



Kierownik: mgr inż. Michał CIEŻ
e-mail: mciez@ite.waw.pl
tel. (0-prefiks-12) 656 51 83, fax 656 36 26

Zespół: prof. dr hab. inż. Stanisław Nowak, mgr Joanna Gandurska,
mgr inż. Wojciech Grzesiak, inż. Ryszard Knapik, dr Jan Kulawik,
dr inż. Andrzej Łukasik, mgr Tomasz Maj, mgr inż. Anna Marek,
mgr inż. Jerzy Początek, mgr inż. Wojciech Politowicz
dr inż. Dorota Szwagierczak, mgr inż. Irena Śnieżyńska,
mgr inż. Krzysztof Witek, dr inż. Wiesław Zaraska

1. Realizowane projekty badawcze

W Zakładzie Mikroelektroniki w 2003 r. były realizowane następujące projekty badawcze:

- “Badanie procesów degradacyjnych w grubowarstwowych hybrydowych układach elektroniki wielkiej mocy” (projekt badawczy nr 4 T11B 008 25),
- “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” (projekt badawczy nr 4 T08D 03922),
- “Opracowanie i wdrożenie do produkcji technologii wykonywania wielowarstwowych układów elektrodowych do izolatorów wysokonapięciowych z tworzyw sztucznych” (projekt celowy nr 6 T11 049 2001C/5523),
- “Mikroprocesorowe systemy sterowania i przetwarzania dla potrzeb alternatywnych źródeł energii oraz elektroniki medycznej” (statutowy projekt badawczy 1.60.041),
- “Synteza i charakterystyka zaawansowanych technologicznie materiałów ceramicznych oraz kompozycji polimerowych i ich aplikacje do wysoko- i niskotemperaturowych warstw grubych, sensorów oraz nieliniowych elementów rezystorowych” (statutowy projekt badawczy 1.60.042).

2. Najważniejsze osiągnięcia naukowo-badawcze

W Zakładzie prowadzone są prace w zakresie syntezy, modyfikacji składu i charakteryzacji tworzyw ceramicznych ferroelektrycznych oraz przewodzących o strukturze perowskitu. Badano wpływ domieszek i parametrów obróbki ter-

micznej na stabilność parametrów elektrycznych tworzyw warystorowych. Opracowano metodę testowania zwierząt doświadczalnych z wykorzystaniem wszczepialnych pasywnych sond i z zastosowaniem przestrzennego pola elektromagnetycznego. Badania te były podstawą do wykonania projektu i zaproponowania rozwiązania układowego aktywnego neurostymulatora wszczepianego o programowalnych parametrach impulsów pobudzających nerw błędny.

Dla systemów fotowoltaicznych opracowano dwa, opierające się na programowanych mikroprocesorach, rozwiązania układowe regulatorów ładowania akumulatorów z paneli fotowoltaicznych. Rozwiązania te znalazły zastosowanie w małych elektrowniach słonecznych.

2.1. Tworzywa ceramiczne o strukturze perowskitu

2.1.1. Bezołowiowa ceramika ferroelektryczna o strukturze perowskitu

Przy planowaniu rozwoju przemysłu elektronicznego, zwłaszcza w Europie i Japonii, coraz większy nacisk kładzie się na ochronę środowiska naturalnego. Poszukiwanie nowych ferroelektrycznych materiałów, niezawierających lub zawierających drastycznie ograniczone ilości ołowiu, baru i strontu, które mogłyby choć częściowo zastąpić tak ważne w elektronice związki, jak $\text{Pb}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ (PMN), $\text{Pb}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ (PZN), $\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$ (PZT), BaTiO_3 , SrTiO_3 , wydaje się działaniem perspektywicznym.

W Zakładzie od kilku lat prowadzone są badania poświęcone relaksorowym materiałom ferroelektrycznym o składzie $\text{Pb}(\text{B}'\text{B}'')\text{O}_3$, odznaczającym się bardzo wysoką przenikalnością elektryczną. Obecnie rozpoczęto próby uzyskania nowych, bezołowiowych materiałów o strukturze perowskitu, o składzie analogicznym do relaksorów. W miejsce ołowiu przewidziano podstawianie innych pierwiastków, takich jak np. wapń, bizmut, miedź, sód. Pierwszy etap dotyczył badania bezołowiowej ferroelektrycznej ceramiki na bazie wapnia. Zakres prac obejmował:

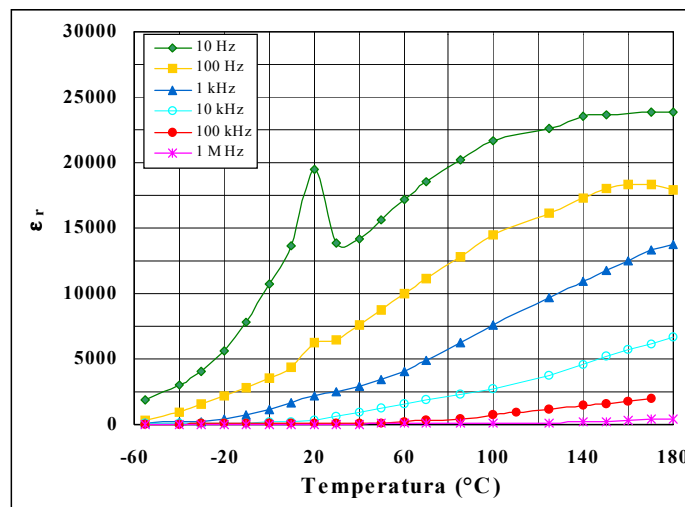
- opracowanie metodyki otrzymywania tworzyw dielektrycznych o strukturze perowskitu na bazie wapnia,
- badanie wpływu składu i czynników technologicznych (warunków mielenia i syntezy wyjściowych materiałów oraz spiekania ceramiki) na strukturę krystaliczną, mikrostrukturę oraz właściwości dielektryczne opracowanych materiałów,
- badanie rezystywności w temperaturze $20 \div 500^\circ\text{C}$,
- zbadanie wpływu temperatury i częstotliwości na pojemność i stratność kondensatorów,
- określenie wpływu domieszek MnO_2 i Co_3O_4 na rezystywność i stratność kondensatorów.

Otrzymano związki o składzie: $\text{Ca}(\text{Fe}_{2/3}\text{W}_{1/3})\text{O}_3$, $\text{Ca}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ oraz $0,9\text{Ca}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3-0,1\text{BT}$, stosując dwuetapową, tzw. kolumbitową, metodę syn-

tezy. Przeprowadzono najpierw reakcję tlenków pierwiastków z pozycji B (Fe_2O_3 i WO_3 , MgO i Nb_2O_5 , ZnO i Nb_2O_5), a dopiero w drugim etapie reakcję z CaO .

Zmieszano w odpowiednich proporcjach i zmielono proszki kalcynowane w temperaturze $800 \div 1000^\circ\text{C}$. Próbkę o składzie $\text{Ca}(\text{Fe}_{2/3}\text{W}_{1/3})\text{O}_3$, $\text{Ca}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ i $0,9\text{Ca}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3-0,1\text{BT}$ otrzymano w formie litej, nieporowatej ceramiki w wyniku spiekania odpowiednio w temperaturze 1240°C , 1250°C i 1300°C .

Ceramika $\text{Ca}(\text{Fe}_{2/3}\text{W}_{1/3})\text{O}_3$ wykazywała zachowanie charakterystyczne dla relaksorów – szerokie maksimum zależności przenikalności elektrycznej od temperatury i silną zależność ϵ_r i $\text{tg}\delta$ od częstotliwości. Rysunek 1 ilustruje temperaturową zależność przenikalności elektrycznej względnej od temperatury dla ceramiki CFW mierzoną w zakresie częstotliwości $10 \text{ Hz} \div 1 \text{ MHz}$. Maksymalna wartość ϵ_r w zakresie temperatur $-55 \div +180^\circ\text{C}$ wynosiła $500 \div 24\,000$ i występowała w temperaturze $160 \div 180^\circ\text{C}$.

