



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 Barbara Gröger,
mgr inż. Wojciech Grzesiak, inż. Ryszard Knapik,
dr Jan Kulawik, dr inż. Andrzej Łukasik, mgr Tomasz Maj,
mgr inż. Wojciech Politowicz, mgr Agata Skwarek,
dr inż. Dorota Szwagierczak, mgr inż. Krzysztof Witek,
mgr inż. Krzysztof Zaraska, dr inż. Wiesław Zaraska

1. Realizowane projekty badawcze

W Zakładzie Mikroelektroniki realizowano w 2004 r. następujące projekty badawcze:

- “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 4T08D 03922),
- “Badanie procesów degradacyjnych w grubowarstwowych hybrydowych układach elektroniki wielkiej mocy” (projekt badawczy nr 4T11B 00825),
- “Projekt i wykonanie prototypu dla wdrażania rozwiązań technologicznych wykorzystania energii słonecznej dla bezprzewodowych systemów zasilania w energię układów oświetleniowych (umowa z funduszy PHARE),
- “Opracowanie i uruchomienie produkcji rodziny regulatorów ładowania dla potrzeb autonomicznych systemów fotowoltaicznych” (projekt celowy nr 6T11 2003C/06241),
- “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

Kontynuowano prace nad ustaleniem składu i zbadaniem właściwości tworzyw ceramicznych o strukturze perowskitu. Celem tych badań było określenie przydatności otrzymanych tworzyw dla opracowania technologii past przewodzących,

służących do wytwarzania warstw elektrodowych w ogniach elektrochemicznych i past dielektrycznych do wytwarzania kondensatorów typu II.

W ramach badań tworzyw warystorowych przeprowadzono dokładne cechowanie stabilizacji termicznej warystorów z układem fazy ciekłej $\text{Bi}_2\text{O}_3/\text{B}_2\text{O}_3$. Podjęto badania stabilności długookresowej przy obciążeniu elektrycznym. Wstępne wyniki tych badań umożliwiły zawężenie grup składów kompozycji warystorowych do ośmiu tworzyw.

W pracach nad rozwiązaniami układowymi dla systemów fotowoltaicznych i elektroniki medycznej opracowano pierwszy w kraju model regulatora ładowania akumulatorów wykorzystujący algorytm wyszukiwania punktu mocy maksymalnej (MPPT) oraz zaprojektowano i wykonano model neurostymulatora żołądka. Rozwiązanie wykorzystujące algorytm MPPT podnosi efektywność autonomicznych systemów fotowoltaicznych. W zakresie kompozytowych tworzyw polimerowo-węglowych prace badawcze były ukierunkowane na opracowanie tworzyw o wysokich wartościach temperaturowego współczynnika rezystancji (TWR) i ich możliwościach aplikacyjnych.

2.1. Materiały ceramiczne o strukturze perowskitu na bazie Mn i Al z przeznaczeniem na elektrody ogni elektrochemicznych i czujników gazów

Celem badań było:

- poszukiwanie nowych przewodzących materiałów ceramicznych na elektrody ogni stałych jako alternatywy drogiej platyny,
- wykorzystanie materiałów otrzymanych w I etapie pracy do wytworzenia past grubowarstwowych i charakterystyka warstw elektrodowych wykonanych z tych past.

Materiały elektrodowe powinny spełnić następujące wymagania:

- mieszane przewodnictwo jonowo-elektronowe,
- temperaturowy współczynnik rozszerzalności liniowej materiału porównywalny z α podłoża,
- katalityczny wpływ na redukcję tlenu,
- brak reakcji z podłożem,
- odporność termiczna i chemiczna,
- porowatość.

Wymagania te spełnia droga platyna i niektóre złożone tlenki metali o strukturze perowskitu o ogólnym wzorze ABO_3 .

Badania wykonane w II etapie prac obejmowały:

- opracowanie składu i metodyki wytwarzania past z materiałów o strukturze perowskitu o składzie $\text{La}_{0,7}\text{R}_{0,3}(\text{Mn}_{1-x}\text{Al}_x)\text{O}_3$ ($R = \text{Dy}, \text{Ca}; x = 0,3$);
- dobór szklivi wprowadzanych do past na podstawie obserwacji w mikroskopie grzewczym;

- dobór warunków nanoszenia i wypalania warstw na podłożach Al_2O_3 i YSZ (tlenek cyrkonu stabilizowany itrem);
- analizę rentgenowską składu fazowego i mikrostruktury opracowanych warstw przy użyciu mikroskopu skaningowego;
- pomiar rezystywności w zakresie temperatur $25 \div 900^\circ\text{C}$;
- pomiary SEM ogniw z elektrodami perowskitowymi w temperaturze $600 \div 900^\circ\text{C}$.

Warstwy otrzymano przez ucieranie w moździerzu naważonych w odpowiednich proporcjach następujących składników:

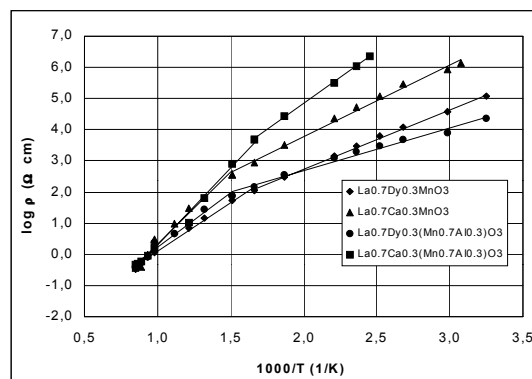
- przewodzących tlenków o strukturze perowskitu: $\text{La}_{0,7}\text{Dy}_{0,3}\text{MnO}_3$; $\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$; $\text{La}_{0,7}\text{Dy}_{0,3}(\text{Mn}_{0,7}\text{Al}_{0,3})\text{O}_3$; $\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}(\text{Mn}_{0,7}\text{Al}_{0,3})\text{O}_3$;
- szkliwa (termisil);
- nośnika organicznego (10% roztwór etylocelulozy w terpineolu);
- rozcieńczalnika.

Pasty nanoszono sitodrukiem przez sito stalowe 260 mesh na dwa rodzaje podłoża: alundowe (96% Al_2O_3) do testów rezystywności oraz YSZ do pomiaru SEM ogniw stałych.

Obróbka termiczna naniesionych warstw polegała na suszeniu na wolnym powietrzu przez 15 min. i w temperaturze 125°C przez 15 min. oraz na wypalaniu w ciągu 45 min. w VI-strefowym piecu BTU w temperaturze maksymalnej 980°C (czas przebywania w pikie temperaturowym ok. 10 min.). Grubość warstw po wypaleniu wynosiła $10 \div 12 \mu\text{m}$.

Analiza rentgenowska potwierdziła otrzymanie związków o strukturze perowskitu. Na podstawie obserwacji w mikroskopie skaningowym stwierdzono prawidłową, jednorodną i porowatą mikrostrukturę warstw, pozbawioną pęknięć i kraterów. Współpraca warstw perowskitowych z elektrolitem stałym jest dobra, warstwy dobrze przylegają do podłoża, brak jest pęcherzy i szczelin.

Temperaturowa zależność rezystywności warstw dobrze spełnia prawo Arrheniusa $\rho = \rho_0 \exp(E/k_B T)$. Wartość rezystywności wraz ze wzrostem temperatury maleje, co świadczy o półprzewodnikowym charakterze przewodnictwa elektrycznego. Wzrost energii aktywacji przewodnictwa powyżej 300°C (zmiana kąta nachylenia krzywych $\log \rho = f(1000/T)$) sugeruje występowanie zmiany mechanizmu przewodzenia (rys. 1).



Rys. 1. Zależność temperaturowa rezystywności warstw elektrodowych na bazie perowskitów $\text{La}_{0,7}\text{R}_{0,3}(\text{Mn}_{1-x}\text{Al}_x)\text{O}_3$

Częściowe zastąpienie manganu glinem prowadzi do wzrostu rezystywności materiału perowskitowego. Należy przypuszczać, że zmniejsza się ilość manganu na trzecim stopniu utlenienia będącego źródłem wolnych elektronów w sieci. Decydującym powodem wzrostu rezystywności warstw w porównaniu z litą ceramiką jest konieczność zastosowania w technologii sitodruku szkliva zapewniającego adhezję do podłoża, ale równocześnie zmniejszającego powierzchnię kontaktu ziaren fazy przewodzącej (tabl. 1).

Tabela 1. Wybrane parametry warstw na bazie perowskitów $\text{La}_{0,7}\text{R}_{0,3}(\text{Mn}_{1-x}\text{Al}_x)\text{O}_3$

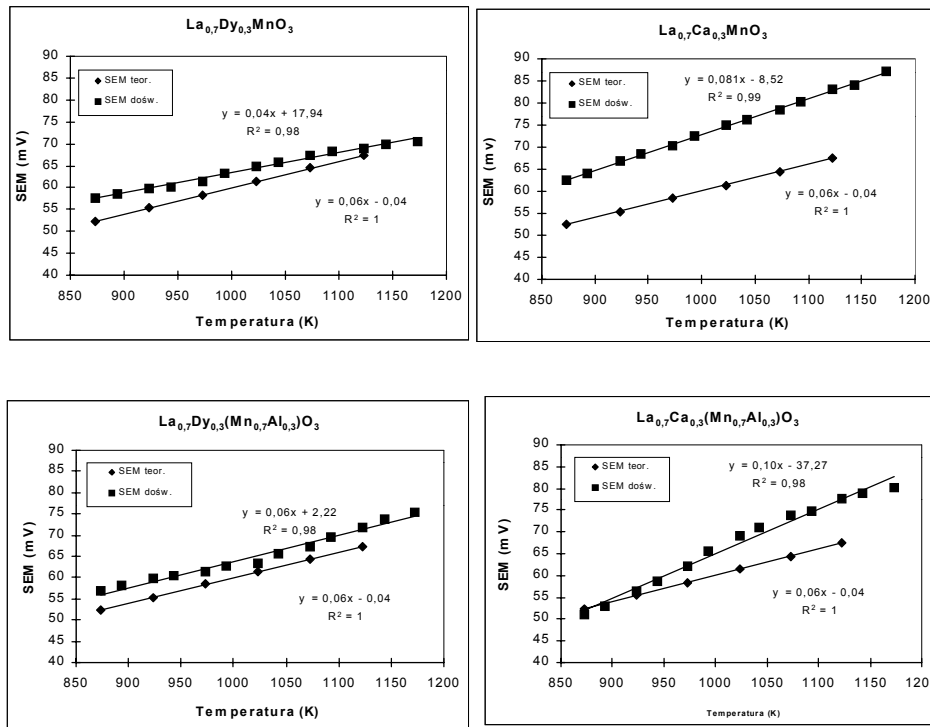
Perowskit	ρ w 900°C [$\Omega/\text{kw.}$]	Energia aktywacji przewodnictwa elektrycznego [eV]		SEM w 900°C [mV]
$\text{La}_{0,7}\text{Dy}_{0,3}\text{MnO}_3$	286	0,38 (30 ÷ 330°C)	0,59 (330 ÷ 900°C)	70,4
$\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}\text{MnO}_3$	314	0,46 (50 ÷ 390°C)	0,93 (390 ÷ 900°C)	87,3
$\text{La}_{0,7}\text{Dy}_{0,3}(\text{Mn}_{0,7}\text{Al}_{0,3})\text{O}_3$	337	0,29 (30 ÷ 390°C)	0,76 (390 ÷ 900°C)	75,4
$\text{La}_{0,7}\text{Ca}_{0,3}(\text{Mn}_{0,7}\text{Al}_{0,3})\text{O}_3$	383	0,65 (135 ÷ 330°C)	0,97 (330 ÷ 900°C)	80,2

Przebieg temperaturowej zależności siły elektromotorycznej dla ogniwa z katodą $\text{La}_{0,7}\text{Dy}_{0,3}(\text{Mn}_{0,7}\text{Al}_{0,3})\text{O}_3$ jest najbardziej zbliżony do prostej teoretycznej wyliczonej z równania Nernsta. Odstępstwa obserwowane dla pozostałych warstw sugerują obecność dodatkowych ilości tlenu, pochodzących z reakcji ubocznych (rys. 2).

