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. Tadeusz Budzyński, inż. Henryka Chmiel,
mgr inż. Rafał Dobrowolski, mgr inż. Krzysztof Domański,
dr Paweł Janus, mgr inż. Bohdan Jaroszewicz,
inż. Andrzej Kociubiński, inż. Witold Król,
mgr inż. Sylwester Krzemiński, dr inż. Krzysztof Kucharski,
dr inż. Jacek Marczewski, inż. Andrzej Panas,
mgr inż. Krystyna Studzińska, dr inż. Daniel Tomaszewski,
dr inż. Michał Zaborowski

1. Prace prowadzone w 2004 r.

Prace prowadzone w 2004 r. w Zakładzie Technologii Mikrosystemów i Nanostruktur Krzemowych można podzielić na następujące grupy tematyczne:

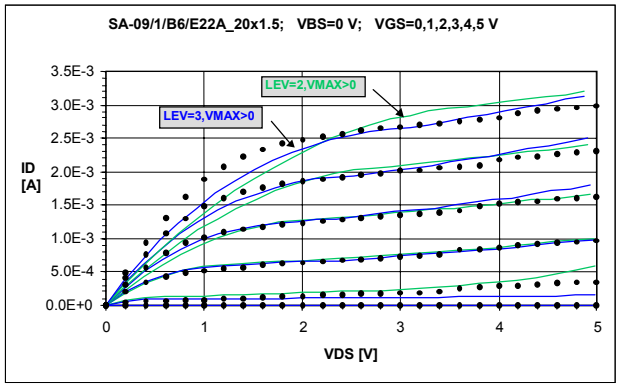
- działalność naukowo-badawcza w ramach zadań statutowych i grantów KBN,
- działalność naukowo-badawcza w ramach Programów Ramowych UE (5PR i 6PR),
- współpraca zagraniczna (poza 5PR i 6PR),
- działalność dydaktyczna.

2. Działalność naukowo-badawcza w ramach zadań statutowych i grantów KBN

Głównym celem prac prowadzonych w ramach projektu statutowego "Badanie i rozwój technologii mikroinżynierii i mikroelektroniki krzemowej" Etap V oraz Krajowego Centrum Mikro- i Nanotechnologii Krzemowej było rozszerzenie oferty technologicznej Zakładu oraz nawiązanie współpracy z czołowymi ośrodkami europejskimi. Prace koncentrowały się na czterech głównych blokach tematycznych. Są to: badania nad elementami technologii CMOS 1,5 μm, opracowanie technologii wytwarzania przyrządów mikroelektronicznych SOI, badania nad technologią wytwarzania mikro- i nanosond pomiarowych oraz charakteryzacja i optymalizacja technologii detektorów promieniowania. Ponadto pracowano nad wdrożeniem serwisu MPW i systemem dostępu do potencjału

technologicznego w ramach Krajowego Centrum Mikro- i Nanotechnologii Krzemowej oraz realizowano zadania kilku grantów indywidualnych.

Prace nad technologią 1,5 µm prowadzono tak, aby każdy z realizowanych etapów pozwalał na wykorzystanie cząstkowych rezultatów opracowania w pracach zespołu. W 2004 r. podjęto realizację dwóch zadań: zaprojektowanie i wykonanie bezpieczników z polikrzemu o nominalnych wymiarach 1,5 µm oraz wykonanie i charakteryzacja tranzystorów MOS i MOS SOI o wymiarach W = 20 µm i L = 1,5 µm. W celu opanowania technologii cienkich ścieżek metalowych i polikrzemowych opracowano strukturę próbną SPF2, w której najmniejsza szerokość ścieżki i najmniejszy odstęp między ścieżkami wynoszą 1 µm. Tranzystory długości 1,5 µm wykonywano przy użyciu zmodyfikowanej struktury TSSOI zaprojektowanej na potrzeby projektu SUCIMA. Przy jej użyciu wytworzono trzy partie technologiczne na płytkach typu "bulk" oraz dwie partie na podłożach SOI. Przykład charakterystyk wyjściowych tranzystora wykonanego na podłożu SOI o grubości 1 µm z kanałem typu n o długości nominalnej 1,5 µm przedstawia rys. 1. Na rysunku umieszczono także aproksymacje charakterystyk (SPICE, level 2,3) otrzymane w wyniku użycia parametrów wyekstrahowanych programem MOSTXX (autor D. Tomaszewski).



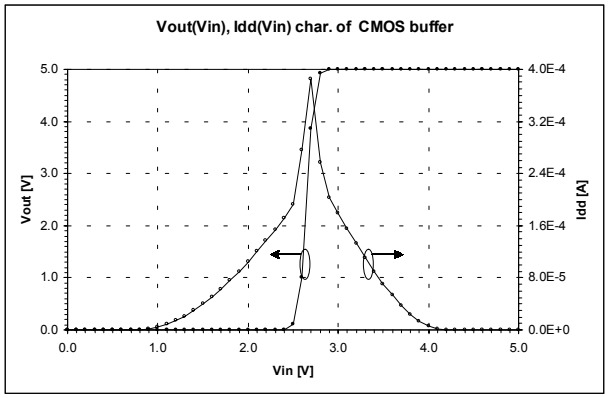
Rys. 1. Charakterystyki wyjściowe tranzystora MOS z kanałem typu n o wymiarach (w projekcie) W = 20 µm, L = 1,5 µm wytworzonego na podłożu SOI

W 2004 r. kontynuowano różnorodne działania mające na celu opracowanie technologii wytwarzania przyrządów mikroelektronicznych na podłożach SOI. Opracowano technologię wytwarzania prostych układów scalonych na podłożu SOI o grubości warstwy czynnej krzemu 1,5 µm. W celu weryfikacji procesów zmierzono statyczne charakterystyki przejściowe komórek cyfrowych CMOS. Otrzymano założone wyniki, których przykładem jest charakterystyka przejściowa bufora CMOS o zwiększonej obciążalności pokazana na rys. 2.