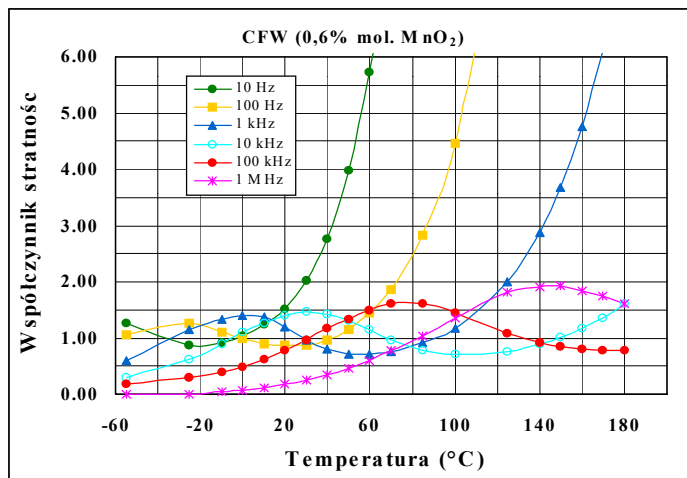


Rys. 1. Zależność przenikalności elektrycznej względnej ceramiki CFW od temperatury w zakresie częstotliwości $10 \text{ Hz} \div 1 \text{ MHz}$

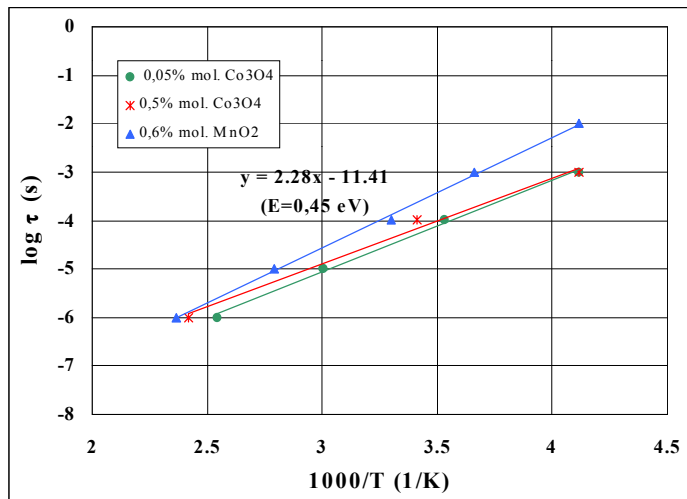
Rysunek 2 przedstawia zależności współczynnika stratności ceramiki CFW od temperatury. Na wykresach widoczne są maksima, które ulegają przesunięciu w stronę wyższych temperatur ze wzrostem częstotliwości. Powyżej częstotliwości odpowiadającej pikom stratność zaczyna rosnąć w sposób monotoniczny. Maximum współczynnika stratności występuje, gdy spełniony jest warunek $\omega\tau = 1$, gdzie ω jest częstością kątową ($\omega = 2\pi f$), a τ czasem relaksacji. Ze względu na to, że czas relaksacji dielektrycznej zmniejsza się ze wzrostem temperatury, częstotliwość odpowiadająca maksimum współczynnika stratności musi wzrastać. Na rys. 3 wykreślono logarytm czasu relaksacji w funkcji $1000/T$ dla ceramiki CFW o różnej zawartości domieszek MnO_2 i Co_3O_4 . Liniowy charakter tych wykresów wskazuje, że czas relaksacji spełnia dobrze prawo Arrheniusa:

$$\tau = \tau_0 \exp \frac{E_r}{k_B T}$$

gdzie: E_r – energia aktywacji czasu relaksacji, k_B – stała Boltzmanna, T – temperatura.



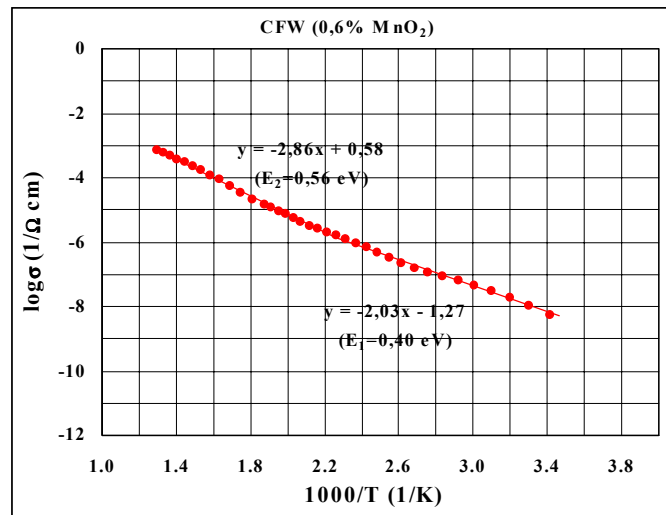
Rys. 2. Zależność współczynnika stratności ceramiki CFW od temperatury w zakresie częstotliwości 10 Hz ÷ 1 MHz



Rys. 3. Logarytm czasu relaksacji w funkcji temperatury dla ceramiki CFW z różnymi domieszkami

Wartość energii aktywacji ustalona na podstawie tych wykresów wynosiła $0,36 \div 0,45 \text{ eV}$.

Na rys. 4 przedstawiono wyniki pomiarów przewodnictwa elektrycznego w temperaturze $20 \div 500^\circ\text{C}$ dla ceramiki CFW jako $\log \sigma = f(1000/T)$. Temperaturowa zależność przewodnictwa elektrycznego badanej ceramiki spełnia dobrze prawo Arrheniusa. W temperaturze $20 \div 200^\circ\text{C}$ nachylenie wykresów było mniejsze i od-



Rys. 4. Zależność temperaturowa przewodnictwa elektrycznego dla ceramiki CFW

powiadało energii aktywacji 0,40 eV. W wyższej temperaturze ($200 \div 500^\circ\text{C}$) nachylenie było nieco większe, a odpowiadająca mu energia aktywacji wynosiła 0,56 eV. Ceramika $\text{Ca}(\text{Fe}_{2/3}\text{W}_{1/3})\text{O}_3$ wykazuje niską rezystywność ($10^7 \Omega \cdot \text{cm}$ w temperaturze pokojowej). Stwierdzono, że dodatek MnO_2 i Co_3O_4 nie powoduje wyraźnego zwiększenia tej wartości.

Wnioski

W ramach poszukiwania nowych bezołowiowych materiałów ferroelektrycznych przeprowadzono syntezę trzech związków o strukturze perowskitu, o składzie analogicznym do relaksorowych ferroelektryków, w których w miejsce ołowiu podstawiono wapń – $\text{Ca}(\text{Fe}_{2/3}\text{W}_{1/3})\text{O}_3$ (CFW), $\text{Ca}(\text{Mg}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$ (CMN) oraz $0,9\text{Ca}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3-0,1\text{BaTiO}_3$ (0,9CZN-0,1BT). W wyniku spiekania uzyskanych proszków otrzymano litą ceramikę odznaczającą się szerokim maksimum zależności temperaturowej przenikalności elektrycznej, charakterystyczną dla relaksorów. Jedynie jeden z otrzymanych materiałów – CFW – odznaczał się wysoką przenikalnością elektryczną wynoszącą $500 \div 24\ 000$. Wartości ϵ_r dla dwóch innych otrzymanych materiałów – CMN i 0,9CZN-0,1BT – były niskie. Uzasadnione wydaje się prowadzenie dalszych prac zmierzających do wytworzenia bezołowiowej ferroelektrycznej ceramiki o dobrych właściwościach dielektrycznych, przeznaczonych na kondensatory typu II.

2.1.2. Przewodzące tworzywa ceramiczne o strukturze perowskitu

W ramach prób i badań opracowano technologię wytwarzania materiałów ceramicznych o strukturze perowskitu w zastosowaniu na elektrody ogniw elektrochemicznych i czujników gazów. Jako materiały wyjściowe do syntezy z proszków

stosowano węglany wapniowców oraz tlenki Mn, Al o czystości 99,99%. Dmieszki jonów La, Dy wprowadzono w formie tlenkowej.

Po ustaleniu czterech składów materiałów i obliczeniu odpowiednich ilościowych stosunków surowcowych substancje wyjściowe mielono w młynku firmy Fritch w alkoholu n-propylowym przez 2 godz., a następnie suszono na powietrzu oraz w suszarce przez 24 godz.

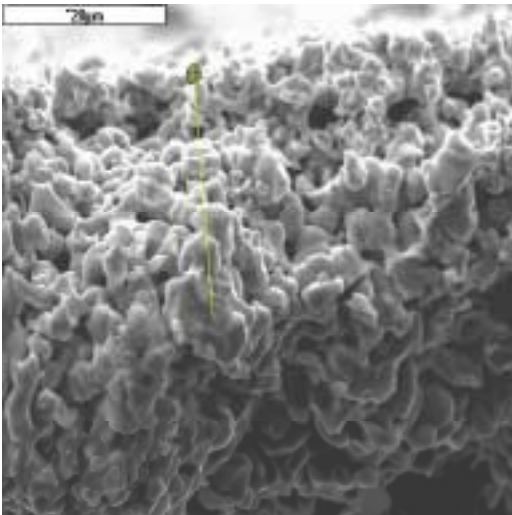
Z proszków sprasowano pastylki, które wypalano w piecu komorowym firmy Netzsch z programowanym profilem obróbki termicznej, charakterystycznej dla każdej z mieszanin, każdorazowo ustalonej na podstawie pomiarów przeprowadzonych na mikroskopie grzewczym firmy Leitz.