Wnioski

Opracowane pasty grubowarstwowe na bazie przewodzących perowskitów $\text{La}_{0,7}\text{R}_{0,3}(\text{Mn}_{1-x}\text{Al}_x)\text{O}_3$ mogą być zastosowane na warstwy katodowe ogniw elektrochemicznych.

Wskazana jest dalsza modyfikacja składu i metodyki syntezy związków stanowiących fazę przewodzącą w pastach. Głównym celem prac będzie zapewnienie powstawania jednofazowych produktów syntezy i zwiększenie przewodności elektrycznej materiałów. W następnym etapie pracy planuje się zastosowanie do wytwarzania warstw elektrodowych związków $\text{Sr}_{1-x}\text{Ce}_x\text{MnO}_3$ odznaczających się, jak wynika ze wstępnych badań, bardzo obiecującymi właściwościami, w tym niską rezystywnością (rzędu $\text{m}\Omega$).



Rys. 2. Zależność SEM od temperatury dla ogniwa galwanicznego z elektrodami na bazie perowskitów $\text{La}_{0,7}\text{R}_{0,3}(\text{Mn}_{1-x}\text{Al}_x)\text{O}_3$

2.2. Synteza i badanie właściwości dielektrycznych bezołowiowej ceramiki o strukturze perowskitu przeznaczanej na kondensatory

Celem badań realizowanych w II etapie prac było poszukiwanie nowych, bezołowiowych materiałów na kondensatory typu II, opracowanie metodyki syntezy oraz scharakteryzowanie właściwości dielektrycznych opracowanych materiałów.

Zakres badań obejmował:

- opracowanie metodyki syntezy i spiekania nowych bezołowiowych tworzyw dielektrycznych o strukturze perowskitu o składzie analogiczny do składu relaksorowych ferroelektryków, w których ołów zastąpiono bizmutem i miedzią;
- analizę składu fazowego i mikrostruktury opracowanych materiałów;
- pomiar rezystywności w zakresie temperatur $20 \div 500^\circ\text{C}$;
- badanie przenikalności elektrycznej i stratności kondensatorów w funkcji temperatury (w zakresie $-55^\circ\text{C} \div 450^\circ\text{C}$) i częstotliwości ($10 \text{ Hz} \div 1 \text{ MHz}$).

Procedura otrzymywania materiałów była następująca:

- dwuetapowa synteza związków o składzie: $\text{Bi}_{1/2}\text{Cu}_{1/2}(\text{Fe}_{2/3}\text{W}_{1/3})\text{O}_3$ (BCFW), $\text{Bi}_{1/2}\text{Cu}_{1/2}(\text{Fe}_{1/2}\text{Ta}_{1/2})\text{O}_3$ i $0,9\text{Bi}_{1/2}\text{Cu}_{1/2}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3-0,1\text{BaTiO}_3$;

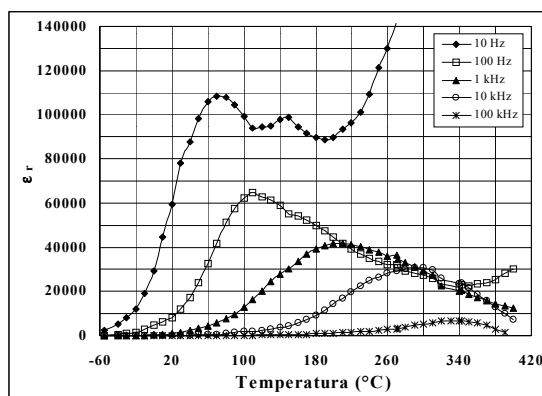
- mielenie wyjściowych tlenków w stechiometrycznych proporcjach;
- I etap kalcynacji – reakcja tlenków z pozycji B (Fe_2O_3 i WO_3 , Fe_2O_3 i Ta_2O_5 oraz ZnO i Nb_2O_5) w temperaturze 1000°C ;
- II etap kalcynacji – reakcja produktów z I etapu z Bi_2O_3 i Cu_2O w temperaturze 850°C ;
- spiekanie BCFW, BCFT i 0,9BCZN-0,1BT odpowiednio w temperaturze 870°C , 1000°C i 940°C ;
- nanoszenie sitodrukiem elektrod srebrowych na próbki ceramiczne.

Z analizy rentgenowskiej wynika, że otrzymano nowe produkty krystaliczne o widmach, których brak jest w bazie danych ICDD.

Obserwacje przy użyciu mikroskopu skaningowego i wyniki analizy przy użyciu mikrosondy rentgenowskiej wskazują na niejednorodną wielkość ziaren ($1 \div 7 \mu\text{m}$) oraz niewielkie niejednorodności w składzie chemicznym otrzymanych materiałów.

Badania własności dielektrycznych otrzymanych materiałów przeprowadzono na precyzyjnym cyfrowym mostku RLC typ 7600 firmy Quad Tech. Stwierdzono, że próbki BCFW, BCFT i 0,9BCZN-0,1PT wykazują wysokie maksymalne wartości przenikalności elektrycznej – ok. $30\,000 \div 40\,000$ przy 1 kHz.

W badanym zakresie temperatur otrzymane materiały wykazują szerokie maksima lub garby na krzywych zależności przenikalności elektrycznej względnej od temperatury, związane z relaksacją dielektryczną. Maxima te zmniejszają się i ulegają przesunięciu w kierunku wyższych temperatur ze wzrostem częstotliwości (rys. 3).



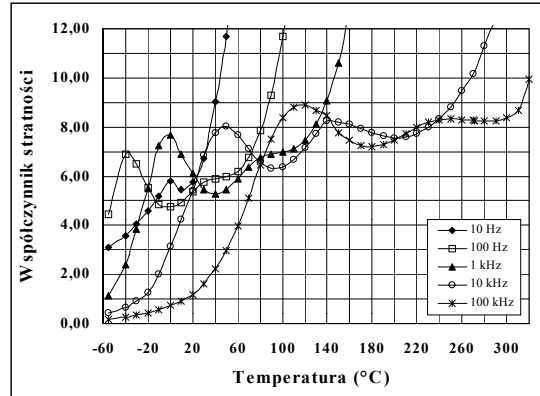
Rys. 3. Zależność przenikalności elektrycznej względnej ceramiki BCFT od temperatury w zakresie częstotliwości 10 Hz \div 100 kHz

Wyznaczone bardzo wysokie wartości przenikalności elektrycznej przy niskich częstotliwościach (10 i 100 Hz) w powiązaniu z obserwowanymi niejednorodnościami mikrostruktury i składu wskazują, że za przebieg charakterystyk dielektrycznych ceramiki BCFW, BCFT i BCZN może być odpowiedzialna polaryzacja Maxwella-Wagnera.

Podobne charakterystyki dielektryczne zaobserwowali inni autorzy w przypadku grupy nieferroelektrycznych materiałów o strukturze perowskitu np. dla

$\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$. Zachowanie to wyjaśniano tworzeniem się kondensatorów z zaporową warstwą wewnętrzną lub polaryzacją Maxwella-Wagnera wynikającą z elektrycznej niejednorodności.

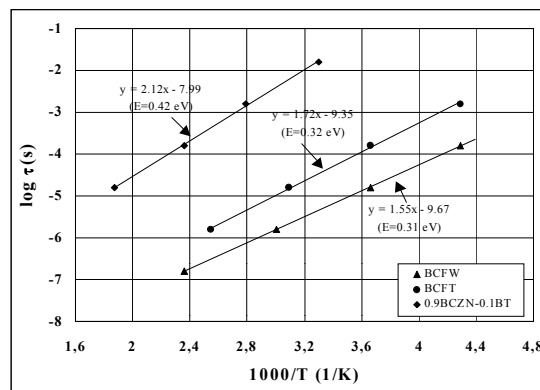
Na krzywych zależności współczynnika stratności badanej ceramiki od temperatury występują maksima, których wysokość wzrasta, a położenie ulega przesunięciu w stronę wyższych temperatur ze wzrostem częstotliwości. Powyżej częstotliwości odpowiadającej pikom stratność zaczyna rosnąć w sposób monotoniczny (rys. 4).



Rys. 4. Zależność współczynnika stratności ceramiki BCFT od temperatury w zakresie częstotliwości 10 Hz ÷ 100 kHz

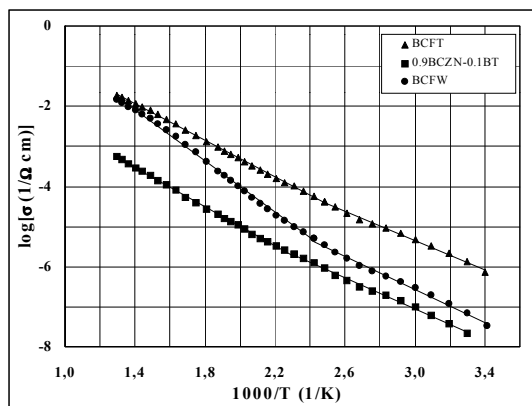
Czas relaksacji wyznaczony dla badanych materiałów na podstawie częstotliwości odpowiadających pikom stratności ($\tau = 1/(2\pi f)$) zmniejsza się ze wzrostem temperatury od 10^{-2} do 10^{-7} s (w zakresie temperatur $-40 \div 260^\circ\text{C}$).

Zależność temperaturowa czasów relaksacji spełnia dobrze prawo Arrheniusa $\tau = \tau_0 \exp(E_r/kT)$. Wyznaczona energia aktywacji relaksacji dielektrycznej dla trzech badanych materiałów zawiera się w zakresie od 0,31 eV do 0,42 eV (rys. 5).



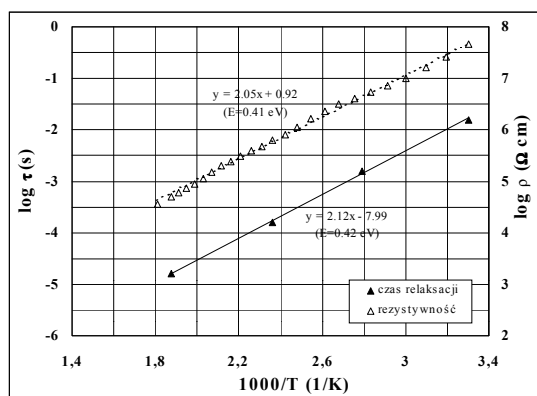
Rys. 5. Logarytm czasu relaksacji w funkcji temperatury dla ceramiki BCFW, BCFT i 0,9BCZN-0,1BT w zakresie temperatur $-40 \div 260^\circ\text{C}$

Analiza przewodnictwa elektrycznego wskazuje, że temperaturowa zależność przewodnictwa elektrycznego badanej ceramiki spełnia dobrze prawo Arrheniusa. Na wykresach występują dwa odcinki różniące się nieco nachyleniem. Energia aktywacji jest wyższa w zakresie wyższych temperatur i wynosi $0,4 \div 0,6$ eV w zakresie $120 \div 500^\circ\text{C}$ oraz $0,35 \div 0,39$ eV w zakresie $20 \div 120^\circ\text{C}$ (rys. 6).



