

AUTOREFERAT

W latach 1972-1976 studiowałam w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Ceramiki na kierunku Inżynieria Materiałowa. Odbywałam studia według indywidualnego programu, skracając ich czas trwania i poszerzając zakres o dodatkowe przedmioty związane z fizykochemią i termodynamiką ciała stałego. W ramach studenckiego koła naukowego rozwijałam również zainteresowania technologią materiałów półprzewodnikowych w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego Instytutu Metalurgii Wydziału Elektrycznego AGH. Uczestniczyłam w badaniach dotyczących syntezy antymonku indu i jego oczyszczania przy użyciu topienia strefowego oraz pomiarach jego właściwości optycznych i elektrycznych. Praca ta prowadzona pod kierunkiem prof. M. Jachimowskiego została nagrodzona medalem im. Stanisława Staszica na sesji studenckich kół naukowych.

W 1976 r. przedstawiłam pracę magisterską pt. „Kinetyka utleniania kobaltu w wysokich temperaturach”, uzyskując dyplom z wyróżnieniem.

W latach 1976-1980 odbyłam studia doktoranckie na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH. W 1980 r. obroniłam z wyróżnieniem rozprawę doktorską pt. „Kinetyka i mechanizm utleniania stopów kobaltu z chromem”, uzyskując stopień doktora nauk chemicznych. Promotorem pracy był prof. S. Mrowec. Praca zawierała m.in. doświadczalne potwierdzenie przy użyciu izotopu O^{18} teorii dysocjacyjnego mechanizmu utleniania stopów Co-Cr. Jej wyniki zostały opublikowane w czasopismach o zasięgu międzynarodowym (Oxid. Met., 17 (1982) 267-295; Bull. Acad. Polon. Sci., Ser. Sci. Chim., 29 (1981) 175-182, 183-188, 188-194, 195-201).

W 1980 r. rozpoczęłam pracę w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Mikroelektroniki Hybrydowej i Rezystorów w Krakowie na stanowisku adiunkta. Od 2002 r., w którym nastąpiło połączenie OBMHiR z Instytutem Technologii Elektronowej w Warszawie, aż do dnia dzisiejszego pracuję jako adiunkt w Zakładzie Mikroelektroniki Instytutu Technologii Elektronowej-Oddział w Krakowie. Od 2004 r. jestem kierownikiem Pracowni Inżynierii Materiałowej.

Prace badawcze i badawczo-rozwojowe prowadzone przeze mnie w latach 1988-1996 koncentrowały się przede wszystkim na elementach biernych otrzymywanych technologią grubowarstwową oraz materiałach podłożowych dla mikroelektroniki. Kierując w latach 1992-1994 projektem badawczym Nr 700539101 „Nowe tworzywa ceramiczne w zastosowaniu do wytwarzania podłoży, szczególnie dla technologii grubowarstwowej”, opracowałam dwa rodzaje nowych podłoży ceramicznych o obniżonej temperaturze wypalania. Wykorzystując metodę tzw. „konsolidacji półogniowej” otrzymałam podłoża na bazie azotku glinu bez użycia atmosfery ochronnej w temperaturze 700°C , znacznie obniżonej w stosunku do stosowanej przy tradycyjnym spiekaniu AlN. Rezultaty tego opracowania przedstawiono w publikacjach (Szkło i Ceramika, 2 (1992); Elektronika, 7 (1995) 16-20, 21-24) i uzyskano na ich podstawie patent (P-176937, nr 176937). Opracowałam również

podłoża ceramika+szkło oparte na mieszaninie tlenku glinu i szkła $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, które mogą stanowić tanią alternatywę dla konwencjonalnych podłoży z Al_2O_3 (Szkło i Ceramika, 4 (1994) 13-15; Proc. 4th Eur. Symp. Semicond. Eng. Mater. Techn. SET '94, Warszawa 1994).

Badalam także tworzywa szklano-ceramiczne o niskiej stałej dielektrycznej otrzymywane z mieszaniny kordierytu, mulitu i szkliv o małej przenikalności elektrycznej względnej: SiO_2 , $\text{B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, $\text{CaO-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, $\text{BaO-B}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ (Elektronika, 10 (1997) 21-23). Na tego typu podłoża istnieje bardzo duże zapotrzebowanie w nowoczesnych układach elektronicznych o dużej gęstości upakowania, dużej szybkości działania i pracujących w zakresie wysokich częstotliwości.

