

Załącznik nr 2

AUTOREFERAT

1. Imię i Nazwisko. Jerzy Weremczuk

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/ artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

- magistra inżyniera: Wydział Elektroniki, Politechnika Warszawska, specjalność: aparatura elektroniczna, 1988
- doktora: Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, Politechnika Warszawska, specjalność: aparatura elektroniczna, 2000

Rozprawa doktorska: pt. „Metody systemowego zmniejszania niestabilności i niejednoznaczności fizycznej higrometru punktu rosy”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2000, str. 206 (obrona 6 czerwca 2000, z wyróżnieniem)

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/ artystycznych.

1988 – 1990 Instytut Maszyn Matematycznych, Warszawa
1990 – 1991 Przedsiębiorstwo Badawczo-Wdrożeniowe „proTEST”, Warszawa
1991 – obecnie Politechnika Warszawska

4. Wskazanie osiągnięcia¹ wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa),

Jako „osiągnięcie naukowe, uzyskane po otrzymaniu stopnia doktora, stanowiące znaczny wkład autora w rozwój określonej dyscypliny naukowej” wskazuję jedno-tematyczny cykl publikacji dotyczący mikrosystemów i mikroczujników do pomiaru wilgotności gazów.

Numeracja przedstawionego poniżej cyklu artykułów jest zgodna z numeracją pełnej listy publikacji zamieszczonej w Załączniku nr.3. W nawiasach podano „Impact Factor” (IF) czasopisma w danym lub poprzedzającym publikację roku.

¹ w przypadku, gdy osiągnięciem tym jest praca/ prace wspólne, należy przedstawić oświadczenia wszystkich jej współautorów, określające indywidualny wkład każdego z nich w jej powstanie

- [2] Jachowicz Ryszard, Weremczuk Jerzy, „*Sub-cooled water detection in silicon dew point hygrometer*”, *Sensors & Actuators A Physical*, Aug. 2000, Vol. A85 (1-3), pp.75-83.
(IF=1,003)
- [3] Jachowicz Ryszard, Wójtowicz Grzegorz, Weremczuk Jerzy, „*A non-contact passive electromagnetic transmitter to any capacitive sensor – design, theory and model tests*”, *Sensors & Actuators*, Aug. 2000, Vol. A85 (1-3), pp.402-408.
(IF=1,003)
- [4] Weremczuk Jerzy, „*Methods of system decreasing of physical uncertainty of dew point hygrometer*”, *IEEE Instrumentation and Measurement Magazine*, 2000, Vol.3, No.3, pp. 68
(IF=0,569 podano wartość dla 2002 roku)
- [5] Weremczuk Jerzy, Gniazdowski Zenon, Łysko Jan and Jachowicz Ryszard, „*Optimization of semiconductor dew point hygrometer mirrors surface temperature homogeneity*”, *Sensors & Actuators A Physical*, 92 (1-3), Aug. 2001, pp. 10-15
(IF=0,917)
- [10] Weremczuk Jerzy, „*Water molecules and heat transfer modeling in silicon dew point hygrometer*”, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Dec. 2002, Vol.51 (6), pp. 1223-1227.
(IF=0,592)
- [12] Weremczuk Jerzy, Wawrzyniak Zbigniew, Jachowicz Ryszard, „*A new method of super-cooled water recognition in dew point hygrometer by morphology based image processing*”, *Sensors & Actuators A Physical*, Mar. 2004, Vol 111 (2-3), pp. 240-244.
(IF=1,462)
- [13] Jachowicz Ryszard, Weremczuk Jerzy, Tarapata Grzegorz, „*Transepidermal water loss sensor based on fast dew point hygrometer*”, *Sensors & Actuators A Physical*, Sep. 2005, Vol 123-124, pp. 7-11
(IF=1,363)
- [16] Weremczuk Jerzy, „*Distinct optical properties of sub-cooled water and ice covering dew point hygrometer mirror*”, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Jun. 2006, Vol.55, No.3, pp.995-999
(IF=0,572)
- [17] Weremczuk Jerzy, Tarapata Grzegorz, Paczesny Daniel, Jachowicz Ryszard, „*Fast dew point hygrometer with silicon integrated detector - optimization of dynamic properties*”, *Sensors & Actuators A Physical*, Nov. 2006, Vol. 132 (1), pp. 195-198
(IF=1,434)
- [23] Rapiejko Piotr, Paczesny Daniel, Weremczuk Jerzy, Jachowicz Ryszard, Jurkiewicz Dariusz: „*Examination of upper airways functions with use of the dew point hygrometer with semiconductor detector*”, *European Respiratory Journal*, Vol.28, (Suppl. 50: Abstracts 15th ERS Annual Congress, Munich, Germany, September 2-6, 2006), p. 861
(IF=5,076)