Wykonano także tranzystory działające na podłożu SOI o grubości czynnej warstwy krzemu wynoszącej 0,34 µm.

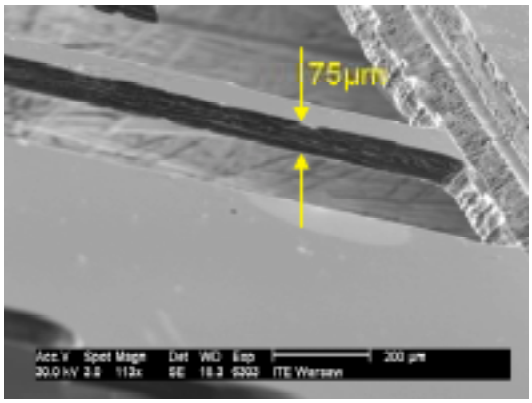
Rozpoczęto prace eksperymentalne nad realizacją koncepcji integrowania mikrosystemów opracowywanych w ITE z układami elektronicznymi wytwa-

rzanymi przez dostawców zewnętrznych. W pierwszej kolejności przeprowadzono rozpoznanie możliwości pocieniania płytek SOI pod kątem ich zastosowania w procesie integracji oraz sprawdzono przydatność niskotemperaturowej technologii wytwarzania złączy Schottky'ego do stosowania na gotowych wyrobach ASIC. Otrzymane wyniki wykazują, że praktyczne zrealizowanie przyjętych koncepcji wymaga rozwiązania wielu istotnych problemów związanych głównie z ekstrakcją i łączeniem struktur.



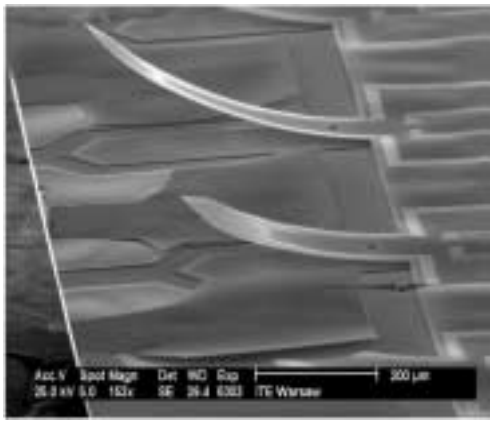
Rys. 2. Charakterystyki $V_{out}(V_{in})$ oraz $I_{dd}(V_{in})$ bufora CMOS SOI o zwiększonej obciążalności

Prace dotyczące projektowania i wytwarzania struktur krzemowych dla mikroskopii sił atomowych (AFM) objęły eksperymenty technologiczne oraz wykonanie struktur mikrosond AFM z ostrzami pomiarowymi. Celem przeprowadzonych eksperymentów było udoskonalenie sekwencji technologicznej wycinania kształtu elementów mikromechanicznych poprzez trawienie membran krzemowych, opracowanie procesów plazmowego trawienia krzemu oraz zaprojektowanie nowej wersji sekwencji technologicznej. Uzyskano wyższe szybkości trawienia przy mniejszych podtrawieniach. Na rys. 3 pokazano zdjęcie belki o grubości nieosiągalnej w dotychczasowej technologii.



Rys. 3. Zdjęcie SEM struktury belki o grubości 75 µm wyciętej za pomocą trawienia plazmowego

Nowe rozwiązania technologiczne umożliwiają wyeliminowanie ryzyka uszkodzenia delikatnych, gotowych struktur podczas mokrych procesów. Przeprowadzono udany eksperyment technologiczny dotyczący wytwarzania igieł krzemowych o zminimalizowanym promieniu krzywizny ostrza. Prowadzono także eksperymenty technologiczne związane z wytworzeniem mikropęsety polikrzemowej sterowanej termicznie. Na rys. 4 pokazano belkę polikrzemowo-tlenkową będącą modelem części pęsety (widoczne ugięcie jest związane z naprężeniami w warstwie polikrzemu). Za pomocą pakietu CoventorWare przeprowadzono szereg symulacji komputerowych wpływu położenia mikrogrzejnika aluminiowego na ugięcie takich belek.



Rys. 4. Belka polikrzemowo-tlenkowa (grubość tlenku 100 nm) ze ścieżkami metalizacji

Prace nad charakteryzacją i optymalizacją technologii detektorów promieniowania jonizującego prowadzono pod kątem stworzenia możliwości realizacji zamówień na specjalistyczne detektory zamawiane głównie przez europejskie ośrodki akademickie dla celów badawczych. W znacznej części prace były inspirowane przez rozwój technologii całkowicie zubożonych monolitycznych detektorów wytwarzanych na podłożach SOI (projekt SUCIMA). W trakcie szeroko zakrojonych eksperymentów stwierdzono, że zastosowanie implantacji do wytworzenia złączy detektorów prowadzi do zmniejszenia budżetu termicznego i obniżenia kosztów wytwarzania przyrządów. Pozwala też na otrzymanie jakości złączy zbliżonej do otrzymywanych dotychczas metodą dyfuzji z domieszkowanego krzemu amorficznego. W ramach prac nad krzemowymi diodami PIN do detekcji promieniowania jądrowego opracowano nowe procesy nanoszenia bardzo cienkich (5 ÷ 10 nm) warstw metalicznych Au i Al oraz procesy ich obróbki fotolitograficznej.

W 2004 r. prowadzono prace nad uruchomieniem w ITE serwisu MPW w oparciu o opracowaną w 2003 r. technologię CMOS 3 μm z bramką polikrzemową i metalizacją dwupoziomową. Pomiary na strukturach próbnych wykazały zgodność otrzymanych parametrów z zakładanymi i potwierdziły utrzymanie stanu linii umożliwiającego wytwarzanie struktur MPW. Podjęto

ustalenia zapewniające w ITE środki informatyczne niezbędne do funkcjonowania serwisu. Opracowano procedury obowiązujące podczas zgłaszania projektów do realizacji na rzecz odbiorców zewnętrznych. Istotnym medium informacyjnym w tym przedsięwzięciu będzie Internet. W związku z tym zaprojektowano nową stronę WWW Zakładu formie filmu Flash, który po wbudowaniu w plik HTML będzie umieszczony na instytutowym serwerze. Przykładowy zrzut ekranowy jednej ze stron pokazano na rys. 5.

