ZAKŁAD TECHNOLOGII MIKROSYSTEMÓW I NANOSTRUKTUR KRZEMOWYCH

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

Zespół: mgr inż. Jan Bar, mgr inż. Anna Baraniecka,
dr inż. Tomasz Bieniek, mgr inż. Tadeusz Budzyński,
mgr inż. Rafał Dobrowolski, dr inż. Krzysztof Domański,
mgr inż. Marianna Górska, mgr inż. Remigiusz Grodecki,
mgr inż. Krzysztof Hejduk, dr inż. Paweł Janus,
mgr inż. Bohdan Jaroszewicz, inż. Witold Król,
dr inż. Krzysztof Kucharski, dr hab. inż. Jan Łysko,
mgr inż. Arkadiusz Malinowski, dr hab. inż. Jacek Marczewski,
Waldemar Milczarek, mgr inż. Andrzej Panas,
dr inż. hab. Dorota Pijanowska, mgr inż. Piotr Prokaryn,
mgr inż. Andrzej Sierakowski, mgr inż. Karina Skwara,
dr inż. Wojciech Słysz, dr inż. Dariusz Szmigiel,
dr inż. Daniel Tomaszewski, mgr inż. Iwona Węgrzecka,
mgr inż. Maciej Węgrzecki, dr inż. Michał Zaborowski

1. Prace prowadzone w 2008 r.

Prace prowadzone w 2008 r. w Zakładzie Technologii Mikrosystemów i Nanostruktur Krzemowych można podzielić na następujące grupy tematyczne:

- działalność naukowo-badawcza w ramach zadań statutowych i grantów MNiSW (włącznie z pozyskiwaniem nowych grantów krajowych),
- działalność naukowo-badawcza w ramach programów UE (włącznie z przedsięwzięciami mającymi na celu pozyskanie grantów europejskich),
- współpraca naukowa (poza programami UE) i działalność dydaktyczna.

2. Działalność w ramach zadań statutowych i grantów MNiSW

Statutowy projekt badawczy dotyczył przedsięwzięć rozwijających ofertę ITE w zakresie nanoelektroniki i mikroinżynierii krzemowej. Jest to konsekwentne przesunięcie ciężaru prac prowadzonych w Zakładzie z domeny CMOS (która jest utrzymywana przede wszystkim w kontekście budowy oferty MPW oraz opracowania/adaptacji i wdrożenia technologii FD SOI) na domenę zintegrowanych mikro- i nanosystemów. Szczególnie ważne przedsięwzięcia dotyczyły integracji systemów

heterogenicznych, rozwoju układów MEMS, a także stworzenia warunków do wytwarzania systemów i ich elementów pod konkretne potrzeby klienta. Skuteczność takiej polityki widać na przykładzie rosnącego zainteresowania potencjalnych odbiorców różnorodnymi wyspecjalizowanymi aplikacjami (detektory, sondy, elementy biokompatybilne).

Zakład prowadził wiele prac o charakterze zarówno cząstkowym (np. różnorodne zastosowania polimerów, pocienianie struktur), jak i szerokim – interdyscyplinarnym (np. konstrukcja wyspecjalizowanych sond pomiarowych i detektorów promieniowania jonizującego).

Wykonywano też prace studialne w celu stworzenia możliwości testowania technologii bądź wzbogacenia oferty przyrządowej Zakładu (np. struktury testowe dla procesów integracji, tranzystory FG MOS, elementy mikrofluidyczne).

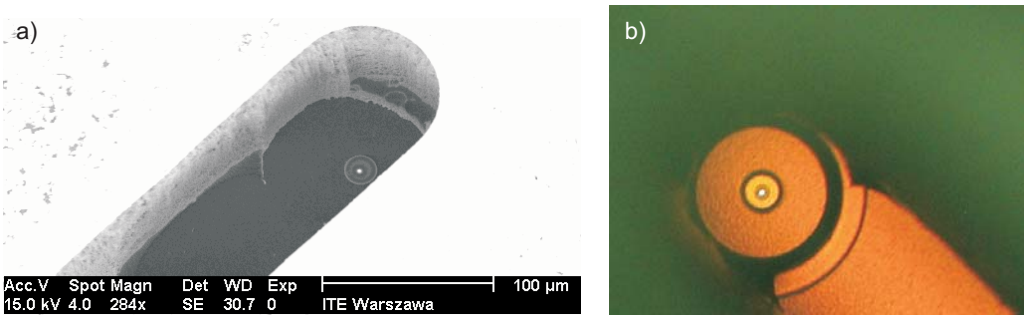
Podstawowym strategicznym celem prac prowadzonych w ramach tematu statutowego było tworzenie warunków dla pozyskiwania zamówień i projektów przemysłowych, krajowych i europejskich. Mimo że istotnym ograniczeniem możliwości Zakładu jest przestarzała baza sprzętowa, działalność statutowa w dziedzinie technologii i konstrukcji zaowocowała skutecznymi wystąpieniami o granty europejskie, a także obiecującymi wynikami wystąpień o granty rozwojowe.

Prace statutowe z zakresu integracji mikrosystemów MEMS dla zastosowań biomedycznych i interdyscyplinarnych dotyczyły opracowania metody elektrycznego i mechanicznego łączenia mikrostruktur (docelowo układów specjalizowanych ASIC zamawianych przez ITE u zewnętrznych producentów) z płytkami krzemowymi zawierającymi przyrządy i mikrosystemy wytworzone w ITE. Prowadzone badania można podzielić na trzy grupy:

- opracowanie procesów i sekwencji technologicznych, które w przyszłości mogą być wykorzystywane w technologii integracji mikrosystemów i struktur polimerowych;
- opracowanie i doskonalenie procesów cząstkowych służących do wykonania struktur testowych;
- wykonanie struktur testowych oraz badanie jakości połączeń elektrycznych między poszczególnymi strukturami integrowanymi w podłożu krzemowym.

W 2008 r. rozpoczęto prace nad wytwarzaniem polimerów elektroprzewodzących oraz elementów systemów mikrofluidycznych. Przykładem prac z zakresu mikrofluidyki może być przygotowanie technologii wytwarzania w monokrystalicznym krzemie kanałów zakończonych mikrootworem w izolowanej elektrycznie membranie (rys. 1). Zastosowano dwuetapowe, anizotropowe trawienie Si w tzw. procesie Boscha. Materiał membrany stanowiła dwumikrometrowa warstwa krzemu polikrystalicznego, osadzana w procesie LPCVD i następnie utleniana. Wytworzono w niej otwory na wylot o średnicy 2 i 3 μm.

W 2008 r. opracowano metodę natryskowego nakładania poliimidów oraz warstw SU-8 na powierzchni struktur 3D i udoskonalono proces plazmowego trawienia poliimidów przez maskę wytworzoną w warstwie dwutlenku krzemu. Wytworzono



Rys. 1. Zakończenie kanału mikrofluidycznego z otworem: a) zdjęcie z mikroskopu skaningowego; b) zdjęcie z mikroskopu optycznego przy podświetleniu od spodu

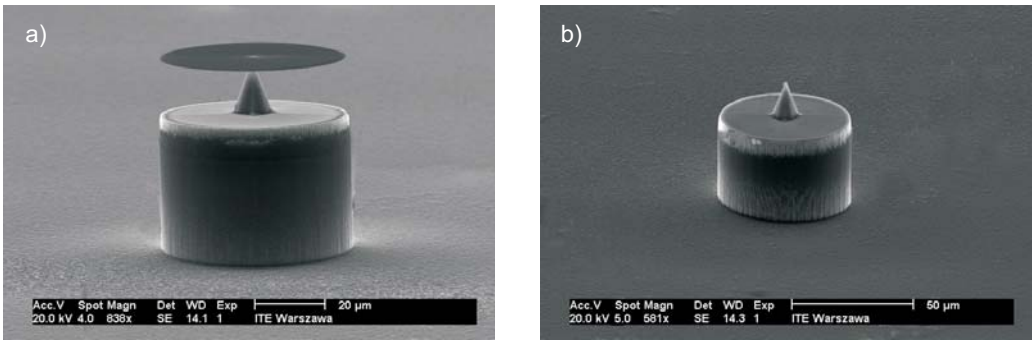
partię struktur testowych pozwalających ocenić jakość połączeń elektrycznych między układami scalonymi, integrowanymi na wspólnym podłożu przy wykorzystaniu planaryzacji warstwami poliimidowymi. Rozwijana technologia umożliwi wytwarzanie zaawansowanych mikrosystemów, stanowiących np. komponenty nowoczesnych produktów medycznych czy też urządzeń do badań chemicznych lub biologicznych. O atrakcyjności tej tematyki oraz o potrzebie opracowania technologii wytwarzania mikrosystemów do interdyscyplinarnych zastosowań świadczy m. in. zaangażowanie ITE w realizację projektów krajowych i zagranicznych (np. Healthy AIMS czy MNS-DIAG). W ramach tych projektów powstają technologie wytwarzania zaawansowanych mikrosystemów heterogenicznych. Należy podkreślić, że wykorzystanie rozwijanej w ITE technologii integracji mikrosystemów w skali większej niż laboratoryjna jest utrudnione z powodu braku nowoczesnych urządzeń technologicznych (m. in. do natryskowego nakładadania polimerów, do plazmowego trawienia polimerów, chemiczno-mechanicznego polerowania czy mikroskopu SEM do kontroli międzyoperacyjnej).

Kontynuowano wielostronne prace dotyczące technologii wytwarzania i integracji mikro- i nanosond pomiarowych, a w szczególności:

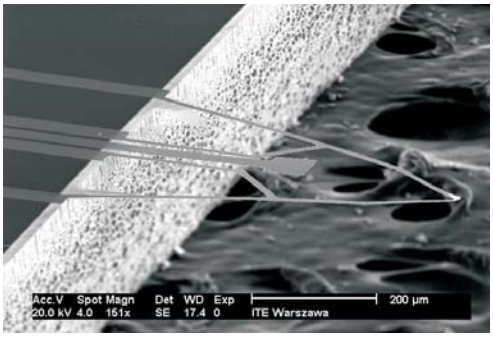
- konstrukcji i technologii zaawansowanych ostrzy pomiarowych;
- technologii wytwarzana cienkich mikrodźwigni dielektrycznych ze zintegrowanymi przewodzącymi ostrzami;
- opracowywania mikrowzorców i próbek testowych do kalibracji mikro- i nanosond.

