

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **240818**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **434065**

(22) Data zgłoszenia: **25.05.2020**

(51) Int.Cl.

**H01G 9/022 (2006.01)**

**H01G 9/035 (2006.01)**

**H01G (2006.01)**

(54)

**Wysokotemperaturowy kondensator elektrochemiczny**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**29.11.2021 BUP 35/21**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**06.06.2022 WUP 23/22**

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA POZNAŃSKA, Poznań, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ADAM MAĆKOWIAK, Środa Wielkopolska, PL**

**PRZEMYSŁAW GALEK, Solec Kujawski, PL**

**ELŻBIETA FRĄCKOWIAK, Poznań, PL**

**KRZYSZTOF FIC, Poznań, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. Marcin Walkowiak**

**PL 240818 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest wysokotemperaturowy kondensator elektrochemiczny pracujący w szerokim zakresie temperatur, tj. od 25 do 150°C z zastosowaniem jako urządzenie do konwersji i magazynowania energii.

Kondensatory podwójnej warstwy elektrycznej (ang. *Electric Double-Layer Capacitors, EDLCs*), zwane także superkondensatorami (ang. *Supercapacitors, SCs*), przyciągają coraz większą uwagę z powodu ich wysokiej gęstości mocy, długiego cyklu życia oraz relatywnie krótkiego czasu ładowania. Istotną ich zaletą jest także przyjazność w stosunku do środowiska naturalnego, w przeciwieństwie do tradycyjnych akumulatorów, które często bazują na toksycznych związkach [Naoi, K., Naoi, W., Aoyagi, S., Miyamoto, J.-i., Kamino, T., *Acc. Chem. Res.*, 2012, 46, 1075–1083].

Pomimo ugruntowanej pozycji baterii na rynku technologii magazynowania energii, to kondensatory podwójnej warstwy elektrycznej cieszą się coraz większym zainteresowaniem; w kondensatorach upatruje się dziś możliwości (np. szybkie magazynowanie i uwalnianie energii na żądanie), pozwalających na transfer do szerszego wykorzystania typowo odnawialnych źródeł energii. W przeciwieństwie do baterii, EDLCs gromadzą energię elektryczną poprzez separację jonów pochodzących z elektrolitu na elektrodach o przeciwnym znaku, pod wpływem przyłożonego zewnętrznego źródła napięcia. Brak reakcji (elektro)chemicznych, polegających na zrywaniu i tworzeniu się nowych wiązań chemicznych, zapewnia krótki czas ładowania i wyładowania układu, a tym samym wysoką gęstość mocy i długą żywotność (nawet do milionów cykli). Jednak EDLCs bywają krytykowane z powodu stosunkowo niskiej gęstości energii, która do tej pory ogranicza ich zastosowanie jedynie do niszowych branż, np., stabilizacja częstotliwości sieci elektrycznej czy małe źródła zasilania [Simon, P., Gogotsi, Y., Dunn, B., *Science*, 2014, 343, 1210–1211]. Mimo wszystko wykorzystuje się je zamiennie lub w połączeniu z ogniwami paliwowymi, gdzie istnieje potrzeba zastosowania impulsów o dużej mocy takich jak: źródła mocy szczytowej, cyfrowe urządzenia komunikacyjne, telefony komórkowe, laptopy, hybrydowe pojazdy elektryczne czy turbiny wiatrowe [Tallo, I., Thomberg, T., Jänes, A., Kontturi, K., Lust E., *Carbon*, 2011, 49, 4427–4433].