Rys. 6. Zależność temperaturowa przewodnictwa elektrycznego dla ceramiki BCFT, 0,9BCZN-0,1BT BCFW w zakresie temperatur $20 \div 500^\circ\text{C}$

Nachylenia temperaturowych zależności dla czasów relaksacji i rezystywności oraz odpowiadające im energie aktywacji są bardzo zbliżone (np. 0,41 eV i 0,42 eV dla ceramiki 0,9BCZN-0,1BT). Wskazuje to na udział tych samych nośników ładunku w procesach przewodnictwa elektrycznego i relaksacji dielektrycznej (rys. 7).



Rys. 7. Porównanie zależności temperaturowej czasów relaksacji i rezystywności ceramiki 0,9BCZN-0,1BT w zakresie temperatur $30 \div 260^\circ\text{C}$

Wnioski

W ramach kontynuacji badań nad nowymi, bezołowiowymi materiałami o wysokiej przenikalności elektrycznej przeprowadzono syntezę i spiekanie trzech kolejnych związków o strukturze perowskitu o składzie analogicznym do relaksoro-

wych ferroelektryków, w których w miejsce ołowiu podstawiono bizmut i miedź – $\text{Bi}_{1/2}\text{Cu}_{1/2}(\text{Fe}_{2/3}\text{W}_{1/3})\text{O}_3$, $\text{Bi}_{1/2}\text{Cu}_{1/2}(\text{Fe}_{1/2}\text{Ta}_{1/2})\text{O}_3$ i $\text{Bi}_{1/2}\text{Cu}_{1/2}(\text{Zn}_{1/3}\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3$.

Otrzymana ceramika wykazywała bardzo wysoką przenikalność elektryczną, szerokie maksima na krzywych zależności przenikalności elektrycznej i stratności od temperatury oraz silną zależność właściwości dielektrycznych od częstotliwości. Należy przypuszczać, że bardzo wysokie wartości przenikalności elektrycznej przy niskich częstotliwościach (10 i 100 Hz) są związane z występowaniem polaryzacji Maxwella-Wagnera w otrzymanych materiałach.

Uzasadnione wydaje się prowadzenie dalszych prac zmierzających do optymalizacji składu i technologii wytwarzania bezołowiowej ceramiki o dobrych właściwościach dielektrycznych, przeznaczonej dla kondensatorów typu II.

2.3. Dobór składu i parametrów procesu obróbki tworzyw warystorowych w celu polepszenia stabilności eksploatacyjnej

Cel prac był następujący:

- stabilizacja elektrycznych właściwości spieków warystorowych,
- badanie stabilności długookresowej warystorów przy obciążeniu elektrycznym.

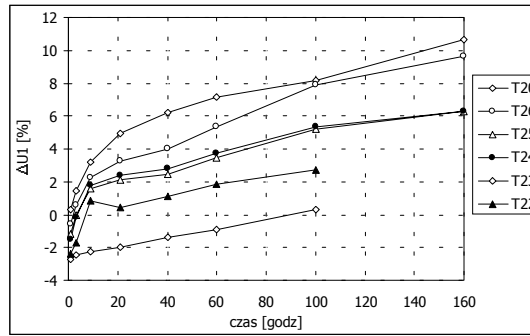
Spiek warystorowy uzyskany bezpośrednio w wyniku procesu spiekania jest elektrycznie niestabilny, szczególnie w obszarze międzyziarnowym, gdzie występują wolne nośniki, głównie w postaci międzywęzłowych pojedynczo i podwójnie zjonizowanych atomów cynku. Proces stabilizacji polega na odpowiednio dobranym czasie wygrzewania spieku warystorowego w atmosferze zawierającej tlen. Typowa temperatura obróbki termicznej wynosi 600°C . Dla niższych temperatur szybkość procesu znacznie się zmniejsza, dla temperatur wyższych, w przypadku warystorów z Bi_2O_3 , następuje bardzo szybko przemiana polimorficzna $\beta\text{-Bi}_2\text{O}_3$ na $\gamma\text{-Bi}_2\text{O}_3$ charakteryzujący się niską rezystywnością, co makroskopowo powoduje drastyczne zwiększenie upływności warystora.

Próbki spieków warystorowych o 24 składach różniących się zawartością Bi_2O_3 i B_2O_3 poddawano wygrzewaniu w temperaturze 600°C , przy narastających czasach oddziaływania temperatury: 1 h, 3 h, 9 h, 21 h, 40 h, 100 h, 160 h, 227 h. Po upływie założonego czasu stabilizacji elementy schładzano do temperatury otoczenia i po 3–4-godzinnej regeneracji wykonywano pomiary (rys. 8–11):

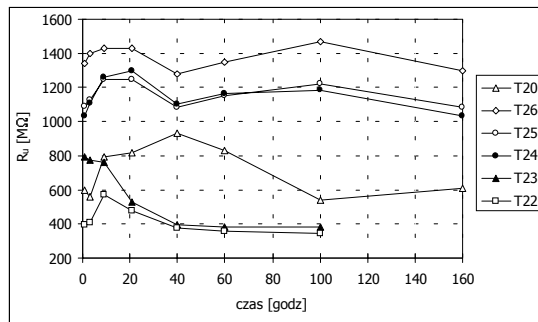
- spadku napięcia na warystorze przy prądzie pomiarowym 1 mA (U_1),
- rezystancji upływności warystora przy napięciu stałym 100 V (R_U).

Parametr U_1 mierzony w funkcji czasu stabilizacji wykazuje płytkie minimum, po przejściu którego następuje w zasadzie stały wzrost wartości U_1 z malejącą dynamiką. Zmiany rosną ze wzrostem zawartości Bi_2O_3 i ze spadkiem zawartości B_2O_3 w spieku warystorowym. Wydaje się, że okres początkowy, związany ze zmianami ujemnymi parametru U_1 , wynika z eliminacji głównej części wolnych nośników z obszaru przypowierzchniowego ziaren spieku, natomiast przebieg

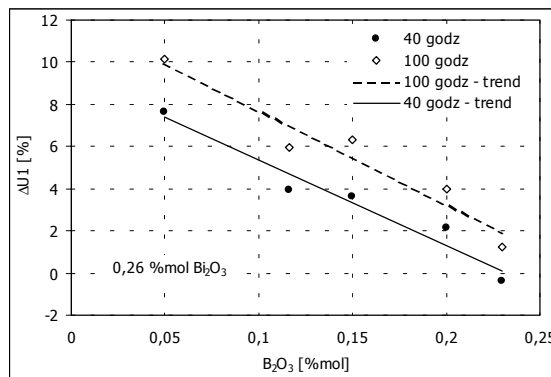
związany z obszarem wzrostu parametru U_1 ma związek z powolną dyfuzją tlenu w głąb ziaren i zmianą wysokości międzyziarnowych barier potencjału.



Rys. 8. Zależność zmiany napięcia U_1 w funkcji czasu stabilizacji dla tworzyw o zawartości 0,200% mol. Bi_2O_3 oraz zawartości B_2O_3 w przedziale od 0,025% mol. do 0,230% mol.



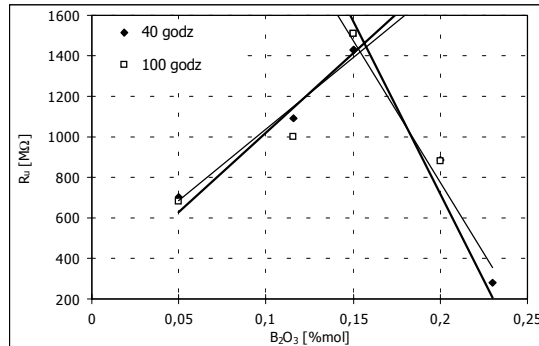
Rys. 9. Zależność zmiany rezystancji upływności R_U w funkcji czasu stabilizacji warystorów wykonanych z tworzyw o zawartości 0,200% mol. Bi_2O_3 i zawartości B_2O_3 w przedziale od 0,025% mol. do 0,230% mol.



Rys. 10. Zmiany parametru U_1 dla tworzywa o zawartości 0,260% mol. Bi_2O_3 w funkcji zawartości B_2O_3 dla czasu trwania procesu 40 h i 100 h

W pierwszym okresie stabilizacji następuje spadek rezystancji upływności R_U od początkowych wartości, wynoszących zazwyczaj powyżej 1300 MΩ, do wartości dwu-, trzykrotnie niższych. Tworzywa zawierające tylko Bi_2O_3 jako fazę ciekłą

przy długotrwałym wygrzewaniu obniżają swoją rezystywność upływności do wartości dość niskiej wartości granicznej i przy wydłużaniu czasu wygrzewania nie wykazują tendencji do zwiększania rezystywności upływności. Natomiast dla niektórych tworzyw z dodatkiem B_2O_3 stwierdzono, że po osiągnięciu pierwszego minimum następuje, przy dalszym działaniu temperatury i atmosfery tlenowej, wzrost rezystancji upływności i przejście do maksimum lokalnego.



Rys. 11. Zależność rezystancji upływności R_U od zawartości B_2O_3 dla tworzyw o zawartości 0,260% mol. Bi_2O_3

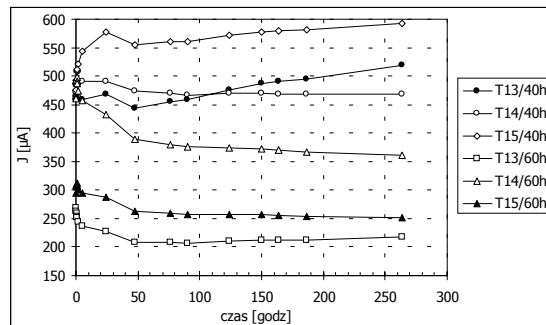
Tworzywa warystorowe z zawartością B_2O_3 wykazują wyraźne zróżnicowane własności, przy czym można określić optymalną zawartość B_2O_3 , różną dla różnych zawartości Bi_2O_3 . Wynosi ona ok. 0,15 % mol. przy zawartości 0,260 % mol. Bi_2O_3 i 0,10% mol. przy zawartości 0,200% mol. Bi_2O_3 .

Wartość R_U to parametr krytyczny dla klasyfikacji jakościowej i eksploatacyjnej elementów. Dla badanych warystorów przyjęto kryterium rezystancji upływności $\geq 800 M\Omega$. Według tego kryterium ograniczono do siedmiu składów liczbę tworzyw przewidzianych do sprawdzenia w kolejnym etapie, tzn. badania stabilności długookresowej przy obciążeniu elektrycznym.