Jako główny wykonawca uczestniczyłam w projekcie badawczym Nr 7S20100905 „Badanie możliwości uzyskania precyzyjnych ścieżek przewodzących metodą trawienia”, którego celem było wytworzenia wąskich ścieżek przewodzących o szerokości 20 μm przeznaczonych do układów mikrofalowych i układów scalonych o dużej gęstości połączeń. Do ich otrzymywania zastosowano metodę trawienia grubych warstw.

W latach 1991-2002 brałam udział w programach badawczo-rozwojowych AGH dotyczących wytwarzania, charakterystyki właściwości i badania korozji nowych materiałów ogniotrwałych. Na podstawie badań przy użyciu mikroskopu grzewczego opracowałam skład nowej, odpornej na korozję bezfluorowej zasyпки stosowanej do ochrony przed korozją stopionej powierzchni stali podczas procesu ciągłego odlewania. Jako współtwórca uzyskałam patent (P-306784, nr 174484) dotyczący tego opracowania. Uczestniczyłam także jako główny wykonawca w realizowanych w Akademii Górniczo-Hutniczej projektach Nr 3T09B00812 „Ceramika ogniotrwała o małej rozszerzalności cieplnej na osnowie dwuglinianu wapniowego CaAl_4O_7 ” i Nr 3T09B03218 „Reakcje zachodzące w wysokiej temperaturze w nowym materiale ogniotrwałym o zerowej rozszerzalności cieplnej i ich implikacje technologiczne”. Projekty te zaowocowały patentem (P-312170, nr 180661) i szeregiem publikacji (Ceram. Int., 24 (1998) 211-216; Ceram. Int., 25 (1999) 77-84; Key Eng. Mat., 206-213 (2002) 1169-1172; J. Eur. Ceram. Soc., 26 (2006) 2273-2278).

W projekcie Nr 7T08D02012 „Opracowanie i badanie kompozycji na bazie krzemków dla wytwarzania warstw rezystywno-przewodzących odpornych na oddziaływanie wysokich energii”, którym kierowałam w latach 1997-2000, zajmowałam się rezystorami przeznaczonymi do ochrony układów elektronicznych przed udarami napięciowymi i prądowymi (*surge resistors*). W ramach tego projektu opracowałam technologię wytwarzania grubowarstwowych rezystorów opartych na krzemkach tytanu otrzymanych w AGH metodą samorozwijającej się syntezy wysokotemperaturowej. Wyniki tej pracy opublikowano w czasopiśmie (Elektronika, 10 (1999) 10-13; Elektronika 7 (2000) 26-29; Ceram. Int., 30 (2004) 757-764) i na ich podstawie uzyskano patent (P 336277, nr 189652). Znaczenie tej tematyki i wyników otrzymanych w projekcie zostało wyróżnione przez wiceprzewodniczącego Komitetu Badań Naukowych przez zaliczenie go w 2002 r. do grupy 30 projektów mających wysoką wartość proinnowacyjną.

Od roku 1998 do chwili obecnej bardzo istotnym obszarem mojej działalności naukowej jest badanie możliwości wykorzystania związków o strukturze perowskitu w elektronice. Przedmiotem tych badań stała się szeroka grupa materiałów o różnorodnych właściwościach elektrycznych - od bardzo dobrych izolatorów, poprzez półprzewodniki do materiałów o wysokim przewodnictwie elektrycznym. Opracowałam warunki i przeprowadziłam syntezy wszystkich badanych materiałów, przy czym znacząca ich część miała oryginalny, nowoopracowany skład. Wytworzoną ceramikę zastosowałam w kondensatorach, termistorach, elektrodach ogni w paliwowych oraz jako składnik ferroelektryczny w multiferroicznych kompozytach.