Największym wyzwaniem stojącym obecnie przed naukowcami zajmującymi się tematyką EDLCs jest zwiększenie gęstości energii do poziomu (przynajmniej) porównywalnego z bateriami. Energię kondensatora elektrochemicznego można opisać równaniem:

$$E = \frac{1}{2}CU^2$$

gdzie: C – pojemność kondensatora elektrochemicznego [F]

U – napięcie pracy [V]

Obecnie realizowane są dwie główne strategie zwiększenia gęstości energii EDLCs, które mogą sprawić by parametry te były konkurencyjne w stosunku do ogniw litowo-jonowych. Pierwsza strategia dotyczy rozwinięcia powierzchni właściwej stosowanych materiałów elektrodowych [González, A., Gokalea, E., Barrera, J. A., Mysyk, R., *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 2016, 58, 1189–1206], głównie węglowych (np. aktywowany węgiel) celem zwiększenia pojemności kondensatora na jednostkę masy i objętości [Raccichini, R., Varzi, A., Passerini, S., Scrosati, B., *Nat. Mater.*, 2015, 14, 271–279]. Innym sposobem jest modyfikacja powierzchni właściwej węgla. W tym celu wyróżniono modyfikację fizyczną, biologiczną i chemiczną. Fizyczna polega na najczęściej na obróbce termicznej materiału co powoduje zwiększenie powierzchni elektrody i objętość porów [Nwamba, O. C., Echeverria, E., McIlroy, D. N., Austin, A., Shreeve, J. M., Aston, E., *ACS Appl. Nano Mater.*, 2019, 2, 228–259]. Biologiczna może polegać na immobilizacji materiału biologicznego zawierającego enzymy na elektrodach celem przeprowadzania reakcji katalizy, co przedstawiono w patencie US20160145669A1. Modyfikacja chemiczna może polegać na: działaniu kwasem w celu zwiększenia kwasowych grup funkcyjnych na powierzchni węgla [Isikli, S., Diaz, R., *J. Power. Sourc.*, 2012, 206, 53–58], działaniu zasadą w celu zwiększenia reaktywności ze związkami organicznymi [Shaarani, F. W., Hameed, B., *Chem. Eng. J.*, 2011, 169, 180–185] lub na impregnacji innych materiałów w celu zwiększenia utleniania katalitycznego [Yeddou, A. R., Chergui, S., Chergui, A., Halet, F., Hamza, A., Nadjemi, B., Ould-Driss, A., Belkouch, J., *Minerals Eng.*, 2011, 24, 788–793]. Materiały węglowe stanowiące główny składnik (aktywny) elektrod kondensatora są zazwyczaj związane spoiwem (najczęściej fluoropolimerem, takim jak poli(tetrafluoroetylen) czy poli(fluorek winylidenu) Spoiwo zapewnia integralność materiału elektrody podczas długotrwałego działania [Fic, K., Platek, A., Piwek, J., Frackowiak, E., *Today*, 2018, 21, 437–454].