Stabilność długookresowa przy obciążeniu elektrycznym polega na zdolności warystora (w całym dopuszczonym okresie eksploatacji w skrajnych warunkach napięciowych i temperaturowych) do niepodnoszenia prądu warystora, a tym samym wydzielanej w nim mocy do wartości wprowadzających w elemencie takie temperaturowe przyspieszenie procesów degradacyjnych, które powoduje lawinowy wzrost prądu i samozniszczenie. Tym samym test stabilności polega na wymuszeniu napięciowym prądu płynącego przez element umieszczony w otoczeniu o określonej, stabilnej temperaturze i monitorowaniu zachowania się tego prądu w funkcji czasu. Stosowane są techniki testów przyspieszonych z założeniem, by 1000 h testu przyspieszonego odpowiadało $\sim 10\ 000$ h eksploatacji w warunkach normalnie dopuszczonych.

Mierzono prąd płynący przez element w czasie trwania testu (15 min., 30 min., 45 min., 1 h, 2 h, 5 h itd. aż do 264 h – rys. 12). Stwierdzono potencjalnie bardzo poprawne własności stabilności przy obciążeniu długookresowym, szczególnie dla tworzywa T14 (0,260% Bi_2O_3 ; 0,150% Bi_2O_3). Nie występowało zjawisko dras-

tycznego, nieodwracalnego zwiększenia upływności w wyniku przemiany $\beta \rightarrow \gamma$ Bi_2O_3 , typowe dla warystorów zawierających tylko Bi_2O_3 jako składnik generujący fazę ciekłą.



Rys. 12. Prąd płynący przez tworzywa warystorowe w funkcji czasu trwania testu stabilności długookresowej przy obciążeniu elektrycznym

Szczególnie w przypadku tworzywa T14 po 264 h trwania testu prąd pobierany przez warystor jest o ponad 20% mniejszy od prądu startowego, z nadal występującą tendencją do obniżania tego prądu. Ponieważ zjawiska w obszarze prądów i napięć upływnościowych praktycznie nie oddziałują na charakterystyki i zdolność gaszenia przepięć warystora, które dotyczą obszaru między 10 A a 25 000 A, można stwierdzić, że dla niektórych warystorów z tworzyw zawierających bor w trakcie eksploatacji następuje polepszenie właściwości.

Testy charakterystyki w obszarze wysokich prądów wykonano z użyciem wysokonapięciowego generatora RLC będącego w dyspozycji współpracującego z ITE producenta elementów odgromowych.

W celu wyznaczenia rezystywności dynamicznej przy prądzie 25 000 A dla badanych elementów generowano po 3 – 5 udarów ($4/10 \mu\text{s}$), o szczycie w otoczeniu 25 000 A, i określano wielkość spadku napięcia na elemencie przy prądzie 25 000 A. Następnie z wymiarów geometrycznych próbki obliczano rezystywność dynamiczną w punkcie 25 000 A.

Przebadano tworzywa zawierające 0,260% mol. Bi_2O_3 , 0,200%, 150% i 0,116% mol. B_2O_3 . Stwierdzono, że rezystywność dynamiczna tworzyw zawierających bor w tym szeregu maleje ze wzrostem zawartości B_2O_3 i wynosi $0,0686 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$, $0,0740 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ i $0,0805 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$. Jest to zbyt wysoka wartość dla komercyjnego zastosowania takich tworzyw (wymagana rezystywność tworzywa w punkcie 25 000 A dla uzyskania odpowiednio niskiego napięcia obniżonego nie powinna przekraczać $0,040 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$).

Wnioski

Stwierdzono wyraźne zróżnicowanie właściwości tworzyw warystorowych zawierających B_2O_3 i Bi_2O_3 i tworzyw “tradycyjnych” zawierających tylko Bi_2O_3

jako związek generujący fazę ciekłą w trakcie spiekania. Wydaje się, że poziom zawartości B_2O_3 wykazuje optimum zależne od zawartości Bi_2O_3 .

Wszystkie badane tworzywa miały zbyt wysoką rezystywność tlenku cynku (nadmierne napięcie obniżone przy prądzie 25 000 A). Narzuca to konieczność modyfikacji tworzyw przez wprowadzenie domieszek obniżających rezystywność tlenku cynku, wraz z ponownym wyskalowaniem układu. W dalszych pracach konieczne jest również przebadanie stabilności warystorów wykonanych z badanych tworzyw w warunkach narażeń maksymalnymi prądami udarowymi.

2.4. Mikroprocesorowe regulatory ładowania dla autonomicznych systemów fotowoltaicznych

Przetwarzanie energii w małych elektrowniach słonecznych obejmuje m. in. kontrolowane procesy ładowania akumulatorów, będących nieodzownymi elementami służącymi do gromadzenia oraz wykorzystania energii do specjalistycznych potrzeb zastosowanych obciążeń. Z reguły małe elektrownie są wyposażane przynajmniej w regulator ładowania akumulatora, a bardzo często także w przetwornicę DC/DC lub DC/AC. Obie te grupy urządzeń są przedmiotem badań, prac projektowych i wdrożeniowych.

Specyfika fotowoltaicznych źródeł energii wymaga zróżnicowanych reguł budowy regulatorów, a ich obecność jest wymagana głównie z powodu znacznej niestabilności czasowej poziomu dostarczanej energii. Pożądaną stabilność w procesie użytkowania tak wytworzonej energii elektrycznej może zapewnić jedynie jej uprzednie gromadzenie np. w akumulatorze i pobieranie dopiero z jego zacisków. W planach konstrukcyjnych i produkcyjnych rozważano opracowanie całej rodziny regulatorów, od najprostszych analogowych i mikroprocesorowych po najbardziej złożone z wprowadzeniem nowoczesnej techniki MPPT. Rozpoznanie zapotrzebowania rynku na tle skromnej jeszcze krajowej bazy fotowoltaicznej wykazuje, że popyt skupia się na razie na rozwiązaniach najtańszych i przeznaczonych dla instalacji małej mocy, maksymalnie do kilkuset watów. Dlatego – przynajmniej na razie – konstruktorzy skupili się na tanich nowoczesnych regulatorach o możliwie najlepszych parametrach, ale zarazem o cenie konkurencyjnej nawet wobec cen producentów azjatyckich.

Z uwagi na powszechne stosowanie techniki mikroprocesorowej zajęto się przede wszystkim opracowaniem regulatorów z tej dziedziny. W wyniku wstępnych prac najpierw zaprojektowano i wdrożono do produkcji małoseryjnej prosty regulator analogowy pod roboczym symbolem RSS-02. Nabyte przy tym doświadczenia zostały wykorzystane przy opracowaniu dwóch modeli mikroprocesorowych regulatorów, w tym jednego z nowoczesnym systemem MPPT.

Rozwiązania typu MPPT umożliwiają ok. 25% wzrost wykorzystania energii elektrycznej z modułów fotowoltaicznych, co decydująco wpływa na ekonomikę eksploatacji, zwłaszcza większych elektrowni słonecznych.

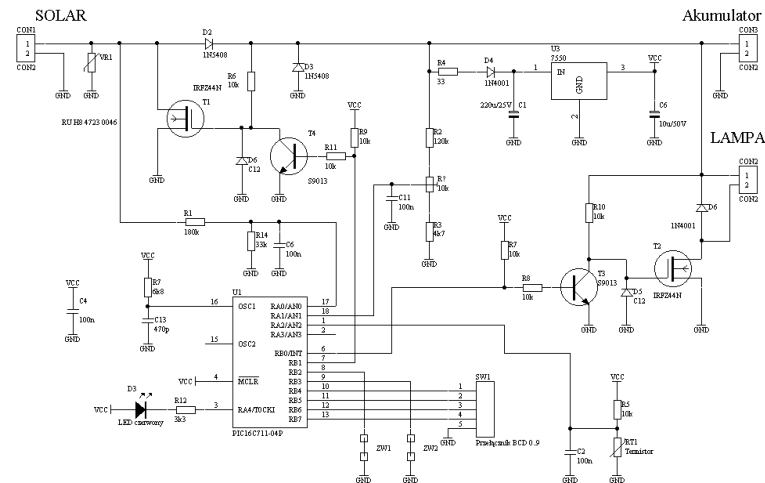
Wśród tematów stanowiących obiekty zainteresowania ITE, a wiążących się z fotowoltaiką, istotna jest problematyka autonomicznych stanowisk oświetleniowych. Przedmiotem do dyskusji stały się zastosowania rozmaitych źródeł światła, od żarowych, poprzez fluorescencyjne aż do najnowocześniejszych, złożonych z diod elektroluminescencyjnych o świetle białym. Te ostatnie, choć jeszcze stosunkowo kosztowne, cechują się trzykrotnie większą sprawnością świecenia w stosunku do źródeł żarowych i kilkadziesiąt razy większą trwałością. Cechy te przesądzają o zastosowaniach we współpracy z oszczędnymi i drogimi źródłami energii fotowoltaicznej, mimo że diody LED wymagają do zasilania stosunkowo kłopotliwej stabilizacji prądu stałego. Podobnie jak w przypadku regulatorów proces stabilizacji prądu może być realizowany na drodze analogowej lub cyfrowej, przy czym ta ostatnia wiąże się niemal wyłącznie z koniecznością przetwarzania energii i z zastosowaniem przetwornic DC/DC. Przetwornice takie, w większości impulsowe, bazują konstrukcyjnie na mikroprocesorach.

Konsekwencją prądowego systemu zasilania LED-ów jest konieczność ich wyłącznie szeregowego łączenia. W zależności od liczby diod w łańcuchu przetwornica DC/DC stabilizacji prądu winna cechować się – obok przepisowej wartości prądu – niezbędną wartością napięcia wyjściowego, wyższą lub niższą od napięcia zasilania pochodzącego z akumulatora instalacji autonomicznej lampy.

W wyniku prac nad taką lampą – obok wspomnianych typów regulatorów ładowania – zaprojektowano i zrealizowano model mikroprocesorowej przetwornicy stabilizacji prądu diod LED stanowiących wielokrotne źródła światła autonomicznej lampy fotowoltaicznej.