Opracowano technologię wytwarzania ostrzy pomiarowych o wysokim współczynniku kształtu (stosunek wysokości do szerokości, *aspect ratio*) – powyżej 3:1. Na rys. 2 przedstawiono przykładową strukturę ostrza AFM o wysokości powyżej 50 µm.

Opracowano także technologie pozwalające na produkcję nowoczesnych, zaawansowanych sond do zastosowań w nanometrologii. Szczególnie dotyczy to rozwijanych na świecie sond wyposażonych w ostrza przewodzące elektrycznie i termicznie, używanych do nanodiagnostyki. Mimo problemów technologicznych



Rys. 2 a) Zdjęcie SEM struktury ostrza przed usunięciem maski SiO_2, b) finalny kształt struktury



Rys. 3. Mikrobelka platynowa z ostrzem platynowym

i sprzętowych opracowane w ITE nowatorskie rozwiązania mikro- i nanosond pomiarowych pozwoliły nawiązać współpracę z kilkoma ośrodkami zagranicznymi zajmującymi się tą tematyką (m. in. AMD Saxony, Hysitron Inc.). Na rys. 3 przedstawiono zdjęcie SEM mikrobelki wykonanej z platyny grubości 1 µm.

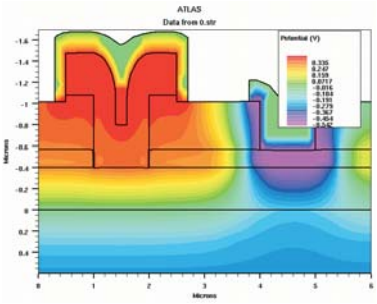
Prowadzono także prace mające na celu utrzymanie zdolności linii laboratoryjnej do wykonywania układów scalonych CMOS. Były one realizowane w ramach projektów badawczych poświęconych zagadnieniom integracji technologii CMOS-ITE (C3P1M2) z innymi technologiami. W szczególności dotyczyły integracji z technologią wytwarzania przyrządów i układów scalonych FD SOI (w ramach przygotowań do projektu TRIADE).

Innym polem działań była realizacja (we współpracy z Zespołem Politechniki Śląskiej w Gliwicach) w technologii CMOS partii specjalizowanych tranzystorów i prostych komórek analogowych FG MOS (*Floating Gate* MOS). Praca ta była wykonana równolegle z wytworzeniem partii struktur testowych CMOS. Prowadzone eksperymenty technologiczne wymagały zastosowania wyposażenia i procedur stosowanych przy przyjmowaniu do realizacji projektów układów scalonych ASIC. W szczególności należy wymienić procedury składania wielu projektów w jeden moduł z przeznaczeniem do naświetlania na urządzeniu typu wafer-stepper. Wyniki świadczą o tym, że wykonane na linii technologicznej Zakładu struktury testowe CMOS wykazują poprawne charakterystyki elektryczne. Tym samym można stwierdzić, że podtrzymywana jest zdolność Laboratorium Zakładu do wytwarzania układów scalonych CMOS o wymiarze krytycznym 3 µm w ramach usługi MPW.

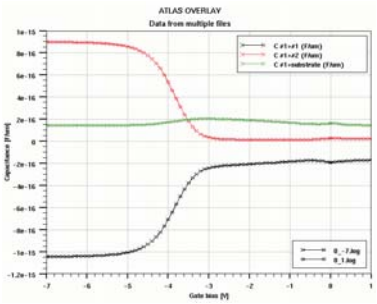
Prace studialne, dotyczące technologii wytwarzania elementów scalonych układów nanoelektronicznych, były prowadzone dwutorowo i obejmowały:

- wytwarzanie cienkich warstw SiO_2 na bocznych krawędziach warstwy Si;
- identyfikację i analizę właściwości wybranych elementów technologii CMOS FD SOI pod kątem ich przydatności przy wytwarzaniu układów nanoelektronicznych.

Na rys. 4 i 5 pokazano przykłady symulacji dotyczących struktur MOS z dielektrykiem w postaci cienkiej warstwy SiO_2 na bocznej krawędzi cienkiej warstwy Si w płytkach SOI. Prace nad takimi warstwami wpisują się w ciąg przedsięwzięć podejmowanych w Zakładzie. Ich celem jest rozwijanie zasobu dostępnych operacji technologicznych, umożliwiających integrację przestrzennych (3-D) mikro- i nanoelektronicznych struktur półprzewodnikowych. Zastosowana procedura technologiczna umożliwiła uzyskanie parametrów warstw zadowalających pod względem właściwości izolacyjnych.



Rys. 4. Rozkład potencjału w krawędziowej strukturze MOS na podłożu SOI przy napięciu bramki równym zeru



Rys. 5. Charakterystyka *C-V* bramki krawędziowej struktury MOS na podłożu SOI względem sąsiednich elektrod

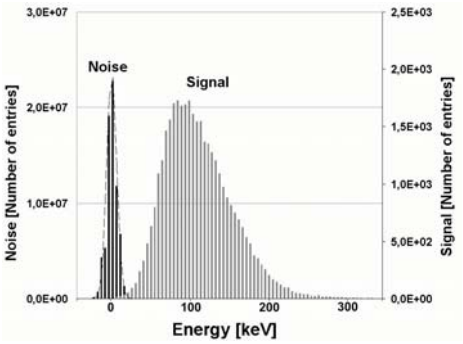
W wyniku prac związanych z przygotowywaniem technologii CMOS FD SOI, która ma być wdrożona w ramach projektu TRIADE, opracowano następujące procedury, mogące znaleźć zastosowanie przy wytwarzaniu układów nanoelektronicznych:

- zmniejszanie grubości warstwy aktywnej krzemu w płytkach SOI do wymaganej wartości przy zachowaniu warunku rozrzutu wartości grubości nieprzekraczającej 10 nm;
- wytwarzanie cienkich warstw SiO_2 z dokładnością do pojedynczych nanometrów;
- wytwarzanie wzorów metodą trawienia plazmowego w warstwach Si_3N_4 i polikrzemu, leżących na warstwie SiO_2 przy minimalnym uszkodzeniu warstwy tlenku (maksymalne nadtrawienie do 20 nm);
- wytwarzanie wzoru metalizacji o minimalnej szerokości ścieżek i odstępie między ścieżkami wynoszącym 1 μm.

W zakresie badań nad krzemowymi detektorami promieniowania dla zastosowań interdyscyplinarnych kontynuowano prace nad różnorodnymi detektorami cząstek alfa, wykonanymi jako struktury epiplanarne. Dzięki temu, że opracowane detektory do zastosowań w dziedzinie chemii radiacyjnej prezentują wysoki poziom, była możliwa kontynuacja współpracy z Instytutem Radiochemii Politechniki w Monachium (Institut für Radiochemie, Technische Universität München IR TUM) i Paul Scherrer Institut. ITE uczestniczy w światowych badaniach transuranowców i jest

wymieniany jako współautor takich osiągnięć w tej dziedzinie, jak pierwsza w historii rejestracja i określenie właściwości w Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, (GSI) Darmstadt atomów izotopów pierwiastka Hs-270 i Hs-271 czy pierwsza w historii rejestracja i zbadanie atomów izotopu pierwiastka 112-283, otrzymanego metodą chemiczną w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej. ITE jest także wymieniany jako instytut współpracujący w rocznych raportach takich renomowanych instytutów światowych, jak GSI, PSI, NSD (Berkeley Lab).

Także w dziedzinie monolitycznych detektorów promieniowania jonizującego, wykonywanych w technologii SOI, ITE jest liderem nowych rozwiązań. Znajdują one głównie kontynuację w grupach japońskich (OKI) i amerykańskich (FermiLab), mających łatwy dostęp do submikronowych technologii SOI. Mimo że w 2008 r. osiągnięto w tej dziedzinie pewien postęp na świecie, do tej pory jedyne w pełni funkcjonalne prototypy wykonano w ITE. W 2008 r. wykonano poprawnie działające prototypy monolitycznego detektora w technologii SOI z grubą górną warstwą krzemu (4 mikrony), której grubość gwarantowała, że studnie, w których wykonywano tranzystory NMOS, nie dotykały tlenku zagrzebanego. Miało to spowodować ujednolicenie potencjału pod tlenkiem zagrzebanym i zwiększenie skuteczności kolekcji ładunku generowanego w warstwie zubożonej. Dla poprzednio wykonywanych prototypów piksele wychwytywały ok. 70% ładunku generowanego przez efekt fotowoltaiczny. W nowym rozwiązaniu uzyskano ponad 99% skuteczność wychwytu ładunku przez piksele. Na rys. 6 pokazano histogram szumu i sygnału otrzymanego w trakcie ekspozycji detektora na promieniowanie beta.



Rys. 6. Histogram szumu oraz sygnału (po odjęciu piedestału) przy ekspozycji detektora na źródło promieniowania beta (^{90}Sr)

Jednocześnie uzyskano znaczne zmniejszenie prądów ciemnych detektora poprzez zastosowanie geteru polikrzemowego (którego część pozostawiono jako fragment kontaktu omowego od spodu płytki) oraz modyfikację technologii w kierunku zabezpieczenia spodów płytek przeciwko zanieczyszczeniom związanym z kontaktem z aparaturą technologiczną.

Poza tematem statutowym prowadzono prace związane z realizacją projektów krajowych.