- [34] Mündlein Martin, Valentin Bernhard, Chabicovsky Rupert, Nicolics Johann, Weremczuk Jerzy, Tarapata Grzegorz, Jachowicz Ryszard, „*Comparison of transepidermal water loss (TEWL) measurements with two novel sensors based on different sensing principles*”, Sensors & Actuators A Physical, Mar. 2008, Vol.142 (1), Issue 1, pp. 67-72 (IF=1,724)
- [35] Weremczuk Jerzy, „*Dew/frost recognition with impedance matrix of fingerprint sensor*”, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Aug. 2008, Vol.57, No.8, pp.1791-1795 (IF=0,978)
- [38] Weremczuk Jerzy, Iwaszko Roman, Jachowicz Ryszard, „*Dwustrumieniowy generator wilgotności sterowany komputerowo*” (Computer controlled mixed stream humidity generator), Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review), R. 84 Nr 5, 2008, str.191-194 (IF=0,196)
- [40] Weremczuk Jerzy, Tarapata Grzegorz, Płotczyk Krzysztof, Jachowicz Ryszard, „*Realizacja interfejsu bezprzewodowego do komunikacji z czujnikami inteligentnymi*”, Elektronika - Konstrukcje, Technologie, Zastosowania nr 8/2009, str. 217-219
- [43] Jachowicz Ryszard, Weremczuk Jerzy, Paczesny Daniel, Tarapata Grzegorz, „*MEMS based super fast dew point hygrometer - construction and medical applications*”, Measurement Science and Technology, IOP Publishing, 124008, Vol. 20, No. 12, Dec. 2009, (10 pp.) (IF=1,317)
- [44] Tarapata Grzegorz, Weremczuk Jerzy, Jachowicz Ryszard, Shan Xue Chuan, Shi Chee Wai Patrick, „*Construction of wireless sensor for harsh environment operation*”, Procedia Chemistry, Elsevier, Volume 1, Issue 1, September 2009, Pages 465-468
- [45] Tarapata Grzegorz, Weremczuk Jerzy, Jachowicz Ryszard, „*Porównanie wpływu czterech technologii na właściwości funkcjonalne bezprzewodowego interfejsu do mikroczytników i mikrosystemów*” (Comparison of the four technologies impact on functional properties of the wireless interface to microsensors and microsystems), Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review), R. 86 NR 10/2010, str.111-113, (IF=0,242)
- [47] Shi Chee Wai Patrick, Shan Xue Chuan, Tarapata Grzegorz, Jachowicz Ryszard, Weremczuk Jerzy and Hon Tat. Hui, „*Fabrication of wireless sensors on flexible film using screen printing and via filling*”, Microsystem Technologies-Micro-and Nanosystems-Information Storage and Processing Systems, 17 (4), Apr. 2011,pp. 661-667 (IF=1,025)
- [48] Weremczuk Jerzy, Tarapata Grzegorz, Iwaszko Roman, Paczesny Daniel, Jachowicz Ryszard, „*Humidity sensor made by ink-jet printing technology*”, Elektronika - Konstrukcje, Technologie, Zastosowania Vol. 52, nr 3/2011, str.47-49
- [50] Paczesny Daniel, Iwaszko Roman, Mikłaszewicz Franciszek, Weremczuk Jerzy, Tarapata Grzegorz, Jachowicz Ryszard, „*Nowa metoda detekcji kondensatu w*

higrometrze punktu rosy ze zintegrowanym detektorem półprzewodnikowym", Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review), R. 87 NR 9a/2011, str.49-52 (IF=0,242)