Rys. 5. Zrzut ekranowy jednej ze stron Zakładu

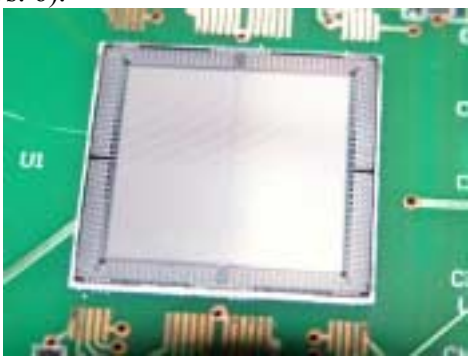
W ramach indywidualnych grantów KBN pracowano nad sondą do badania fizjologii roślin (wykonano partię struktur próbnych tranzystorów ISFET i opanowano technologię warstw platynowych do termorezystorów) oraz kontynuowano badania zjawiska piezoelektrycznego pod kątem wykorzystania go do budowy sond pomiarowych.

3. Działalność naukowo-badawcza w ramach Programów Ramowych UE

W 2004 r. prowadzono różnorodną działalność w ramach projektów 5 i 6 PR UE. Najważniejsze z nich to projekty SUCIMA, HEALTHY AIMS, ROBOSEM, SEWING, MOEMS CENTRE i MST-SYSTEMS i MINAEST-NET. Istotną cechą tych projektów jest to, że włączają one Instytut do Europejskiej Przestrzeni Badawczej (ERA), której elementami są nie tylko instytucje badawcze krajów europejskich, lecz również przedsiębiorstwa poszukujące innowacyjnych rozwiązań technicznych.

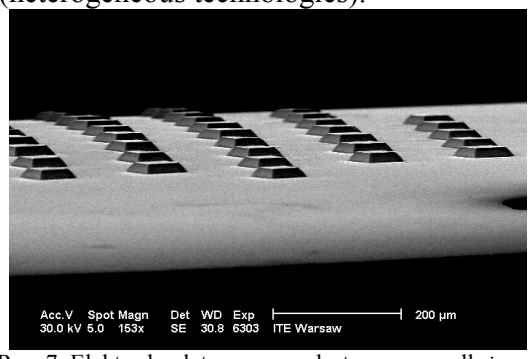
- SUCIMA "Silicon Ultra Fast Cameras for Electron and Gamma Sources in Medical Applications"
  W ramach projektu zakończono opracowanie technologii SOI dla pikselowego detektora promieniowania jonizującego zintegrowanego z elektroniką

odczytową. Wykonano prototyp i dokonano wstępnej oceny jego działania. Jest to pierwszy na świecie monolityczny detektor pikselowy wykonany w ten sposób, że sensor znajduje się w dolnej części płytki SOI, a elektronika w warstwie górnej (rys. 6).



Rys. 6. Detektor SOI zamontowany na płytce do akwizycji danych

- HEALTHY AIMS "Nano Scale Materials and Sensors and Microsystems for Medical Implants Improving Health and Quality of Life"
  W 2004 r. opracowywano mikroelektrody do implantów medycznych, wykonano struktury testowe elektrod do wszczepiania w siatkówkę oka (rys. 7) oraz zaprojektowano piezorezystywny czujnik krzemowy będący częścią sensora do pomiaru ciśnienia śródgałkowego oka. Należy podkreślić, że podejmując ten temat ITE rozszerza obszar swego działania poza typową technologię krzemową. Narzędzia technologii krzemowej służą tu do opracowania przyrządów wykorzystujących przede wszystkim polimery i metale jako materiały konstrukcyjne. Technologia ta pozwala również perspektywicznie na integracje różnych materiałów z krzemem (heterogeneous technologies).



Rys. 7. Elektrody platynowe na elastycznym podłożu

- ROBOSEM "Development of a Smart Nanorobot for Sensor-Based Handling in a Scanning Electron Microscope"
  Zadaniem ITE jest opracowanie konstrukcji i technologii wytwarzania czujników siły stanowiących element "zmysłu dotyku" mikrorobota. W 2004 r. wykonano i scharakteryzowano dwie partie technologiczne czujników siły.

- SEWING "System for European Water Monitoring"
  Wykonano końcowe prototypy czujników ISFET dla europejskiego systemu monitorowania wody.

- MOEMS CENTRE "A European Network of Competencies in MOEMS Devices and Technologies"
  Projekt jest elementem szerszego przedsięwzięcia europejskiego w sferze technologii informacyjnych (IST) o nazwie EUROPRACTICE. Ma na celu ułatwienie dostępu organizacjom przemysłowym, zwłaszcza małym przedsiębiorstwom, do nowych rozwiązań technicznych oferowanych przez instytuty badawcze, przede wszystkim poprzez upowszechnianie wiedzy o istniejących i powstających nowych rozwiązaniach technologicznych i organizacyjnych w sferze B+R w Unii Europejskiej. Najważniejszym osiągnięciem Zakładu w 2004 r. było opracowanie projektu rozbudowy ośrodka ITE w Piasecznie w oparciu o fundusze strukturalne. Celem tego przedsięwzięcia jest utworzenie ośrodka działającego w obszarze zaawansowanych mikro- i nanotechnologii atrakcyjnego zarówno dla przemysłu, jak i dla uczelni. Ośrodek stałby się punktem spotkań tych dwóch środowisk, zapewniając z jednej strony możliwości badawczo-rozwojowe, z drugiej zaś dopływ informacji o nowoczesnych rozwiązaniach technologicznych pozwalających na wprowadzanie do praktyki przemysłowej innowacyjnych produktów.