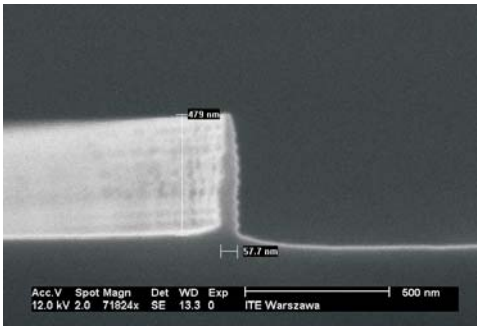
Celem projektu DIAMID, realizowanego w ramach sieci ERA-NET, jest wytworzenie z polikrystalicznej warstwy diamentowej mikrofluidycznego przyrządu dla zastosowań badawczych w genomice i proteomice. W 2008 r. kontynuowano prace w zakresie modelowania struktur i komputerowej symulacji parametrów. Szczególną uwagę skupiono na wpływie parametrów materiałowych (porównano struktury z diamentu, szkła i PDMS-u) na rozkład temperatury w strukturach i mikrokanałach. Wykonano kolejne serie struktur krzemowych, optymalizując technologię,

a uzyskane przyrządy przekazano do współpracującej instytucji w celu osadzenia warstwy diamentu. Równolegle przeprowadzono udane eksperymenty z wykonaniem w ITE (we współpracy z Instytutem Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej IBIB PAN) struktur mikrofluidycznych z kompozytu diament-PDMS.

W ramach Projektu Badawczego Zamawianego „Opracowanie i optymalizacja demonstratora technologii wykrywania skażeń biologicznych wykorzystujących metodę cieczowej cytometrii przepływowej" zaprojektowano cztery struktury monolitycznych cytometrów. Wykonano maski fotolitograficzne i testowe struktury z użyciem warstw SU8 i PDMS.

W ramach grantu indywidualnego dr. W. Słysza pt. „Badania nad rozwojem nadprzewodnikowych detektorów NbN w celu opracowania nowej rodziny detektorów kwantowych do zastosowań w komunikacji kwantowej, informatyce kwantowej, radioastronomii i medycynie" opracowano technologię nanostruktury detektora wyposażonego w rezonator dielektryczny, wykonany z SiO_2 lub Si_3N_4, oraz warstwę antyrefleksyjną i lustro metaliczne Au:Ti. Ponadto opracowano układ do pomiarów detektorów NbN, składający się z części kriogenicznej, umożliwiającej pomiary detektorów w temperaturze od 2,0 K, oraz z części elektronicznej (układ zasilania, układ wzmacniający oraz licznik impulsów).

W ramach grantu indywidualnego dr. M. Zaborowskiego pt. „Opracowanie i charakteryzacja tranzystorów w technologii opartej na nanodrutach krzemowych" zbadano warianty technologii tranzystorów typu Fin, wytwarzanych w oparciu o rozwiniętą w ITE metodę wykonywania ścieżek krzemowych o nanometrowej szerokości PADEOX. Zbadano możliwości metody w dziedzinie wytwarzania obiektów o dużym współczynniku kształtu (stosunku wysokości do szerokości – rys. 7). Trwa opracowanie technologicznej struktury próbnej.



Rys.7. Kształt typu Fin z krzemu o orientacji <100>

Ważnym źródłem finansowania działalności Zakładu w 2008 r. (1,1 mln PLN) było Krajowe Centrum Mikro- i Nanotechnologii Krzemowej SPUB.

W 2008 r. wystąpiono także o granty krajowe:

- „Zintegrowane nanosondy sterowane elektrostatycznie dla zastosowań nanometrologicznych" (36. Konkurs MNiSW na projekty rozwojowe). W ramach projektu zostanie opracowana rodzina mikrosystemów MEMS zawierających mikrodźwignie pomiarowe sterowane elektrostatycznie. Zostaną zaprojektowane i wykonane przyrządy różniące się konstrukcją napędu elektrostatycznego, metodą detekcji sił działających na mikrodźwignię pomiarową oraz trybem pracy dźwigni.
- „Nanoelektroniczne przyrządy do detekcji pojedynczych biologicznie aktywnych molekuł w roztworach wodnych" (36. Konkurs MNiSW na projekty rozwojowe). Celem projektu jest opracowanie i wykonanie nowej generacji czujników, opar-

tych na wykorzystaniu nanotechnologii, dających możliwość detekcji substancji o istotnym znaczeniu biologicznym i medycznym w ultraniskich stężeniach.

- "Opracowanie luksometrycznej głowicy pomiarowej" (36. Konkurs MNiSW na projekty rozwojowe). Przedmiotem wniosku jest opracowanie i wdrożenie do produkcji precyzyjnej głowicy pomiarowej – luksometrycznej, skorygowanej widmowo i kątowo zgodnie ze standardami CIE.
- "Mikro- i nanosystemy w chemii i diagnostyce biomedycznej MNS-DIAG". Opracowanie studium wykonalności i finalnej wersji wniosku w ramach POIG, działanie 1.3. Celem projektu MNS-DIAG jest opracowanie mikro- i nanosystemów przeznaczonych do zastosowania w chemii i diagnostyce biomedycznej. Demonstratorami przyrządów analityczno-diagnostycznych będą m. in. systemy „Lab-on-chip" z detekcją optyczną i elektrochemiczną do analizy próbek śliny na zawartość leków psychotropowych, bio-mikro-reaktory do hodowli komórkowych, matryce czujników mikrochemicznych do detekcji bakterii Gram-ujemnych i ich endotoksyn oraz mikrosystemy do nieinwazyjnego badania zawartości wody w tkance skórnej człowieka i badania emisji wybranych gazów i pary wodnej przez organizm człowieka w celach diagnostycznych.

Jednym z najpoważniejszych wystąpień o finansowanie było opracowanie i złożenie projektu inwestycyjnego na kwotę ponad 77 mln PLN w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka (działanie 2.1) na sfinansowanie Narodowego Centrum Badawczego Mikrosystemów i Nanotechnologii Elektronicznych MINTE. Podobne centra istnieją w wielu krajach. Zaplanowano wybudowanie w Oddziale ITE w Piasecznie budynku, który pomieściłby laboratoria pomiarowe oraz mikromontażu, a także pomieszczenia dla pracy koncepcyjnej. Budynek miałby sąsiadować z istniejącym budynkiem technologicznym, w którym mieści się infrastruktura technologiczna Zakładu. Zwiększenie liczby pomieszczeń umożliwiłoby zatrudnienie absolwentów uczelni oraz zwiększenie udziału ITE w projektach europejskich. W nowym budynku przewidziano pomieszczenia dla pracowników uczelni, PAN oraz przemysłu, korzystających z potencjału ITE w zakresie technologii i konstrukcji mikro/nanosystemów. Zwiększenie dostępnej powierzchni pozwoliłoby na organizowanie seminariów w celu upowszechniania zastosowań wysokich technologii. W ramach inwestycji zaplanowano wyposażenie linii doświadczalnej ITE w nowe urządzenia technologiczne, zastępujące posiadane obecnie wyposażenie (o średnim wieku 25 lat). Ze względu na fakt, że w regionie tylko Polska dysponuje centrum mikro/nanotechnologii elektronicznych, będą podjęte starania, aby centrum MINTE nadać rangę międzynarodową o znaczeniu regionalnym.

3. Działalność w ramach 7. Programu Ramowego UE

W 2008 r. Zakład brał udział w kilku projektach europejskich: COMON, CORONA, e-Cubes, INTEGRAMplus, TRIADE i WARMER.

COMON (Compact Modeling Network)

Projekt COMON dotyczy wymiany informacji i myśli technicznej między europejskimi ośrodkami akademickimi i przemysłowymi w dziedzinie opracowania i standaryzacji kompaktowych modeli przyrządów półprzewodnikowych: MOS, wielobramkowych tranzystorów MOS, tranzystorów wysokonapięciowych MOS oraz przyrządów na bazie związków $A^{III}B^{V}$. Modele te są stosowane do projektowania i charakteryzacji współczesnych układów scalonych. Jednym z zadań projektu jest udostępnienie modeli laboratoriom produkcyjnym i ośrodkom projektowym oraz opracowanie metod identyfikacji parametrów tych modeli z uwzględnieniem rozrzutów procesów technologicznych. Obecnie projekt jest w fazie organizacji.

CORONA (Customer-Oriented Product Engineering of Micro and Nano Devices)

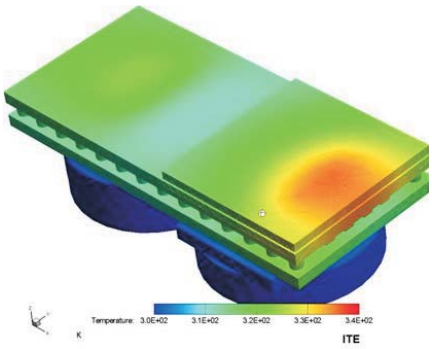
Głównym celem projektu CORONA jest opracowanie i przetestowanie innowacyjnych technik oraz narzędzi wspomagających zorientowaną na klienta inżynierię produktu w dziedzinie mikro- i nanotechnologii. Celem projektu jest także demonstracja najefektywniejszych metodologii oraz narzędzi poprzez wytworzenie przykładowego produktu tzw. demonstratora w zakresu mikro- i nanotechnologii. W początkowym okresie projektu przeprowadzono następujące prace:

- specyfikacja zadań dla poszczególnych partnerów w projekcie,
- analiza metodologii inżynierii produktu stosowanej u poszczególnych partnerów technologicznych oraz zidentyfikowanie najlepszych stosowanych rozwiązań.

Prace były prowadzone we współpracy z Zakładem Projektowania Układów Scalonych i Systemów ITE.

E-Cubes (3-D Integrated Micro/Nano Modules for Easily Adapted Applications)

W ramach projektu e-Cubes kontynuowano prace w dziedzinie modelowania i symulacji mikro- i nanostruktur. Opracowano trójwymiarowe modele struktur służących do łączenia oraz integracji różnych modułów w jeden wielofunkcyjny chip (e-cube). Opracowane modele dotyczą struktur typu „micro-inserts” oraz „solder balls” wdrażanych głównie przez Cea-Leti. Modele zostały poddane różnym symulacjom. Badano głównie ich właściwości elektryczne. Celem była optymalizacja geometrii struktur oraz zastosowanych materiałów pod kątem jak najlepszych właściwości elektrycznych (np. wyeliminowanie problemu elektromigracji na krawędzi styku lutu „solder ball" z po-



Rys. 8. Wyniki symulacji termicznej (rozkład temperatury) dla modelu demonstratora e-cubes – „health & fitness”

wierzchnią chipu). W ramach projektu opracowano także bardzo złożony trójwymiarowy model struktury demonstratora projektu (rys. 8), który poddano analizie termicznej i mechanicznej metodą elementów skończonych (FEM). Prace były prowadzone we współpracy z Zakładem Projektowania Układów Scalonych i Systemów oraz Zakładem Czujników Półprzewodnikowych ITE.

