. "Postępy w Elektrotechnice 2006". Jamrozowa Polana, 20–22.09.2006, seria: Konferencje nr 18: tom 44, 2006, s. 65–68.

Konferencje i seminaria'2006

[K1] BOER DE W., BOL J., FURGERI S., HARTMAN F., HAULER F., KRAUSE M., KUCEWICZ W., MARCZEWSKI J., SABELLEK A., SANDER C., SCHAMANAU M., SCHNEIDER T.: Lorentz Angle Versus Radiation Damage. Tracker Meetings during CMS Week, Genewa, Szwajcaria, 18–22.09.2006 (ref.).

[K2] DOMAŃSKI K., JANUS P., SZMIGIEL D., PROKARYN P., GRABIEC P.: Application of Microsystem Technology for Medical Implants. 7th Symp. Diagnostics & Yield, Advanced Silicon Devices and Technologies for ULSI Era. Warszawa, 25–28.06.2006 (plakat).

[K3] DOMAŃSKI K., JANUS P., SZMIGIEL D., PROKARYN P., KOCIUBIŃSKI A., GRABIEC P.: Mikrosystemowe elektrody do implantów medycznych. IX Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne" COE'2006. Kraków-Zakopane, 19–22.06.2006 (ref.).

[K4] DOMAŃSKI K., ŁYSKO J., GRABIEC P., DUMANIA P.: Microsystem Technology in IET, Warsaw, Poland. MINOS EURONET Meet. Barcelona, Hiszpania, 5–6.05.2006 (kom.).

[K5] DUMANIA P., GRABIEC P., GRODNER M., JAROSZEWICZ B., KOCIUBIŃSKI A., KUCHARSKI K., MALINOWSKI A., MARCZEWSKI J., NIEMEC H., PANAS A., TOMASZEWSKI D., WÓJCIK J., ZABOROWSKI M., ZAJĄC J.: Application and Characterization of CMOS Technology in IET. 7th Symp. Diagnostics & Yield, Advanced Silicon Devices and Technologies for ULSI Era. Warszawa, 25–28.06.2006 (plakat).

[K6] GRABIEC P.: Micro-Nano-Bio Systems: Future R&D and New Challenges - Position Paper, FP7 Consultation Workshop on Micro-Nano-Bio Systems: Future R&D and New Challenges. Bruksela, Belgia, 3.05.2006 (ref. zapr.).

[K7] GRABIEC P.: Mikrosystemy i sensory w Strategicznej Agendzie Badawczej Europejskiej Platformy Nanoelektronicznej ENIACIX. Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne" COE'2006. Kraków-Zakopane, 19–22.06.2006 (ref. zapr.).

[K8] GRABIEC P.: MNT-Based Harsh-Environment Sensors – Concept Topic Introduction, CANEUS 2006 Conf., Micro- Nano-Technologies for Aerospace Applications. From Concept to System. Tuluza, Francja, 27.08–1.09.2006 (ref. zapr.).

[K9] GRABIEC P.: Powtórzyć sukces mikroelektroniki w obszarze mikro- i nanosystemów. Posiedzenie Sekcji Mikrosystemów i Czujników Pomiarowych Komitetu Metrologii i Aparatury Naukowej Polskiej Akademii Nauk, ISE PW. Warszawa, 13.06.2006 (ref. zapr.).

[K10] GRABIEC P.: Strategic Research Agenda of the European Nanoelectronic Technology Platform ENIAC and Its Significance for New Member States. Conf. Launching the 7th Framework of the European Union. Warszawa, 16–17.11.2006 (ref. zapr.).

[K11] GRABIEC P., DOMAŃSKI K.: Advanced Medical Application of Microsystem Technology, Healthy Aims FP IP Example, MINOS Info-Day Conf. Warszawa, 10–10.05.2006 (ref. zapr.).

[K12] GRABIEC P., MARCZEWSKI J.: Integration of MEMS and RF Systems. Transport in 7th Framework Programme. Warszawa, 6–7.06.2006 (ref. zapr.).

[K13] GRABIEC P., MARCZEWSKI J., YASHCHYSHYN Y., MODELSKI J.: Integration of Heterogeneous MEMS and RF Systems as an Enabling Technology for Unobtrusive Ambient Intelligence. 16th Int. Conf. MIKON'2006. Kraków, 22–26.05.2006 (ref. zapr.).