- MST-SYSTEMS "Micro Systems Technology – SYSTEMS"
  Jest to projekt EUROPRACTICE, którego celem jest wspieranie zastosowań w obszarze mikrosystemów projektowania. Działalność zespołu ITE w ramach tego projektu koncentrowała się na swojego rodzaju marketingu naukowym ukierunkowanym na pozyskiwanie klientów, którzy zamawialiby opracowania w ITE lub też wspólnie z Instytutem podejmowali nowe projekty badawcze.

- MINAEAST-NET "Micro and Nanotechnologies going to Eastern Europe through Networking"
  Jest to sieć grupująca ośrodki badawcze, głównie nowych krajów członkowskich UE, działające w obszarze mikro- i nanotechnologii. Celem sieci jest rozwój współpracy oraz integracja tych ośrodków w ramach Europejskiej Przestrzeni Badawczej (ERA).

4. Współpraca zagraniczna (poza programami ramowymi UE)

Niezależnie od działań związanych z 5 i 6 PR UE Zakład utrzymuje i poszerza kontakty z ośrodkami zagranicznymi. Celem jest stworzenie w międzynarodowych środowiskach badawczych dobrej opinii o ITE jako o instytucji będącej w stanie podejmować się niszowych zadań badawczych. W ramach tej współpracy podjęto

szereg przedsięwzięć dla kilku partnerów z USA oraz Włoch. Dla klientów amerykańskich opracowano konstrukcję i technologię transducera oraz wykonano prototypy anten mikrofalowych o sterowanej charakterystyce, a także wytworzono specjalistyczne struktury czujników chemicznych ISFET. Dla odbiorców włoskich wykonano nietypowe detektory promieniowania jonizującego.

5. Działalność dydaktyczna

Zakład włącza się w inicjatywy podejmowane przez polskie i międzynarodowe instytucje zewnętrzne (Politechniki Łódzka, Wrocławska, Warszawska i Lubelska, The International Association for the Exchange of Students for Technical Experience IAESTE). W 2004 r. organizowano praktyki studenckie, udostępniano narzędzia badawcze oraz prowadzono konsultacje.

6. Wyniki prac naukowo-badawczych

Prototypy, modele, wdrożenia

Opracowano technologię monolitycznych detektorów promieniowania jonizującego i wykonano prototyp.

Opracowano elementy technologii różnorodnych przyrządów mikromechanicznych.

Usługi naukowo-badawcze i produkcja małoseryjna

Łączna wartość sprzedaży produkcji doświadczalnej i usług powstałych w wyniku prac naukowo-badawczych wyniosła ok. 215 tys. PLN (głównie specjalizowane układy scalone ASIC, czujniki ISFET, fotodiody oraz wykonanie usług technologicznych, w niewielkim zakresie produkcja masek). Wartość usług naukowo-badawczych osiągnęła ponad 230 tys. PLN.

Publikacje'2004

[P1] ALEMI M., BULGHERONI A., CACCIA M., ANELLI M., BERTOLUCCI S., CORDELLI M., MISCETTI M., BETINI M., BORSATO E., CHECCHIA P., FANIN C., MARGONI M., NICOLETTO M., PEGHIN R., MARCZEWSKI J.: LCCAL: A Calorimeter Prototype for Future Linear Colliders. Proc. of the 8th Conf. Astroparticle, Particle and Space Physics, Detectors and Medical Physics Applications, World Sci. Publ. 2004, s. 181–187.

[P2] BARCZ A., PANAS A., JAKIELA R.: Out- and In-Diffusion of Oxygen 16O in Silicon. *Semicond. Sci. a. Technol.* 2004 vol. 19 nr 11 s. 1311–1314.

[P3] BETTINI M., BORSATO E., CHECCHIA P., NICOLETTO M., NADULATE B., VALLAZZA E., JAROSZEWICZ B., MARCZEWSKI J., TOMASZEWSKI D., BERTOLUCCI S., MISCETI S., ALEMI M., BULGHERONI A., CACCIA M., CAPPELLINI C., PREST M., KUCEWICZ W.: Silicon PAD Detectors for an

Electromagnetic Calorimeter at Future Linear Collider Experiments – Characterisation and Test Beam Results. Proc. of the 8th Conf. Astroparticle, Particle and Space Physics, Detectors and Medical Physics Applicatins, World Sci. Publ. 2004, s. 176–79.

[P4] BULGHERONI A., CACCIA M., DOMAŃSKI K., GRABIEC P., GRODNER M., JAROSZEWICZ B., KLATKA T., KOCIUBIŃSKI A., KOZIEL M., KUCEWICZ W., KUCHARSKI K., KUTA S., MARCZEWSKI J., NIEMIEC H., SAPOR M., SZELEZNIAK M., TOMASZEWSKI D.: Monolithic Active Pixel Detector Realized in Silicon on Insulator Technology. *Nucl. Instr. a. Meth.* A 2004 vol. 535 nr 1–2 s. 398–403.

[P5] DOMAŃSKI K., GRABIEC P., GRODNER M., JAROSZEWICZ B., JASIELSKI J., KLATKA T., JASTRZĄB M., KLATKA M., KOZIEŁ M., KUCEWICZ W., KUCHARSKI K., KUTA S., MARCZEWSKI J., NIEMIEC H., SAPOR M., TOMASZEWSKI D.: Mozaikowy detektor monolityczny z aktywnymi komórkami w technologii SOI. *Elektronika* 2004 nr 10 s. 39–41.

[P6] GOTSZALK T., CZARNECKI P., GRABIEC P., DOMAŃSKI K., ZABOROWSKI M., RANGELOW I. W.: Microfabricated Cantilever with Metallic Tip for Electrostatic and Capacitance Microscopy and Its Application to Investigation of Semiconductor Devices. *J. of Vacuum Sci. a. Technol.* B 2004 vol. 22 nr 2 s. 506–509.