[51] Weremczuk Jerzy, Tarapata Grzegorz, Jachowicz Ryszard, *"The ink-jet printing humidity sorption sensor – modeling, design, technology and characterization"*, Measurement Science and Technology, IOP Publishing, Vol. 23, No. 1, Jan. 2012, (10 pp.) (IF=1,353)

[52] Weremczuk Jerzy, Iwaszko Roman, Jachowicz Ryszard, *"The method of water molecules counting during condensation process in the dew point detector"*, Sensors & Actuators B - Chemical, 2012, (zaakceptowany do publikacji 5 stycznia 2012), (IF=3,368)

b) omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

Od początku pracy naukowej głównym obiektem moich zainteresowań naukowych były mikrosystemy (ich konstrukcje, technologia i projektowanie), a w szczególności mikrosystemy i mikroczujniki służące do pomiarów wilgotności gazów. Tematyka ta była wcześniej zainicjowana przez prof. Ryszarda Jachowicza. Złożoność problematyki stojącej na pograniczu fizyki, technologii półprzewodnikowej, przetwarzania sygnałów i miernictwa powodowała, że w skali międzynarodowej tylko nieliczne zespoły próbowały zajmować się konstruowaniem tego typu przyrządów. Prowadzone prace badawcze wymagały nie tylko poznania dziedziny, ale również zbudowania odpowiedniej infrastruktury badawczej (komputerowych stanowisk pomiarowych, w tym generatora wilgotności i higrometru wzorcowego). Pierwsze prace obejmowały konstruowanie detektorów punktu rosy na bazie mikrostruktury krzemowej z meandrowym czujnikiem pojemnościowym (MCP-MOS) z wykorzystaniem metalizacji aluminiowej. Prace technologiczne były wówczas prowadzone w Instytucie Technologii Elektronowej w Warszawie.

W swojej pracy doktorskiej wykazałem, że tego typu mikrosystem może stanowić podstawę do budowy zminiaturyzowanych higrometrów punktu rosy o dokładności wyższej niż oferowana w dostępnych czujnikach sorpcyjnych, a jego mała stała czasowa pozwalała na osiągnięcie kilku pomiarów (detekcji) w czasie jednej sekundy. Ponadto zaproponowałem metody eliminacji błędu pomiarowego związanego z występowaniem wody przechłodzonej (wody w stanie ciekłym w temperaturach poniżej 0°C) w cienkich warstwach kondensatu znajdującego się na powierzchni detektora. Oryginalne rozwiązania konstrukcyjne mikrosystemu i metody pomiarowe były przedmiotem dwóch udzielonych patentów [P2,P3]. Rozprawa doktorska zyskała uznanie w środowisku międzynarodowym, co znalazło wyraz w umożliwieniu mi opublikowania opisu głównych tez rozprawy w [4].

Wyniki, które posłużyły do przygotowania rozprawy doktorskiej, jak i rezultaty późniejszych badań były publikowane już po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych. W [2] zamieszczono kompleksowy opis konstrukcji i właściwości metrologicznych mikrosystemu do pomiaru wilgotności gazu metodą punktu rosy. Zaprojektowana i wykonana struktura zawierała powierzchniowy detektor pojemnościowy o kształcie rozbudowanej

struktury palczastej (szerokość elektrody 4 μm , przerwa 4 μm), termometr RTD i grzejnik umieszczone na membranie o grubości 50 μm oraz dodatkowy grzejnik w obszarze zawieszenia membrany. Detektory były przykrywane warstwami dielektrycznymi (azotku / tlenku krzemu, poliimidu) o grubości 200nm. Przedstawione wyniki potwierdzają, że detektor może skutecznie pracować do temperatury około -15°C (przy zastrzeżeniu, że dla temperatur ujemnych wymagana jest korekcja ze względu na mniejszą czułość dla warstw lodu). Przeprowadzone pomiary wykazały, że refleksyjność powierzchni mikrosystemu jest wystarczająca do zastosowania dodatkowego optycznego detektora punktu rosy/szronu w celu rozszerzenia zakresu pomiarowego higrometru do pomiarów gazów o bardzo niskich wilgotnościach (temperatury punktu szronu rzędu -35°C i poniżej). Dodatkowo wykazałem, że korelacja sygnału z detektora impedancyjnego i optycznego jest skuteczną metodą wykrywania kondensacji w formie wody przechłodzonej. W efekcie uzyskuje się eliminację istotnego błędu pomiaru dyskwalifikującego metodę punktu rosy/szronu w pomiarach dla niskich wilgotności gazu. Wykazałem również, że za pomocą elektrycznego modelu zastępczego z rozłożonymi elementami RC (wcześniej opracowanego przez prof. Ryszarda Jachowicza dla sorpcyjnego czujnika wilgotności) możliwy jest opis zmiany właściwości elektrycznych detektora punktu rosy w trakcie kondensacji.

