

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **238999**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **427166**

(22) Data zgłoszenia: **24.09.2018**

(51) Int.Cl.

**H01G 11/54 (2013.01)**

**H01G 9/022 (2006.01)**

**H01G 9/035 (2006.01)**

(54)

**Kondensator elektrochemiczny**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**06.04.2020 BUP 08/20**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**25.10.2021 WUP 30/21**

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA POZNAŃSKA, Poznań, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**GRZEGORZ LOTA, Poznań, PL**

**MAŁGORZATA GRAŚ, Kórnik, PL**

**AGNIESZKA GABRYELCZYK, Wronki, PL**

**JULIUSZ PERNAK, Poznań, PL**

**ANNA TURGUŁA, Poznań, PL**

**PL 238999 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest kondensator elektrochemiczny pracujący w modyfikowanym elektrolicie bezwodnym.

Kondensatory elektrochemiczne, zwane również kondensatorami podwójnej warstwy elektrycznej (EDLC) są urządzeniami zdolnymi do magazynowania energii. Właściwości takich urządzeń związane są z skumulowaniem ładunku w podwójnej warstwie elektrycznej materiału węglowego o rozwiniętej powierzchni właściwej. Im bardziej rozwinięta i dostępna dla jonów powierzchnia elektrody, tym większy zgromadzony ładunek, a więc i pojemność (E. Frackowiak, Phys. Chem. Chem. Phys. 9, 2007: 1774–1785). Kondensator elektrochemiczny zbudowany jest z dwóch elektrod oddzielonych od siebie separatorem, zanurzonych w roztworze elektrolitu.

Ilość zakumulowanej energii w kondensatorze elektrochemicznym jest proporcjonalna do pojemności oraz kwadratu napięcia (zgodnie ze wzorem 1):

$$E = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2 \quad (1)$$

Elektrolity wodne ograniczają wartość napięcia pracy układu do maksymalnie 1,23 V. Powyżej tej wartości dochodzi do wydzielania wodoru i tlenu na elektrodach, co znacznie ogranicza trwałość cykliczną układu, a także może spowodować eksplozję kondensatora. Wykorzystanie elektrolitów organicznych lub w postaci cieczy jonowych rozpuszczonych w rozpuszczalniku organicznym, wykazujących wyższą stabilność w szerszym zakresie potencjałowym, w porównaniu do elektrolitów wodnych jest więc uzasadnione. W zależności od budowy cieczy jonowej (typu anionu i kationu) można uzyskać napięcie pracy układu powyżej 3,0 V. W literaturze można znaleźć wiele takich rozwiązań, np. C. Zhong, Y. Deng, W. Hu, J. Qiao, L. Zhang, J. Zhang, Chem. Soc. Rev. 44, 2015: 7484–7539, E. Frackowiak, G. Lota, J. Pernak, Appl. Phys. Lett. 86, 2005: 164104 czy M. Galiński, A. Lewandowski, I. Stępiak, Electrochim. Acta. 51, 2006: 5567–5580.

Ciecze jonowe stanowią nową grupę związków organicznych o budowie jonowej, których temperatura topnienia w warunkach normalnych nie przekracza temperatury wrzenia czystej wody. Publikacje naukowe wypunktowują ich szczególne właściwości takie jak niska prężność par, znakomita stabilność termiczna oraz elektrochemiczna, a także stosunkowo wysokie przewodnictwo w porównaniu do innych substancji organicznych (A.B. McEwen, H.L. Ngo, K. LeCompte, J.L. Goldman, J. Electrochem. Soc. 146, 1999: 1687–1695). Możliwość projektowania właściwości cieczy jonowych sprawia, że znajdują one zastosowanie w wielu różnych gałęziach chemii i technologii chemicznej, począwszy od syntezy organicznej i katalizy, przez środki ochrony roślin, na chemicznych źródłach prądu skończywszy (T. Watkins, A. Kumar, D.A. Buttry, J. Am. Chem. Soc. 138, 2016: 641–650). Monoalkilowe pochodne 1,4-diazabicyklo[2.2.2] (DABCO) o wzorze wskazanym na fig. 1, mogą zostać wykorzystane w syntezie jako kationy cieczy jonowych, wykazujących działanie bakterio- i grzybobójcze oraz spełniające zasady „zielonej chemii” (A.K. Ressmann, M. Schneider, P. Gaertner, M. Weil, K. Bica, Monatsh. Chem., 148, 2017: 139–148).

Według najlepszej wiedzy twórców ciecze jonowe o takim kationie nie zostały wykorzystane wcześniej w technologiach magazynowania energii, zwłaszcza jako elektrolit w kondensatorze elektrochemicznym.