Druga strategia dotyczy poszerzenia zakresu stosowanego napięcia pracy. W tym celu poszukuje się elektrolitów o zwiększonej stabilności elektrochemicznej, które pozwalają na zwiększenie zarówno energii jak i gęstości mocy [Béguin, F., Presser, V., Balducci, A., Frackowiak, E., *Adv. Mater.*, 2014, 26, 2219–2251]. Obecnie jako roztwory elektrolitów często wykorzystywane są roztwory wodne. Jednak posiadają one dwie znaczące wady ograniczające szersze zastosowanie kondensatorów w przemyśle: niskie napięcie robocze (do ok. 1,2 V) oraz niską energię [Zaidi, W., Boisset, A., Jacquemin, J., Timperman, L., Anouti, M., *J. Phys. Chem.*, 2014, 118, 4033–4042]. W wysokiej temperaturze 100°C, następuje przyspieszony elektrochemiczny rozkład wody co przedstawiono na fig. 3 rysunku – woltamperogram dla układu z 5 M LiNO<sub>3</sub> oraz DES w 100°C. Rozkład ten powoduje wydzielanie się wodoru na elektrodzie ujemnej przez co wzrasta ciśnienie i opór w obszarze gromadzenia ładunku w podwójnej warstwie elektrycznej (fig. 4 – wykres Nyquista dla układu z 5 M LiNO<sub>3</sub> oraz DES w 100°C). Zastosowanie roztworów wodnych jako elektrolitów w kondensatorach pracujących w temperaturze powyżej 100°C stanowi ograniczenie ze względu na niewielką liczbę cykli ładowania i wyładowania, po którym układ osiąga kryterium żywotności kondensatora (80% początkowej wartości pojemności), co zostało przedstawione na fig. 5 rysunku – wydajność kondensatora w zależności od liczby cykli dla układu z 5 M LiNO<sub>3</sub> oraz DES w 100°C. Ciecze jonowe (ang. *Ionic Liquids, ILs*) mogą pozwolić na uzyskanie znacznie wyższego napięcia pracy niż roztwory wodne (nawet do 3 V), zapewniając jednocześnie bezpieczeństwo z uwagi na ich niską palność i wysoką stabilność termiczną [Brandt, A., Pohlmann, S., Varzi, A., Balducci, A., Passerini, S., *MRS Bull.*, 2013, 38, 554–559]. Niestety ILs cechują się wysoką lepkością oraz stosunkowo niskim przewodnictwem co ogranicza ich zastosowanie szczególnie w temperaturze pokojowej. Mieszanki cieczy jonowych z organicznymi rozpuszczalnikami takimi jak acetonitryl czy węgiel propylenowy mogą nieznacznie poprawić przewodnictwo takich elektrolitów, jednak nawet takie rozwiązanie nie pozwala zyskać kondensatorom takiej energii porównywalnej z ogniwami litowo-jonowymi [Krause, A., Balducci, A., *Electrochem. Commun.*, 2011, 13, 814–817].

Ciekły charakter elektrolitów może prowadzić do nadciśnienia wewnątrz urządzenia lub nawet jego eksplozji. Aby zniwelować to ryzyko, w niektórych kondensatorach zastosowano elektrolity w stanie stałym jak np. żelowy elektrolit na bazie alginianu z cieczą jonową – tetrafluoroboran 1-etylo-3-metyloimidazoliowy (EMImBF<sub>4</sub>) [Soeda, K., Yamagata, M., Ishikawa, M., *J Power Sources*, 2015, 280, 565–572]. Nowoczesnym rozwiązaniem w kondensatorach wysokotemperaturowych jest zastosowanie głęboko eutektycznych rozpuszczalników.

Głęboko eutektyczne rozpuszczalniki (ang. *Deep Eutectic Solvents, DESs*) są mieszaninami soli oraz związków będących donorami wiązania wodorowego (ang. *Hydrogen Bond Donor, HBD*) w określonym stosunku tworząc związki o temperaturze topnienia znacznie niższej niż temperatury topnienia poszczególnych komponentów [Pedro, S. N., Freire, M. G., Freire, C. S. R., Silvestre, A. J. D., *Expert Opin. Drug Deliv.*, 2019, 16, 497–506]. W związku z taką właściwością DESs zwrócono szczególną uwagę na tę grupę związków w kontekście zastąpienia nimi obecnie stosowanych, zazwyczaj toksycznych, rozpuszczalników organicznych. Głęboko eutektyczne rozpuszczalniki są łatwiejsze w syntezie i przygotowaniu od związków organicznych, poprzez mieszanie ze sobą czystych składników o wysokiej kompatybilności. DESs posiadają zazwyczaj wysokie okna stabilności elektrochemicznej [Liu, Y., Friesen, J. B., McAlpine, J. B., Lankin, D. C., Chen, S. N., Pauli, G. F., *J. Nat. Prod.*, 2018, 81, 679–690]. Kondensatory elektrochemiczne wykorzystujące jako elektrolit roztwory wodne w porównaniu do DES wykazują wyższą wartość pojemności, jak przedstawiono na fig. 6 rysunku – galwanostatyczne ładowanie i wyładowanie przy różnych gęstościach prądu dla układu z 5 M LiNO<sub>3</sub> oraz DES w 100°C. Jednak wykazują również znacznie dłuższy czas ładowania i wyładowania co ogranicza ich zastosowanie w wysokich temperaturach (fig. 7 i 8 rysunku – galwanostatyczne ładowanie i wyładowanie dla układu z 5 M LiNO<sub>3</sub> oraz DES w 100°C (gęstości prądu 0,2 A·g<sup>-1</sup>). Ponadto większość eutektyków jest niewrażliwa na obecność wody, dzięki czemu można je wytwarzać bez potrzeby stosowania atmosfery inertej. DESs dzielą wiele wspólnych właściwości z konwencjonalnymi cieczami jonowymi m. in. niską prężność par, wysoką stabilność termiczną, czy biodegradowalność, ale ich niski koszt wytwarzania czyni je szczególnie atrakcyjnymi w wielu dziedzinach zastosowania, a szczególnie jako elektrolity w urządzeniach magazynujących energię [Dai, Y., van Spronsen, J., Witkamp, G. J., Verpoorte, R., Choi, Y. H., *J. Nat. Prod.*, 2013, 76, 2162–2173].