Tematyką związaną z ferroelektrycznymi relaksorami zajmowałam się m.in. w ramach dwóch projektów badawczych, w których byłam głównym wykonawcą (Nr 7T08D01216 „Materiały ceramiczne o bardzo wysokiej stałej dielektrycznej”) i kierownikiem (Nr 4T08D03922 „Materiały dielektryczne o niskiej temperaturze spiekania oparte na relaksorze $\text{Pb}(\text{Fe}_{2/3}\text{W}_{1/3})\text{O}_3$ przeznaczone do grubowarstwowych kondensatorów”). Pierwszy z tych projektów został wyróżniony w 2002 r. przez wiceprzewodniczącego KBN pod względem wysokiej wartości proinnowacyjnej. Prowadzone przeze mnie prace badawcze koncentrowały się na opracowaniu technologii otrzymywania płytkowych i grubowarstwowych kondensatorów typu II z dielektrykiem opartym na roztworach stałych pięciu relaksorów - $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$, $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$, $\text{Pb}(\text{Fe}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3$, $\text{Pb}(\text{Fe}_{1/2}\text{Ta}_{1/2})\text{O}_3$ i $\text{Pb}(\text{Fe}_{2/3}\text{W}_{1/3})\text{O}_3$. Kondensatory te charakteryzowały się relatywnie niską temperaturą spiekania, wysoką stałą dielektryczną i stosunkowo niskim temperaturowym współczynnikiem pojemności. Uzyskane wyniki zawarto w 4 patentach (P-344610, nr 203899; P-363846, nr 206664; P-350371, nr 206666; P-350370, nr 206667) oraz przedstawiono w licznych publikacjach (Elektronika, 5 (2000) 13-16; Elektronika, 1 (2003) 18-21; Szkło i Ceramika, 1 (2003) 32-37; J. Eur. Ceram. Soc., 25 (2005) 2133-2136; J. Eur. Ceram. Soc. 25 (2005) 1657-1662; J. Phys. IV, 128 (2005) 133-137; J. Eur. Ceram. Soc. 27 (2007) 2281-2286) i na konferencjach międzynarodowych (IMAPS Poland 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005; Piezoelectric Materials for the End User, Interlaken 2002; Polar Oxides-Properties, Characterization and Imaging - Symposium, Capri 2003; Electroceramics IX, Cherbourg 2004; Electro-Active Materials and Sustainable Growth, Abbaye Les Vaux de Cernay 2005). Plakat dotyczący wieloskładnikowych kompozycji relaksorowych, odznaczających się stabilnością temperaturową pojemności, otrzymał II nagrodę na międzynarodowej konferencji XXV IMAPS Poland w Polańczyku w 2001 r.

W latach 2003-2005 brałam udział w spotkaniach i konferencjach sieci tematycznej POLECER (*Polar electroceramics*) w ramach V Ramowego Programu Unii Europejskiej. Z jednym z partnerów w sieci, École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), nawiązałam współpracę w zakresie zastosowania technologii grubowarstwowej oraz metody odlewania folii i technologii LTCC do wytwarzania elementów piezoelektrycznych i pojemnościowych na bazie relaksorowych ferroelektryków.

Od kilku lat biorę udział w pracach zespołu pod kierunkiem dr J. Kulawika, który rozwija w Instytucie Technologii Elektronowej - Oddział w Krakowie technologię odlewania folii ceramicznych i wytwarzania struktur LTCC (*Low Temperature Cofired Ceramics - ceramika współwypalana w niskich temperaturach*). Technologia ta została zastosowana do otrzymywania szerokiej grupy folii ceramicznych – o niskiej stałej dielektrycznej opartych na szkło-ceramice, ferroelektrycznych, termistorowych, warystorowych, ferrytowych oraz przeznaczonych na elektrody i elektrolity stałe tlenkowych ogniw paliwowych.

Półprzewodnikowa ceramika o strukturze perowskitu może stanowić interesującą alternatywę dla typowych materiałów o strukturze spinelu stosowanych na termistory. Poszukując nowych materiałów o wysokim temperaturowym współczynniku rezystancji i podwyższonej stabilności w wysokich temperaturach uczestniczyłam w przeprowadzeniu syntezy i badaniach szeregu perowskitowych związków, m.in. o składach $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Zr}_{0.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_3$, $\text{La}_{0.4}\text{Sr}_{0.6}\text{Ti}_{0.3}\text{Fe}_{0.7}\text{O}_3$, $\text{Sr}_{0.9}\text{Dy}_{0.1}\text{Ce}_{0.8}\text{Y}_{0.2}\text{O}_3$, $\text{CaTi}_{0.8}\text{Co}_{0.2}\text{O}_3$. Wyniki badań wytworzonych termistorów płytkowych i grubowarstwowych przedstawiono w artykułach (Bull. Pol. Acad. Sci. Techn. Sci., 55 (2007) 293-297; Microelectron. Int., 24 (2007) 14-18). Za drugi z tych artykułów została przyznana nagroda „Highly Commended Award” dla 3 najwybitniejszych artykułów wydawnictwa Emerald w 2007 r. Perowskitowe tworzywa termistorowe były również przedmiotem dwóch zgłoszeń patentowych (P-379 927 i P-379 928).