[P7] GOTSZALK T., KOLANEK K., HASEK T., SIKORA A., SZELOCH R., GRABIEC P., DOMAŃSKI K., JANUS P.: Elektroniczne układy pomiarowe współpracujące z mikrosystemowymi piezorezystywnymi czujnikami siły. Mat. konf. III Kraj. Konf. Elektroniki, Kołobrzeg, 16–18.06.2004, vol. 1/2 s. 253–258.

[P8] GOTSZALK T., RADOJEWSKI J., SZELOCH R., MARENDZIAK A., SIKORA A., HASEK T., KOLANEK K., GRABIEC P., RANGELOW I. W.: Diagnostyka materiałów i układów mikro- i nanoelektronicznych metodami modularnej mikroskopii bliskich oddziaływań. Mat. konf. III Kraj. Konf. Elektroniki, Kołobrzeg, 16–18.06.2004, vol. 1/2 s. 73–82.

[P9] GOTSZALK T., SIKORA A., JANUS P., GRABIEC P., RANGELOW I. W.: Piezorezystywna dźwignia sprężysta z termiczną aktuacją wychylenia. Mat. VIII Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne", Wrocław, 27–30.06.2004, s. 346–349.

[P10] GOTSZALK T., SIKORA A., MARENDZIAK A., KOLANEK K., SANKOWSKA A., GRABIEC P., RANGELOW I. W.: Zagadnienia pomiaru sił i wychyleń w mikro- i nanosystemach. Mat. VIII Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne", Wrocław, 27–30.06.2004, s. 354–358.

[P11] GOTSZALK T., RADOJEWSKI J., SZELOCH R., MARENDZIAK A., SIKORA A., HASEK T., KOLANEK K., GRABIEC P., RANGELOW I. W.: Diagnostyka materiałów i układów mikro- i nanoelektronicznych metodami modularnej mikroskopii bliskich oddziaływań. *Elektronika* 2004 nr 12 s. 29–33.

[P12] GRABIEC P., RADOJEWSKI J., ZABOROWSKI M., DOMAŃSKI K., SCHENKEL T., RANGELOW I. W.: Batch Fabricated Scanning Near Field Optical Microscope/Atomic Force Microscopy Microprobe Integrated with Piezoresistive Cantilever Beam with Highly Reproducible Focused Ion Beam Micromachined Aperture. *J. of Vacuum Sci. a. Technol.* B 2004 vol. 22 nr 1 s. 16–21.

[P13] GRABIEC P., ZABOROWSKI M., DOMAŃSKI K., GOTSZALK T., RANGELOW I. W.: Nano-Width Lines using Lateral Pattern Definition Technique for Nanoimprint Template Fabrication. *Microelectron. Eng*. 2004 vol. 73–74 s. 599–603.

[P14] JAROSZEWICZ B., TOMASZEWSKI D., KOCIUBIŃSKI A., NIKODEM M., GRABIEC P., PIJANOWSKA D., TORBICZ W., CHUDY M.: Rozwój konstrukcji i technologii jonoczułych tranzystorów polowych. *Elektronika* 2004 nr 10 s. 27–28.

[P15] KAMIŃSKA E., GOŁASZEWSKA K., PIOTROWSKA A., KRUSZKA R., KUCHUK A., PAPIS E., SZELOCH R., JANUS P., GOTSZALK T., BARCZ A., WAWRO A.: Study of Long-Term Stability of Ohmic Contacts to GaN. *phys. stat. sol.* (c) 2004 vol. 1 nr 2 s. 219–222.

[P16] KUCEWICZ W., ALEMI M., AMATI M., DOMAŃSKI K., GRABIEC P., JAROSZEWICZ B., KUCHARSKI K., MARCZEWSKI J., TOMASZEWSKI D., ZALEWSKA A.: Position-Sensitive Silicon Detectors for Real-Time Dosimetry in Medical Applications. *Nucl. Instr. a Meth.* A 2004 vol. 518 s. 411–414.

[P17] KUCEWICZ W., BULGHERONI A., CACCIA M., GRABIEC P., MARCZEWSKI J., NIEMIEC H.: Development of Monolithic Active Pixel Detector in SOI Technology. Proc. of the 5th Int. Symp. on Development and Application of Semiconductor Tracking Detectors, Hiroshima, Japonia, 14–17.06.2004, http://jsdhp1.kek.jp.

[P18] MARCZEWSKI J., DOMAŃSKI K., GRABIEC P., GRODNER M., JAROSZEWICZ B., KOCIUBIŃSKI A., KUCHARSKI K., TOMASZEWSKI D., KUCEWICZ W., KUTA S., MACHOWSKI W., NIEMIEC H., SAPOR M., CACCIA M.: SOI Active Pixel Detectors of Ionizing Radiation – Technology and Design Development. *IEEE Trans. on Nucl. Sci.* 2004 vol. 51 nr 3 s. 1025–1028.

[P19] MARENDZIAK A., CZARNECKI P., GOTSZALK T., RADOJEWSKI J., SZELOCH R., GRABIEC P., RANGELOW I. W.: Kalibracja sondy pomiarowej stosowanej w skaningowej mikroskopii sił atomowych. Mat. VIII Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne", Wrocław, 27–30.06.2004, s. 224–227.

[P20] MAZIARZ W., PISARKIEWICZ T., GRABIEC P.: Thin Film Sensors on the Integrated Micromachined Substrate. Mat. VIII Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne", Wrocław, 27–30.06.2004, s. 195–198.

[P21] NIEMIEC H., JASTRZAB M., KUCEWICZ W., KUTA S., SAPOR M., SZELEZNIAK M., DOMAŃSKI K., GRABIEC P., GRODNER M., JAROSZEWICZ B., KOCIUBIŃSKI A., KUCHARSKI K., MARCZEWSKI J., TOMASZEWSKI D., CZERMAK A., DULNY B., SOWICKI B., ZALEWSKA A., BULGHERONI A., CACCIA M.: Preliminary Measurements of the Monolithic Active Pixel Detector Realized in the SOI Technology. Proc. of the 11th Int. Conf. Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES, Szczecin, 24–26.07.2004, s. 234–237.