Istotą wynalazku jest wysokotemperaturowy kondensator elektrochemiczny składający się z elektrody dodatniej oraz ujemnej, rozdzielonych separatorem. Całość zanurzona jest w roztworze elektrolitu, który stanowi mieszaninę głęboko eutektyczną soli azotanów(V) o wzorze **1** z acetamidem o wzorze **2**.

Wyjątkowo korzystne warianty wynalazku przewidują wykorzystanie soli:

- azotan(V) litu ( $\text{LiNO}_3$ ) : acetamid ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}$ ) – stosunek molowy 22:78;
- azotan(V) sodu ( $\text{NaNO}_3$ ) : acetamid ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}$ ) – stosunek molowy 15,4:84,6;
- azotan(V) potasu ( $\text{KNO}_3$ ) : acetamid ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}$ ) – stosunek molowy 6,8:93,2;

Proponowane systemy charakteryzują się tym, że obie elektrody składają się z materiału węglowego o silnie rozwiniętej powierzchni właściwej tj. powyżej  $1000 \text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$ .

Wynalazek nadaje się do stosowania w temperaturze od  $25^\circ\text{C}$  do  $150^\circ\text{C}$ , korzystnie  $100^\circ\text{C}$ , przy napięciu od 0,6 V do 3,0 V, korzystnie 1,4 V, z zastosowaniem jako urządzenie do konwersji i magazynowania energii.

Zastosowanie rozwiązania według wynalazku pozwoliło na uzyskanie następujących korzyści technologiczno-użytkowych:

- zastosowanie napięcie pracy 1,4 V,
- uzyskanie pojemności właściwej  $102\text{F}\cdot\text{g}^{-1}$ ,
- umożliwiają pracę w warunkach wysokiej temperatury ( $100^\circ\text{C}$ ), przy której ograniczone lub niemożliwe jest zastosowanie roztworów wodnych,
- uzyskanie wysokiej wartości przewodnictwa elektrolitu niewodnego –  $14 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ,
- brak potrzeby stosowania wodnych lub organicznych rozpuszczalników,
- tania i łatwa metoda otrzymywania elektrolitu,
- niska prężność par układu,
- wysoka stabilność termiczna elektrolitu.

Wynalazek stanowi wysokotemperaturowy kondensator elektrochemiczny bazujący na mieszaninie eutektycznej acetamidu z azotanem(V) litu/ azotanem(V) potasu/azotanem(V) sodu, którego sposób otrzymywania przedstawiają poniższe przykłady.