Uzyskane materiały sukcesywnie poddawano badaniom rentgenograficznym w celu określenia prawidłowości ich składu fazowego i struktury. Pomiary wykonano na dyfraktografie rentgenowskim w Katedrze Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH.

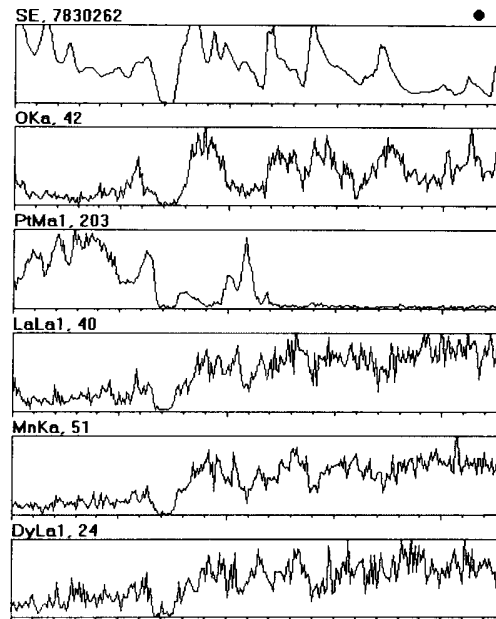
Na podstawie kształtu widma dyfrakcyjnego i położenia pików dyfrakcyjnych określono prawidłowość prowadzonych procesów. Obecność jednej fazy potwierdziła, że reakcje zaszły prawidłowo do końca i że uzyskano materiały o strukturze perowskitu umożliwiające zastosowanie ich np. na elektrody ogniw elektrochemicznych.

Proszki poddano następnie oględzinom pod transmisyjnym mikroskopem elektronowym. Morfologie były podobne. Podstawowym elementem ich budowy okazały się agregaty o wymiarach ok. 2 μm . Częstki, prawdopodobnie kryształy składające się na agregaty, były o rząd mniejsze.

Z zastosowaniem mikroskopu skaningowego przeprowadzono badania powierzchni i przełomów materiałów ceramicznych – odpowiednio przygotowanych pastylek z naniesioną warstwą Pt (rys. 5). Wykonano również, przy użyciu mikroskopy rtg, analizę pierwiastkową punktową i wzdłuż prostej (rys. 6).



Rys. 5. Przełom pastylki La_{0.7}Dy_{0.3}MnO₃ z warstwą Pt z zaznaczoną linią analizy pierwiastkowej



Rys. 6. Analiza pierwiastkowa wzdłuż prostej

O przydatności danego materiału do zastosowania na elektrody ogniw elektrochemicznych decyduje jego współczynnik rozszerzalności liniowej α . Musi on być porównywalny ze współczynnikiem α elektrolitu stałego, w tym przypadku tlenku cyrkonu stabilizowanego itrem, z którego zbudowane jest ogniwo, wynoszącym $10,77 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$. Badania współczynnika α przeprowadzono w Katedrze Inżynierii Materiałowej i Ceramiki AGH na urządzeniu z programatorem 33-p-02 w temperaturze $20 \div 1000^{\circ}\text{C}$. W tab. 1 przedstawiono uzyskane wyniki pomiarów.

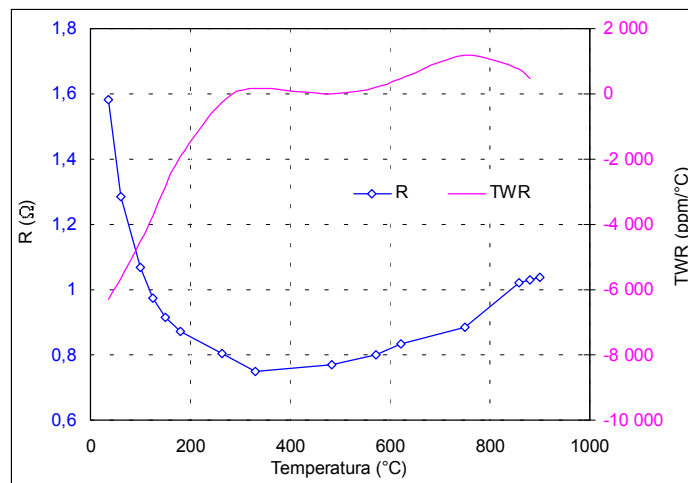
Tabela 1. Współczynniki rozszerzalności liniowej α uzyskanych perowskitów

Perowskit	$\alpha_{400\text{ C}}$ $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	$\alpha_{700\text{ C}}$ $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	$\alpha_{1000\text{ C}}$ $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
YSZ elektrolit			10,77
$\text{La}_{0,7}\text{Dy}_{0,3}\text{MnO}_3$	5,09	6,30	6,36
$\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$	10,64	11,13	11,33
$\text{La}_{0,7}\text{Dy}_{0,3}(\text{Mn}_{0,7}\text{Al}_{0,3})_3$	8,68	8,93	9,44
$\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}(\text{Mn}_{0,7}\text{Al}_{0,3})_3$	8,74	9,13	9,02

Wykonano badania określające stopień reaktywności uzyskanych tworzyw z materiałem elektrolitu stałego. W tym celu sporządzono mieszaniny w stosunku wag. 1:1 proszku elektrolitu ($\text{ZrO}_2 + \text{Y}_2\text{O}_3$) i proszku odpowiedniego materiału ceramicznego. Badania reakcji polegały na wyprężaniu pastylek w temperaturze 950°C w ciągu 100 godz. Po procesie prażenia przeprowadzono badania rentgenograficzne w celu określenia ewentualnego powstawania nowych faz świadczących o zachodzeniu reakcji między materiałem elektrolitu a elektrody. Z przeprowadzonych badań wynikało, że pojawienie się niewielkich ilości

DyMn₂O₅, LaMnO₃, La₂O₃ wskazuje na częściowy rozkład manganianów. Zmiana parametrów sieciowych regularnej fazy dwutlenku cyrkonu po interakcji wskazuje, że praktycznie dochodzi do zmiany jego składu chemicznego. Ponieważ we wszystkich przypadkach wartość stałej sieciowej c-ZrO₂ jest większa po reakcji, więc można założyć, że faza ta wzbogaca się w kationy stabilizujące takie, jak Ca²⁺, Dy³⁺ czy też La³⁺. Konsekwencją tego jest częściowy rozkład fazy perowskitowej. Najmniejsze zmiany w parametrze sieciowym obserwuje się w próbkach, w których mangan jest podstawiony częściowo glinem. Należy podkreślić, że we wszystkich badanych preparatach powstaje niewielka ilość faz będących produktem rozkładu wyjściowych perowskitów.

W celu określenia rezystancji i temperaturowego współczynnika rezystancji (TWR) otrzymanych materiałów ceramicznych wykonano pomiary dla sprasowanych pastylek w temperaturze 300 ÷ 900°C w specjalnie do tego celu skonstruowanej laboratoryjnej komorze pomiarowej wielkości elektrycznych firmy Czylok typu FCF KPM. Na rys. 7 przedstawiono wyniki przykładowych pomiarów po obróbce komputerowej w postaci zależności rezystancji i TWR od temperatury



Rys. 7. Zależność rezystancji i TWR od temperatury dla pastylki z La_{0,7}Dy_{0,3}MnO₃

badanych próbek. Stwierdzono, że materiały ceramiczne zawierające Dy charakteryzowały się niższą i bardziej stabilną temperaturowo wartością rezystancji w stosunku do tworzyw zawierających Ca. Najkorzystniejszy przebieg zależności rezystancji od temperatury otrzymano dla La_{0,7}Dy_{0,3}(Mn_{0,7}Al_{0,3})₃. Wartości TWR zmieniały się od -13 000 ppm/°C do + 5000 ppm/°C w temperaturze 20 ÷ 900°C. Dla materiałów zawierających Al uzyskano w temperaturze 200 ÷ 700°C zerową wartość TWR, przy czym dla La_{0,7}Dy_{0,3}(Mn_{0,7}Al_{0,3})₃ była ona liniowa aż do 900°C.