[K14] GOLTSMAN G., MINAEVA O., KORNEEV A., TARKHOV M., RUBTSOWA I., DIVOCHIJ A., MILOSTNAYA I., CHULKOVA G., KAUROVA N., VORONOV B., PAN D., CROSS A., PEARLMAN A., KOMISSAROV I., SŁYSZ W., SOBOLEWSKI R.: Middle-Infrared to Visible-Light Ultrafast Superconducting Single-Photon Detector. Applied Superconductivity Conf. Seattle, USA, 27.08–1.09.2006 (plakat).

[K15] JANUS P., GRABIEC P., DOMAŃSKI K., GOTSZALK T., MULAK P.: Krzemowy mikro-stolik o submikrometrowym przesuwie do zastosowań w zintegrowanej sondzie nanotwardościomierza. IX Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne" COE'2006. Kraków-Zakopane, 19–22.06.2006 (plakat).

[K16] JANUS P., KOCIUBIŃSKI A., BIENIEK T., GRABIEC P., SCHROPFER G.: Methodology of Modern MEMS Design and Modeling. 7th Symp. Diagnostics & Yield, Advanced Silicon Devices and Technologies for ULSI Era. Warszawa, 25–28.06.2006 (plakat).

[K17] JAROSZEWICZ B., TOMASZEWSKI D., GRABIEC P., YANG CHIA-MING, PIJANOWSKA D., DAWGUL M., KRUK J., TORBICZ W.: Liniowa matryca czujników chemicznych typu P-Well i SOI ISFET. IX Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne" COE'2006. Kraków- Zakopane, 19–22.06.2006 (ref.).

[K18] KOWALSKI P., GNIAZDOWSKI Z., JAŹWIŃSKI J., LATECKI B., STUDZIŃSKA K.: Piezoelektryczny napęd struktur MEMS. IX Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne" COE'2006. Kraków-Zakopane, 19–22.06.2006 (plakat).

[K19] ŁYSKO J., DUMANIA P., GRABIEC P.: Micro/Nano Technology Networking in Poland. Third MINAEAST-NET Workshop. Villard de Lans, Francja, 26–27.01.2006 (kom.).

[K20] ŁYSKO J., LATECKI B., PIJANOWSKA D., NIKODEM M., WRZESIŃSKA H., PANAS A.: Pomiary dynamiki krzemowego termoanemometrycznego czujnika mikroprzepływów. IX Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne" COE'2006. Kraków-Zakopane, 19–22.06.2006 (plakat).

[K21] MALINOWSKI A., DOMAŃSKI K., GRABIEC P.: Electromechanical Characterization of Piezoresistive Strain Gauge. 7th Symp. Diagnostics & Yield, Advanced Silicon Devices and Technologies for ULSI Era. Warszawa, 25–28.06.2006 (plakat).

[K22] MARCZEWSKI J.: Integration of MEMS and RF Systems. 16th Int. Travelling Summer School on Microwaves and Lightwaves. Warszawa, 8–14.07.2006 (ref. zapr.).

[K23] MARCZEWSKI J.: Fizyczne podstawy działania przyrządów półprzewodnikowych. IF PAN XXXI seria. Wykłady z fizyki. Warszawa, 4.12.2006 (ref. zapr.).

[K24] MARCZEWSKI J.: Pozytonowa tomografia emisyjna. X Festiwal Nauki, Warszawa, 18.09.2006 (ref. zapr.).

[K25] MULAK P., GOTSZALK T., KOLANEK K., WOSZCZYNA M., MASALSKA A., ZAWIERUCHA P., WIELGOSZEWSKI G., ZIELONY M., SANKOWSKA A., SZELOCH R., JANUS P., GRABIEC P.: Zastosowanie interferometrii światłowodowej w ocenie właściwości metrologicznych czujników bliskiego pola mikroskopu sił atomowych. Konf. "Metrologia Kwantowa 2006". Poznań, 9–10.05.2006 (ref.).

[K26] PIJANOWSKA D., DAWGUL M., TORBICZ W., YANG CHIA-MING, JAROSZEWICZ B., GRABIEC P.: Jonoczuły tranzystor polowy o obniżonej czułości na jony wodorowe – REFET239-242. IX Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne" COE'2006. Kraków-Zakopane, 19–22.06.2006 (plakat).

[K27] RZODKIEWICZ W., PANAS A.: Ellipsometric and Raman Spectroscopy Studies of Compaction and Decompaction of Si-SiO2 Systems. 7th Symp. Diagnostics & Yield, Advanced Silicon Devices and Technologies for ULSI Era. Warszawa, 25–28.06.2006 (plakat).

[K28] SŁYSZ W., WĘGRZECKI M., GRABIEC P., ZWILLER V., MILOSTNAYA I., MINAEVA O., VORONOV B., KORNEEV A., GOLTSMAN G., PAN D., PEARLMAN A., KOMISSAROV I., SOBOLEWSKI R.: Practical, Fiber-Coupled Superconducting Single-Photon Detector. Applied Superconductivity Conf. Seattle, USA, 27.08–1.09.2006 (plakat).