Fotowoltaiczne mikroprocesorowe regulatory ładowania typu SPS i MPPT

Regulator typu SPS (rys. 13), będący tańszą, popularną wersją, bazuje na systemie równoległego kluczowania modułu fotowoltaicznego jako metody regulacji średniej wartości prądu ładowania akumulatora. Zastosowany mikroprocesor typu PIC 16C 711 – 04P jest zasilany napięciem 5 V z bardzo oszczędnego scalonego stabilizatora napięcia typu 7550, natomiast dwa tranzystory pomocnicze, będące sterownikami MOS-ów wykonawczych, są zasilane bezpośrednio z akumulatora. Dzięki wbudowanemu w mikroprocesor przetwornikowi A/C układ regulatora kontroluje napięcie modułu, napięcie na akumulatorze oraz temperaturę otoczenia, mierzoną przez termistor zainstalowany we wnętrzu obudowy regulatora. Termistor ten umożliwia samoczynną kompensację wpływu temperatury na odnośne poziomy progowe napięcia ładowania i rozładowania akumulatora zgodnie z zależnością 4 mV/K/cełą, powodując tym samym wydłużenie okresu poprawnej eksploatacji akumulatora. Układ cechuje się automatycznym przystosowywaniem się do napięć instalacji 12 V lub 24 V. Akumulator jest zabezpieczony przed przeładowaniem dzięki odcięciu prądu ładowania na poziomie napięciowym 14,1 V lub 28,2 V. Z kolei zabezpieczenie przed nadmiernym rozładowaniem poprzez odcięcie wyjścia regulatora zachodzi na poziomie 11,1 V

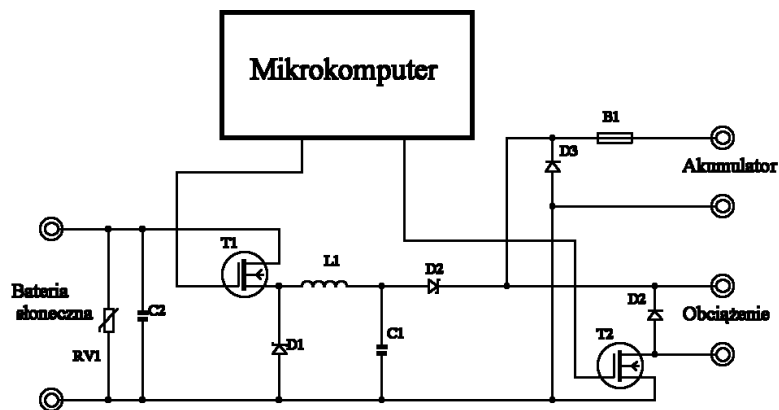


Rys. 13. Układ regulatora ładowania typu SPS

lub 22,2V i zostaje odłączane po ponownym wzroście napięcia akumulatora w wyniku doładowania do poziomu 12,6 V lub 25,2 V. Ta ostatnia funkcja, zabezpieczająca akumulator m. in. przed zasiarczeniem, jest realizowana za pomocą osobnego tranzystora mocy typu MOS, który jest włączany i wyłączany w wymienionych poziomach napięciowych w trybie klucza, czyli pracy typu zwarcie-rozwarcie, i umieszczony układowo w szereg z wyjściem regulatora. Tranzystor ten musi zatem przewodzić pełny prąd wyjściowy regulatora.

Układ mikroprocesora regulatora SPS jest wyposażony w wielopołożeniowy przełącznik BCD umożliwiający włączanie i dobór parametrów funkcji opcjonalnego wyłącznika zmierzchowego.

Regulator typu MPPT (rys. 14) jest wyposażony w elektroniczne środki do automatycznego ustawiania punktu pracy regulatora w takim położeniu na charakterystyce $I-U$ modułu fotowoltaicznego, aby bez względu na warunki oświetlenia i temperatury modułu zapewnić maksymalną możliwą wartość prądu ładowania



Rys. 14. Układ regulatora ładowania typu MPPT

akumulatora. Metoda ta i środki do jej realizacji umożliwiają zwiększenie wartości prądu ładowania o $15 \div 35\%$ w zależności od stanu naładowania akumulatora w porównaniu do wszystkich innych metod konstrukcji regulatorów, w tym i do rozwiązania SPS. Metoda tzw. wyszukiwania punktu mocy maksymalnej (MPPT) jest obecnie wiodąca we wszystkich instalacjach fotowoltaicznych, a poprawne i efektywne jej rozwiązanie własne ITE jest znaczącym sukcesem konstrukcyjnym.

Regulator typu MPPT w porównaniu z regulatorem typu SPS charakteryzuje się zwiększoną wartością prądu ładowania akumulatora przy takim samym i tak samo oświetlonym module. Istotą rozwiązania jest wprowadzenie impulsowej przetwornicy DC/DC typu "step-down", złożonej z klucza $T1$, diody $D1$ oraz indukcyjności i pojemności $L1-C1$.

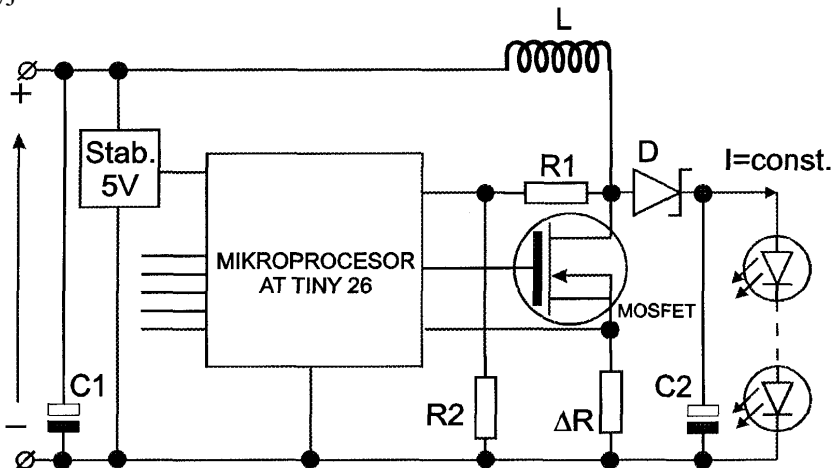
Klucz $T1$ zostaje naprzemiennie zwierany i rozwierany ze stałą częstotliwością, lecz o zmiennym, sterowanym okresie zwierania. Proces ten przebiega zgodnie z zasadami techniki PWM, polegającej na regulacji za pomocą napięcia stałego stosunku czasów zwarcia i rozwarcia klucza. W wyniku tej regulacji napięcie i prąd na wyjściu przetwornicy dołączonej do akumulatora są proporcjonalną funkcją wspomnianego stosunku. Wysoce specjalistyczny proces próbkowania mocy oddawanej do akumulatora w funkcji próbkowania wartości ww. stosunku prowadzi w efekcie do automatycznego ustawiania punktu pracy przetwornicy impulsowej w takim miejscu na charakterystyce prąd-napięcie modułu, gdzie potencjalnie dostępna moc fotowoltaiczna z modułu osiąga swą maksymalną możliwą wartość. Całość tych złożonych procesów elektrycznych jest nadzorowana przez rozbudowany program komputerowy, wprowadzony do pamięci mikroprocesora.

Mikroprocesorowy impulsowy stabilizator prądu zasilania diod LED

Opracowany układ stabilizatora jest przedstawiony na rys. 15. Przy projektowaniu wykorzystano napięcie zasilania stabilizowanym prądem o wartości 320 mA sześciu sztuk szeregowo połączonych diod LED o świetle białym, o nominalnej mocy 1 W każda oraz o indywidualnym spadku napięcia katalogowo mniejszym od 3,99 V. Napięcie zasilania wejścia stabilizatora z instalacji fotowoltaicznej wynosi nominalnie 12 V. Wynika stąd oczywisty wymóg wyboru przetwornicy impulsowej o napięciu wyjściowym wyższym od wejściowego, a więc tzw. wersji "step-up".

Ostatecznie mikroprocesorowy stabilizator typu "step-up" obejmuje – obok stopnia wykonawczego – część sterującą, służącą do kluczkowania szybkiego tranzystora mocy typu MOSFET. Im dłużej tranzystor ten pozostaje w stanie zwartym w stosunku do czasu trwania cyklu sterowania, tym większa ilość energii prądu stałego zostaje zmagazynowana w dławiku i tym większa ilość jest oddana w stanie otwartym tranzystora do wyjściowego kondensatora całkującego. Oczywiste jest, że wyjściowe parametry stabilizatora są funkcją czasu zwarcia tranzystora mocy, a z kolei czas zwarcia jest uzależniony od wartości tego parametru wyjściowego, tzn. napięcia lub prądu, który winien być utrzymany stałym lub stabilizowanym niezależnie od obciążenia wyjścia. Wpływa stąd

wniosek, że w danym konkretnym przypadku konieczności stabilizacji prądu wyjściowego należy do wyjściowego stopnia mocy wprowadzić element, na którym spadek napięcia będzie w określony sposób proporcjonalny do prądu w obciążeniu. Jednym z takich miejsc jest elektroda źródła tranzystora MOSFET mocy, gdzie na wtrąconej z nią małej rezystancji ΔR odkłada się wymagany spadek napięcia. Uśredniona wartość tego spadku w wyniku programowego sterowania mikroprocesora służy do generacji impulsu kluczującego MOSFET o takim czasie trwania, by spełniony został wymóg uzyskania stabilnej i stabilizowanej wartości prądu wyjściowego, służącego do zasilania grupy szeregowo połączonych diod LED. Ze względu na bardzo duże możliwości pomiarowo-kontrolne użytego mikroprocesora zdecydowano, aby wprowadzić również napięciowy próg stabilizacji wyjścia.



Rys. 15. Uproszczony układ mikroprocesorowego impulsowego stabilizatora prądu stałego typu "step-up"

Zastosowano typowy mikroprocesor AT TINY 26 oraz jeden z rozpowszechnionych typów MOSFET-ów (np. IRF 3205). Istotnymi elementami decydującymi o sprawności są dławiki o indukcyjności L oraz diody D .

Wnioski

Wyniki wszechstronnych badań laboratoryjnych i eksploatacyjnych opisanych trzech modeli układów przetwarzania energii fotowoltaicznej wykazały pełną poprawność, trafność i nowoczesność zastosowanych metod projektowania i realizacji.

Opracowane regulatory mogą znaleźć powszechne zastosowanie w każdej instalacji fotowoltaicznej o odnośnej klasie napięciowej i mocy, a proponowana konstrukcja stabilizatora i jej idea może być podstawą do tworzenia całej rodziny układów o tych zastosowaniach.

Stabilizator i jeden z regulatorów już stały się podstawą do zbudowania udanej wzorcowej konstrukcji autonomicznej lampy oświetleniowej z diodami LED.

2.5. Technologia wykonywania wielofunkcyjnych elementów rezystywnych z mikrokompozytów polimerowo-węglowych

Polimerowo-węglowe elementy rezystywne mają strukturę mikrokompozytu, czyli kompozytu, w którym w osnowie polimerowej umieszczone są cząsteczki wypełniacza węglowego o uziarnieniu nie przekraczającym kilkudziesięciu mikrometrów. Cząsteczki sadzy mają zazwyczaj uziarnienie w zakresie od 20 nm do 100 nm. W mikrokompozycie polimerowym mają tendencję do tworzenia struktur łańcuchowych. Dzięki temu uzyskuje się przekroczenie progu perkolacji przewodnictwa elektrycznego przy bardzo niskiej zawartości wypełniacza. Grafit ma strukturę płatków. Można go rozdrobnić mechanicznie do rozmiarów nawet poniżej 10 μm . Grubość takich płatków jest wielokrotnie mniejsza od wymiarów w płaszczyźnie podstawowej kryształu.

Efektom realizacji prac badawczych było wykonanie modeli i przeprowadzenie pomiarów takich podzespołów, jak inteligentne łożysko ślizgowe, pozystorowe warstwy grzejne i zasilacz stałoprądowy.

Inteligentne łożysko ślizgowe

Istotnym elementem łożyska ślizgowego jest warstwa ślizgowa. Warstwę taką można wykonać m. in. z mikrokompozytu polimerowego. Podstawą oceny warstwy ślizgowej są jej własności tribologiczne. Zaliczyć do nich należy m. in. współczynnik tarcia oraz szybkość zużycia warstwy ślizgowej.