#### **Przykład I**

W kolbie okrągłodennej umieszczono 0,22 mola azotanu(V) litu oraz 0,78 mola acetamidu. Układ reagentów podgrzano do temperatury  $100^\circ\text{C}$  mieszano do momentu ustalenia się jednorodnej mieszaniny, zwanej elektrolitem. Elektrody kondensatora elektrochemicznego wykonane z tkaniny węglowej o powierzchni właściwej  $1840 \text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$  (powierzchnia pojedynczej elektrody –  $0,785 \text{ cm}^2$ ) rozdzielono przy pomocy separatora. Tak złożony układ umieszczono w naczyniu 2-elektrodowym, a następnie nasączono roztworem elektrolitu. Tak skonstruowany układ w temperaturze  $25^\circ\text{C}$  poddano badaniom elektrochemicznym: woltamperometrii cyklicznej ( $1 \text{ mV}\cdot\text{s}^{-1}$ , 0,6 V), galwanostatycznemu ładowaniu/wyładowaniu ( $0,2 \text{ A}\cdot\text{g}^{-1}$ ; 0,6 V) oraz elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej ( $100 \text{ kHz} \div 10 \text{ mHz}$ ).

#### **Przykład II**

Do kolby wprowadzono 0,78 mola acetamidu oraz 0,22 mola azotanu(V) sodu. Mieszaninę poddano ogrzewaniu do  $100^\circ\text{C}$  przez pięć godzin i otrzymano elektrolit. Elektrody kondensatora elektrochemicznego wykonane z tkaniny węglowej o powierzchni właściwej  $1840 \text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$  (powierzchnia pojedynczej elektrody –  $0,785 \text{ cm}^2$ ) rozdzielono przy pomocy separatora. Tak złożony układ umieszczono w naczyniu 2-elektrodowym, a następnie nasączono roztworem elektrolitu.

Tak skonstruowany układ ogrzano do temperatury  $50^\circ\text{C}$  i poddano badaniom elektrochemicznym: woltamperometrii cyklicznej ( $1 \text{ mV}\cdot\text{s}^{-1}$ ; 1 V), galwanostatycznemu ładowaniu/wyładowaniu ( $0,2 \text{ A}\cdot\text{g}^{-1}$ ; 1V) oraz elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej ( $100 \text{ kHz} \div 10 \text{ mHz}$ ).

#### **Przykład III**

W kolbie okrągłodennej umieszczono 0,22 mola azotanu(V) potasu oraz 0,78 mola acetamidu. Układ reagentów podgrzano do temperatury  $100^\circ\text{C}$  i mieszano do momentu ustalenia się jednorodnej mieszaniny, zwanej elektrolitem. Elektrody kondensatora elektrochemicznego wykonane z tkaniny węglowej o powierzchni właściwej  $1840 \text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$  (powierzchnia pojedynczej elektrody –  $0,785 \text{ cm}^2$ ) rozdzielono przy pomocy separatora. Tak złożony układ umieszczono w naczyniu 2-elektrodowym, a następnie nasączono roztworem elektrolitu. Tak skonstruowany układ ogrzano do temperatury  $75^\circ\text{C}$  i poddano badaniom elektrochemicznym: woltamperometrii cyklicznej ( $1 \text{ mV}\cdot\text{s}^{-1}$ ; 1,8 V), galwanostatycznemu ładowaniu/wyładowaniu ( $0,2 \text{ A}\cdot\text{g}^{-1}$ ; 1,8 V) oraz elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej ( $100 \text{ kHz} \div 10 \text{ mHz}$ ).

#### **Przykład IV**

W kolbie okrągłodennej umieszczono 0,22 mola azotanu(V) litu oraz 0,78 mola acetamidu. Układ reagentów podgrzano do temperatury  $100^\circ\text{C}$  i mieszano do momentu ustalenia się jednorodnej mieszaniny, zwanej elektrolitem. Elektrody kondensatora elektrochemicznego wykonane z tkaniny węglowej o powierzchni właściwej  $1840 \text{ m}^2\cdot\text{g}^{-1}$  (powierzchnia pojedynczej elektrody –  $0,785 \text{ cm}^2$ ) rozdzielono przy

pomocy separatora. Tak złożony układ umieszczono w naczyniu 2-elektrodowym, a następnie nasączono roztworem elektrolitu. Tak skonstruowany układ ogrzano do temperatury 100 $\text{°C}$  i poddano badaniom elektrochemicznym: woltamperometrii cyklicznej (1  $\text{mV}\cdot\text{s}^{-1}$ ; 1,4 V), galwanostatycznemu ładowaniu/wyładowaniu (0,2  $\text{A}\cdot\text{g}^{-1}$ ; 1,4 V) oraz elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej (100 kHz  $\div$  10 mHz).