Równomierność rozkładu temperatur na powierzchni kondensacyjnej mikrosystemu ma istotne znaczenie dla przebiegu zjawiska, a co za tym idzie dla dokładności pomiarowej. W [5] przedstawiłem wyniki przeprowadzonych optymalizacji mocy grzania dla dwóch wariantów mikrosystemu (z membraną i bez membrany). Przeprowadzone metodą elementów skończonych obliczenia rozkładu temperatur wykazały, że przy zakładanym wzroście temperatury powierzchni równym 2K (wystarczającym do odparowania cienkiej warstwy kondensatu) możliwe jest takie dobranie podziału mocy pomiędzy grzejnikiem wewnętrznym znajdującym się przy detektorze, a grzejnikiem zewnętrznym otaczającym detektor, że nierównomierność rozkładu temperatur wynosi 0,1K dla struktury litej i 0,3K dla struktury z membraną.

Dogłębne zrozumienie zjawisk fizycznych i procesów zachodzących w mikrosystemie pozwoliło mi na zaproponowanie jego kompleksowego modelu [10] opisującego transport masy wody w trakcie kondensacji/parowania w zależności od wilgotności gazu i temperatury powierzchni detektora (z uwzględnieniem zjawiska wody przechłodzonej) oraz opisującego rozkłady temperatur w mikrosystemie i ogniwie Peltiera w zależności od wartości prądów grzania i chłodzenia. Obliczenia modelu zostały zaimplementowane w środowisku SIMULINK/MATLAB. Wykazałem bardzo dużą zbieżność danych symulacyjnych z danymi pomiarowymi. W literaturze światowej jest to jedno z pierwszych tak kompleksowych podejść do modelowania tego typu mikrosystemu.

Postawiona przeze mnie hipoteza o różnym charakterze rozpraszania światła przez warstwę rosy i szronu była przedyskutowana w [16]. Krople rosy można w przybliżeniu traktować jak soczewki płasko-wypukłe położone na płaskim zwierciadle, podczas gdy warstwa szronu składa się z niejednorodnie ułożonych form krystalicznych. W rezultacie obserwowany rozkład natężenia światła rozproszonego w obu przypadkach jest różny, co potwierdzają obliczenia teoretyczne. Wykazałem, że zastosowanie wielosekcyjnego detektora optycznego (minimum dwa fotodetektory do pomiaru natężenia światła na kierunku odbicia i wybranym kierunku rozproszenia) pozwala na rozpoznawanie formy kondensatu, w tym na detekcję wody przechłodzonej. Metoda ta była przedmiotem patentu [P3].

W toku dalszych badań zajmowałem się analizą obrazu powierzchni detektora w trakcie

procesu kondensacji. Udowodniłem, że różne formy kondensatu na powierzchni detektora (mikrosystemu) mogą być rozpoznawane automatycznie za pomocą sekwencji operatorów morfologicznych [12] operujących na obrazie powierzchni detektora. Opracowane w Zespole oprogramowanie umożliwiało klasyfikację warstw rosy i szronu z 96% poprawnością.

Kolejna opracowana przeze mnie nowa metoda rozpoznawania wody przechłodzonej opierała się na wielosekcyjnym detektorze do pomiaru impedancji powierzchni [35]. Przeprowadziłem badania symulacyjne w programie COMSOL, które potwierdziły, że stosunkowo cienka warstwa dielektryka pokrywająca elektrody nie stanowi istotnej przeszkody w wyznaczaniu wartości stałej dielektrycznej warstwy położonej na powierzchni detektora. Do badań eksperymentalnych wykorzystałem detektor linii papilarnych z odczytem pojemnościowym. Za pomocą wybranych cieczy o różnych stałych dielektrycznych wyznaczyłem charakterystykę przetwarzania detektora (stopień szarości – jednostki arbitralne w funkcji stałej dielektrycznej) a następnie badałem warstwy rosy i szronu, które w sposób istotny różnią się wartością stałej dielektrycznej. Uzyskane wyniki potwierdziły skuteczność tej metody, szczególnie w sytuacjach jednoczesnego występowania obu form tj. wody przechłodzonej i szronu. Takie trudne przypadki nie mogły być skutecznie wykrywane znanymi dotychczas metodami.