Wnioski

Próby i badania prowadzone w trakcie realizacji i etapu pracy, dotyczące technologii wytwarzania materiałów ceramicznych o strukturze perowskitu z przeznaczeniem głównie na elektrody ogniwo elektrochemicznych i czujników gazów, zakończyły się w pełni zadowalającymi efektami. Tworzywa ceramiczne otrzymane w wyniku syntezy z proszków wykazywały prawidłową strukturę jednofazową – perowskitową. Ich współczynnik rozszerzalności liniowej α , z wyjątkiem $\text{La}_{0,7}\text{Dy}_{0,3}\text{MnO}_3$, był porównywalny ze współczynnikiem ZrO_2 stabilizowanego Y_2O_3 . Materiały te odznaczały się również małą reaktywnością z elektrolitem, niską rezystancją i wysokim ujemnym TWR.

W II etapie pracy zostaną opracowane i wykonane pasty oraz warstwy typowe dla technologii grubowarstwowej, a także będą przeprowadzone badania określające ich przydatność na elektrody ogniwo elektrochemicznych

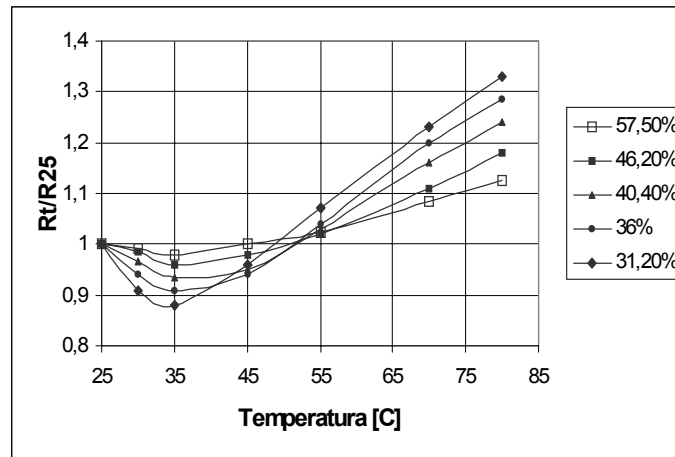
2.2. Wielofunkcyjne elementy rezystywne z mikrokompozytów polimerowo-węglowych

Sterowanie TWR mikrokompozytów polimerowo-węglowych pozwala na uzyskanie kontrolowanej zmiany rezystancji w określonym zakresie temperaturowym. Aby uzyskać pożądany efekt, należy przeanalizować wpływ poszczególnych składników mikrokompozytu polimerowego na ostateczne parametry elektryczne elementu rezystywnego. Dla potrzeb eksperymentu opracowano składy kompozycji zawierające kilka gatunków wypełniacza węglowego i spoiwa polimerowe: fenolowo-formaldehydowe, akrylowo-melaminowe, poliolefinowe oraz polietyleno-woskowe. Przeanalizowano wpływ na przebieg zmian rezystancji w funkcji temperatury:

- ilości i rodzaju wypełniacza węglowego,
- ilości i rodzaju spoiwa polimerowego.

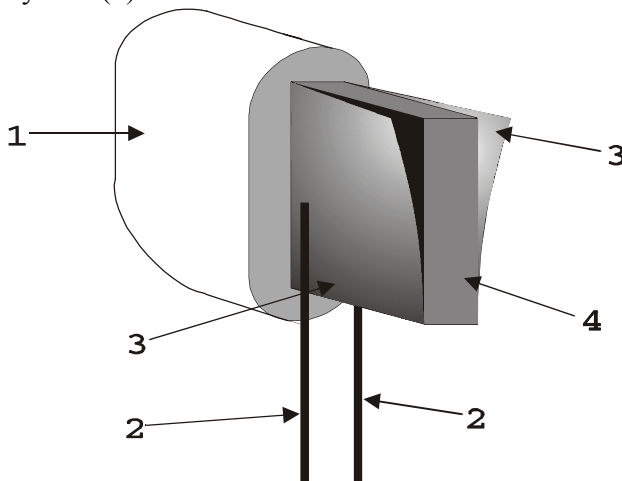
Na rys. 8 przedstawiono zależność rezystancji od temperatury dla różnych zawartości wypełniacza węglowego w warstwie ze spoiwem akrylowo-melaminowym. Wszystkie charakterystyki mają minimum rezystancji dla temperatury 35°C . Po przekroczeniu tej temperatury spoiwo polimerowe przechodzi ze stanu szklistego w lepko-sprężysty. Jest to temperatura zeszklenia spoiwa, co potwierdziły wyniki badań mechanicznych.

Dla wszystkich charakterystyk powyżej temperatury zeszklenia spoiwa uzyskano dodatnie wartości TWR (od $2900 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ dla najwyższej zawartości wypełniacza w warstwie do $11\,400 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ dla zawartości najniższej). W efekcie końcowym uzyskano ok. 50% przyrostu rezystancji przy prawie liniowym przebiegu charakterystyki. Jest to maksymalna wartość, jaką autorowi (dr inż. M. Łukasik) udało się uzyskać dla warstwowych elementów rezystywnych ze spoiwem termoutwardzalnym. Wysoki dodatni TWR warstw pozwala na zastosowanie ich do wytwarzania grzejników z samoregulującą się rezystywną warstwą grzejną.



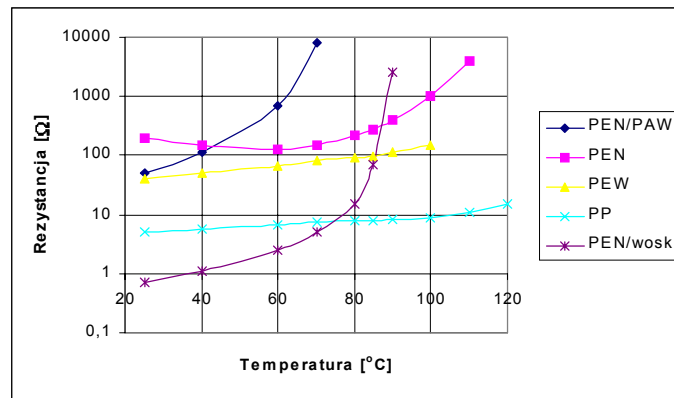
Rys. 8. Zależność rezystancji od temperatury elementów rezystywnych ze spoiwem akrylowo-melaminowym dla różnej zawartości wypełniacza węglowego w warstwie

Dla kompozycji bazujących na wypełniaczu sadzowym oraz spoiwach poliolefinowych i polietylenowo-woskowych wykonano objętościowy element rezystywny z kompozycji poliolefinowo-węglowej (rys. 9). Polimerowy mikrokompozyt (4) zaprasowywano między dwiema foliami metalowymi (3) o specjalnie preparowanej powierzchni. Do powierzchni folii przylutowano wyprowadzenia elektryczne (2). Całość została szczelnie otoczona "kokonem" epoksydowym (1).



Rys. 9. Objętościowy element rezystywny z kompozycji poliolefinowo-węglowej

Na rys. 10 przedstawiono charakterystyki temperaturowe rezystancji elementów rezystywnych ze spoiwami poliolefinowymi, również modyfikowanymi. Charakterystyki wykonywano w temperaturze $25 \div 125^{\circ}\text{C}$. Ze względu na duże zmiany rezystancji zastosowano logarytmiczną skalę osi. Najniższe przyrosty rezystancji można zaobserwować dla elementów rezystywnych ze spoiwem polietylenowym wysokociśnieniowym oraz polipropylenowym.



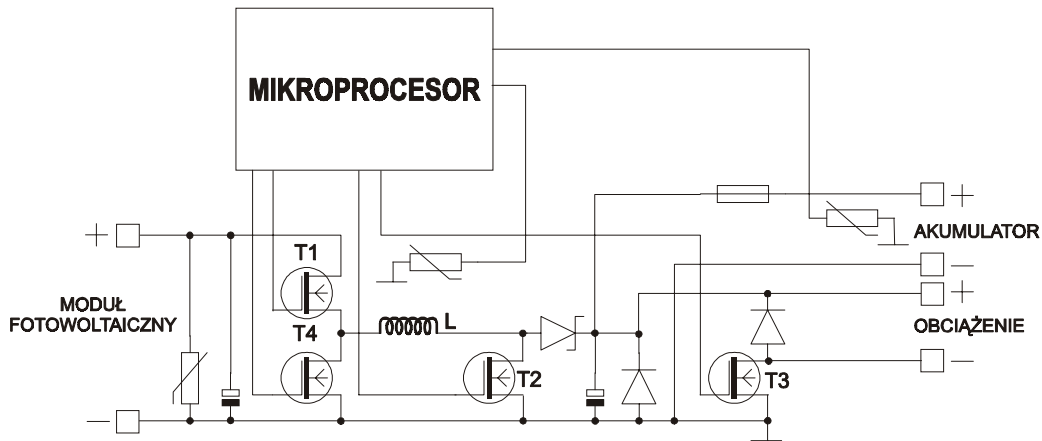
Rys. 10. Charakterystyki temperaturowe elementów rezystywnych ze spoiwami poliolefinowymi, również modyfikowanymi

W efekcie końcowym uzyskano elementy rezystywne o wysokim dodatnim temperaturowym współczynniku rezystancji, w których zmiany rezystancji w funkcji temperatury są tak duże, że można je wykorzystać jako elementy wielofunkcyjne, np. jako bezpieczniki wielokrotnego zadziałania.