#### Przykład V

W kolbie okrągłodennej umieszczono 0,22 mola azotan(V) sodu oraz 0,78 mola acetamidu. Układ reagentów podgrzano do temperatury 100 $\text{°C}$  i mieszano do momentu ustalenia się jednorodnej mieszaniny, zwanej elektrolitem. Elektrody kondensatora elektrochemicznego wykonane z tkaniny węglowej o powierzchni właściwej 1840  $\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$  (powierzchnia pojedynczej elektrody – 0,785  $\text{cm}^2$ ) rozdzielono przy pomocy separatora. Tak złożony układ umieszczono w naczyniu 2-elektrodowym, a następnie nasączono roztworem elektrolitu.

Tak skonstruowany układ ogrzano do temperatury 125 $\text{°C}$  i poddano badaniom elektrochemicznym: woltamperometrii cyklicznej (1  $\text{mV}\cdot\text{s}^{-1}$ ; 2,2 V), galwanostatycznemu ładowaniu/wyładowaniu (0,2  $\text{A}\cdot\text{g}^{-1}$ ; 2,2 V) oraz elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej (100 kHz  $\div$  10 mHz).

#### Przykład VI

W kolbie okrągłodennej umieszczono 0,22 mola azotan(V) potasu oraz 0,78 mola acetamidu. Układ reagentów podgrzano do temperatury 100 $\text{°C}$  i mieszano do momentu ustalenia się jednorodnej mieszaniny, zwanej elektrolitem. Elektrody kondensatora elektrochemicznego wykonane z tkaniny węglowej o powierzchni właściwej 1840  $\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$  (powierzchnia pojedynczej elektrody – 0,785  $\text{cm}^2$ ) rozdzielono przy pomocy separatora. Tak złożony układ umieszczono w naczyniu 2-elektrodowym a następnie nasączono roztworem elektrolitu.

Tak skonstruowany układ ogrzano do temperatury 150 $\text{°C}$  i poddano badaniom elektrochemicznym: woltamperometrii cyklicznej (1  $\text{mV}\cdot\text{s}^{-1}$ ; 2,6 V), galwanostatycznemu ładowaniu/wyładowaniu (0,2  $\text{A}\cdot\text{g}^{-1}$ ; 2,6 V) oraz elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej (100 kHz  $\div$  10 mHz).

#### Przykład VII

W kolbie okrągłodennej umieszczono 0,22 mola azotan(V) litu oraz 0,78 mola acetamidu. Układ reagentów podgrzano do temperatury 100 $\text{°C}$  i mieszano do momentu ustalenia się jednorodnej mieszaniny, zwanej elektrolitem. Elektrody kondensatora elektrochemicznego wykonane z tkaniny węglowej o powierzchni właściwej 1840  $\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$  (powierzchnia pojedynczej elektrody – 0,785  $\text{cm}^2$ ) rozdzielono przy pomocy separatora. Tak złożony układ umieszczono w naczyniu 2-elektrodowym, a następnie nasączono roztworem elektrolitu.

Tak skonstruowany układ ogrzano do temperatury 100 $\text{°C}$  i poddano badaniom elektrochemicznym: woltamperometrii cyklicznej (1  $\text{mV}\cdot\text{s}^{-1}$ ; 3,0 V), galwanostatycznemu ładowaniu/wyładowaniu (0,2  $\text{A}\cdot\text{g}^{-1}$ ; 3,0 V) oraz elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej (100 kHz  $\div$  10 mHz).