[K29] SZMIGIEL D., DOMAŃSKI K., GRABIEC P.: The Effect of Morphology and Surface Purity on the Etching of Silicon in an Inductively Coupled Fluorine-Based Plasma. First Central Europ. Symp. on Plasma Chemistry and Workshop on the Plasma-Assisted Combustion and Plasma-Aftertreatment of Combustion Flue Gases for Power Industry. Gdańsk, 28–31.05.2006 (plakat).

[K30] SZMIGIEL D., DOMAŃSKI K., PROKARYN P., GRABIEC P., PAMUŁA E., ŚCISŁOWSKA-CZARNECKA A., PŁYTYCZ B.: Plasma Treated Polysiloxane Coating for Medical Implants. Conf. "Biomaterials in Medicine and Veterinary Medicine". Rytro, 12–15.10.2006 (ref.).

[K31] TOMASZEWSKI D., GRABIŃSKI W.: Advanced MOST Modeling for CMOS Technology Characterization. 7th Symp. Diagnostics & Yield, Advanced Silicon Devices and Technologies for ULSI Era. Warszawa, 25–28.06.2006 (plakat).

[K32] TOMASZEWSKI D., YANG C. M., JAROSZEWICZ B., ZABOROWSKI M., GRABIEC P., PIJANOWSKA D.: Electrical Characterization of ISFETs. 7th Symp. Diagnostics & Yield, Advanced Silicon Devices and Technologies for ULSI Era. Warszawa, 25–28.06.2006 (plakat).

[K33] WĘGRZECKI M., BAR J., WĘGRZECKA I., SŁYSZ W., GRODECKI R., GRABIEC P., KRZEMIŃSKI S., BUDZYŃSKI T., ZABOROWSKI M., PANAS A., CIEŻ M., KULAWIK J., GROEGER B.: New Silicon Detectors of Ionising and Optical Radiation Development at ITE. Conf. Launching the 7th Framework of the European Union. Wystawa "Polski Potencjał Naukowo-Badawczy". Warszawa, 16–17.11.2006 (plakat).

[K34] WOSZCZYNA M., MASALSKA A., ZAWIERUCHA P., GRABIEC P., JANUS P., GOTSZALK T.: Zastosowanie piezoelektrycznego czujnika nanooddziaływań w modularnej mikroskopii sił atomowych. IX Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne" COE'2006. Kraków- Zakopane, 19–22.06.2006 (plakat).

[K35] ZABOROWSKI M., JAROSZEWICZ B., JANUS P., TOMASZEWSKI D., GRABIEC P., NIKODEM M., WRÓBLEWSKI W.: pH and Temperature Microsensor for Biological Application. 20th EUROSENSORS. Göteborg, Szwecja, 17–20.09.2006 (plakat).

[K36] ŻYŁKA P., JANUS P.: Pomiary odkształceń mechanicznych w polimerach elektroaktywnych za pomocą mikroczujników MEMS. VI Konf. Nauk. "Postępy w Elektrotechnice 2006". Jamrozowa Polana, 20–22.09.2006 (ref.).

Patenty i zgłoszenia patentowe'2006

[PA1 JABŁOŃSKI W., WRZESIŃSKA H., GÓRSKA M.: Sposób wytwarzania diody Schottky'ego z kontaktami belkowymi. Pat. RP nr 192581.

[PA2] ŁYSKO J., PIJANOWSKA D., MALINOWSKA E., JAŹWIŃSKI J.: Krzemowa elektroda jonoselektywna. Pat. RP nr 193862.

[PA3] GÓRSKA M., JABŁOŃSKI W., WRZESIŃSKA H.: Sposób selektywnego wytwarzania warstw szklanych na podłożach półprzewodnikowych. Pat. RP nr P.336512.

[PA4] GRABIEC P., MARCZEWSKI J., DOMAŃSKI K., JAROSZEWICZ B., KUCHARSKI K.: Monolithic Active Pixel Dosimeter. Zgł. pat. w USA nr 20060043313 z dn. 2.03.2006.

[PA5] WĘGRZECKI M., WĘGRZECKA I., BAR J.: Hybrydowa matryca detektorowa. Zgł. pat. nr P.381124 z dn. 22.11.2006.

[PA6] BAR J.: Sposób zabezpieczania przyrządów półprzewodnikowych przed uszkodzeniem mechanicznym. Zgł. pat. nr P.381227 z dn. 5.12.2006.