2.3. Mikroprocesorowe systemy dla potrzeb fotowoltaiki

Mikroprocesorowe regulatory ładowania stanowią w problematyce prac badawczych i rozwojowych z obszaru techniki układowej ważny kierunek działalności Zakładu. Zakres zastosowań obejmuje tu napięcia nominalne instalacji 12 V i 24 V oraz przedział prądów ładowania od kilku do kilkudziesięciu amperów. Stosunkowo nowym trendem w konstruowaniu regulatorów jest wprowadzenie układów elektronicznych umożliwiających automatyczne stwarzanie optymalnych warunków energetycznego dopasowania modułu fotowoltaicznego do stanów akumulatora i obciążenia. Technika ta (ang. *maximum power tracking*) pozwala na niemal 20-procentowe zwiększenie wydajności mocy modułu, co nabiera szczególnego znaczenia zwłaszcza w instalacjach większej mocy. Analiza potrzeb rynku oraz oferowanych już na rynku światowym rozwiązań wskazała na potrzebę opracowania rozwiązań układowych, które rozszerzyłyby realny przedział ładowania akumulatorów z paneli fotowoltaicznych, tak aby możliwe było ładowanie, gdy napięcie wyjściowe jest niższe od napięcia akumulatora oraz gdy przy silnym nasłonecznieniu napięcie wyjściowe jest znacznie wyższe niż wymagane dla ładowania akumulatora. Zaprojektowany został sterowany mikroprocesorem elektroniczny regulator ładowania akumulatorów, w którego strukturze systemowej zastosowano przetwornicę podnoszącą napięcie uzyskiwane z modułu fotowoltaicznego ("step-up") oraz przetwornicę obniżającą napięcie z modułu fotowoltaicznego ("step-down").

Wersja rozbudowana (rys. 11) w swoim obwodzie ładowania akumulatora zawiera dwie przetwornice impulsowe typu "step-up" i "step-down". Program komputerowy modelu po porównaniu sił elektromotorycznych modułu fotowoltaicznego i akumulatora włącza w obwód ładowania bądź pierwszą przetwornicę, bądź drugą, w zależności od wyniku procesu śledzenia punktu mocy maksymalnej, gwarantującego pełne wykorzystanie energii oferowanej przez moduł. Dzięki działaniu dwóch przetwornic proces ładowania z pełnym wykorzystaniem energii zachodzi już od ok. 7 V poziomu napięcia modułu i sięga poziomu 25 V przy nominalnym napięciu roboczym akumulatora 12 V, co jest w oczywisty sposób nieosiągalne przy konwencjonalnym sposobie przyłączania modułu.



Rys. 11. Mikroprocesorowy regulator ładowania

Przebieg prądu ładowania w funkcji czasu zachodzi zgodnie z przebiegiem optymalnym, zalecanym przez producentów akumulatorów. Maksymalny prąd ładowania (ok. 4 A) zostaje przerwany z chwilą osiągnięcia poziomu 14,4 V lub 13,8 V (dla akumulatorów żelowych), a system przechodzi w stan podtrzymywania ładowania prądem rzędu 0,2 A. Gdy w wyniku ujemnego bilansu energetycznego napięcie akumulatora obniży się do poziomu 11,1 V, wtedy zostaje odcięte wyjście regulatora prowadzące do obciążenia. Wyjście to pozostaje odłączone tak długo, aż w wyniku doładowania akumulatora jego napięcie wzrośnie do poziomu 12,5 V. Zasadniczym długofalowym poziomem automatycznej regulacji napięcia wszystkich rodzajów akumulatorów jest poziom 13,8 V, utrzymywany na drodze automatycznej regulacji szerokości impulsów kluczenia jednej z aktualnie działających przetwornic. Wartość ta obowiązuje oczywiście dla temperatury 25°C i jest korygowana za pośrednictwem termistora w zależności od temperatury otoczenia.

Regulator może być wyposażony w wyłącznik zmierny sterowany napięciami modułu, pojawiającymi się o świcie lub zmierzchu, o poziomach wybieranych w granicach od 0,19 V do 2,5 V.

Drugim, nieco uproszczonym rozwiązaniem jest mikroprocesorowa wersja regulatora fotowoltaicznego o bezpośrednim sprzężeniu modułu z akumulatorem, tzn. bez pośrednictwa przetwornic "step-up" i "step-down".

Wersja ta jest przewidziana do produkcji jako wykonania 10 A, 20 A i 30 A z automatycznym dostosowywaniem się do znamionowego napięcia instalacji, tj. 12 V lub 24 V. Nominalny poziom utrzymywania napięcia akumulatora żelowego zostaje ustalony na 13,8/27,6 V, natomiast w przypadku stosowania akumulatorów konwencjonalnych, tzn. niehermetyzowanych żelowych, pierwsze włączenie procesu ładowania powoduje osiągnięcie poziomu 14,4/28,8 V, po czym następuje stałe utrzymywanie i nadzór poziomu 13,8/27,6 V. Podobnie jak w poprzedniej wersji nadzorowany jest poziom rozładowania akumulatora. Odłączenie obciążenia następuje przy napięciu ok. 11/22 V, a ponowne włączenie po doładowaniu do poziomu 12,6/25,2 V.

Proces automatycznej regulacji napięcia ładowania akumulatora odbywa się na impulsowej zasadzie regulacji szerokości impulsów (PWM), powtarzanych z częstotliwością kilkudziesięciu kHz. Uzyskane tą drogą średnie napięcie akumulatora zostaje scałkowane i poddane procesowi porównania z napięciem wzorcowym. Stwierdzony sygnał błędu wpływa na szerokość impulsów prądu ładowania w kierunku minimalizacji różnicy obu napięć.

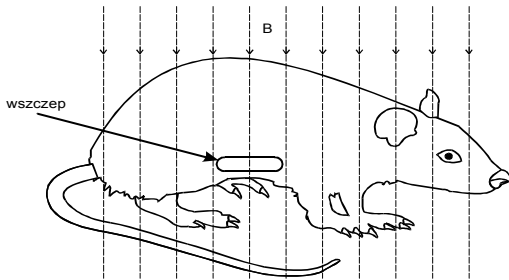
Przedstawione dwa modele regulatorów ładowania stanowią wstępną fazę tworzenia opracowań planowanych przez Zakład Mikroelektroniki. Po przeprowadzeniu pełnych badań serii informacyjnych zostanie podjęta małoseryjna produkcja na potrzeby rynku. Pomocna okaże się niewątpliwie współpraca ITE z krajową firmą instalacyjno-handlową SunFlower Farm i – pośrednio – z poważnym niemieckim producentem elementów fotowoltaiki Solarfabrik Freiburg.

2.4. Koncepcja stanowiska stymulującego i neurowszczepów pasywnych

Przy opracowaniu konstrukcji i technologii neurowszczepów konieczne jest określenie parametrów (amplituda, kształt, częstotliwość) impulsu drażniącego dany nerw lub grupę nerwów, aby uzyskać założony efekt terapeutyczny. Niestety, wymaga to przeprowadzenia doświadczeń na żywych zwierzętach. Podczas doświadczenia zwierzę musi być zdrowe i przebywać w warunkach, do których jest przyzwyczajone, np. w klatce, którą zna, i musi być normalnie odżywiane. Nie wchodzi w rachubę wielogodzinna obserwacja na urządzeniach monitorujących uśpionego na stole operacyjnym zwierzęcia, gdyż środek usypiający (narkotyk) zafałszuje wyniki (narkotyk spowalnia funkcje życiowe), a ponadto po pewnym czasie następuje śmierć zwierzęcia na skutek wychłodzenia organizmu.

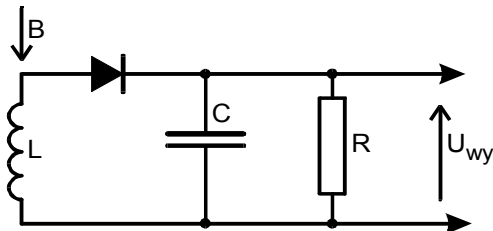
W literaturze przedmiotu są opisywane różne konstrukcje neurowszczepów i doświadczenia z nimi, jednak brak jest jakiegokolwiek uzasadnienia zastosowanego kształtu impulsów i częstotliwości impulsowania. Panuje duża dowolność w tym zakresie. Stosowane są dość proste konstrukcje neurowszczepów, bez możliwości włączania, wyłączania lub przestrajania w trakcie pracy. Jedynym sposobem kontroli, czy układ działał w trakcie próby, jest sprawdzenie na testerze po jej zakończeniu.