INTEGRAM PLUS (Integrated Micro- and Nanotechnology Platforms and Services)

Celem projektu INTEGRAMplus jest opracowanie i udostępnienie platformy projektowo-technologicznej, pozwalającej na konstruowanie i produkcję wysoko zintegrowanych mikrosystemów. Dotyczy to szczególnie mikro- i nanosystemów hybrydowych, integrujących czujniki krzemowe i elementy mikroelektroniczne oraz elementy ceramiczne i polimerowe. W 2008 r. prowadzono prace nad integracją czujników krzemowych z systemami polimerowymi. Przykładem może być tranzystor jonoczuły (ISFET), zintegrowany z układem mikrofluidycznym doprowadzającym badaną substancję.

TRIADE (Development of Technology Building Blocks for Structural Health Monitoring Sensing Devices in Aeronautics)

W 2008 r. rozpoczęto realizację projektu TRIADE. Celem jest stworzenie bloków funkcjonalnych dla badań procesów zmęczeniowych w konstrukcjach lotniczych. Rolą ITE jest wdrożenie odpowiednich technologii (FD SOI) i wytworzenie w tej technologii prototypu układu ASIC zintegrowanego z prostymi sensorami. Przygotowania do realizacji projektu trwały ponad dwa lata.

WARMER (Water Risk Management in Europe)

W ramach projektu WARMER ITE dostarczał elektrody potencjometryczne do wytwarzania sensorów oraz sensory jonów Cl- do zautomatyzowanego systemu pomiarowego. Celem projektu jest opracowanie metody pomiaru zanieczyszczeń na wodach otwartych za pomocą pływających stacji pomiarowych.

W 2008 r. kontynuowano przedsięwzięcia włączające Instytut do Europejskiej Przestrzeni Badawczej (ERA), m. in. w ramach MNT-ERA.NET. Dr inż. Piotr Grabiec brał udział w pracach zespołów konsultacyjnych Komisji Europejskiej w obszarze mikro-nano-bio-technologii oraz w pracach Rady Naukowej (Scientific Community Council) Europejskiej Platformy Technologicznej Nanoelektronika ENIAC. Złożono też wnioski grantowe na następujące projekty europejskie z 7 PR:

- Call: FP7-NMP-2008-SME-2 (2008-09-23): “Innovative Hybrid Microsystems for Pressure Measurements (WIND)”. Projekt dotyczy zintegrowanych systemów polimerowo-krzemowych do pomiarów rozkładów ciśnień w konstrukcjach mechanicznych. Projekt nie został zakwalifikowany do finansowania.

- Call: FP7-PEOPLE-ITN-2008: "Marie Curie Initial Training Networks" (ITN). Projekt dotyczy sieci edukacyjnej, która ma stworzyć platformę wymiany doświadczeń między spintroniką i mikromechaniką. Projekt nie został zakwalifikowany do finansowania.
- Call FP7-ICT-2007-C, STREP-235333 „Vertical Slit Devices for Integrated Circuits" (VESTIC). Projekt dotyczy nowatorskiego, strukturalnego podejścia do technologii układów scalonych. Stanowi on konkurencyjne rozwiązanie w stosunku do technologii CMOS. Jest oparty na nowych propozycjach przyrządowych, nowatorskiej topologii i na całkowicie nowych rozwiązaniach technologicznych. Celem jest doprowadzenie do zmniejszenia wymiarów układów scalonych, przy zachowaniu, a nawet polepszeniu ich funkcjonalności. Projekt przeszedł pierwszy etap kwalifikacji.

4. Współpraca naukowa (poza programami UE) oraz działalność dydaktyczna

Niezależnie od działań związanych z projektami UE utrzymywano intensywne kontakty z wieloma ośrodkami zagranicznymi i krajowymi. W ramach współpracy wykonywano wiele przedsięwzięć (w tym głównie usługi n-b) z partnerami z USA, Niemiec, Izraela, Austrii i Szwajcarii. Na podkreślenie zasługuje współpraca renomowanych klientów, kontraktujących opracowanie konstrukcji i technologii różnorodnych sensorów i detektorów (np. Advanced MicroDevices, Paul Scherrer Institut, Politechnika w Monachium).

Bardzo istotna była współpraca z naukowcami z CERN (m. in. z konsorcjum CMS) przy projektowaniu struktur testowych. We współpracy z Uniwersytetem Louvain (Belgia) prowadzono prace nad wdrażaniem technologii FD SOI. Od grudnia 2008 r. są one częściowo finansowane w ramach projektu TRIADE.

Wygłoszono referaty zaproszone na różnych forach. Ważnymi partnerami były także polskie uczelnie i instytuty badawcze (Politechniki Wrocławska, Warszawska i Łódzka, AGH w Krakowie, IPPT oraz IBiB PANw Warszawie).

5. Wyniki prac

Prototypy, modele, wdrożenia

- model 8-elementowego detektora paskowego o powierzchni aktywnej 72 × 46 mm typ SSD,
- model dwustronnego detektora paskowego x-y (144 ×x 48 elementów) o powierzchni aktywnej 144 mm x 46 mm typ DSSD,
- opracowanie nowych struktur do detektora przepływowego cząstek (struktury PSI2/1 i PSI2/2),

- model krzemowej mikropompki cieczowej,
- model krzemowego mikrozaworu sterowanego elektrycznie,
- model krzemowej mikropompki,
- model mikrosystemowej struktury testowej dla mikroskopii bliskiego pola termicznego (SThM),
- prototyp mikrosondy do badań termicznych w nanoskali.

Usługi naukowo-badawcze i produkcja małoseryjna

Wartość sprzedaży produkcji małoseryjnej Zakładu w 2008 r. wyniosła ok. 270 tys. PLN. Sprzedaż dotyczyła głównie układu ASIC – MCY74645 oraz produkcji różnego typu detektorów specjalizowanych, tranzystorów ISFET i masek fotolitograficznych. Wykonano także różnorodne usług n- b na sumę ok. 165 tys. PLN.

Publikacje'2008

[P1] BERGAUER T., DRAGICEVIC M., FREY M., GRABIEC P., GRODNER M., HAENSEL S., HARTMANN F., HOFFMAN K., HRUBEC J., KRAMMER M., KUCHARSKI K., MACCHIOLO A., MARCZEWSKI J.: Results from a First Production of Enhanced Silicon Sensor Test Structures Produced by ITE Warsaw. *Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res*. A 2009 vol. 1 nr 1 s. 86–88.

[P2] BIENIEK T., JANCZYK G., JANUS P., GRABIEC P., SZYNKA J.: e-CUBES Devices and Interconnects-Integrated Modeling and Simulation for Reliability Analysis. IEEE Proc. of the 15th Int. Conf. Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES 2008 (ICMDIC15). Poznań, 19–21.06.2008, s. 407–411.

[P3] BIENIEK T., JANUS P.: Design, Modeling and Simulations of the Micro and Nanostructures MEMS/MOEMS. *Micro a. Nanotechnol. Bull.* 2007 vol. 8 nr 4 s. 4.

[P4] BIENIEK T., JANUS P., KOCIUBIŃSKI A., GRABIEC P., JANCZYK G., SZYNKA J.: Coupled Thermo-Electro-Mechanical Modelling and Simulation of 3D Micro- and Nanostructures . *Elektronika* 2008 nr 1 s. 99–101.

[P5] BIENIEK T., JANUS P., KOCIUBIŃSKI A., GRABIEC P., JANCZYK G., SZYNKA J.: Integrated Multi-Domain Modeling and Simulation of Complex 3D Micro- and Nanostructures. Smart Systems Integration 2008. Proc. of the 2nd Europ. Conf. & Exhib. on Integration Issues of Miniaturized Systems - MEMS, MOEMS, ICs and Electronic Components (SMSYIN08). Barcelona, Hiszpania, 9–10.04.2008, s. 399–402.

[P6] BIENIEK T., SOCHACKI M., STĘSZEWSKI J., SZMIDT J.: Symulacje elektryczne diod Schottky'ego oraz tranzystorów RESURF JFET i RESURF MOSFET na podłożach węglika krzemu (SiC). *Elektronika* 2008 nr 7–8 s. 11–15.

[P7] CHUNG W. Y., CHANG K.-Ch., HONG D.-Y., CHENG Ch., CRUZA F., LIU T. S., YANG C. H., CHIANG J. L., PIJANOWSKA D., DAWGUL M., TORBICZ W., GRABIEC P., JAROSZEWICZ B.: An Electronic Tongue System Design Using Ion Sensitive Field Effect Transistors and Their Interfacing Circuit Techniques. University Government Industry Micro/Nano Symp. (UGIM08). 17th Biennial Proc., Louisville, KY, USA, 13–16.07.2008, s. 44–48.

[P8] DAWGUL M., PIJANOWSKA D., JAROSZEWICZ B., KRUK J., GRABIEC P., TORBICZ W.: P-Well Type Ion Sensitive Field Effect Transistor Array in a Flow-Thru System for Detection of H^+, K^+ NH_4^+ Ions and Area. *Prz. Elektrotechn*. 2008 nr 5 s. 27–32.

[P9] DOMAŃSKI K.: Application of Microsystem Technology for Medical Implants. *Micro and Nanotechnol. Bull*. 2008 vol. 9 nr 2 s. 9–10.

[P10] DUMANIA P., ŁYSKO J., KŁOS H., GRODNER M., SKWARA K., SZMIGIEL D.: Oscylator pierścieniowy CMOS jako układ detekcji odkształcenia nanoczułych mikrosond krzemowych. *Elektronika* 2008 nr 6 s. 214–216.

[P11] DVORAK J., DVORAKOVA Z., KRUCKEN R., NEBEL F., PEREGO R., SCHUBER R., SEMCHENKOV A., TURLER A., WIERCZINSKI B., YAKUSHEV A., BRUCHLE W., DULLMANN E., JAGER E., SCHADEL M., SCHAUSTEN B., SCHIMPF E., CHELNOKOV M., GORSHKOV V., KUZNETSOV A., YEREMIN A., EBERHARDT K., THROLE P., NAGAME Y., NISHIO K., OIN Z., WĘGRZECKI M.: The New Isotope 271Hs Observed in the 26Mg(248Cm,3n) Reaction. *GSI Sci. Rep. 2007* 2008, s. 143.