Niektóre materiały o strukturze perowskitu dzięki wysokiemu przewodnictwu elektrycznemu mogą być stosowane na elektrody tlenkowych ogniw paliwowych. W kierowanym przeze mnie projekcie (N N507432233 „Elektrodowe warstwy ceramiczne o strukturze perowskitu do czujników gazów i tlenkowych ogniw paliwowych”) opracowałam metodykę wytwarzania oraz badałam przewodnictwo elektryczne oraz działanie w elektrochemicznym ogniwie ceramiki, grubych warstw i wytworzonych metodą odlewania folii na bazie domieszkowanych lantanowcami niestechiometrycznych tlenków opartych na SrMnO_3 , SrCoO_3 i SrFeO_3 . Otrzymane elektrody i testowe ogniwa charakteryzowały się obniżonymi kosztami wytwarzania dzięki mniejszej zawartości lantanowców w porównaniu z typowymi katodowymi kompozycjami perowskitowymi oraz dzięki zastosowaniu technologii LTCC do współpiekania wszystkich składników ogniwa (Solid State Ionics, 180 (2009) 872-877; Elektronika 10 (2010) 15-18).

Głównym obszarem moich zainteresowań naukowych jest obecnie wytwarzanie i badanie właściwości bezołowiowych nieferroelektrycznych związków o strukturze perowskitu odznaczających się wysoką przenikalnością elektryczną, stanowiących kondensatory z samorzutnie tworzącą się warstwą zaporową. Tematyką tą zajmowałam się jako wykonawca w zakończonym projekcie (N50703731/0906 „Otrzymywanie, charakterystyka i zastosowanie bezołowiowych dielektryków ceramicznych do kondensatorów o wysokiej pojemności”), a obecnie kontynuuję ją w aktualnie kierowanym przez siebie projekcie (N N507218240 „Otrzymywanie i charakterystyka nowych bezołowiowych nieferroelektrycznych materiałów ceramicznych na kondensatory z zaporową warstwą wewnętrzną”). Materiały te są również

przedmiotem opublikowanej w 2011 r. monografii „Wytwarzanie i właściwości nieferroelektrycznych materiałów perowskitowych o bardzo wysokiej przenikalności elektrycznej”, przedłożonej zgodnie z Art. 16 ust. 2 ustawy, jako osiągnięcie naukowe będące podstawą do wszczęcia postępowania habilitacyjnego.

Przeprowadziłam syntezę ponad 20 materiałów zaliczanych do dwóch grup: tytanianów $A_{2/3}Cu_3Ti_4O_{12}$ i tantalatów $A_{2/3}CuTa_4O_{12}$ ($A = Bi, Y$, lantanowce) o strukturze analogicznej do $CaCu_3Ti_4O_{12}$ oraz związków $A(B'B'')O_3$ ($B' = Fe, B'' = Nb, W, Ta$) o strukturze analogicznej do relaksorowych ferroelektryków, w których w pozycji A podstawiono jony Ca, Bi, Cu w miejsce Pb. Należy podkreślić, że znaczna część spośród tych materiałów nie była dotąd badana przez innych autorów, a istniejąca literatura w tej dziedzinie jest bardzo ograniczona. Zarówno w kraju, jak i za granicą, poza stosowaniem modelowego związku $CaCu_3Ti_4O_{12}$ nie wykorzystywano dotąd technologii grubowarstwowej i LTCC do wytwarzania kondensatorów z dielektrykiem opartym na bezołowiowych nieferroelektrycznych materiałach o bardzo wysokiej stałej dielektrycznej.

W odróżnieniu od konwencjonalnych kondensatorów IBLC (*internal barrier layer capacitors*) opartych na domieszkowanej ceramice $SrTiO_3$ lub $BaTiO_3$, w których bardzo wysokie pojemności osiąga się dzięki złożonej, kilkuetapowej obróbce termicznej w atmosferze o kontrolowanym ciśnieniu cząstkowym tlenu, w przypadku badanych materiałów, kondensatory z warstwą zaporową powstają w sposób samorzutny podczas jednoetapowego procesu spiekania w atmosferze powietrza. W moich pracach badawczych wyjaśnienie mechanizmu powstawania efektu pojemności z zaporową warstwą wewnętrzną w opracowanych materiałach opierałam przede wszystkim na interpretacji wyników badań metodą spektroskopii impedancyjnej w szerokim zakresie temperatur w powiązaniu z obserwacjami mikrostruktury i analizą składu pierwiastkowego wnętrza ziaren i obszarów międzyziarnowych. Wyniki badań przedstawiono w publikacjach (Elektronika, 12 (2006) 24-26; Elektronika 11 (2008) 73-76; J. Eur. Ceram. Soc. 28 (2008) 2075-2083; J. Electroceram., 25 (2009) 56-61; J. Alloys Compd., 491 (2010) 465-471; Advan. Sci. Tech., 67 (2010) 23-33) oraz prezentowano na konferencjach krajowych (IMAPS Poland 2003, 2004, 2005, 2006, 2009; KKE 2006, 2008, 2011) i zagranicznych (Electroceramics IX, Cherbourg 2004; EMSG, Abbaye Les Vaux de Cernay 2005; EMPC, Oulu 2007; Electroceramics XI, Manchester 2008; CIMTEC, Montecatini Terme 2010; APMAS, Antalya 2011).