#### Przykład VIII

W kolbie miarowej sporządzono 5 M roztwór  $\text{LiNO}_3$ . Elektrody kondensatora elektrochemicznego wykonane z tkaniny węglowej powierzchni właściwej 1840  $\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$  (powierzchnia pojedynczej elektrody – 0,785  $\text{cm}^2$ ) rozdzielono przy pomocy separatora. Tak złożony układ umieszczono w naczyniu 2-elektrodowym, a następnie nasączono roztworem elektrolitu.

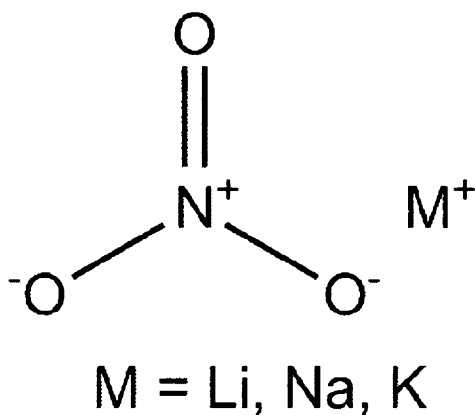
Tak skonstruowany układ ogrzano do temperatury 100 $\text{°C}$  i poddano badaniom elektrochemicznym: woltamperometrii cyklicznej (1  $\text{mV}\cdot\text{s}^{-1}$ ; 1,4 V), galwanostatycznemu ładowaniu/wyładowaniu (0,2  $\text{A}\cdot\text{g}^{-1}$ ; 1,4 V) oraz elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej (100 kHz  $\div$  10 mHz).

### Zastrzeżenia patentowe

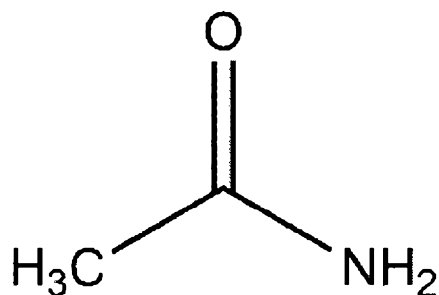
1. Wysokotemperaturowy kondensator elektrochemiczny posiadający elektrody wykonane z tego samego materiału węglowego o silnie rozwiniętej powierzchni właściwej, powyżej 1000  $\text{m}^2\cdot\text{g}^{-1}$ , oddzielone od siebie separatorem i usytuowane w elektrolicie **znamienny tym**, że elektrolit stanowi głęboko eutektyczna mieszanina soli azotanów(V) o wzorze 1 oraz acetamidu o wzorze 2.
2. Wysokotemperaturowy kondensator elektrochemiczny według zastrz. 1 **znamienny tym**, że elektrolit stanowi azotan(V) litu ( $\text{LiNO}_3$ ) : acetamid ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}$ ) w stosunku molowym 22:78.

3. Wysokotemperaturowy kondensator elektrochemiczny według zastrz. 1 **znamienny tym**, że elektrolit stanowi azotan(V) sodu ( $\text{NaNO}_3$ ) : acetamid ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}$ ) w stosunku molowym 15,4:84,6.
4. Wysokotemperaturowy kondensator elektrochemiczny według zastrz. 1 **znamienny tym**, że elektrolit stanowi azotan(V) potasu ( $\text{KNO}_3$ ) : acetamid ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}$ ) – w stosunku molowy 6,8:93,2.