[P12] DVORAK J., DVORAKOVA Z., KRUCKEN R., NEBEL F., PEREGO R., SCHUBER R., SEMCHENKOV A., TURLER A., WIERCZINSKI B., YAKUSHEV A., BRUCHLE W., DULLMANN E., JAGER E., SCHADEL M., SCHAUSTEN B., SCHIMPF E., CHELNOKOV M., GORSHKOV V., KUZNETSOV A., YEREMIN A., EBERHARDT K., THROLE P., NAGAME Y., NISHIO K., OIN Z., WĘGRZECKI M.: Cross Section Measurements of the Reaction 26Mg(248Cm,xn) 274-xHs. *GSI Sci. Rep. 2007* 2008, s. 144.

[P13] EICHLER R., AKSENOV N. V., BELOZEROV A. V., BOZHIKOV G. A., CHEPIGIN V. I., DMITRIEV S. N., DRESSLER R., GAGGELER H. W., GORSHKOV V., ITKIS M. G., HAENSSLER F., LAUBE A., LEBEDEV V. Ya., MALYSHEV O. N., OGANESSIAN Yu. Ts., PETRUSCHKIN O. V., PIGUET D., POPEKO A. G., RASMUSSEN P., SHISHKIN S. V., SEROV A. A., SHUTOV A. V., SVIRIKHIN A. I., TERESHATOV E. E., VOSTOKIN G. K., WĘGRZECKI M., YEREMIN A.: Thermochemical and Physical Properties of Element 112. *Angewandte Chemie - Int. Edition* 2008 vol. 47 s. 3262–3266.

[P14] EICHLER R., GAGGELER H. W., HAENSSLER F., SEROV A. A., DRESSLER R., LAUBE A., PIGUET D., RASMUSSEN P., AKSENOV N. V., BELOZEROV A. V., BOZHIKOV G. A., CHEPIGIN V. I., DMITRIEV S. N., GORSHKOV V., ITKIS M. G., LEBEDEV V. Ya., MALYSHEV O. N., OGANESSIAN Yu. Ts., PETRUSCHKIN O. V., POPEKO A. G., SHISHKIN S. V., SHUTOV A. V., SVIRIKHIN A. I., TERESHATOV E. E., VOSTOKIN G. K., YEREMIN A., WĘGRZECKI M.: Adsorption Properties of Element 112 on Gold. *PSI Sci. Rep. 2007* 2008, s. 3.

[P15] EICHLER R., GAGGELER H. W., HAENSSLER F., SEROV A. A., DRESSLER R., LAUBE A., PIGUET D., RASMUSSEN P., AKSENOV N. V., BELOZEROV A. V., BOZHIKOV G. A., CHEPIGIN V. I., DMITRIEV S. N., GORSHKOV V., ITKIS M.G., LEBEDEV V. Ya., MALYSHEV O. N., OGANESSIAN Yu. Ts., PETRUSCHKIN O. V., POPEKO A. G., SHISHKIN S. V., SHUTOV A. V., SVIRIKHIN A. I., TERESHATOV E. E., VOSTOKIN G. K., YEREMIN A., WĘGRZECKI M.: Chemical Properties of Element 112. *PSI Sci. Rep. 2007* 2008, s. 4.

[P16] GRUCA G., KLICH M., WOŹNIAK K., ZAWIERUCHA P., ZIELONY M., GOTSZALK T., RYBKA J., GRABIEC P.: Badanie biosensorów na bazie mikrodźwigni. Mat. konf. IX Konf. Nauk. „Technologia Elektronowa" ELTE 2007. Kraków, 3–7.09.2007, s. 197–200.

[P17] GRUCA G., WIELGOSZEWSKI G., ZIELONY M., ZAWIERUCHA P., ŚWIĄTKOWSKI M., MASALSKA A., KOLANEK K., WASZCZUK K., WOSZCZYNA M., RADOJEWSKI J., GOTSZALK T., GRABIEC P., RANGELOW I. W.: Mikrodźwignia sprężysta jako bio-czujnik. Materiały supramolekularne. BETAGRAF P.U.H., Poznań, 2008, s. 379–412.

[P18] HOFMANN S., ACKERMANN D., ANTALIC S., BURKHARD H. G., COMAS V. F., DRESSLER R., GAN Z., HEINZ S., HEREDIA J. A., HEISSBERGER F. P., KHUYAGBAATAR J., KINDLER B., KOJOUHAROV I., KUUSINIEMI P., LEINO M., LOMMEL B., MANN R., MÜNZENBERG G., NISHIO K., POPEKO A. G., SARO S., SCHÖTT H. J., STREICHER B., SULIGANO B., UUSITALO J., VENHART M., YEREMIN A., EICHLER R., AKSENOV N. V., BOLOZEROV A. V., BOZHIKOV G. A., CHEPIGIN V. I., DMITRIEV S. N., GAGGELER H. W., GORSHKOV V., HAENSSLER F., ITKIS M. G., LAUBE A., LEBEDEV V. Ya., MALYSHEV O. N., OGANESSIAN Yu. Ts., PETRUSCHKIN O. V., PIGUET D., RASMUSSEN P., SHISHKIN S. V., SHUTOV A. V., SVIRIKHIN A. I., TERESHATOV E. E., VOSTOKIN G. K., WĘGRZECKI M.: Confirmation of Super Heavy

Element Production in ^{48}Ca Induced Fusion Reactions a Handshake of Physics and Chemistry for Element 112. Frontiers in Nuclear Structure, Astrophysics, and Reactions: FINUSTRAL 2 AIP Con. 2008 vol. 1012 s. 69–73.

[P19] JANCZYK G., BIENIEK T., SZYNKA J., GRABIEC P.: Reliability Issues of e-Cubes Heterogeneous System Integration. *Microelectron. & Reliab.* 2008 vol. 48 s. 1133–1138.

[P20] JANCZYK G., BIENIEK T., SZYNKA J., GRABIEC P.: Heterogeneous System for Thermal Modelling and Simulations of Heterogeneous e-Cubes Devices. IEEE Proc. of the 15th Int. Conf. Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES 2008 (ICMDIC15). Poznań, 19–21.06.2008, s. 327–330.

[P21] JANCZYK G., BIENIEK T., SZYNKA J., GRABIEC P.: Integrated Thermal Modeling of Heterogeneous eCubes Stacked Devices. Proc. of the THERMINIC 2008 - 14th Int. Workshop on Thermal Investigations of ICs and Systems (IWTIIS14). Rzym, Włochy, 24–26.08.2008, s. 80–84.

[P22] JANUS P., GRABIEC P., DOMAŃSKI K., KOCIUBIŃSKI A., SZMIGIEL D.: Technology of Hybrid Integration of Silicon MEMS and CMOS Structures Using Polymer. Smart Systems Integration 2008. Proc. of the 2nd Europ. Conf. & Exhib. on Integration Issues of Miniaturized Systems - MEMS, MOEMS, ICs and Electronic Components (SMSYIN08). Barcelona, Hiszpania, 9–10.04.2008, s. 439–442.

[P23] JASIŃSKI J., GŁUSZKO G., IWANOWICZ M., TOMASZEWSKI D., ŁUKASIAK L., JAKUBOWSKI A.: Electrical Characterization of MOSFETs with Ultrathin SiON Gate Dielectric. IEEE Proc. of the 15th Int. Conf. Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES 2008 (ICMDIC15). Poznań, 19–21.06.2008, s. 71–74.

[P24] KOLANEK K., GOTSZALK T., ZIELONY M., GRABIEC P.: Wytwarzanie mikro- i nanostruktur metodami mikroskopii bliskich oddziaływań. *Elektronika* 2008 nr 5 s. 9–11.

[P25] KUCEWICZ W., GRABIEC P., KUCHARSKI K., MARCZEWSKI J., MAZIARZ W., NIEMEC H., RUDDELL F. H., SAPOR M., TOMASZEWSKI D.: Development of Monolithic Active Pixel Sensor in SOI Technology Fabricated on the Wafer with Thick Device Layer. *Nucl. Instr. & Meth. in Phys. Res*. A (w druku).

[P26] KUCEWICZ W., GRABIEC P., KUCHARSKI K., MARCZEWSKI J., MAZIARZ W., NIEMEC H., RUDDELL F. H., SAPOR M., TOMASZEWSKI D.: Development of Monolithic Active Pixel Sensor in SOI Technology Fabricated on the Wafer with Thick Device Layer. Proc. of the 2008 IEEE Nuclear Science Symp. a. Medical Imaging Conf. and 16th Int. Workshop on Room Temperature Semiconductor (NSSMIC). Drezno, Niemcy, 19–25.10.2008, s. 1–3 CD-ROM.

[P27] ŁUKASIAK L., TOMASZEWSKI D., SAWICKA A., GŁUSZKO G., IWANOWICZ M., JAKUBOWSKI A.: Modelowanie prądu pompowania ładunku w dwubramkowych strukturach MOS z bardzo cienką warstwą aktywną. *Elektronika* 2008 nr 9 s. 92–95.

[P28] ŁYSKO J.: Anizotropia trawienia i piezorezystancji w kryształach półprzewodników. Przykłady wykorzystania w przyrządach MEMS. *Elektronika* 2008 nr 2 s. 77–87.

[P29] ŁYSKO J., DUMANIA P., JANUS P., GRODNER M., KŁOS H., SKWARA K., GRABIEC P.: Nanosensitive Silicon Microprobes for Mechanical Detection and Measurements. *IEEE Trans. on Electron Dev.* (w druku).

[P30] MALINOWSKI A., KOCIUBIŃSKI A., SAŁEK P., ŁUKASIAK L., ZABOROWSKI M., TOMASZEWSKI D., JAKUBOWSKI A.: Electrical Characterization of FinFETs. IEEE Proc. of the 15th Int. Conf. Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES 2008 (ICMDIC15). Poznań, 19–21.06.2008, s. 65–69.