Biorąc pod uwagę wszystkie niedoskonałości opisanej metody prób i błędów, zaproponowano rozwiązanie umożliwiające włączanie i wyłączanie impulsowania w trakcie próby, jak również zmianę parametrów (kształt, amplituda, częstotliwość repetycji) impulsów. Istota zaproponowanej metody wywodzi się z obserwacji, że impulsy w nerwie błędnym szczura mają współczynnik wypełnienia poniżej 10% i częstotliwość repetycji poniżej 1 Hz. Jeśli umieści się badane zwierzę w impulsowym polu elektromagnetycznym o częstotliwości $10 \div 100$ kHz i do jego organizmu wprowadzi neurowszczep w postaci małej ceweczki z detektorem szczytowym (rys. 12), to na wyjściu detektora szczytowego pojawi się impuls o zadanym kształcie. Dla potrzeb eksperymentu zaprojektowano i wykonano dwa rodzaje pasywnych sond wszczepianych w organizm badanego zwierzęcia. Przedstawiono je na rys. 13 i 14.



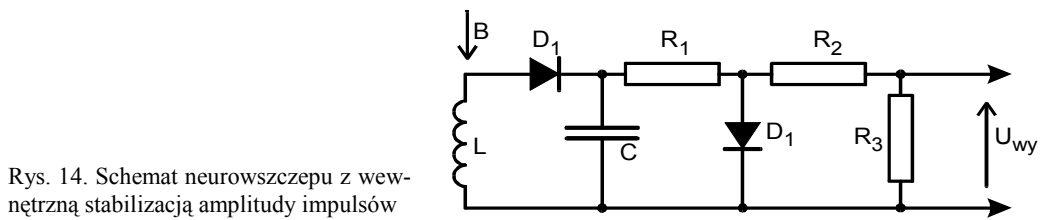
Rys. 12. Usytuowanie neurowszczepu wewnątrz organizmu badanego zwierzęcia

Rys. 13. Schemat elektryczny najprostszego neurowszczepu



Jest to detektor amplitudy z integratorem w postaci pojemności C z rezystorem rozładowczym R . Stała czasowa RC integratora decyduje o kształcie tylnego zbocza impulsów. Jeżeli pole magnetyczne jest przerywane, to na wyjściu uzyskuje się ciąg impulsów prostokątnych. Zaletą takiego neurowszczepu jest prostota układowa i znakomita powtarzalność parametrów. Istotną wadą jest silna nieliniowość w funkcji amplitudy pola magnetycznego, związana ze spadkiem napięcia na diodzie, gdyż zakres stosowanych amplitud napięć wyjściowych

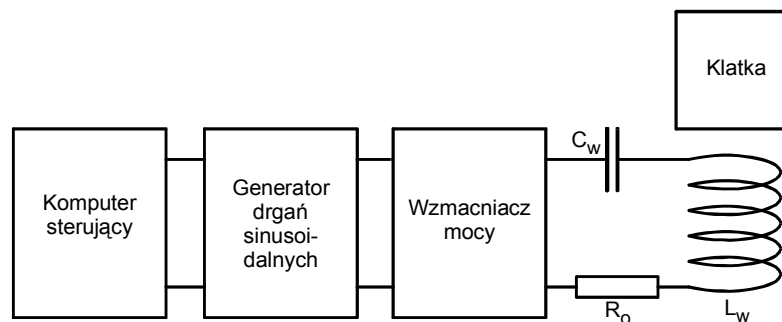
wynosi $50 \div 300$ mV, a – jak wiadomo – spadek napięcia na diodzie krzemowej spolaryzowanej w kierunku przewodzenia wynosi ok. 700 mV.



Rys. 14. Schemat neurowszczepu z wewnętrzną stabilizacją amplitudy impulsów

Są dwa sposoby rozwiązania problemu nieliniowości:

- Zastosowanie ceweczki o dużej liczbie zwojów i wewnętrzny ogranicznik napięcia (rys. 14). W tym układzie, podobnie jak w układzie z rys. 13, dioda D_1 wraz z kondensatorem C tworzą detektor szczytowy z obwodem rozładowczym złożonym z rezystora R_1 i diody D_2 spolaryzowanej w kierunku przewodzenia. Jeśli ceweczka L znajduje się w przemiennym polu magnetycznym przerywanym, to dla pól magnetycznych o amplitudzie wektora indukcji B większej od wartości progowej B_p na zaciskach AB diody D_2 pojawi się ciąg impulsów prostokątnych o amplitudzie 700 mV. Ponieważ, jak wspomniano, amplituda stosowanych impulsów zawiera się między 50 mV a 300 mV, konieczne jest obniżenie napięcia wyjściowego przez zastosowanie dzielnika napięcia R_2R_3 .
- Zastosowanie obwodu ujemnego sprzężenia zwrotnego w urządzeniu generującym pole magnetyczne (rys. 15).



Rys. 15. Schemat blokowy urządzenia generującego pole magnetyczne

Wewnątrz klatki z badanymi zwierzętami powinno być jednorodne pole magnetyczne skierowane pionowo. W celu uzyskania takiego pola na zewnętrznej ścianie plastikowej klatki nawinięto uzwojenie o indukcyjności L_w . Kształt geometryczny uzwojenia został dobrany empirycznie w taki sposób, aby w przestrzeni, w której przebywają zwierzęta, zapewnić w miarę równomierny rozkład pola magnetycznego.

Do generacji sinusoidalnie zmiennego pola magnetycznego wystarcza zestaw: generator drgań sinusoidalnych i wzmacniacz mocy obciążony uzwojeniem, w któ-

rym generowane jest pole magnetyczne. Ponieważ wzmacniacze mocy z obciążeniem indukcyjnym pracują źle, korzystne jest zastosowanie do obciążenia obwodu RLC zestrojonego do rezonansu szeregowego. Jak wiadomo, impedancja szeregowego układu RLC dla częstotliwości rezonansowej ma charakter czysty i wynosi R (gdzie R jest rezystancją rezystora szeregowego). Wartość rezystancji R powinna być równa impedancji wyjściowej wzmacniacza mocy. Do sterowania wzmacniacza mocy można wykorzystać dowolny generator drgań sinusoidalnych o zakresie częstotliwości i amplitudzie dostosowanej do użytego wzmacniacza mocy. Generator ten musi mieć funkcję przerywania sygnału wyjściowego, tzn. generowania paczek falowych o regulowanym czasie trwania i regulowanym stosunku czasu generacji do czasu przerwy. Można użyć do tego celu karty generatorowej do komputera PC. Możliwe jest też wykorzystanie typowej karty dźwiękowej od komputera PC. Oczywiście konieczne jest napisanie programu sterującego tak nietypowym zastosowaniem karty dźwiękowej.

Opisane urządzenie zostało zrealizowane w Zakładzie Mikroelektroniki i zastosowane do badań w Laboratorium Zoologicznym Katedry Patofizjologii Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego. Aktualnie trwają prace nad optymalizacją konstrukcji neurowszczepu w zastosowaniu do terapii otyłości. Na próbie czterech szczurów, u których w okresie miesiąca był drażniony lewy nerw błędny przez neurowszczep zasilany i sterowany przerywanym polem magnetycznym o częstotliwości 10 kHz, uzyskano przez regulację amplitudy i czasu wypełnienia impulsu sterowanie łaknieniem i założone tendencje zmiany masy ciała.

2.5. Prototypy i nowe technologie oraz wdrożenia

Na szczególne podkreślenie zasługuje opracowanie i wdrożenie następujących rozwiązań układowych i technologii:

- wdrożenie technologii wykonywania polimerowo-węglowych warstw elektrodowych, opracowanej w ramach projektu celowego 6 T11 049 2001C/5523;
- opracowanie technologii wytwarzania wielkoformatowych grzejników z zastosowaniem pozystorowych warstw grzejnych i wykonanie prototypów grzejników;
- opracowanie technologii oraz wykonanie prototypów modułów znaku termicznego (dla Służby Granicznej);
- uruchomienie produkcji analogowych regulatorów ładowania RSS02 12V/15A i 24V/15A (dla małych elektrowni słonecznych);
- uruchomienie produkcji lamp wykorzystujących ultrajadne diody elektroluminescencyjne, zasilanych z systemów fotowoltaicznych;
- uruchomienie produkcji nowych wersji inwerterów DC/AC o mocy wyjściowej 800 ÷ 1500 W, łącznie 8 typów);
- uruchomienie produkcji mikroprocesorowego systemu zasilania awaryjnego 150 W (12V=230V~);

- opracowanie prototypów elementów grzejnych na płytkach stalowych emaliowanych typ EGS-2 i podłożach ceramicznych EGA-1 ÷ EGA-6;
- uruchomienie produkcji elementu rezystywnego metalizowanego ERM-1.