Istotą wynalazku jest kondensator elektrochemiczny wykorzystujący elektrody z materiału węglowego o rozwiniętej powierzchni właściwej 10–3000 m<sup>2</sup>/g, pracujący w modyfikowanym elektrolicie bezwodnym, charakteryzujący się tym, że elektrolitem jest roztwór cieczy jonowej zawierającej kation monoalkilowej pochodnej 1,4-diazabicyklo[2.2.2]oktanu (DABCO) oraz anion bis(trifluorometylosulfonylo)imidku (TFSI<sup>-</sup>), rozpuszczonej w bezwodnym rozpuszczalniku organicznym w ilości do 70%, co najmniej 20%.

Korzystnym jest, gdy materiałem węglowym jest węgiel aktywny albo warstwy grafenowe i poligrafenowe albo nanorurki węglowe albo nanostrukturalny węgiel amorficzny.

Dzięki zastosowaniu powyższego rozwiązania uzyskano następujące efekty techniczno-użytkowe:

- napięcie pracy równe 2,5 V;
- gęstość energii ok. 28 Wh/kg;

- wysoka wydajność elektryczna oraz praca cykliczna;
- możliwość obciążania dużymi gęstościami prądu (rzędu 20 A/g).

#### P R Z Y K Ł A D 1

Elektrody kondensatora elektrochemicznego w kształcie tabletek o masie 10 mg i powierzchni geometrycznej 1,13 cm<sup>2</sup> składają się w 85% wag. z węgla aktywnego, 10% wag. materiału wiążącego i w 5% wag. sadzy acetylenowej. Tak wytworzone elektrody przeniesiono do komory rękawicowej, by nasączyć je elektrolitem, tzn. bezwodnym roztworem cieczy jonowej, a następnie umieścić je w naczyniu elektrochemicznym. Elektrolit stanowiła ciecz jonowa zawierająca kation mono-alkilowej pochodnej 1,4-diazabicyklo[2.2.2]oktanu (DABCO) oraz anion bis(trifluorometylosulfonylo)imidku (TFSI<sup>-</sup>) rozpuszczona w bezwodnym rozpuszczalniku organicznym.

Badania elektrochemiczne prowadzi się w dwuelektrodowym naczyniu elektrochemicznym. Parametry pracy kondensatora wyznacza się za pomocą następujących technik badawczych: woltamperometrii cyklicznej (1–50 mV/s) oraz galwanostatycznego ładowania/wyładowania (200 mA/g – 20 A/g). Uzyskane wartości pojemności w [F/g] dla kondensatorów wykorzystujących modyfikowany elektrolit bezwodny o stężeniu 10% zamieszczono w tabeli 1 (10% [D14][TFSI]+AN).

#### P R Z Y K Ł A D 2

Elektrody kondensatora elektrochemicznego w kształcie tabletek o masie 10 mg i powierzchni geometrycznej 1,13 cm<sup>2</sup> składają się w 85% wag. z węgla aktywnego, 10% wag. materiału wiążącego i w 5% wag. sadzy acetylenowej. Tak wytworzone elektrody przeniesiono do komory rękawicowej, by nasączyć je elektrolitem, tzn. bezwodnym roztworem cieczy jonowej, a następnie umieścić je w naczyniu elektrochemicznym. Elektrolit stanowiła ciecz jonowa zawierająca kation mono-alkilowej pochodnej 1,4-diazabicyklo[2.2.2]oktanu (DABCO) oraz anion bis(trifluorometylosulfonylo)imidku (TFSI<sup>-</sup>) rozpuszczona w bezwodnym rozpuszczalniku organicznym.

Badania elektrochemiczne prowadzi się w dwuelektrodowym naczyniu elektrochemicznym. Parametry pracy kondensatora wyznacza się za pomocą następujących technik badawczych: woltamperometrii cyklicznej (1–50 mV/s) oraz galwanostatycznego ładowania/wyładowania (200 mA/g – 20 A/g). Uzyskane wartości pojemności w [F/g] dla kondensatorów wykorzystujących modyfikowany elektrolit bezwodny o stężeniu 20% zamieszczono w tabeli 1 (20% [D14](TFSI)+AN).

#### P R Z Y K Ł A D 3

Elektrody kondensatora elektrochemicznego w kształcie tabletek o masie 10 mg i powierzchni geometrycznej 1,13 cm<sup>2</sup> składają się w 85% wag. z węgla aktywnego, 10% wag. materiału wiążącego i w 5% wag. sadzy acetylenowej. Tak wytworzone elektrody przeniesiono do komory rękawicowej, by nasączyć je elektrolitem, tzn. bezwodnym roztworem cieczy jonowej, a następnie umieścić je w naczyniu elektrochemicznym. Elektrolit stanowiła ciecz jonowa zawierająca kation mono-alkilowej pochodnej 1,4-diazabicyklo[2.2.2]oktanu (DABCO) oraz anion bis(trifluorometylosulfonylo)imidku (TFSI<sup>-</sup>) rozpuszczona w bezwodnym rozpuszczalniku organicznym.