[P31] MALINOWSKI A., SEKINE M., HORI M., TOMASZEWSKI D., JAKUBOWSKI A.: Influence of RIE Process Dispresions on FinFET Transistor Performance Estimated by Process and Device Simulations. *Jap. J. of Appl. Phys*. (w druku).

[P32] MALYUTENKO V. K., MALYUTENKO O. Yu., TYKHONOV A. M., GRODECKI R., PIOTROWSKI T., PUŁTORAK J., WĘGRZECKI M.: Si Broadband (3–12 μm) Emitting Diodes Operating at T ≥ 300 K. Proc. of the 18th IMEKO TC2 Symp. on Photonics in Measurements. Praga, Czechy, 25–26.08.2008, s. 1–4.

[P33] MARCZEWSKI J., GRABIEC P., DOMAŃSKI K.: Możliwości Zakładu Technologii Mikrosystemów i Nanostruktur Krzemowych Instytutu Technologii Elektronowej w Warszawie. Mat. konf. I Kraj. Konf. Nano- i Mikromechaniki (KKNM08). Krasiczyn, 8–10.07.2008, s. 31.

[P34] MROCZYŃSKI R., KWIETNIEWSKI N., ĆWIL M., HOFFMANN P., BECK R. B., JAKUBOWSKI A.: Improvement of Electro-Physical Properties of Ultra-Thin PECVD Silicon Oxynitride Layers by High-Temperature Annealing. *Vacuum* (w druku).

[P35] NIEMIEC M., KUCEWICZ W., SAPOR M., GRABIEC P., KUCHARSKI K., MARCZEWSKI J., TOMASZEWSKI D., ARMSTRONG B. M., BAIN M., BAINE P., GAMBLE H. S., SUDER S. L., RUDDELL F. H.: Technology of SOI Monolithic Active Pixel Detectors for Improvement of I-V Characteristics and Reliability. IEEE Proc. of the 15th Int. Conf. Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES 2008 (ICMDIC15). Poznań, 19–21.06.2008, s. 463–465.

[P36] NIEMIEC M., KUCEWICZ W., SAPOR M., GRABIEC P., KUCHARSKI K., MARCZEWSKI J., TOMASZEWSKI D., ARMSTRONG B. M., BAIN M., BAINE P., GAMBLE H. S., SUDER S. L., RUDDELL F. H.: SOI Monolithic Active Pixel Detector Technology for Improvement of I-V Characteristics and Reliability. *Electron. a. Telecommun. Quart*. (w druku).

[P37] OKUNEV O., CHULKOVA G., MILOSTNAYA I., ANTIPOV A., SMIRNOV K., MOROZOV D., KORNEEV A., VORONOV B., GOLTSMAN G., SŁYSZ W., WĘGRZECKI M., BAR J., GRABIEC P., GÓRSKA M., PEARLMAN A., CROSS A., KITAYGORSKY J., SOBOLEWSKI R.: Registration of Infrared Single Photons by a Two-Channel Receiver Based on Fiber-Coupled Superconducting Single-Photon Detectors. Second Int. Conf. on Advanced Optoelectronics and Lasers, Optical Measurements Techniques. Jałta, Ukraina. *Proc. of SPIE* 2008 t. 7009 s. 70090U.

[P38] RUDDELL F. H., SUDER S. L., BAIN M., MONTGOMERY J. H., ARMSTRONG B. M., GAMBLE H. S., DENVIR D., CASSE G., BOWCOCK T. J. V., ALLPORT P. P., MARCZEWSKI J., KUCHARSKI K., TOMASZEWSKI D., NIEMEC H.: Fabrication and Characterisation of High-Resistivity SOI Substrates for Monolithic High Energy Physics Detectors. *Solid-St. Electron.* 2008 nr 52 s. 1849–1853.

[P39] RYC L., DOBRZAŃSKI L., DUBECKY F., KACZMARCZYK J., PFEIFER M., RIESZ F., SŁYSZ W., SURMA B.: Application of MSM InP Detectors to the Measurement of Pulsed X-Ray Radiation. *Radiation Effects a. Defects in Soldis* 2008 vol. 163 nr 4–6 s. 559–567.

[P40] SEROV A. A., EICHLER R., GAGGELER H. G., DRESSLER R., PIGUET D., MUTHER B., WITTWER D., AKSENOV N. V., BOZHIKOV G. A., LEBEDEV V. Ya., PETRUSCHKIN O. V., SHISHKIN S. V., WĘGRZECKI M.: Chemical Interaction of 211At with Metallic Surfaces. *PSI Sci. Rep. 2007* 2008, s. 7.

[P41] SZMIGIEL D., DOMAŃSKI K., GRABIEC P.: Polysiloxane Coatings on Biomedical Micro Devices: Plasma Etching and Properties of Protection Layer. *Adv. in Sci. a. Technol.* 2008 vol. 57 s. 220–225.

[P42] WĘGRZECKI M., BAR J., KULAWIK J., GRABIEC P., BUDZYŃSKI T., PANAS A., CIEŻ M., WĘGRZECKA I., SŁYSZ W., GRODECKI R., KRZEMIŃSKI S., ZABOROWSKI M., GÓRSKA M., GROEGER B.: Silicon Detectors of α Particles for Chromatographic Arrays. *Photon. Lett*. (w druku).

[P43] WITKOWSKI D., OBIDOWSKI D., ŁYSKO J., KARCZEMSKA A.: 3D Simulations of Microfluidic Devices. *Zesz. Nauk. Politechniki Łódzkiej - Cieplne maszyny przepływowe Turbomachinery* 2008 nr 133 s. 359–368.

[P44] WONG C. K., MISIUK A., WONG H., PANAS A.: Photoluminescence from High Pressure-Annealed Silicon Dioxide. *J. Vacuum Sci. Technol*. B (w druku).

[P45] WOSZCZYNA M., JANUS P., GRABIEC P., KOŁEK A., GOTSZALK T., RANGELOW I. W.: Ocena parametrów metrologicznych mikromechanicznych dźwigni piezorezystywnych. *Elektronika* 2008 nr 6 s. 92–94.

[P46] YAKUSHEV A., DVORAK J., DVORAKOVA Z., KRUCKEN R., NEBEL F., PEREGO R., SCHUBER R., SEMCHENKOV A., TURLER A., WIERCZINSKI B., BRUCHLE W., DULLMANN E., JAGER E., PERSHINA V., SCHADEL M., SCHAUSTEN B., SCHIMPF E., CHELNOKOV M., GORSHKOV V., KUZNETSOV A., YEREMIN A., EBERHARDT K., THROLE P., NAGAME Y., NISHIO K., OIN Z., WĘGRZECKI M.: Adsorption Behaviour of HsO_4. *GSI Sci. Rep. 2007* 2008, s. 155.

[P47] YASHCHYSHYN Y., MARCZEWSKI J., DERZAKOWSKI K., MODELSKI J., GRABIEC P.: Development and Performance Investigation of an Antenna System with Reconfigurable Aperuture. *IEEE Trans. on Antennas a. Propagation* (w druku).

[P48] ZABOROWSKI M., KUCHARSKI K., TOMASZEWSKI D., PANAS A., BUDZYŃSKI T., GRABIEC P.: Development of a FinFET-Type Submicron Test Device. *Elektronika* 2008 nr 1 s. 67–70.

Konferencje'2008

[K1] BERGAUER T., DRAGICEVIC M., FREY M., GRABIEC P., GRODNER M., HAENSEL S., HARTMANN F., HOFFMAN K., HRUBEC J., KRAMMER M., KUCHARSKI K., MACCHIOLO A., MARCZEWSKI J.: Results from a First Production of Enhanced Silicon Sensor Test Structures Produced by ITE Warsaw. 10th Int. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics (ICICBP10). Nowosybirsk, Rosja, 28.02–5.03.2008 (plakat).

[K2] BIENIEK T.: Heterogeneous System FE/HDL-Based Modeling (Part II). 8th eCubes Meet. (ECUBES8). Graz, Austria, 2–3.04.2008 (ref. zapr.).

[K3] BIENIEK T., JANCZYK G., GNIAZDOWSKI Z.: Modeling & Simulation u-Insert & Solder Ball. 10 eCUBES SP2 Meet. (ECUBES10). Paryż, Francja, 16–17.10.2008 (ref. zapr.).

[K4] BIENIEK T., JANCZYK G., JANUS P., GRABIEC P., SZYNKA J.: e-CUBES Devices and Interconnects-Integrated Modeling and Simulation for Reliability Analysis. 15th Int. Conf. Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES 2008 (ICMDIC15). Poznań, 19–21.06.2008 (ref.).

[K5] BIENIEK T., JANUS P., GRABIEC P.: Plakat pokazujący możliwości oraz główne obszary działalności Zakładu Z2. VII Kraj. Konf. Elektroniki (KKE2008). Darłówko, 2–04.06.2008 (plakat).

[K6] BIENIEK T., JANUS P., GRABIEC P.: ITE Poster for Brokerage Event. Brokerage Event of the European Technology Platform for Micro- and NanoManufacturing (MINAM). Bruksela, Belgia, 23–24.01.2008 (plakat).

[K7] BIENIEK T., JANUS P., KOCIUBIŃSKI A., GRABIEC P., JANCZYK G., SZYNKA J.: Integrated Multi-Domain Modeling and Simulation of Complex 3D Micro- and Nanostructures. Smart Systems Integration 2008, 2nd Europ. Conf. & Exhib. on Integration Issues of Miniaturized Systems - MEMS, MOEMS, ICs and Electronic Components (SMSYIN08). Barcelona, Hiszpania, 9–10.04.2008 (plakat).

[K8] BIENIEK T., KUCHARSKI K., ŁUKASIAK L., MALINOWSKI A., OBRĘBSKI D., TOMASZEWSKI D.: A CMOS Technology and Its Characterization in ITE. COMON Kick-off Meet. + MOS-AK Workshop (CKMMW). Eindhoven, Holandia, 3–4.04.2008 (plakat).

[K9] BIENIEK T., SOCHACKI M., STĘSZEWSKI J.: Symulacje diod Schottky'ego na SiC w środowisku Athena/Atlas. Sem. IMIO PW (SZTM08). Warszawa, 20.03.2008 (ref. zapr.).