W kolejnych latach, w Zespole pracom poznawczym towarzyszyły prace technologiczne i konstrukcyjne ukierunkowane na aplikacje mikrosystemu higrometru punktu rosy do pomiarów medycznych (dermatologia i laryngologia), w których wymagana jest duża szybkość pomiarów przy zachowaniu dużej precyzji. Te wymagania są spełniane dzięki odpowiedniej konstrukcji mikrosystemu (miedzy innymi umiejscowieniu grzejnika w warstwie znajdującej się 300nm poniżej detektora) i zastosowaniu algorytmu szybkiego sterowania temperaturą powierzchni detektora (algorytmu „wstrzykiwania ciepła” - patent prof. R.Jachowicza). Szybkie zwiększanie temperatury powierzchni zapobiega tworzeniu się grubych warstw kondensatu, łatwo powstających w trakcie procesu lawinowej kondensacji inicjowanego po przekroczeniu temperatury punktu rosy, a tym samym uzyskuje się skrócenie czas odparowania. Optymalny dobór parametrów algorytmu można prowadzić po kątem różnych trybów pracy higrometru. Przedstawione prace optymalizacyjne [17] pozwoliły na wyznaczenie jego parametrów dla trybu szybkiego, trybu o najwyższej dokładności i trybu o zredukowanym poborze mocy.

Znajdujące się w sprzedaży higrometry do pomiaru współczynnika przesnaskórkowej utraty wody (ang. TEWL – TransEpidermal Water Loss) opierały się na czujnikach sorpcyjnych, które z zasady działania posiadają dużą stałą czasową. Zaproponowana i opatentowana [P5] zamknięta głowica pomiarowa, w której badana powierzchnia skóry stanowi jedną ze ścian zawierającą wbudowany mikrosystem, który mierzył zmiany wilgotności wynikające z procesu parowania. To nowe podejście do pomiaru współczynnika TEWL eliminuje szereg czynników zakłócających i skraca czasu pomiaru przy jednoczesnym zachowaniu dużej dokładności pomiaru [13].

Prowadzone wspólnie z Zespołem prof. R. Chabicovsky (Vienna University of Technology) badania porównawcze higrometrów do pomiaru współczynnika przesnaskórkowej utraty wody wykazały istotny problem, jakim jest opracowanie wiarygodnej metody kalibracji [34] TEWL-metrów. Zbudowane przez oba Zespoły przyrządy, oparte o różne zasady działania, były kalibrowane metodą wagową, a następnie porównywano odczyty przeprowadzonych na autorach pomiarów. Zaobserwowane różnice wskazań skłaniają do twierdzenia, że skóra jest bardziej złożonym obiektem niż zastosowane

wzorcowe generatory parowania bazujące na zmiennym oporze dyfuzyjnym membrany, a co za tym idzie należy pomyśleć o wprowadzeniu innych niż TEWL współczynników lepiej opisujących stan nawilżenia skóry lub występujące zmiany chorobowe.

Równolegle do TEWL-metru w Zespole były prowadzone unikalne prace nad skonstruowaniem szybkiego higrometru dla celów laryngologicznych. Brak komercyjnie dostępnych systemów pomiarowych oraz odnotowane w literaturze medycznej prace badawcze, w których zastosowano przyrządy o parametrach niewystarczających do wiarygodnego zbadania funkcji klimatycznej nosa były motorem prac konstrukcyjnych i testów klinicznych prowadzonych wspólnie z lekarzami (prof. D. Jurkiewicz, dr P. Rapiejko, Wojskowy Instytut Medyczny). Zbudowano przyrząd mikroprocesorowy do pomiaru dynamicznych zmian wilgotności powietrza w jamach nosa, jamie ustnej oraz gardle człowieka. Do najważniejszych publikacji prezentujących wyniki badań można zaliczyć pozycję [23].