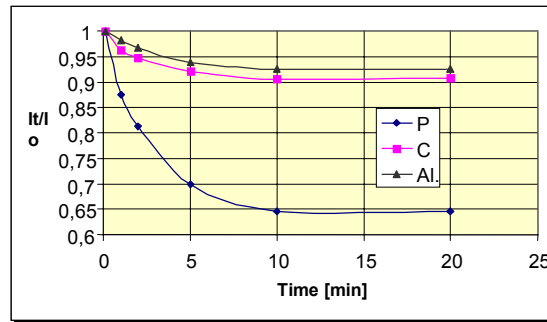
Śledzenie zmian rezystancji polimerowo-węglowej warstwy ślizgowej pozwala na diagnozowanie takich parametrów łożyska, jak:

- siły F obciążającej łożysko,
- temperatury warstwy będącej efektem nadmiernej szybkości obrotowej oraz siły obciążającej,
- stopnia zużycia warstwy ślizgowej.

Pozystorowe warstwy grzejne

Celem eksperymentu było wykonanie polimerowo-węglowych mikrokompozytów pozystorowych i elementów grzejnych oraz przebadanie własności elektrycznych grzejników. Wykonane warstwy grzejne miały spoiwa poliestrowo-imidowe i polistyrenowe, w tym również modyfikowane polietylenem. Jako wypełniacz przewodzący zastosowano sadzę średniostrukturalną oraz grafit koloidalny o uziarnieniu poniżej 12 μm .

Na rys. 16 przedstawiono przebieg zmian natężenia prądu pobieranego przez różne warstwowe elementy grzejne na podłożach szklanych. Wszystkie warstwy grzejne mają dodatni TWR, dzięki czemu ze wzrostem temperatury w czasie rozgrzewania zmniejszają pobór prądu. Zarówno folia Al., jak i termoutwardzalna warstwa ze spoiwem poliestrowym wykazują kilkuprocentowy spadek poboru prądu. Warstwa pozystorowa zachowuje się tak, jakby była zasilana przez płynnie działający



Rys. 16. Względne zmiany poboru prądu przez różne warstwy grzejne na podłożach szklanych. P – polimerowo-węglowa warstwa pozystorowa, C – polimerowo-węglowa warstwa ze spoiwem poliestrowym, Al. – trawiona folia aluminiowa

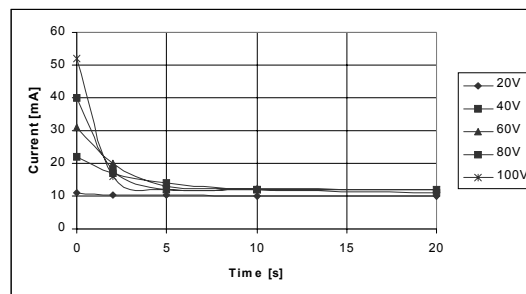
termoregulator. Dzięki takiej charakterystyce uzyskuje się szybsze rozgrzewanie (wysokie natężenie prądu na początku rozgrzewania), zabezpieczenie przed przegrzaniem (silny wzrost rezystancji) oraz bardziej równomierny rozkład temperatury.

Zasilacz stałoprądowy

Testowe elementy rezystywne wykonano z mikrokompozytu polimerowo-węglowego. Jako spoiwo polimerowe zastosowano polistyren modyfikowany polietylenem oraz kauczukiem. Tworzywa rozpuszczono w mieszaninie rozpuszczalników o wysokiej temperaturze wrzenia (BCA, benzyna lakowa). Do tak przygotowanego spoiwa lakierniczego dodano wypełniacze węglowe (sadza, grafit) i całość mieszano na młynie trójwałkowym aż do uzyskania jednorodnej konsystencji.

Badane elementy rezystywne wykonane na podłożu z folii poliestrowej miały dodatni TWR wynoszący $0,0375/^{\circ}\text{C}$. Dzięki temu uzyskano liniowy przyrost rezystancji w szerokim zakresie napięć zasilających od 20 V do 100 V.

Na rys. 17 przedstawiono zmiany dynamiczne wielkości prądu płynącego przez element rezystywny w funkcji czasu dla różnych napięć zasilających.



Rys. 17. Zmiany natężenia prądu bezpośrednio po podłączeniu napięcia zasilającego

Dla napięcia zasilającego wynoszącego 20 V w całym zakresie czasowym wartość płynącego prądu nie zmienia się. Podłączenie napięcia zasilającego 2-, 3-, 4- i 5-krotnie wyższego powoduje proporcjonalny wzrost początkowej wartości

natężenia prądu. Jednak efekt samoregulacji cieplnej elementu rezystywnego jest bardzo szybki. Już po 2 s uzyskano wartości prądu nie przekraczające 20 mA. Niewiele później, bo już po 5 s, uzyskano stabilne wartości natężenia prądu dla wszystkich wartości napięcia zasilającego.

Opracowane i wykonane elementy rezystywne zostały użyte jako szeregowo rezystory przy zasilaniu diod elektroluminescencyjnych. W zakresie napięć zasilających od 20 V do 100 V uzyskano stabilne wartości luminancji diod.

2.6. Specjalizowane układy dla elektroniki medycznej

Poważnym powikłaniem pooperacyjnym towarzyszącym operacjom przewodu pokarmowego jest częściowy lub całkowity zanik skurczów żołądka, dwunastnicy i jelit. Chory odczuwa łaknienie, je, lecz treść pokarmowa w wyniku zaburzonej perystaltyki układu pokarmowego gromadzi się w żołądku i nie jest dalej przemieszczana. Występują procesy gnilne zgromadzonych złogów w żołądku, co może w dłuższym czasie doprowadzić do wycieńczenia organizmu i śmierci.

Jedynym ze sposobów terapii tego zaburzenia jest sztuczne wywoływanie skurczów żołądka, np. przez pobudzanie impulsami elektrycznymi. Po konsultacjach z III Katedrą Chirurgii Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego ustalono, że urządzenie pobudzające skurcze żołądka winno spełniać następujące wymagania:

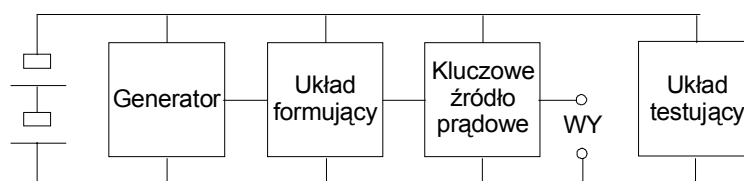
- zasilanie bateryjne;
- wymuszenie prądowe – regulacja skokowa 0,5 mA; 1 mA; 2 mA; 3 mA; 5 mA;
- częstotliwość impulsów 0,05 Hz;
- długość impulsu 10 ms \pm 10%;
- sonda pobudzająca – cienki przewód elastyczny w izolacji teflonowej wprowadzony przez nos (długość sondy 1 m \pm 10%, średnica 2,5 \pm 0,5 mm, odległość między elektrodami pobudzającymi 65 \pm 15 mm);
- maksymalne wymiary 57 \times 87 \times 23 mm (typowe wymiary pudełka papierosów).

Zasilanie bateryjne i niewielkie rozmiary obudowy umożliwiające umieszczenie stymulatora w kieszonce koszuli powinny zapewnić mobilność pacjenta, co znakomicie poprawia jego komfort psychiczny.

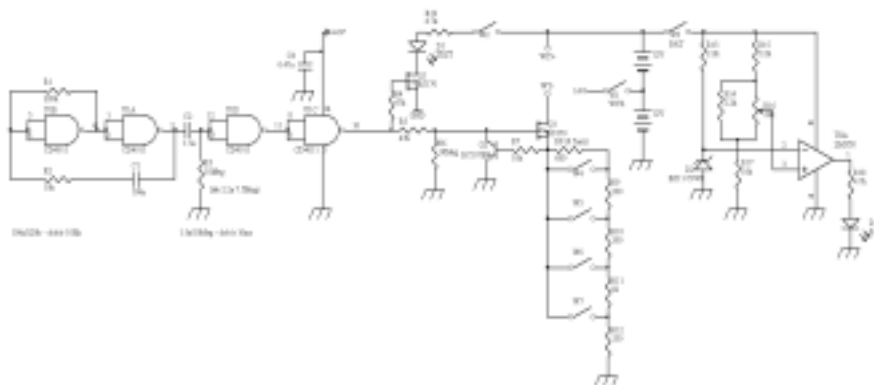
Wstępne testy wykazały, że reakcję mięśnia przy drażnieniu przez skórę uzyskuje się przy amplitudzie impulsów napięciowych powyżej 16 V. Biorąc pod uwagę to, że w przypadku żołądka pobudzanego sondą od wewnątrz nie ma ochronnej warstwy suchego naskórka o dużej rezystancji, można przyjąć, że ograniczenie napięciowe źródła prądowego na poziomie 16 V jest wystarczające. Do zasilania wyjściowego źródła prądowego będą służyły dwie połączone szeregowo baterie typu LRV08 o napięciu znamionowym 12 V stosowane do pilotów alarmów samochodowych. Schemat blokowy stymulatora przedstawiono na rys. 18.

W skład układu wchodzi generator fali prostokątnej 0,05 Hz, układ formujący i źródło prądowe. Do kontroli poprawności działania przewidziano dwa układy

testujące – tester generatora i tester baterii. Schemat elektryczny studialnego stymulatora przedstawiono na rys. 19.



Rys. 18. Schemat blokowy stymulatora



Rys. 19. Schemat elektryczny stymulatora

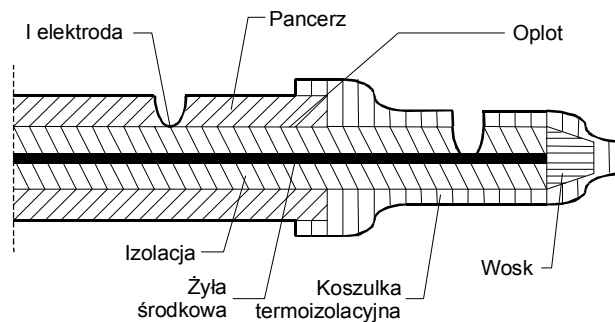
Układ został zrealizowany na trzech tranzystorach i dwóch układach scalonych. “Serce” układu stanowi prosty multiwibrator zrealizowany na dwóch bramkach układu CD4011, generujący falę prostokątną o częstotliwości 0,05 Hz. Na wyjściu multiwibratora znajduje się układ formujący w postaci uniwibratora złożonego z pozostałych dwóch bramek układu CD4011 – układ ten formuje impulsy prostokątne o czasie trwania 10 ms.

Na wejściu układu znajduje się kluczowane źródło prądowe złożone z tranzystorów $T2$ i $T3$. Do testowania służy tester działania złożony z tranzystora $T1$ i diody świecącej $D1$ (czerwona) oraz tester baterii zbudowany ze wzmacniacza operacyjnego LM358 pracującego w układzie komparatora, diody Zenera BZ683C6V8 i diody świecącej DZ (zielona). Zbyt niskie napięcie baterii jest sygnalizowane przez zanik świecenia diody zielonej. Oba układy sygnalizacyjne są uruchamiane oddzielnymi przyciskami (ze względu na oszczędność baterii). Do zasilania układu wykorzystano dwie szeregowo połączone baterie typ LRV08 12V od pilotów samochodowych.

Sonda ze względów higienicznych musi być jednorazowa, zatem tania. Nie może zawierać substancji toksycznych. Musi być zbudowana z materiałów odpornych na oddziaływanie soków żołądkowych. Nie można zastosować przewodu miedzianego ani izolacji polietylenowej. Optymalny byłby dwużyłowy lub koncentryczny złoty przewód w izolacji teflonowej, ale ze względu na cenę takie

rozwiązanie jest niemożliwe. Wymagania sanitarne spełniałby drut ze stali nierdzewnej w izolacji teflonowej, ale sztywność takiej konstrukcji grozi przebiciem ścianki przelyku lub ścianki żołądka w trakcie wprowadzania sondy do żołądka.