[K10] CHUNG W. Y., CHANG K.-Ch., HONG D-Y., CHENG X. L., CRUZA F., LIU T. S., YANG C. H., CHIANG J. L., PIJANOWSKA D., DAWGUL M., TORBICZ W., GRABIEC P., JAROSZEWICZ B.: An Electronic Tongue System Design Using Ion Sensitive Field Effect Transistors and Their Interfacing Circuit

Techniques. University Government Industry Micro/Nano Symp. 2008 (UGIM08). Louisville, KY, USA, 13–16.07.2008 (ref.).

[K11] CORLESS T., MERCANZINI A., VAN DEN BULCKE M., DOMAŃSKI K.: Electrodes. Healthy Aims EC Review (HAER08). Bruksela, Belgia, 27–28.02.2008 (plakat).

[K12] DOMAŃSKI K.: Microsystem Technology for Medical Implants. 2nd Int. Forum on Innovative Technologies for Medicine ITMED 2008 (IFITM08). Białystok, Białowieża, 15–17.10.2008 (ref.).

[K13] DOMAŃSKI K., SZMIGIEL D., JANUS P., PROKARYN P., SIERAKOWSKI A., GRABIEC P.: Metal-Polymer Microelectrodes for Medical Implants. 34th Int. Conf. on Micro and Nano Engineering (ICMNE34). Ateny, Grecja, 15–19.09.2008 (plakat).

[K14] DOMAŃSKI K., SZMIGIEL D., JANUS P., PROKARYN P., SIERAKOWSKI A., GRABIEC P.: Wytwarzanie mikroelektrod dla implantów medycznych. I Kraj. Konf. Nano i Mikromechaniki (KKNM08). Krasiczyn, 8–10.07.2008 (plakat).

[K15] DUMANIA P., ŁYSKO J., KŁOS H., GRODNER M., SKWARA K., SZMIGIEL D.: Oscylator pierścieniowy CMOS jako układ detekcji odkształcenia nanoczułych mikrosond krzemowych. X Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne" (COE_10). Poznań, 22–25.06.2008 (kom.).

[K16] DVORAK J., DVORAKOVA Z., KRUCKEN R., NEBEL F., PEREGO R., SCHUBER R., SEMCHENKOV A., TURLER A., WIERCZINSKI B., YAKUSHEV A., BRUCHLE W., DULLMANN E., JAGER E., SCHADEL M., SCHAUSTEN B., SCHIMPF E., CHELNOKOV M., GORSHKOV V., KUZNETSOV A., YEREMIN A., EBERHARDT K., THROLE P., NAGAME Y., NISHIO K., QUIN Z., WĘGRZECKI M.: Synthesis of Hassium Isotopes in Reactions Leading to the Compound Nucleus ^{274}HsNRC7. Seventh Int. Conf. on Nuclear and Radiochemistry (NRC2008). Budapeszt, Węgry, 24–29.08.2008 (ref.).

[K17] EICHLER R., AKSENOV N. V., BELOZEROV A. V., BOZHIKOV G. A., CHEPIGIN V. I., DRESSLER R., DMITRIEV S. N., GAGGELER H. G., GORSHKOV V., HENDERSON R. A., ITKIS M. G., JOHNSEN A.M., KENNEALLY J. M., LEBEDEV V. Ya., MALYSHEV O. N., MOODY K. J., OGANESSIAN Yu. Ts., PETRUSCHKIN O. V., PIGUET D., POPEKO A. G., RASMUSSEN P., SEROV A. A., HAUGHNESSY D. A., SHISHKIN S. V., SHUTOV A. V., STOYER M. A., STOYER N. J., SVIRIKHIN A. I., TERESHATOV E. E., VOSTOKIN G. K., WĘGRZECKI M., WILK P. A., YEREMIN A.: Chemical Investigation of Element 114 - Status Report. NRC7 - Seventh Int. Conf. on Nuclear and Radiochemistry (NRC2008). Budapeszt, Węgry, 24–29.08.2008 (ref.).

[K18] EICHLER R., ABDULLIN F. Sh., AKSENOV N. V., BOLOZEROV A. V., BOZHIKOV G. A., CHEPIGIN V. I., DRESSLER R., DMITRIEV S. N., GAGGELER H. W., GORSHKOV V., HENDERSON R. A., ITKIS M. G., JOHNSEN A. M., KENNEALLY J. M., LEBEDEV V. Ya., LOBANOV Yu. V., MALYSHEV O. N., MOODY K. J., OGANESSIAN Yu. Ts., PETRUSCHKIN O. V., POLYAKOV A. N., PIGUET D., POPEKO A. G., RASMUSSEN P., SAGAIDAK R.N., SEROV A.A., SHIROKOVSKY I. V., SHAUGHNESSY D. A., SHISHKIN S. V., SUKHOV A. M., SHUTOV A.V., STOYER M. A., STOYER N. J., SVIRIKHIN A. I., TERESHATOV E. E., TSYGANOV Yu. S., UTYONKOV V. K., VOSTOKIN G. K., WĘGRZECKI M., WITTWER D., WILK P. A., YEREMIN A.: Chemical Investigation of Element 114. 7th Workshop on Recoil Separator for Super-heavy Element Chemistry (TASCA08). Darmstadt, Niemcy, 31–31.10.2008 (ref.).

[K19] GRABIEC P.: INTEGRAMplus Europractice Service FP6 Project. Micro-Nano-Bio Convergence Systems (MNBs): 2nd Concentration Meet. (MNBS08). Bruksela, Belgia, 3–4.03.2008 (ref. zapr.).

[K20] GRODECKI R., PIOTROWSKI T., PUŁTORAK J., SIKORSKI S., WĘGRZECKI M.: Silicon Planar Source of Injection Modulated IR Radiation. SPIE Europe Security + Defence (SPIEESD). Cardiff, Wielka Brytania, 15–18.09.2008 (plakat).

[K21] JANCZYK G., BIENIEK T.: Thermo-Mechanical and Stress Modeling and Simulation. 9th eCubes Meet. (E-CUB9). Drezno, Niemcy, 9–10.07.2008 (ref. zapr.).

[K22] JANCZYK G., BIENIEK T.: Stress Modeling & Simulation u-Insert @ e-Cubes Sample Structure. 10 eCUBES SP2 Meet. (ECUBES10). Paryż, Francja, 16–17.10.2008 (ref. zapr.).

[K23] JANCZYK G., BIENIEK T., SZYNKA J., GRABIEC P.: Heterogeneous System for Thermal Modelling and Simulations of Heterogeneous e-Cubes Devices. 15th Int. Conf. Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES 2008 (ICMDIC15). Poznań, 19–21.06.2008 (plakat).

[K24] JANCZYK G., BIENIEK T., SZYNKA J., GRABIEC P.: Integrated Thermal Modeling of Heterogeneous eCubes Stacked Devices THERMINIC 2008 - 14th Int. Workshop on Thermal Investigations of ICs and Systems (IWTIIS14). Rzym, Włochy, 24–26.09.2008 (plakat).

[K25] JANCZYK G., BIENIEK T., SZYNKA J., GRABIEC P.: Reliability Issues of e-Cubes Heterogeneous System Integration. 19th Europ. Symp. on Reliability of Electron Devices, Failure Physics and Analysis (ESREF08). Maastricht, Holandia, 29.09–2.10.2008 (ref.).

[K26] JANUS P.: Silicon Micro and Nano-Probes, Technology and Application. 3rd Workshop "AFM-Based Nanoscale Analysis" (WAFM_3). Hermsdorf, Niemcy, 21–23.02.2008 (ref. zapr.).

[K27] JANUS P., DOMAŃSKI K., GRABIEC P., BIENIEK T., MROCZYŃSKI R., DOBROWOLSKI R., GOTSZALK T., SULECKI P.: Active MEMS Structure for Characterization and Calibration of Scanning Thermal Microscopy Probes. 34th Int. Conf. on Micro and Nano Engineering (ICMNE34). Ateny, Grecja, 15–19.09.2008 (plakat).

[K28] JANUS P., DOMAŃSKI K., GRABIEC P., BIENIEK T., MROCZYŃSKI R., PIERŚCIŃSKA D., GOTSZALK T.: Active MEMS Structure for Characterization and Calibration of Scanning Thermal Microscopy Probes. 34th Int. Conf. on Micro and Nano Engineering (ICMNE34). Ateny, Grecja, 15–19.09.2008 (kom.).

[K29] JANUS P., GRABIEC P., DOMAŃSKI K., KOCIUBIŃSKI A., SZMIGIEL D.: Technology of Hybrid Integration of Silicon MEMS and CMOS Structures Using Polymer. Smart Systems Integration 2008. 2nd Europ. Conf. & Exhib. on Integration Issues of Miniaturized Systems - MEMS, MOEMS, ICs and Electronic Components (SMSYIN08). Barcelona, Hiszpania, 9–10.04.2008 (plakat).

[K30] JASIŃSKI J., GŁUSZKO G., ŁUKASIAK L., JAKUBOWSKI A., GRABIŃSKI W., TOMASZEWSKI D.: Compact Modeling of SiON MOST Devices. ESSDERC/ESSCIRC 2008 (ESSDE08). Edynburg, Wielka Brytania, 15–19.09.2008 (plakat).

[K31] JASIŃSKI J., GŁUSZKO G., IWANOWICZ M., TOMASZEWSKI D., ŁUKASIAK L., JAKUBOWSKI A.: Electrical Characterization of MOSFETs with Ultrathin SiON Gate Dielectric. 15th Int. Conf. Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES 2008 (ICMDIC15). Poznań, 19–21.06.2008 (plakat).

[K32] KARCZEMSKA A., RALCHENKO V., ŁYSKO J., LOUDA P., FIJAŁKOWSKI M., HASSARD J.: Diamond Microfluidic Devices. 19th Europ. Conf. on Diamond, Diamond Like Materials, Carbon Nanotubes, and Nitrides (EDCDMC). Stiges, Hiszpania, 7–11.09.2008 (plakat).