[P22] NIEMIEC H., DOMAŃSKI K., GRABIEC P., GRODNER M., JAROSZEWICZ B., KLATKA T., KOCIUBIŃSKI A., KOZIEL M., KUCEWICZ W., KUCHARSKI K., KUTA S., JASIELSKI J., MARCZEWSKI J., SAPOR M., SZELEZNIAK M., TOMASZEWSKI D.: Monolithic Active Pixel Detector in SOI Technology – Preliminary Results. Proc. of the IEEE 24th Int. Conf. on Microelectronics MIEL 2004, Niš, Serbia i Czarnogóra, 16–19.05.2004, s. 209–212.

[P23] SCHENKEL T., RANGELOV I. W., KELLER R., PARK S. J., NILSSON J., PERSAUD A., RADMILOVIC V. R., GRABIEC P., SCHNEIDER D. H., LIDDLE J. A., BOKOR J.: Open Questions in Electronic Sputtering of Solids by Slow Highly Charged Ions with Respect to Applications in Single Ion Implantation. *Nucl. Instr. a. Meth.* B 2004 vol. 219–220 s. 200–205.

[P24] WĘGRZECKA I., WĘGRZECKI M., BAR J., GRYNGLAS M., USZYŃSKI A., GRODECKI R., GRABIEC P., KRZEMIŃSKI S., BUDZYŃSKI T.: Silicon Avalanche Photodiodes Developed at the Institute of Electron Technology. *Proc. of SPIE* 2004 vol. 5484 s. 503–514.

[P25] WĘGRZECKA I., WĘGRZECKI M., GRYNGLAS M., BAR J., USZYŃSKI A., GRODECKI R., GRABIEC P., KRZEMIŃSKI S., BUDZYŃSKI T.: Design and Properties of Silicon Avalanche Photodiodes. *Opto-Electron. Rev*. 2004 vol. 12 nr 1 s. 95–104.

[P26] WĘGRZECKA I., WĘGRZECKI M., BAR J., SŁYSZ W., GRYNGLAS M., USZYŃSKI A., GRODECKI R., GRABIEC P., KRZEMIŃSKI S., BUDZYŃSKI T., PANAS A.: Silicon Photodiodes and PIN Diodes Developed at the Institute of Electron Technology. *Proc. of SPIE* 2004 vol. 5484 s. 493–502.

[P27] ZABOROWSKI M., GRABIEC P., RANGELOW I. W.: Chromium Nano-Width Ribbons by Standard Lithography and Wet Etching. *Microelectron. Eng.* 2004 vol. 73–74 s. 588–593.

Konferencje, seminaria'2004

[K1] BECK R. B., GRABIEC P., PASZKIEWICZ R.: Silicon and Its Compounds – Non-Classical Applications. VIII Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa" ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–24.04.2004 (ref., abstr. s. 45–46).

[K2] BULGHERONI A., BADANO L., BERST D., BIANCHI C., BOL J., 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 y Sources in Medical Applications – a Progress Report. 9th Topical Sem. on Innovative Particle and Radiation Detectors, Siena, Włochy, 23–26.05.2004 (ref.).

[K3] BULGHERONI A., CACCIA M., DOMAŃSKI K., GRABIEC P., GRODNER M., JAROSZEWICZ B., KLATKA T., KOCIUBIŃSKI A., KOZIEL M., KUCEWICZ W., KUCHARSKI K., KUTA S., MARCZEWSKI J., NIEMIEC H., SAPOR M., SZELEZNIAK M., TOMASZEWSKI D.: Monolithic Active Pixel Detector Realized in Silicon on Insulator Technology. 10th Vienna Conf. on Instrumentation, Wiedeń, Austria, 16–21.01.2004 (ref.).

[K4] DOMAŃSKI K., GRABIEC P., GRODNER M., JAROSZEWICZ B., KLATKA T., KOCIUBIŃSKI A., KOZIEŁ M., KUCEWICZ W., KUCHARSKI K., KUTA S., MACHOWSKI W., MARCZEWSKI J., NIEMIEC H., SAPOR M., SZELEZNIAK M., TOMASZEWSKI D.: Monolithic Active Pixel Detector in SOI Technology. VIII Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa" ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 245–246).

[K5] DOMAŃSKI K., JANUS P., GRABIEC P., NIKODEM M., SILL A., PEREZ R., CHAILLET N.: Design and Fabrication of Force Sensors for Microrobot. VIII Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa" ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 439–440).

[K6] DOMAŃSKI K., JANUS P., GRABIEC P., PEREZ R., CHAILLET N., FAHLBUSCH S., SILL A., FATIKOW S.: Design, Fabrication and Characterization of Force Sensors for Nanorobot. Micro and Nano Engineering MNE 2004, Rotterdam, Holandia, 18–22.09.2004 (plakat, abstr. s. 220–221).

[K7] GOTSZALK T., RADOJEWSKI J., SZELOCH R., MARENDZIAK A., SIKORA A., HASEK T., KOLANEK K., GRABIEC P., RANGELOW I. W.: Diagnostyka materiałów i układów mikro- i nanoelektronicznych metodami modularnej mikroskopii bliskich oddziaływań. III Kraj. Konf. Elektroniki, Kołobrzeg, 16–18.06.2004 (ref. zapr.).

[K8] GOTSZALK T., KOLANEK K., HASEK T., SIKORA A., SZELOCH R., GRABIEC P., DOMAŃSKI K., JANUS P.: Elektroniczne układy pomiarowe współpracujące z mikrosystemowymi piezorezystywnymi czujnikami siły. III Kraj. Konf. Elektroniki, Kołobrzeg, 16–18.06.2004 (ref.).

[K9] GOTSZALK T., SIKORA A., JANUS P., GRABIEC P., RANGELOW I. W.: Piezorezystywna dźwignia sprężysta z termiczną aktuacją wychylenia. VIII Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne", Wrocław, 27–30.06.2004 (kom.).