Wszechstronne podsumowanie prac badawczych prowadzonych w Zespole przy wykorzystaniu nowatorskiego mikrosystemu do pomiaru wilgotności gazu w odniesieniu do aplikacji medycznych zamieszczono w [43]. Aktualnie prowadzone prace służą rozbudowie infrastruktury pomiarowej – zbudowano wzorcowy generator wilgotności gazu [38]. Są też opracowywane nowe algorytmy pomiarowe [50] i zmodyfikowane konstrukcje mikrosystemu z wielowarstwową metalizacją platynową i grzejnikiem dyfuzyjnym.

Badanie zjawisk zachodzących nad powierzchnią mikrosystemu zaowocowało opracowaniem nowej metody charakteryzowania właściwości metrologicznych detektora [52]. Zestawiłem obliczenia teoretyczne z pomiarami przeprowadzonymi w specjalnej zamkniętej komorze, co pozwoliło na przypisanie wartości parametrów elektrycznych (pojemność zaciskowa) liczbie kondensujących molekuł wody. Jednocześnie budując zastępczy model elektryczny detektora wykazałem, że możliwą przyczyną małej czułości detektora na początku procesu kondensacji jest zbyt duża rezystancja powierzchniowa detektora.

Jedną z najważniejszych przyczyn uszkodzeń wykonywanych mikrosystemów do pomiarów wilgotności gazów były wady kontaktów montażowych struktury mikrosystemu do obudowy. Spowodowało to, że równolegle z pracami badawczymi prowadziłem prace związane z konstrukcją interfejsów do bezprzewodowego przesyłania informacji z mikroczujników, a następnie mikrosystemów niezawierających własnego źródła zasilania.

Podstawowy układ bezprzewodowego interfejsu, zawierający obwód rezonansowy, przedstawiono w [3]. Zaproponowana koncepcja polega na pomiarach impedancji w układzie sprzężonych cewek, gdzie zmienna jest pojemność mikroczujnika dołączonego do jednej z cewek. Przeprowadzone obliczenia metodą Grovera, a następnie badania eksperymentalne wykazały, że występujące niedokładności we wzajemnym pozycjonowaniu cewek są akceptowalne, a obserwowane zmiany impedancji są w przybliżeniu liniową funkcją zmian pojemności czujnika. Prostota zaproponowanego interfejsu oraz brak jakichkolwiek połączeń przewodowych i własnych źródeł zasilania są argumentami przemawiającymi za stosowaniem tego rozwiązania w tanich, masowo produkowanych czujnikach (np. jednorazowego użytku).

Prosta transmisja analogowa ma swoje ograniczenia odnośnie niezawodności i różnorodności przesyłanych informacji. Interfejs cyfrowy, w którym sprzężone anteny służą zarówno do dwukierunkowego przesyłania informacji zgodnie z przyjętym protokołem, jaki i

do przesyłania energii zasilającej inteligentny mikrosystem [40] nie ma takich ograniczeń. Konstrukcje modelowe interfejsu były wykonywane techniką obwodów drukowanych, a następnie opracowane rozwiązania przeniesiono na podłoża elastyczne [44] w ramach współpracy z dr Shan Xue Chuan (Singapore Institute of Manufacturing Technology). Kolejne prace technologiczne opublikowane w [45, 47] dotyczyły sprawdzenia nowych, tanich technologii realizacji tego interfejsu na podłożach LTCC, PET, LCP oraz laminacie z wykorzystaniem odpowiednich dla tych technologii procesów wytwarzania ścieżek przewodzących i montażu elementów.