Do celów testowych wykorzystano przewód koncentryczny o średnicy zewnętrznej 2,5 mm z izolacją teflonową, w którym żyłą stanowi linka z drutów miedzianych srebrzonych. Oplot również wykonano z takich drutów. Od strony stymulatora sondę zakończono wtykiem Mini Jack. Doprowadzenie elektrod stanowią odpowiednio żyła wewnętrzna i oplot. Elektrody wykonano w końcówce sondy w taki sposób, że z końcowego odcinka 30 mm zdjęto płaszcz zewnętrzny i oplot, w to miejsce wprowadzono koszulkę termokurczliwą zaklejoną na końcu woskiem pszczelim. Następnie wytopiono izolację na odcinku 3 mm w odległości 10 mm i 80 mm od końca sondy. Zapobiegło to mechanicznemu uszkodzeniu warstwy srebra na przewodach. Sposób wykonania aktywnej końcówki sondy pokazano na rys. 20.



Rys. 20. Aktywna końcówka sondy

Do celów testowych wykonano pięć sztuk modeli stymulatora z sondami. Badania przeprowadzone na pacjentach po resekcji żołądka wykazały przydatność opracowanej konstrukcji. Jednakże jest to jeszcze konstrukcja bardzo niedoskonała. Wprawdzie sole srebra nie są toksyczne, jednak kwasy żołądkowe rozpuszczają stopniowo warstwę srebra na przewodzie miedzianym i po pewnym czasie mogą pojawić się w treści żołądka toksyczne sole miedzi. Dlatego ta sonda może być bezpiecznie stosowana przy krótkich stymulacjach, maksimum kilkunastogodzinnych w celu pobudzenia pracy żołądka. Do leczenia stanów chronicznych musi być opracowana inna konstrukcja sondy lub stymulator połykany w postaci kapsułki z elektrodami z biozgodnej stali nierdzewnej.

2.7. Prototypy i nowe technologie oraz wdrożenia

Wśród różnorodnych rozwiązań układowych, nowych materiałów i technologii na szczególną uwagę zasługują:

- wdrożenie technologii zabezpieczania układów elektronicznych w procesie “conformal coating” w przedsiębiorstwie PPW ARGO;

- opracowanie konstrukcji i wykonanie prototypów pierścieniowych elementów grzejnych na podłożach ceramicznych do detektorów dla potrzeb Centrum Elektryfikacji i Automatykacji Górnictwa EMAG;
- uruchomienie produkcji nowych wersji inwerterów DC/AC z sinusoidalnym napięciem wyjściowym (dla odbiorców hurtowych i indywidualnych) 1500W/24V, 1500W/48V, 800W/24V, 800W/48V;
- projekt i wykonanie dla Politechniki Poznańskiej elementów elektroluminescencyjnych bazujących na luminoforach proszkowych;
- opracowanie projektu i wykonanie serii modeli elektronicznych stymulatorów żołądka w celu przeprowadzenia prób klinicznych w III Katedrze Chirurgii Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego;
- opracowanie dla firmy Sunflower Farm konstrukcji modułu źródła prądowego do zasilania układów oświetleniowych na hiperjasnych diodach LED i wykonanie serii prototypowej;
- opracowanie prototypów lamp 20 W wykorzystujących hiperjasne diody LED;
- opracowanie i wykonanie dla potrzeb firmy Fetco modeli rezystancyjnych polimerowo-węglowych czujników poziomu cieczy na bazie past rezystywnych na bazie past przewodzących;
- opracowanie i wykonanie modeli stabilizatora prądu wykorzystującego pozystorowy polimerowo-węglowy element rezystorowy w układzie pomiaru i stabilizacji prądu.

3. Współpraca międzynarodowa

Współdziałano z partnerami programu NEXUS w zakresie modyfikacji projektu 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. Wymieniono doświadczenia z EPFL w zakresie technologii folii ceramicznych.

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

4. Usługi naukowo-badawcze i sprzedana produkcja laboratoryjna

Wykonano dla firmy "Święcki" w Pruszkowie projekt i prototyp systemu wykorzystującego energię słoneczną do zasilania układów oświetleniowych (wartość kontraktu 79 053 zł).

Sprzedano produkcję doświadczalną (inwertery, systemy zasilania awaryjnego, regulatory ładowania dla systemów fotowoltaicznych, elementy wysokonapięciowe) o wartości 202 832 zł.

Opracowano i wytworzono nowe materiały, modele i prototypy o wartości 6 890 zł.

Publikacje'2004

[P1] CIEŻ M., GRZESIAK W., WITEK K., KOPROWSKI J., POTENCKI J.: Application of AlN Substrates in Thick-Film Power Circuits. Proc. of the XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004, s. 10–18.

[P2] CIEŻ M., PORADA Z.: Thick Film Electroluminescent Lamps on ZnS, Cu Base and Their Application in Safety Systems. *Proc. of SPIE* 2004 vol. 5566 s. 228–233.

[P3] DZIURDZIA B., CIEŻ M., GREGORCZYK W.: Measurements of RF Dielectric Properties of Thick-Film Materials with Resonant Microstrip Elements. Proc. of the XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004, s. 199–204.

[P4] DZIURDZIA B., MAGOŃSKI Z., NOWAK S., CIEŻ M., GREGORCZYK W., NIEMYJSKI W.: Photoimageable Thick-Film Microwave Structures up to 18 GHz. *Electron Technol.- Internet J.* 2004 vol. 36 nr 1 s. 1–10.

[P5] DZIURDZIA B., MAGOŃSKI Z., NOWAK S., CIEŻ M., GREGORCZYK W., NIEMYJSKI W.: Photoimageable Thick-Films in Microwaves – An Approach to Multilayer Circuits. *Advanc. Microelectron.*, lipiec/sierpień 2004 s. 28–33.

[P6] DZIURDZIA B., MAGOŃSKI Z., NOWAK S., CIEŻ M., GREGORCZYK W.: Photoimageable Dielectric-Processing, Properties, Compatibility with Conventional Thick Film Conductors. *Advanc. Microelectron.*, lipiec/sierpień 2004 s. 24–34.

[P7] GROEGER B., SKWAREK A., SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J., ŚNIEŻYŃSKA I.: Properties of Thick Films Based on $\text{La}_{0.7}\text{Ln}(\text{Mn}_{1-x}\text{Al}_x)\text{O}_3$ as Electrode Materials. Proc. of the XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004, s. 237–240.

[P8] GRZESIAK W.: Struktury wewnętrzne regulatorów ładowania dla autonomicznych systemów PV. Mat. Sem. Targowego Elektro-Energy, Kraków, listopad 2004, s. 193–196.

[P9] GRZESIAK W., CIEŻ M., MAJ T., WIETRZNY K.: Advanced Current Sources Based on One-Chip Micro-computers. Proc. of the XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004, s. 241–244.

[P10] GRZESIAK W., MAJ T., CIEŻ M., ZARASKA W., WIETRZNY K.: Solar Regulators Equipped with One-Chip Microcomputer. Proc. of the 19th Europ. Photovoltaic Solar Energy Conf. and Exhib., Paryż, Francja, 7–11.07. 2004, s. 2262–2265.

[P11] GRZESIAK W., CIEŻ M., MAJ T., POCZĄTEK J., WIETRZNY K.: Applications of One-Chip Microcomputer in Solar Charge Controllers. Proc. of the XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004, s. 245–248.

[P12] GRZESIAK W., CIEŻ M., MAJ T., POCZĄTEK J., WITEK K., ZARASKA W.: Praktyczne aspekty zastosowania hiperjasnych diod LED w systemach oświetleniowych, zwłaszcza fotowoltaicznych. Mat. konf. III Konf. LED, Warszawa, 12.03.2004, s. 1–4.

[P13] GRZESIAK W., CIEŻ M., MAJ T., POCZĄTEK J., WITEK K., ZARASKA W., WIETRZNY K.: Hiperjasne diody LED – nowe ekologiczne źródła światła. Mat. konf. II Kraj. Konf. Nauk.-Techn. "Ekologia w Elektronice", Warszawa, 30.09–1.10.2004, s. 237–248.

- [P14] GRZESIAK W., CIEŻ M., POCZAŁEK J., ZARASKA W.: Current Sources with Improved Reliability for Hyperbright LEDs Supply Realized in Thick-Film Technology. Proc. of the XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004, s. 249–252.
- [P15] GRZESIAK W., CIEŻ M., POCZAŁEK J., ZARASKA W., WIETRZNY K.: Solar Electric Lighting Systems Utilizing LEDs of High Brightness. Proc. of the XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004, s. 253–256.
- [P16] KLIMIEC E., NOWAK S., ZARASKA W.: The Application of Fast Fourier Transform for Evaluation of Suppression Electromagnetic Interference in a High Voltage Car Ignition System. Proc. of the XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004, s. 297–300.
- [P17] KULAWIK J., SZWAGIERCZAK D., GROEGER B.: Effect of Additives on Dielectric Characteristics of Iron-Based Relaxor Ferroelectrics. Proc. of the XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004, s. 309–312.
- [P18] KULAWIK J., SZWAGIERCZAK D., NOWAK S.: Dielectric Properties of Lead-Free Ceramics with Perovskite Structure. Proc. of the Conf. Electroceramics IX, Cherbourg, Francja, 31.05–3.06.2004, s. 1–12 (CD ROM).
- [P19] ŁUKASIK A. M., NOWAK S.: Polymer-Carbon Thick Film Resistor as Direct Current Regulator. Proc. of the XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004, s. 318–321.
- [P20] ŁUKASIK A. M., NOWAK S., SKWAREK A., ZARASKA W.: Electrical Characteristics of Polymer-Carbon and Aluminium Heating Layers. Proc. of the XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004, s. 322–325.
- [P21] ŁUKASIK A. M., PRUSZOWSKI Z.: Influence of Curing Parameters on Electrical Properties of Polymer Layers with Acrylic-Melamine Binder. Proc. of the XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004, s. 326–329.
- [P22] ŁUKASIK A. M., RAKOWSKI W., KOT M., ZIMOWSKI S.: Charakterystyki mechaniczne i elektryczne mikrokompozytowych warstw sensorowych ze spoiwem akrylowo-melaminowym. *Elektronika* 2004 nr 7 s. 49–52.
- [P23] ŁUKASIK A. M., WITEK K., CIEŻ M., SIWULSKI S.: Thermovision Measurement of Carbon-Polymeric and Aluminium Heating Layers. Proc. of the XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004, s. 330–333.
- [P24] PORADA Z., CIEŻ M., ZARASKA W.: Electroluminescent Lamps and the Possibilities of Their Application in Intelligent Buildings. Proc. of the 3rd Int. Congress Intelligent Building Systems InBuS, Kraków, maj 2004, s. 172–178.
- [P25] PORADA Z., CIEŻ M., ZARASKA W.: Możliwości zastosowania w pojazdach trakcyjnych elektroluminescencyjnych źródeł światła. Mat. konf. XI Ogólnopol. Konf. Nauk. Trakcji Elektrycznej SEMTRAK, Kraków-Zakopane, październik 2004, s. 505–510.
- [P26] SZWAGIERCZAK D.: Thick Film Composition Based on Titanium Silicides for Surge Resistors. *Ceramics Int.* 2004 vol. 30 nr 5 s. 757–764.
- [P27] SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J.: Thick Film Capacitors with Relaxor Dielectrics. *J. of the Europ. Ceramic Soc.* 2004 vol. 24 nr 7 s. 1979–1985.
- [P28] SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J., GROEGER B.: Preparation and Characterization of Lead Iron Tantalate Thick Films. Proc. of the Conf. Electroceramics IX, Cherbourg, Francja, 31.05–3.06.2004 (CD ROM).
- [P29] SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J., GROEGER B., NOWAK S., SKWAREK A.: Dielectric Behavior of High Permittivity $\text{Ca}(\text{Fe}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3$ and $\text{Ca}(\text{Fe}_{1/2}\text{Ta}_{1/2})\text{O}_3$ Ceramics. Proc. of the XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004, s. 393–396.