3. Współpraca międzynarodowa

W ramach współpracy z partnerami programu NEXUS przygotowano projekt IP INT-HA FP6/2002/IST/1 "Components for Ambient Intelligence in Household Appliances".

Współpracowano z Ceramics Laboratory of the Swiss Federal Institute of Technology EPFL w Lozannie. Realizowane są prace technologiczne na zlecenie EPFL.

Zakład brał udział w 5. Programie Ramowym Unii Europejskiej: Sieć tematyczna w ramach 5PR "Competitive and Sustainable Growth" – Polar Electroceramics POLECER, nr kontraktu G5RT-CT-2001-05024.

Współpracowano z innymi centrami naukowo-badawczymi, działającymi w sieci tematycznej PIRAMID i udostępniano wyniki badań dotyczących warstw grubych opartych na ferroelektrykach relaksorowych.

4. Usługi naukowo-badawcze i sprzedana produkcja laboratoryjna

Zmodernizowano system przywoławczy dla przedsiębiorstwa Zabrzeńskie Zakłady Mechaniczne poprzez zmianę oprogramowania obsługi komunikatów głosowych (wartość 4 800 zł).

Sprzedano produkcję doświadczalną (inwertery, systemy zasilania awaryjnego, regulatory ładowania dla systemów fotowoltaicznych, elementy wysokonapięciowe) o wartości 181 000 zł.

Opracowano i wytworzono nowe materiały, modele i prototypy o wartości 21 000 zł.

5. Nagrody i wyróżnienia

Prof. dr hab. inż. Stanisław Nowak został odznaczony medalem "Zasłużony dla Politechniki Rzeszowskiej" za szczególny wkład w rozwój Politechniki Rzeszowskiej.

Prof. dr hab. inż. Stanisław Nowak i mgr inż. Michał Cież uzyskali I nagrodę za poster "On the Design and Fabrication of Photoimageable Thick Film Multilayer Filters and Couplers" na 27th International Conference and Exhibition IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003.

PUBLIKACJE'2003

Publikacje

- [P1] CIEŻ M., ŁUKASIK A. M., WITEK K., ZARASKA W.: Comparison of Electrooptical Parameters in Electroluminescent Structures Composed with Various Transparent Electrodes. *Proc. of the 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003*, s. 130–133.
- [P2] CIEŻ M., PORADA Z.: Thick Film Electroluminescent Lamps on ZnS,Cu Base and Their Application in Safety Systems. *Proc. of SPIE (zgf.)*.
- [P3] DZIURDZIA B., MAGOŃSKI Z., CIEŻ M., GREGORCZYK W.: Thick-Film Photoimageable Conductor and Dielectric in Microwave Circuits. *Proc. of the 48th Int. Wissenschaft. Kolloq., Ilmenau, Niemcy, 22–25.09.2003*, s. 169–171.
- [P4] DZIURDZIA B., MAGOŃSKI Z., NOWAK S., CIEŻ M., GREGORCZYK W., NIEMYJSKI W.: On the Design and Fabrication of Photoimageable Thick-Film Multilayer Filters and Couplers. *Proc. of the 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003*, s. 143–149.
- [P5] GANDURSKA J., ŚNIEŻYŃSKA I., MAREK A., SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J.: Technologia wytwarzania elektrod o strukturze perowskitu. *Szkło i Ceramika 2003 nr 2 s. 27–31*.
- [P6] GANDURSKA J., ŚNIEŻYŃSKA I., MAREK A., SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J.: Thick Film Pastes Based on Perovskite Materials with Addition of Platinum. *Proc. of the 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003*, s. 154–157.
- [P7] GANDURSKA J., ŚNIEŻYŃSKA I., MAREK A., SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J.: Warstwy elektroizolacyjne na podłoża stalowe dla mikroelektroniki. *Elektronika (zgf.)*.
- [P8] GANDURSKA J., ŚNIEŻYŃSKA I., MAREK A., SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J.: Elementy grubowarstwowe na podłożach stalowych emaliowanych. *Szkło i Ceramika (zgf.)*.
- [P9] GANDURSKA J., ŚNIEŻYŃSKA I., MAREK A., SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J.: Podłoża stalowe z warstwami izolacyjnymi na bazie past importowanych. *Elektronika (zgf.)*.
- [P10] GRZESIAK W., CIEŻ M., NOWAK S., POCZĄTEK J., ZARASKA W., WIETRZNY K.: Zastosowanie diod elektroluminescencyjnych o wysokiej luminancji w systemach oświetleniowych, zwłaszcza fotowoltaicznych. *Konf. LED, Warszawa, 2003. Mat. konf. s. 1–4*.
- [P11] GRZESIAK W., CIEŻ M., POCZĄTEK J., ZARASKA W., WIETRZNY K., KOPROWSKI J.: Photovoltaic Systems as the Clean Energy Source for the Present and for Tomorrow. *Proc. of the 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003*, s. 303–311.
- [P12] GRZESIAK W., POCZĄTEK J., WITEK K., WIETRZNY K., KOPROWSKI J.: Complete Solar Systems of Output Equipped with 230V 50Hz DC/AC Inverters. *Proc. of the 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003*, s. 162–164.
- [P13] GRZESIAK W., POCZĄTEK J., ZARASKA W., WIETRZNY K.: Solar Home Station Systems. *Proc. of the 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003*, s. 165–167.
- [P14] KOŁODZIEJ A., KREWNIAK P., NOWAK S.: Improvement in Silicon Thin Film Solar Cell Efficiency. *Opto-Electron. Rev. 2003 vol. 11 nr 4 s. 71–79*.
- [P15] KULAWIK J., SZWAGIERCZAK D., GANDURSKA J., MAREK A., ŚNIEŻYŃSKA I.: Dielectric Properties of Lead-Free Ferroelectric Perovskites Based on Calcium. *Proc. of the 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003*, s. 203–206.

- [P16] ŁUKASIK A. M., CIEŻ M., PRUSZOWSKI Z.: Polymer-Carbon-Aluminium Resistive Activation Layers in the Process of Chemical Ni-P Metallisation. *Proc. of the 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003*, s. 215–218.
- [P17] ŁUKASIK A. M., NOWAK S., SIWULSKI S.: Carbon-Polymer Resistors Heating Layer on Enamelled Steel Substrates. *Proc. of the 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003*, s. 207–210.
- [P18] ŁUKASIK A. M., PRUSZOWSKI Z.: Influence of Filler Quantity on Thermal Characteristics of Carbon-Acrylic Resistive Layers. *Proc. of the 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003*, s. 211–214.
- [P19] SZWAGIERCZAK D.: Thick Film Composition Based on Titanium Silicides for Surge Resistors. *Ceramics Int.* (zgf.).
- [P20] SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J.: Influence of MnO₂ and Co₃O₄ Dopants on Dielectric Properties of Pb(Fe_{2/3}W_{1/3})O₃ Ceramic. *J. of the Europ. Ceramic Soc.* (zgf.).
- [P21] SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J.: Thick Film Capacitors with Relaxor Dielectrics. *J. of the Europ. Ceramic Soc.* (zgf.).
- [P22] SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J., GANDURSKA J., MAREK A., ŚNIEŻYŃSKA I.: Właściwości dielektryczne ferroelektrycznej ceramiki opartej na relaksorach Pb(Fe_{2/3}Nb_{1/2})O₃ i Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O₃. *Elektronika 2003 nr 1* s. 18–21.
- [P23] SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J., GANDURSKA J., MAREK A., ŚNIEŻYŃSKA I.: Badanie warunków otrzymywania i właściwości ceramiki Pb(Zn_{1/3}Nb_{2/3})O₃-BaTiO₃-PbTiO₃ o wysokiej stałej dielektrycznej. *Szkło i Ceramika 2003 nr 1* s. 32–37.
- [P24] SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J., NOWAK S., GANDURSKA J., MAREK A., ŚNIEŻYŃSKA I., GROEGER B.: Aging Behavior of Capacitors with Relaxor Dielectrics. *Proc. of the 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003*, s. 270–273.
- [P25] WITEK K., CIEŻ M., ZARASKA W., GRZESIAK W., KNAPIK R.: Investigation of Pb-Free Sn-Ag-Cu Alloy Shear Strength under Influence of Environmental Conditions. *Proc. of the 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003*, s. 274–279.
- [P26] ZARASKA W., WITEK K., CIEŻ M., KNAPIK R.: Influence of Soldering Oven Temperature Profile on the Quality of Pb-Free Solder Joints. *Proc. of the 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003*, s. 288–291.