Wspólny projekt badawczy z partnerem singapurskim pozwolił na rozpoczęcie nowych w skali kraju prac nad rozwojem technologii druku strumieniowego (ang. ink-jet printing) w zastosowaniu do wytwarzania mikroczujników i mikrosystemów. Budowa pomieszczenia laboratoryjnego o wysokiej czystości (ang. clean-room) i zakup niezbędnego sprzętu zaowocowały nowymi możliwościami technologicznymi. Pierwszą konstrukcją wykonaną w nowym laboratorium był mikroczujnik do pomiaru wilgotności wydrukowany na elastycznym podłożu Kapton [48]. Zrealizowana konstrukcja była szczegółowo opisana w [51]. Zaprezentowałem wyniki charakteryzacji parametrów elektrycznych mikroczujnika i zaproponowałem zastępczy model elektryczny. Zainicjowane prace są istotne ze względu na możliwą w przyszłości integrację w technologii druku strumieniowego mikroczujników i mikrosystemów z drukowanymi układami elektronicznymi wytwarzanymi w taniej masowej produkcji

Podsumowując prace opisane w przedstawionym do oceny w cyklu publikacji chciałbym szczególnie podkreślić oryginalność prowadzonych badań i uzyskanych wyników oraz ich przełożenie na zbudowane urządzenia pomiarowe. W moim przekonaniu najważniejszymi osiągnięciami są:

- nowe metody rozpoznawania występowania wody przechłodzonej na powierzchni kondensacyjnej (detektorze) mikrosystemu,
- prace modelowe w tym kompleksowy model mikrosystemu do pomiarów wilgotności gazów i zmodyfikowane elektryczne modele zastępcze detektora punktu rosy oraz mikroczujnika wilgotności gazu,
- konstrukcje mikrosystemów, które znalazły zastosowanie w aparaturze medycznej (TEWL-metr, higrometr laryngologiczny),
- bezprzewodowe interfejsy do mikrosystemów i mikroczujników nieposiadających własnego źródła zasilania,
- rozwój technologii druku strumieniowego dla mikroczujników.

Prowadzone przeze mnie prace badawcze nad mikrosystemami do pomiaru wilgotności gazów zostały wyróżnione indywidualną Nagrodą Naukową Wydziału IV Nauk Technicznych Polskiej Akademii Nauk.

3. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych .

Do innych osiągnięć naukowo-badawczych niewiążących się z przedłożonym cyklem publikacji zaliczam prace związane z tematyką konstrukcji aparatury pomiarowej i systemów pomiarowych.

Brąłem udział w konstruowaniu systemu pomiarowego VIRT, który był funkcjonalną kopią systemu pomiarowego produkowanego przez firmę Hewlett Packard. Warto jest odnotowania, że system firmy HP był prekursorem wprowadzenia graficznych paneli do sterowania aparaturą kontrolno-pomiarową. Pracując w Instytucie Maszyn Matematycznych byłem zaangażowany w budowę poszczególnych bloków systemu pomiarowego w tym generatora, w którym zastosowałem opatentowane rozwiązania układowe [P1]. System pomiarowy został wdrożony do produkcji i w kolejnych latach podlegał nowelizacjom wraz z rozwojem systemu operacyjnego Windows.

Byłem zaangażowany w budowę dużego systemu pomiarowego dla potrzeb programu europejskiego EU FP5 „SEWING”. Zaprojektowany przeze mnie komputerowo sterowany system służył do charakteryzacji tranzystorów jonoselektywnych ISFET przeznaczonych do pomiarów stężeń wybranych jonów w wodach powierzchniowych i pitnych. Duża czułość skrośna tranzystorów na inne niż mierzone jony jak i zależność odpowiedzi tranzystora od wybranego punktu pracy, temperatury i czasu wymagały wielokrotnego przeprowadzania pomiarów dla wybranych kombinacji wymienionych parametrów. Opracowane w Zespole oprogramowanie systemu pozwalało na przeprowadzanie pomiarów zgodnie z projektowanym schematem a gromadzone dane pomiarowe były analizowane po kącie poprawy konstrukcji czujnika.

Oddzielną grupą zagadnień były prace konstrukcyjne dotyczące budowy węzłów sieci czujników inteligentnych, głównie wykorzystujących standard LonWorks, oraz sieci bezprzewodowych ad-hock. Do testowania opracowywanych protokołów został stworzony symulator komputerowy. Rezultaty badań i infrastruktura badawcza są aktualnie wykorzystywane w autorskim wykładzie i ćwiczeniach laboratoryjnych z przedmiotu „Sieci czujnikowe”.

Syntetyczne omówienie wszystkich osiągnięć naukowo – badawczych zawarto w Załączniku nr 4.