Ostatnio uczestniczę w badaniach, których celem jest wykorzystanie relaksorów $Pb(Fe_{1/2}Nb_{1/2})O_3$, $Pb(Fe_{1/2}Ta_{1/2})O_3$ i $Pb(Fe_{2/3}W_{1/3})O_3$ jako fazy ferroelektrycznej multiferroicznych kompozytów, wytwarzanych w formie litej ceramiki oraz wielowarstwowych struktur LTCC, wykazujących silny efekt magnetoelektryczny. Fazę ferromagnetyczną w tych kompozytach stanowi ferryt $CoFe_2O_4$. Tematyka ta jest realizowana w trwających aktualnie projektach (N N507468038 „Opracowanie, wykonanie metodą odlewania i charakterystyka rodziny nowych folii ceramicznych przeznaczonych dla elektroniki” i E!4570-IPCTECH „New Generation of 3D Integrated Passive Components and Microsystems in LTCC technology”). Uzyskane wyniki zostały opublikowane w

czasopismach (Compos. Struct., 92 (2010) 2153-2158; Advan. Sci. Tech., 67 (2010) 158-163) i były prezentowane na konferencjach naukowych (ICCS 15, Porto 2009; CIMTEC, Montecatini Terme 2010; APMAS, Antalya 2011; IMAPS Poland 2011).

Aktualnie kieruję realizacją zadania „Opracowanie nowych materiałów dielektrycznych o wysokiej przenikalności elektrycznej oraz multiferroicznych i ich zastosowanie w technologii LTCC” w europejskim projekcie EUREKI E!4570- IPCTECH „New Generation of 3D Integrated Passive Components and Microsystems in LTCC technology”. Nasza współpraca z partnerami w ramach projektu (University of Novi Sad (Serbia), Technische Universität–Vien (Austria), Jožef Stefan Institute-Ljubljana (Słowenia), dotyczy pojemnościowych i indukcyjnych elementów biernych oraz termistorów wytwarzanych w technologii LTCC.

Podczas mojej pracy w OBMHiR, a następnie w ITE, równoległe z działalnością naukową uczestniczyłam w pracach badawczo-rozwojowych i wdrożeniowych prowadzących do wytwarzania serii prototypowych lub niskoseryjnej produkcji elementów, takich jak rezystory, grzejniki, obudowy. Część tych elementów wykonywano w ramach projektów celowych, m.in. grzejniki grubowarstwowe na podłożach alundowych i emaliowanych (Nr 8 T11B 00196 C/2850 „Miniaturowe ceramiczne elementy grzewcze szerokiego zastosowania”) (Elektronika, 7-8 (1999) 30-32, Elektronika, 4 (2005) 18-20) i rezystory wytwarzane metodą bezprądowej metalizacji (Nr 8 T11B 030 99 C/4267 „Opracowanie technologii i uruchomienie produkcji ceramiki metalizowanej do wytwarzania półprecyzyjnych i precyzyjnych rezystorów niskoomowych”).

Przez kilka kadencji byłam członkiem Rady Naukowej Ośrodka Badawczo-Naukowego Mikroelektroniki Hybrydowej i Rezystorów w Krakowie, a następnie w latach 2002-2011 Rady Naukowej Instytutu Technologii Elektronowej w Warszawie.

Jestem członkiem International Microelectronics and Packaging Society-Poland Chapter (IMAPS Poland). Czterokrotnie uczestniczyłam w organizacji międzynarodowych konferencji International Society for Hybrid Microelectronics (ISHM) i IMAPS Poland Chapter - w 1992 r., 1998 r., 2000 r. i 2006 r. Podczas konferencji w 1998 r. i 2006 r. pełniłam funkcję sekretarza naukowego, a w 2006 r. również edytora materiałów konferencyjnych.

Podsumowując dorobek publikacyjny, w okresie po uzyskaniu stopnia naukowego doktora zostałam autorem i współautorem 130 publikacji w czasopismach naukowych i materiałach konferencyjnych, autorem monografii, współtwórcą 12 przyznanych patentów i 5 zgłoszeń patentowych. W bazie Journal Citation Reports znajdują się 23 publikacje, których jestem autorem lub współautorem (po doktoracie - 22). Liczba moich publikacji w bazie Web of Science wynosi 24, a suma ich cytowań 99. Indeks Hirscha równy jest 6.

04.10.2011

D.Szwagierczak