[K10] GOTSZALK T., SIKORA A., MARENDZIAK A., KOLANEK K., SANKOWSKA A., GRABIEC P., RANGELOW I. W.: Zagadnienia pomiaru sił i wychyleń w mikro- i nanosystemach. Mat. VIII Konf. Nauk. "Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne", Wrocław, 27–30.06.2004 (kom.).

[K11] GRABIEC P.: Dissemination of MEMS/MOEMS Microsystems and Nanotechnology Applications in Industry. VIII Konf. Nauk. "Technologia Elektronowa" ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–24.04.2004 (ref., abstr. s. 429).

[K12] GRABIEC P.: Micro- and Nanotechnology in Poland, a Look at the New Member of the Enlarged Union. 10th Micromachine Summit, Grenoble, Francja, 3–5.05.2004 (ref.).

[K13] GRABIEC P., DOMAŃSKI K., ZABOROWSKI M., MARENDZIAK A., IVANOVA K., RANGELOW I. W.: A Simple Nano-Patterning Technique using Lateral Pattern Definition. Fifth Int. Conf. on Microelectronics and Interfaces, ICMI'04, Santa Clara, USA, 1–3.03.2004 (ref.).

[K14] GRODNER M., KLATKA T., KOZIEŁ M., KUCEWICZ W., KUCHARSKI K., MARCZEWSKI J., NIEMIEC H., SAPOR M., SZELEZNIAK M., TOMASZEWSKI D.: CMOS SOI Technology Characterization and Verification of Device Models for Analogue Design. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 259–260).

[K15] HASEK T., GOTSZALK T., GRABIEC P., SZELOCH R.: Near Field Scanning Thermal Microscopy for Investigation of Surface Micro and Nano System Thermal Conductivity. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 465–466).

[K16] JANUS P., DOMAŃSKI K., GRABIEC P., KOSZUR J., LATECKI B., GNIAZDOWSKI Z.: Electro-Mechanical Characterisation of Piezoresistive Force Sensors. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 442–443).

[K17] JAROSZEWICZ B., TOMASZEWSKI D., KOCIUBIŃSKI A., NIKODEM M., GRABIEC P., CHUDY M., PIJANOWSKA D., TORBICZ W.: Design and Process Development of Ion Sensitive FET's. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 214–215).

[K18] JAROSZEWICZ B., DOMAŃSKI K., TOMASZEWSKI D., JANUS P., KUDŁA A., LATECKI B., KOCIUBIŃSKI A., NIKODEM M., KĄTCKI J., WZOREK M., MARCZEWSKI J., GRABIEC P.: Application of Ion Implantation for Mono-Si Piezoresistors Manufacturing in Silicon MEMS Technology. V Int. Conf. Ion Implantation and Other Applications of Ions and Electrons, Kazimierz Dolny, 14–17.06.2004 (plakat, abstr. s. 100).

[K19] KOCIUBIŃSKI A., GRABIEC P., TOMASZEWSKI D., KUCHARSKI K., BUDZYŃSKI T., DOMAŃSKI K., MARCZEWSKI J., MILCZAREK W.: Polysilicon Fuses as Efficient Tool for Programming of Semiconductor Sensor Arrays. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 446–447).

[K20] KOLANEK K., GOTSZALK T., GRABIEC P., SZELOCH R.: Electrostatic Force Microscope for Investigation of Surface Electrical Properties. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 441).

[K21] KUCEWICZ W., BULGHERONI A., CACCIA M., DOMAŃSKI K., GRABIEC P., GRODNER M., JAROSZEWICZ B., JASTRZAB M., KOCIUBIŃSKI A., KUCHARSKI K., KUTA S., MARCZEWSKI J., NIEMIEC H., SAPOR M., TOMASZEWSKI D.: Fully Depleted Monolithic Active Pixel Sensor in SOI Technology. IEEE Nucl. Sci. Symp., Rzym, Włochy, 16–23.10.2004 (ref.).

[K22] KUCEWICZ W., BULGHERONI A., CACCIA M., GRABIEC P., MARCZEWSKI J., NIEMIEC H.: Development of Monolithic Active Pixel Detector in SOI Technology. 5th Int. Symp. on Development and Application of Semiconductor Tracking Detectors, Hiroshima, Japonia, 14–17.06.2004 (ref.).

[K23] KUCHARSKI K., TOMASZEWSKI D., GRODNER M., DUTKIEWICZ W., GRABIEC P., HEJDUK K., KOCIUBIŃSKI A., MALESIŃSKA J., KOKOSZKA A., OBRĘBSKI D., SZYNKA J.: MPW Service for Manufacturing of CMOS ASICs in a National Center of Silicon Micro- and Nano-Technology. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 220–222).

[K24] ŁUKASIAK L., JAKUBOWSKI A., TOMASZEWSKI D.: Modeling I-V Characteristics of a p-MOSFET with a SiGe Channel. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 231–232).

[K25] ŁUKASIAK L., JAKUBOWSKI A., TOMASZEWSKI D.: Modeling MOS Capacitor with SiGe Gate. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 233–234).

[K26] ŁUKASIAK L., JAKUBOWSKI A., TOMASZEWSKI D.: Modeling Threshold Voltage of a MOS Structure with SiGe Channel and Gate. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 235–236).

[K27] 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. 13th Int. Workshop on Vertex Detectors VERTEX 2004, Menaggio, Włochy, 13–18.09.2004 (ref. zapr.).

[K28] MARENDZIAK A., CZARNECKI P., GOTSZALK T., RADOJEWSKI J., SZELOCH R., GRABIEC P., RANGELOW I. W.: Kalibracja sondy pomiarowej stosowanej w skaningowej mikroskopii sił atomowych. VIII Konf. Nauk. “Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne”, Wrocław, 27–30.06.2004 (kom.).