Badania elektrochemiczne prowadzi się w dwuelektrodowym naczyniu elektrochemicznym. Parametry pracy kondensatora wyznacza się za pomocą następujących technik badawczych: woltamperometrii cyklicznej (1–50 mV/s) oraz galwanostatycznego ładowania/wyładowania (200 mA/g – 20 A/g). Uzyskane wartości pojemności w [F/g] dla kondensatorów wykorzystujących modyfikowany elektrolit bezwodny o stężeniu 50% zamieszczono w tabeli I (50% [D14][TFSI]+AN).

TABELA I

Zestawienie wartości uzyskanych pojemności dla węgla aktywnego o powierzchni rzeczywistej 2364 m<sup>2</sup>/g w modyfikowanym elektrolicie bezwodnym.

	10% [D14][TFSI]+AN	20% [D14][TFSI]+AN	50% [D14][TFSI]+AN
<b>Woltamperometria cykliczna</b>			
<b>1 mV/s</b>	145	145	136
<b>10 mV/s</b>	105	107	101
<b>50 mV/s</b>	79	93	72
<b>Galwanostatyczne ładowanie i wyładowanie</b>			
<b>200 mA/g</b>	121	123	115
<b>1 A/g</b>	101	104	97
<b>10 A/g</b>	39	79	-

### Zastrzeżenia patentowe

1. Kondensator elektrochemiczny wykorzystujący elektrody z materiału węglowego o rozwiniętej powierzchni właściwej 10–3000 m<sup>2</sup>/g, pracujący w modyfikowanym elektrolicie bezwodnym, **znamienny tym**, że elektrolitem jest roztwór cieczy jonowej zawierającej kation mono-alkilowej pochodnej 1,4-diazabicyklo[2.2.2]oktanu (DABCO) oraz anion bis(trifluorometylosulfonylo)imidku (TFSI), rozpuszczonej w bezwodnym rozpuszczalniku organicznym w ilości do 70%, korzystnie 20%.
2. Kondensator elektrochemiczny wg zastrz. 1, **znamienny tym**, że materiałem węglowym jest węgiel aktywny albo warstwy grafenowe i poligrafenowe albo nanorurki węglowe albo nanostrukturalny węgiel amorficzny.

## Rysunek

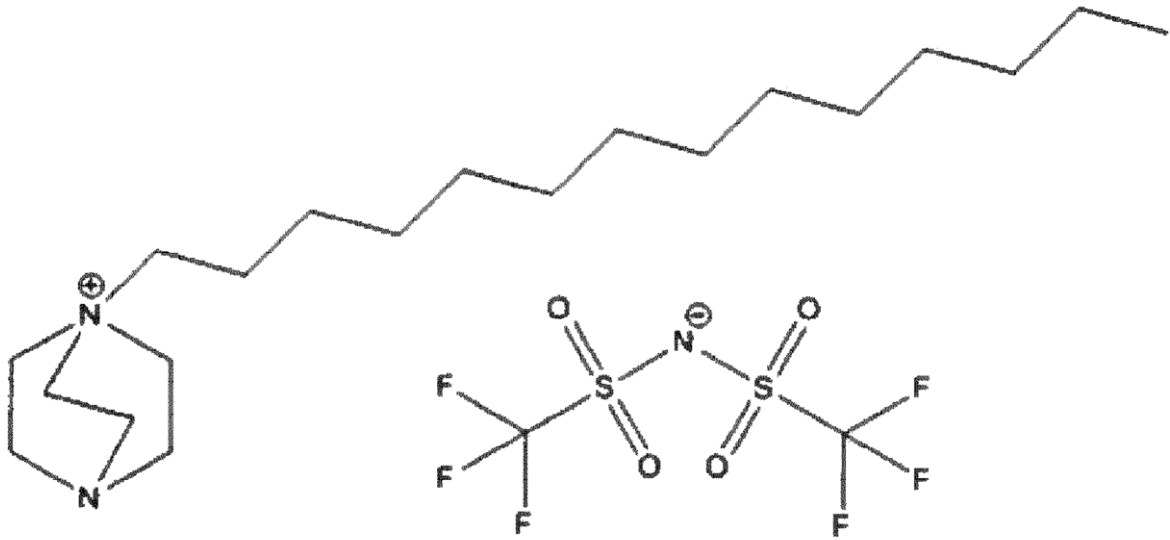


Fig. 1.