[K33] KUCEWICZ W., GRABIEC P., KUCHARSKI K., MARCZEWSKI J., MAZIARZ W., NIEMEC H., RUDDELL F. H., SAPOR M., TOMASZEWSKI D.: Development of Monolithic Active Pixel Sensor in SOI Technology Fabricated on the Wafer with Thick Device Layer. 2008 IEEE Nuclear Science Symp. and Medical Imaging Conf. and 16th Int. Workshop on Room Temperature Semiconductor (NSSMIC), Drezno, Niemcy, 19–25.10.2008 (plakat).

[K34] ŁYSKO J., WITKOWSKI D., SKIERBISZEWSKI C., KARCZEMSKA A.: Numerical Simulations of Diamond Microfluidic Device for Biomolecules Electrophoretic Separations. 19th Europ. Conf. on Diamond, Diamond Like Materials, Carbon Nanotubes, and Nitrides (EDCDMC). Stiges, Hiszpania, 7–11.09.2008 (plakat).

[K35] MALINOWSKI A., KOCIUBIŃSKI A., SAŁEK P., ŁUKASIAK L., ZABOROWSKI M., TOMASZEWSKI D., JAKUBOWSKI A.: Electrical Characterization of FinFETs. 15th Int. Conf. Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES 2008 (ICMDIC15). Poznań, 19–21.06.2008 (plakat).

[K36] MALINOWSKI A., SEKINE M., HORI M., TOMASZEWSKI D., JAKUBOWSKI A.: Influence of RIE Process Dispresions on FinFET Transistor Performance Estimated by Process and Device Simulations. 30th Int. Symp. on Dry Process - DPS2008 (DPS2008). Tokio, Japonia, 26–28.11.2008 (plakat).

[K37] MALINOWSKI A., SEKINE M., TAKEUCHI W., HORI M., TOMASZEWSKI D.: Nano Carbon Based Transistor for Future Generation FET Devices. The IUMRS Int. Conf. in Asia 2008 (IUMRS08). Nagoya, Japonia, 9–13.12.2008 (ref.).

[K38] MALYUTENKO V. K., MALYUTENKO O. YU., TYKHONOV A. M., GRODECKI R., PIOTROWSKI T., PUŁTORAK J., WĘGRZECKI M.: Si Broadband (3–12 μm) Emitting Diodes Operating at T ≥ 300 K. The 6th Int. Conf. on Photonics Devices and Systems (ICPDS_6). Praga, Czechy, 27–29.08.2008 (ref.).

[K39] MARCZEWSKI J.: SOI Beyond CMOS. 17th Int. Conf. on Microwaves, Radar and Wireless Communications (MIKON08). Wrocław, 19–21.05.2008 (ref. zapr.).

[K40] MARCZEWSKI J., GRABIEC P., DOMAŃSKI K.: Zakład Technologii Mikrosystemów i Nanostruktur Krzemowych ITE. I Kraj. Konf. Nano- i Mikromechaniki (KKNM08). Krasiczyn, 8–10.07.2008 (ref. zapr.).

[K41] MROCZYŃSKI R.: PECVD Dielectric Layers for Application in Silicon Micro-Electro-Mechanical Systems. 3rd Workshop "AFM-Based Nanoscale Analysis" (WAFM_3). Hermsdorf, Niemcy, 21–23.02.2008 (ref. zapr.).

[K42] NIEMIEC M., KUCEWICZ W., SAPOR M., GRABIEC P., KUCHARSKI K., MARCZEWSKI J., TOMASZEWSKI D., ARMSTRONG B. M., BAIN M., BAINE P., GAMBLE H. S., SUDER S. L., RUDDELL F. H.: Technology of SOI Monolithic Active Pixel Detectors for Improvement of I-V Characteristics and Reliability. 15th Int. Conf. Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES 2008 (ICMDIC15). Poznań, 19–21.06.2008 (ref.).

[K43] OKUNEV O., CHULKOVA G., MILOSTNAYA I., ANTIPOV A., SMIRNOV K., MOROZOM D., KORNEEV A., VORONOV B., GOLTSMAN G., SŁYSZ W., WĘGRZECKI M., BAR J., GRABIEC P., GÓRSKA M., PEARLMAN A., CROSS A., KITAYGORSKY J., SOBOLEWSKI R.: Registration of Infrared Single Photons by a Two-Channel Receiver Based on Fiber-Coupled Superconducting Single-Photon Detectors. Second Int. Conf. on Advanced Optoelectronics and Lasers, Optical Measurements Techniques. Jałta, Ukraina, 1.03.2008 (ref.).

[K44] PIERŚCIŃSKA D., PIERŚCIŃSKI K., BUGAJSKI M., BIENIEK T., JANCZYK G.: Thermoreflectance Study of Semiconductor Devices (Part III). 8th eCubes Meet. (ECUBES8). Graz, Austria, 2–3.04.2008 (ref. zapr.).

[K45] REIGER E., DORENBOS S., ZWILLER V., KORNEEV A., CHULKOVA G., MILOSTNAYA I., MINAEVA O., GOLTSMAN G., SŁYSZ W., BAR J., WĘGRZECKI M., GRABIEC P., KITAYGORSKY J., PAN D., JUKNA A., SOBOLEWSKI R.: Superconducting Single Photon Detectors Based on NbN Nanostructures for Spectroscopy Application. The Second Int. Workshop on Advanced Spectroscopy (SIWAS08). Gdańsk, 13–17.07.2008 (plakat).

[K46] SŁYSZ W., GUZIEWICZ M., BAR J., WĘGRZECKI M., GRABIEC P., GRODECKI R., WĘGRZECKA I., ZWILLER V., MILOSTNAYA I., VORONOV B., GOLTSMAN G., KITAYGORSKY J., SOBOLEWSKI R.: Superconducting NbN Nanostructures for Single Photon Quantum Detectors. VII Int. Conf. on ION Implantation and Other Applications of IONS and Electrons (ICION08). Kazimierz Dolny, 16–19.06.2008 (ref. zapr.).

[K47] STĘSZEWSKI J., BIENIEK T., SOCHACKI M.: SiC JFET & MOSFET - symulacje. Sem. IMIO PW (SZTM08). Warszawa, 20.03.2008 (ref. zapr.).

[K48] SZMIGIEL D.: Plasma Processing in MEMS Fabrication. 3rd Workshop "AFM-Based Nanoscale Analysis" (WAFM_3). Hermsdorf, Niemcy, 21–23.02.2008 (ref.).

[K49] SZMIGIEL D., DOMAŃSKI K., GRABIEC P.: Polysiloxane Coatings on Biomedical Micro Devices: Plasma Etching and Properties of Protection Layer. Third Int. Conf. Smart Materials, Structures and Systems - CIMTEC 2008 (CIMTEC). Acireale, Włochy, 8–13.06.2008 (plakat).

[K50] WITKOWSKI D., OBIDOWSKI D., ŁYSKO J., KARCZEMSKA A.: 3D Simulations of Microfluidic Devices. Int. Symp. SYMKOM'08, Compressor & Turbine Flow Systems, Theory & Application Areas (SYMKOM). Łódź, 15–17.09.2008 (kom.).

[K51] WITKOWSKI D., OBIDOWSKI D., ŁYSKO J., KARCZEMSKA A.: 3D Simulations of Diamond Microfluidic Devices. Int. Conf. "Vacuum and Plasma Surface Engineering" (ICVPSE08). Liberec-Hejnice, Czechy, 22–24.10.2008 (ref.).

[K52] WONG C. K., KOK C. W., MISIUK A., PANAS A.: Properties of Enhanced Hydrostatic Pressure-Annealed Silicon Oxynitride. IEEE Conf. on Electron Devices and Solid State Circuits 2008 (CEDSSC08). Hong Kong, Chiny, 8–10.12.2008.

[K53] WONG C. K., MISIUK A., WONG H., PANAS A.: Photoluminescence from High Pressure-Annealed Silicon Dioxide. 15th Workshop on Dielectrics and Microelectronics (WODIM15). Bad Saarow/Berlin, Niemcy, 23–25.06.2008 (plakat).

Patenty i zgłoszenia patentowe'2008

[PA1] ZABOROWSKI M., GRABIEC P., BUDZYŃSKI T.: Sposób wytwarzania płaskownika chromowego w nanoprzyrządach. Pat. RP nr 199399.

[PA2] GRABIEC P., RANGEŁOW I., ZABOROWSKI M.: Sposób wytwarzania stempla dla nanolitograficznego odciskania wzoru. Pat. RP nr 199400.

[PA3] WĘGRZECKI M., NOSSARZEWSKA E., WĘGRZECKA I., BUDZYŃSKI I., KRZEMIŃSKI S.: Detektor promieniowania jądrowego. Pat. RP nr 199422.

[PA4] GÓRSKA M., WRZESIŃSKA H., ŁYSKO J.: Sposób wykonania mesy heterostruktury związków $A_{III}B_{V}$. Pat. RP nr 200987.

[PA5] BUDZYŃSKI T., KOWALSKI P., GRABIEC P., LATECKI B., STUDZIŃSKA K.: Sposób wytwarzania piezorezystywnego czujnika ciśnienia. Pat. RP nr 201125.

[PA6] PIOTROWSKI T., WĘGRZECKI M.: Źródło modulowanego promieniowania termicznego. Zgł. pat. nr P.385216 z dn. 19.05.2008.

[PA7] GRODECKI R., PIOTROWSKI T., PUŁTORAK J., WĘGRZECKI M.: Matryca modulowanych źródeł promieniowania podczerwonego. Zgł. pat. nr P.385428 z dn. 12.06.2008.

[PA8] GRODECKI R., JUNG W., PIOTROWSKI T., PUŁTORAK J., SIKORSKI S., WĘGRZECKI M.: Źródło modulowanego promieniowania podczerwonego oraz matryca źródeł promieniowania podczerwonego. Zgł. pat. nr P.385456 z dn. 18.06.2008.

[PA9] ŁYSKO Ł., KARCZEMSKA A., SZYNKA S., BIENIEK T., GRABIEC P., PROKARYN P.: Wielostrukturowy przyrząd półprzewodnikowy. Zgł. pat. nr P.386062 z dn. 10.09.2008.

[PA10] PIOTROWSKI T., WĘGRZECKI M.: Emiter obrazów w podczerwieni. Zgł. pat. nr P.386063 z dn. 10.09.2008.