[K29] MAZIARZ W., PISARKIEWICZ T., GRABIEC P.: Thin Film Sensors on the Integrated Micromachined Substrate. Mat. VIII Konf. Nauk. “Czujniki Optoelektroniczne i Elektroniczne”, Wrocław, 27–30.06.2004 (kom.).

[K30] NIEMIEC H., JASTRZAB M., KUCEWICZ W., KUTA S., SAPOR M., SZELEZNIAK M., DOMAŃSKI K., GRABIEC P., GRODNER M., JAROSZEWICZ B., KOCIUBIŃSKI A., KUCHARSKI K., MARCZEWSKI J., TOMASZEWSKI D., CZERMAK A., DULNY B., SOWICKI B., ZALEWSKA A., BULGHERONI A., CACCIA M.: Preliminary Measurements of the Monolithic Active Pixel Detector Realized in the SOI Technology. Proc. of the 11th Int. Conf. Mixed Design of Integrated Circuits and Systems MIXDES, Szczecin, 24–26.07.2004 (ref.).

[K31] NIEMIEC H., JASTRZAB M., KUCEWICZ W., KUTA S., SAPOR M., DOMAŃSKI K., GRABIEC P., GRODNER M., JAROSZEWICZ B., KOCIUBIŃSKI A., KUCHARSKI K., MARCZEWSKI J., TOMASZEWSKI D., BULGHERONI A., CACCIA M.: Status of the SOI Monolithic Active Pixel Detector Development. Int. Conf. on Linear Collides – LCWS 2004, Paryż, Francja, 19–23.04.2004 (ref.).

[K32] NIEMIEC H., DOMAŃSKI K., GRABIEC P., GRODNER M., JAROSZEWICZ B., KLATKA T., KOCIUBIŃSKI A., KOZIEL M., KUCEWICZ W., KUCHARSKI K., KUTA S., JASIELSKI J., MARCZEWSKI J., SAPOR M., SZELEZNIAK M., TOMASZEWSKI D.: Monolithic Active Pixel Detector in SOI Technology – Preliminary Results. IEEE 24th Int. Conf. on Microelectronics MIEL 2004, Niš, Serbia i Czarnogóra, 16–19.05.2004 (ref.).

[K33] NIEMIEC H., KUCEWICZ W., KUTA S., SAPOR M., DOMAŃSKI K., GRABIEC P., KUCHARSKI K., MARCZEWSKI J., TOMASZEWSKI D., BULGHERONI A., CACCIA M.: The SOI Silicon Active Pixel Sensor. 13th Int. Workshop on Vertex Detectors VERTEX 2004, Menaggio, Włochy, 13–18.09.2004 (ref.).

[K34] RZODKIEWICZ W., BOROWICZ L., PANAS A., PRZEWŁOCKI H. M.: Determination of the Densification Degree of Silicon Dioxide Layers on Silicon Substrates by Interferometry and Spectroscopic Ellipsometry. Lightmetry’04. Light and Optics in Biomedicine. Warszawa, 20–22.10.2004 (ref.).

[K35] SŁYSZ W., WĘGRZECKI M., BAR J., GRABIEC P., GOL'TSMAN G. N., VEREVKIN A., SOBOLEWSKI R.: NbN Superconducting Single-Photon Detectors Coupled with a Communication Fiber. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 370–371).

[K36] TOMASZEWSKI D., DOMAŃSKI K., GRABIEC P., GRODNER M., JAROSZEWICZ B., KLATKA T., KOCIUBIŃSKI A., KOZIEŁ M., KUCEWICZ W., KUCHARSKI K., KUTA S., MARCZEWSKI J., NIEMIEC H., SAPOR M., SZELEŹNIAK M.: Design, Fabrication and Characterization of SOI Pixel Detectors of

Ionizing Radiation. NATO ARW: Science and Technology of SOI Structures and Devices Operating in a Harsh Environment, Kijów, Ukraina, 25–29.04.2004 (kom.).

[K37] WĘGRZECKA I., WĘGRZECKI M., BAR J., GRYNGLAS M., GRODECKI R., USZYŃSKI A., GRABIEC P., KRZEMIŃSKI S., BUDZYŃSKI T.: Silicon Avalanche Photodiodes Developed at the Institute of Electron Technology. 13th Int. Workshop on Vertex Detectors VERTEX 2004, Menaggio, Włochy, 13–18.09.2004 (plakat).

[K38] WĘGRZECKA I., WĘGRZECKI M., BAR J., SŁYSZ W., GRYNGLAS M., USZYŃSKI A., GRODECKI R., GRABIEC P., KRZEMIŃSKI S., BUDZYŃSKI T., PANAS A.: Silicon Detectors with PIN or PN Structures for Optical and Nuclear Radiation, Developed at the Institute of Electron Technology. 13th Int. Workshop on Vertex Detectors VERTEX 2004, Menaggio, Włochy, 13–18.09.2004 (plakat).

[K39] WZOREK M., KĄTCKI J., JAROSZEWICZ B., DOMAŃSKI K., GRABIEC P.: TEM Study of Implanted Silicon Applied to Piezoresistors Manufacturing. Autumn School on Emerging Microscopy for Advanced Materials Development – Imaging and Spectroscopy on Atomic Scale, Berlin, Niemcy, 3–7.10.2004 (kom., plakat).

[K40] ZABOROWSKI M., GRABIEC P., WRÓBLEWSKI W., ROMANOWSKA E., WRZESIŃSKA H.: Planar Pseudo-Reference Electrode for pH Measurement. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 458–459).

[K41] ZABOROWSKI M., GRABIEC P., NIKODEM M.: Selected Techniques of Low-Temperature Wafer Bonding. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 460–461).

[K42] ZAJĄC J., WÓJCIK J., TOMASZEWSKI D., NIEMIEC H., KUCHARSKI K., KOCIUBIŃSKI A.: A System for Testing and Characterization of ASIC/MPWS. VIII Konf. Nauk. ”Technologia Elektronowa” ELTE 2004, Stare Jabłonki, 19–22.04.2004 (plakat, abstr. s. 277–278).