- [P30] WITEK K., SKWAREK A., CIEŻ M., GRZESIAK W., PROCHOWICZ W.: Choice of Conformal Coating Lacquers for Electronic Devices Operating in Environment with Increased Humidity. Proc. of the XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004, s. 409–412.
- [P31] WITEK K., SKWAREK A., CIEŻ M., GRZESIAK W., PROCHOWICZ W., ZARASKA W.: The Influence of Conformal Coating Process Parameters on the Electronic Assembly Quality. Proc. of the XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004, s. 413–416.
- [P32] ZARASKA W.: Rozwój elektrycznych źródeł światła. Mat. Małopolskiego Symp. “Klasyczne i alternatywne źródła energii w aspekcie historycznym”, Kraków, 13.10.2004, s. 49–51.
- [P33] ZARASKA W., CIEŻ M.: Niektóre aspekty zastosowania baterii fotowoltaicznych. Mat. konf. II Kraj. Konf. Nauk.-Techn. “Ekologia w Elektronice”, Warszawa, 30.09–1.10.2004, s. 232–234.
- [P34] ZARASKA W., THOR P., LIPIŃSKI M., CIEŻ M., GRZESIAK W., POCZĄTEK J.: Design and Fabrication of Neurostimulator Implants – Selected Problems. Proc. of the XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004, s. 430–435.
- [P35] ZARASKA K., WAJDA K.: Identyfikacja usług internetowych na podstawie profili statystycznych strumieni ruchu. Mat. konf. VIII Konf. IT SECURE, Warszawa, 19–20.2004, s. 70–85.

Konferencje’2004

- [K1] CIEŻ M., GRZESIAK W., WITEK K., KOPROWSKI J., POTENCKI J.: Application of AlN Substrates in Thick-Film Power Circuits. XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004 (ref.)
- [K2] CIOSEK J., PASZKOWICZ W., KUBICKI J., PANKOWSKI P., PRZESŁAWSKI T., ZARASKA W.: Modification of Cu-Al-O Film Microstructure During Post-Deposition Annealing. 4th Int. Conf. on Solid State Crystals: Material Science and Applications, Zakopane, 16–20.05.2004 (kom.).
- [K3] DZIURDZIA B., CIEŻ M., GREGORCZYK W.: Measurements of RF Dielectric Properties of Thick-Film Materials with Resonant Microstrip Elements. XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004 (plakat).
- [K4] DZIURDZIA B., KRAL J., MAGOŃSKI Z., CIEŻ M., GREGORCZYK W.: Multilayer Photoimageable Thick-Films in Microwave Frequencies. Conf. MIKON 2004, Warszawa, 17–21.05.2004 (plakat).
- [K5] GROEGER B., SKWAREK A., SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J., ŚNIEŻYŃSKA I.: Properties of Thick Films Based on $\text{La}_{0.7}\text{Ln}(\text{Mn}_{1-x}\text{Al}_x)\text{O}_3$ as Electrode Materials. XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004 (plakat).
- [K6] GRZESIAK W.: Struktury wewnętrzne regulatorów ładowania dla autonomicznych systemów PV. Sem. Targowe Elektro-Energy, Kraków, listopad 2004 (ref.).
- [K7] GRZESIAK W., CIEŻ M., MAJ T., POCZĄTEK J., WIETRZNY K.: Applications of One-Chip Microcomputer in Solar Charge Controllers. XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004 (plakat).
- [K8] GRZESIAK W., CIEŻ M., MAJ T., POCZĄTEK J., WITEK K., ZARASKA W., WIETRZNY K.: Hiperjasne diody LED – nowe ekologiczne źródła światła. III Kraj. Konf. Nauk.-Techn. “Ekologia w Elektronice”, Warszawa, 30.09–1.10.2004 (ref.).
- [K9] GRZESIAK W., CIEŻ M., MAJ T., POCZĄTEK J., WITEK K., ZARASKA W.: Praktyczne aspekty zastosowania hiperjasnych diod LED w systemach oświetleniowych, zwłaszcza fotowoltaicznych. III Konf. LED, Warszawa, 12.03.2004 (ref.).

- [K10] GRZESIAK W., CIEŻ M., POCZĄTEK J., ZARASKA W.: Current Sources with Improved Reliability for Hyperbright LEDs Supply Realized in Thick-Film Technology. XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004 (plakat).
- [K11] GRZESIAK W., CIEŻ M., POCZĄTEK J., ZARASKA W., WIETRZNY K.: Solar Electric Lighting Systems Utilizing LEDs of High Brightness. Proc. of the XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004 (plakat).
- [K12] GRZESIAK W., CIEŻ M., MAJ T., WIETRZNY K.: Advanced Current Sources Based on One-Chip Microcomputers. XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004 (plakat).
- [K13] GRZESIAK W., MAJ T., CIEŻ M., ZARASKA W., WIETRZNY K.: Solar Regulators Equipped with One-Chip Microcomputer. 19th Europ. Photovoltaic Solar Energy Conf. and Exhib., Paryż, Francja, 7–11.07. 2004 (plakat).
- [K14] KLIMIEC E., NOWAK S., ZARASKA W.: The Application of Fast Fourier Transform for Evaluation of Suppression Electromagnetic Interference in a High Voltage Car Ignition System. XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004 (plakat).
- [K15] KULAWIK J., SZWAGIERCZAK D., GROEGER B.: Effect of Additives on Dielectric Characteristics of Iron-Based Relaxor Ferroelectrics. XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004 (plakat).
- [K16] KULAWIK J., SZWAGIERCZAK D., NOWAK S., ŚNIEŻYŃSKA I.: Dielectric Properties of Lead-Free Ceramics with Perovskite Structure. Conf. Electroceramics IX, Cherbourg, Francja, 31.05–3.06.2004 (plakat).
- [K17] ŁUKASIK A. M., NOWAK S.: Polymer-Carbon Thick Film Resistor as Direct Current Regulator. XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004 (plakat).
- [K18] ŁUKASIK A. M., NOWAK S., SKWAREK A., ZARASKA W.: Electrical Characteristics of Polymer-Carbon and Aluminium Heating Layers. Proc. of the XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004, s. 322–325 (plakat).
- [K19] ŁUKASIK A. M., PRUSZOWSKI Z.: Influence of Curing Parameters on Electrical Properties of Polymer Layers with Acrylic-Melamine Binder. XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004 (plakat).
- [K20] ŁUKASIK A. M., WITEK K., CIEŻ M., SIWULSKI S.: Thermovision Measurement of Carbon-Polymeric and Aluminium Heating Layers. XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004 (plakat).
- [K21] PORADA Z., CIEŻ M., ZARASKA W.: Electroluminescent Lamps and the Possibilities of Their Application in Intelligent Buildings. 3rd Int. Congress Intelligent Building Systems InBuS, Kraków, maj 2004 (ref.).
- [K22] PORADA Z., CIEŻ M., ZARASKA W.: Możliwości zastosowania w pojazdach trakcyjnych elektroluminescencyjnych źródeł światła. XI Ogólnopol. Konf. Nauk. Trakcji Elektrycznej SEMTRAK, Kraków-Zakopane, 10.2004 (ref.).
- [K23] SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J., GROEGER B.: Preparation and Characterization of Lead Iron Tantalate Thick Films. Conf. Electroceramics IX, Cherbourg, Francja, 31.05–3.06.2004 (plakat).
- [K24] SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J., GROEGER B., NOWAK S., SKWAREK A.: Dielectric Behavior of High Permittivity $\text{Ca}(\text{Fe}_{1/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3$ and $\text{Ca}(\text{Fe}_{1/2}\text{Ta}_{1/2})\text{O}_3$ Ceramics. XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004 (plakat).

[K25] WITEK K., SKWAREK A., CIEŻ M., GRZESIAK W., PROCHOWICZ W.: Choice of Conformal Coating Lacquers for Electronic Devices Operating in Environment with Increased Humidity. XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004 (plakat)

[K26] WITEK K., SKWAREK A., CIEŻ M., GRZESIAK W., PROCHOWICZ W., ZARASKA W.: The Influence of Conformal Coating Process Parameters on the Electronic Assembly Quality. XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004 (plakat).

[K27] ZARASKA W.: Rozwój elektrycznych źródeł światła. Małopolskie Symp. “Klasyczne i alternatywne źródła energii w aspekcie historycznym”, Kraków, 13.10.2004 (ref.).

[K28] ZARASKA W., CIEŻ M.: Niektóre aspekty zastosowania baterii fotowoltaicznych. II Kraj. Konf. Nauk.-Techn. “Ekologia w Elektronice”, Warszawa, 30.09–1.10.2004 (ref.).

[K29] ZARASKA W., THOR P., LIPIŃSKI M., CIEŻ M., GRZESIAK W., POCZĄTEK J.: Design and Fabrication of Neurostimulator Implants – Selected Problems. XXVIII Int. Conf. of IMAPS Poland Chapter, Wrocław, 26–29.09.2004 (plakat).

[K30] ZARASKA K., WAJDA K.: Identyfikacja usług internetowych na podstawie profili statystycznych strumieni ruchu. VIII Konf. IT SECURE, Warszawa, 19–20.2004 (ref.).

Patenty’2004

[PA1] GANDURSKA J., ŚNIEŻYŃSKA I., MAREK A., BUĆKO M.: Kompozycja elektrodowa. Patent RP nr 188305.

[PA2] GRZESIAK W., POCZĄTEK J., ZARASKA W., MAĆKÓW P., POLAK A.: Sposób zasilania jedno-fazowych silników indukcyjnych. Pat. RP wg zgł. P.328905.

[PA3] ŁUKASIK A., NOWAK S.: Kompozycja rezystywna. Zgł. pat. nr P.370649 z dn. 13.10.2004.

[PA4] SZWAGIERCZAK D., MAREK A., KULAWIK J., GANDURSKA J., ŚNIEŻYŃSKA I.: Pasta rezystywna na bazie krzemków tytanu. Pat. RP wg zgł. P.3362775.

[PA5] SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J., GRÖGER B.: Bezołowiowy materiał dielektryczny do kondensatorów. Zgł. pat. nr P.367927 z dn. 12.05.2004.

[PA6] SZWAGIERCZAK D., KULAWIK J., GRÖGER B.: Bezołowiowa ceramika. Zgł. pat. nr P.367928 z dnia 12.05.2004.