### Rysunki



Wzór 1



Wzór 2

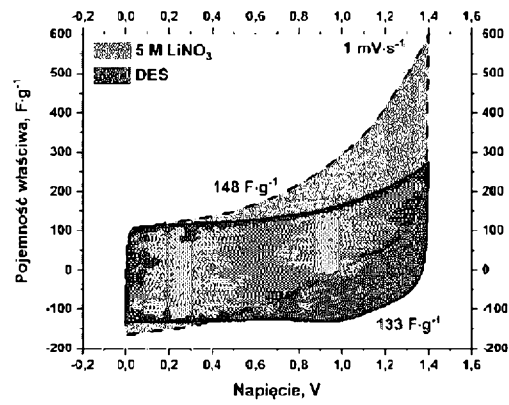


fig.3

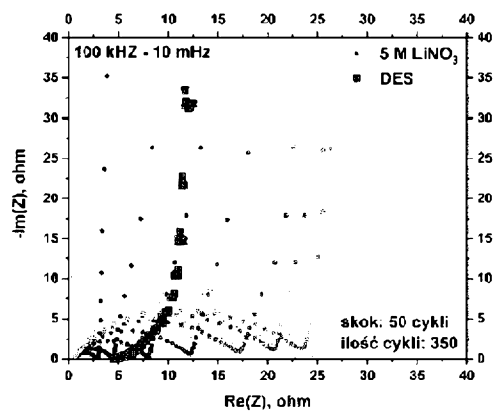


fig. 4

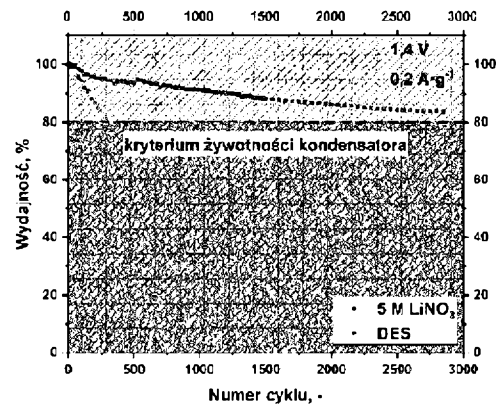


fig. 5

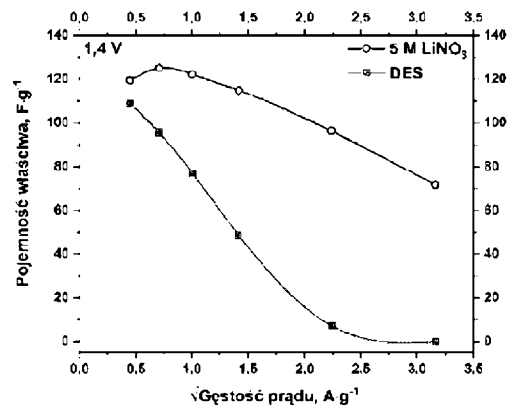


fig. 6

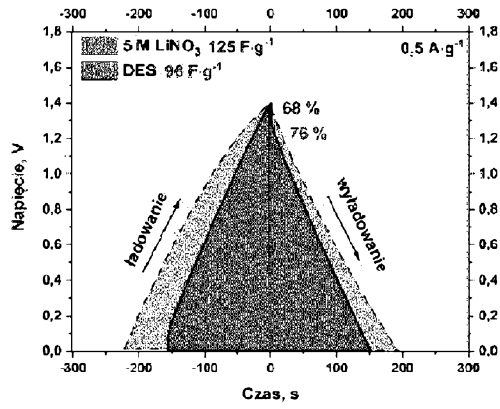


fig. 7

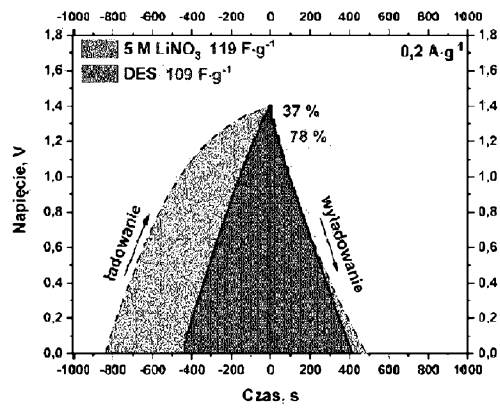


fig. 8