Konferencje

- [K1] CIEŻ M., ŁUKASIK A. M., WITEK K., ZARASKA W.: Comparison of Electrooptical Parameters in Electroluminescent Structures Composed with Various Transparent Electrodes. *27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003* (plakat).
- [K2] CIEŻ M., PORADA Z.: Thick Film Electroluminescent Lamps on ZnS,Cu Base and Their Application in Safety Systems. *III Int. Conf. "Systems of Optical Security – SOS'03", Warszawa, 11–12.12.2003* (plakat).
- [K3] DZIURDZIA B., MAGOŃSKI Z., CIEŻ M., GREGORCZYK W.: Thick-Film Photoimageable Conductor and Dielectric in Microwave Circuits. *48th Int. Wissenschaft. Kolloq., Ilmenau, Niemcy, 22–25.09.2003* (plakat).
- [K4] DZIURDZIA B., MAGOŃSKI Z., CIEŻ M., NOWAK S., GREGORCZYK W., NIEMYJSKI W.: On the Design and Fabrication of Photoimageable Thick-Film Multilayer Filters and Couplers. *27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003* (plakat).

- [K5] GANDURSKA J., ŚNIEŻYŃSKA I., MAREK A., SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J.: Thick Film Pastes Based on Perovskite Materials with Addition of Platinum. 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003 (plakat).
- [K6] GRZESIAK W., CIEŻ M., NOWAK S., POCZĄTEK J., ZARASKA W., WIETRZNY K.: Zastosowanie diod elektroluminescencyjnych o wysokiej luminancji w systemach oświetleniowych, zwłaszcza fotowoltaicznych. Konf. LED, Warszawa, 2003 (ref.).
- [K7] GRZESIAK W., CIEŻ M., POCZĄTEK J., ZARASKA W., WIETRZNY K.: Solar Electric Lighting Systems Utilising Tungsten Bulbs or LED's of High Brightness. XVII Szkoła Optoelektroniki "Fotowoltaika – ogniwa słoneczne i detektory", Kazimierz Dolny, 13–16.10.2003 (plakat).
- [K8] GRZESIAK W., CIEŻ M., POCZĄTEK J., ZARASKA W., WIETRZNY K., KOPROWSKI J.: Photovoltaic Systems as the Clean Energy Source for the Present and for Tomorrow. 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003 (ref.).
- [K9] GRZESIAK W., CIEŻ M., POCZĄTEK J., ZARASKA W., WIETRZNY K., KOPROWSKI J.: Systemy fotowoltaiczne jako źródło czystej energii na dzisiaj i na jutro. XVII Szkoła Optoelektroniki "Fotowoltaika – ogniwa słoneczne i detektory", Kazimierz Dolny, 13–16.10.2003 (ref.).
- [K10] GRZESIAK W., MAJ T., POCZĄTEK J., WIETRZNY K.: Solar Regulators Equipped with One-Chip Microcomputer. XVII Szkoła Optoelektroniki "Fotowoltaika – ogniwa słoneczne i detektory", Kazimierz Dolny, 13–16.10.2003 (plakat).
- [K11] GRZESIAK W., POCZĄTEK J., WITEK K., WIETRZNY K., KOPROWSKI J.: Complete Solar Systems of Output Equipped with 230V 50Hz DC/AC Inverters. 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003.
- [K12] GRZESIAK W., POCZĄTEK J., WITEK K., WIETRZNY K., KOPROWSKI J.: Complete Solar Systems of Output Equipped with 230V 50 Hz DC/AC Inverters. XVII Szkoła Optoelektroniki "Fotowoltaika – ogniwa słoneczne i detektory", Kazimierz Dolny, 13–16.10.2003 (plakat).
- [K13] GRZESIAK W., POCZĄTEK J., ZARASKA W., WIETRZNY K.: Solar Home Station Systems. 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003 (plakat).
- [K14] GRZESIAK W., POCZĄTEK J., ZARASKA W., WIETRZNY K.: Solar Home Station Systems. XVII Szkoła Optoelektroniki "Fotowoltaika – ogniwa słoneczne i detektory", Kazimierz Dolny, 13–16.10.2003 (plakat).
- [K15] KULAWIK J., SZWAGIERCZAK D., GANDURSKA J., MAREK A., ŚNIEŻYŃSKA I.: Dielectric Properties of Lead-Free Ferroelectric Perovskites Based on Calcium. 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003 (plakat).
- [K16] ŁUKASIK A. M., CIEŻ M., PRUSZOWSKI Z.: Polymer-Carbon-Aluminium Resistive Activation Layers in the Process of Chemical Ni-P Metallisation. 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003 (plakat).
- [K17] ŁUKASIK A. M., NOWAK S., SIWULSKI S.: Carbon-Polymer Resistors Heating Layer on Enamelled Steel Substrates. 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003 (plakat).
- [K18] ŁUKASIK A. M., PRUSZOWSKI Z.: Influence of Filler Quantity on Thermal Characteristics of Carbon-Acrylic Resistive Layers. 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003 (plakat).
- [K19] SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J., GANDURSKA J., MAREK A., ŚNIEŻYŃSKA I.: Characterization of Dielectric Properties and Microstructure of Relaxor Thick Films. Conf. "Polar Oxides – Properties, Characterization and Imaging", Capri, Włochy, 8–11.06.2003 (plakat).

[K20] SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J., NOWAK S., GANDURSKA J., MAREK A., ŚNIEŻYŃSKA I., GROEGER B.: Aging Behavior of Capacitors with Relaxor Dielectrics. 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003 (plakat).

[K21] WĘGRZECKI M., GRABIEC P., BAR J., WĘGRZECKA I., GRODECKI R., SŁYSZ W., USZYŃSKI A., GRYNGLAS M., KRZEMIŃSKI S., BUDZYŃSKI T., ZABOROWSKI M., PANAS A., STUDZIŃSKA K., WRZESIŃSKA H., CIEŻ M., GANDURSKA J., MAREK A.: Prace nad krzemowymi monokrystalicznymi ogniwami fotowoltaicznymi prowadzone w ITE. XVII Szkoła Optoelektroniki "Fotowoltaika – ogniwa słoneczne i detektory", Kazimierz Dolny, 13–16.10.2003 (plakat).

[K22] WITEK K., CIEŻ M., ZARASKA W., GRZESIAK W., KNAPIK R.: Investigation of Pb-Free Sn-Ag-Cu Alloy Shear Strength under Influence of Environmental Conditions. 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003 (plakat).

[K23] ZARASKA W., WITEK K., CIEŻ M., KNAPIK R.: Influence of Soldering Oven Temperature Profile on the Quality of Pb-Free Solder Joints. 27th Int. Conf. and Exhib. IMAPS - Poland 2003, Podlesice-Gliwice, 16–19.09.2003 (plakat).

Patenty

[PA1] CIEŻ M., GRZESIAK W., POCZĄTEK J., ZARASKA W., MAJ T.: Urządzenie oświetlające. Zgł. pat. nr P.360170 z dn. 15.05.2003.

[PA2] DYMEK D., CIEŻ M., GRELA W., GRZESIAK W., MAĆKÓW P., POCZĄTEK J., POLAK A., WITEK K., ZARASKA W.: Zespół zasilania awaryjnego instalacji centralnego ogrzewania. Pat. RP nr P.326009.

[PA3] DZIURDZIA B., CIEŻ M., MAGOŃSKI Z., NOWAK S.: Sposób wywoływania wzorów precyzyjnych struktur grubowarstwowych i urządzenie do wywoływania wzorów precyzyjnych struktur grubowarstwowych. Zgł. pat. nr P.362452 z dn. 26.09.2003.

[PA4] J. GANDURSKA J., ŚNIEŻYŃSKA I., MAREK B., KULAWIK J.: Element grzejny. Wzór użytkowy nr W.109712.

[PA5] KLIMIEC E., NOWAK S., ZARASKA W., SOBIERSKI L.: Masa rezystywna. Zgł. pat. nr P.364120 z dn. 17.12.2003.

[PA6] SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J., ŚNIEŻYŃSKA I., GRÖGER B.: Grubowarstwowa pasta ferroelektryczna. Zgł. pat. nr P.363846 z dn. 3.12.2003.

[PA7] ZARASKA W., THOR P.: Sposób stymulowania nerwów zwierzęcych. Zgł. pat. nr P.364121 z dn. 17.12.2003.