(19) URZĄD PATENTOWY RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

(10) **PL 439841 A1**

(12) # Opis zgłoszeniowy wynalazku

(z daty zgłoszenia)

(21) Numer zgłoszenia: **439841**
(22) Data zgłoszenia: **2021.12.14**
(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.06.19 BUP 25/2023**

(51) MKP:
H01M 10/056 *(2010.01)*
H01M 10/054 *(2010.01)*

(71) Zgłaszający:
INSTYTUT KATALIZY I FIZYKOCHEMII POWIERZCHNI IM. JERZEGO HABERA POLSKIEJ AKADEMII NAUK, Kraków, PL
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE, Kraków, PL

(72) Twórca(-y):
MACIEJ GUZIK, Kraków, PL
MICHAŁ MOSIAŁEK, Kraków, PL
PAWEŁ PASIERB, Zabierzów, PL
MAGDALENA MĄCZKA, Kraków, PL

(74) Pełnomocnik:
Andrzej Witek, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

Ogniwo glinowo-jonowe do magazynowania energii elektrycznej

(57) Skrót opisu:

Przedmiotem zgłoszenia jest ogniwo glinowo-jonowe do magazynowania energii elektrycznej na drodze elektrochemicznej, które charakteryzuje się tym, że zastosowanym w nim elektrolitem jest roztwór soli nieorganicznej glinu, korzystnie chlorku glinu, w rozpuszczalniku głęboko eutektycznym (DES), korzystnie w elektrolicie DES z chlorkiem choliny i kwasami tłuszczowymi, korzystnie pochodzenia mikrobiologicznego z polihydroksyalkanianów, korzystnie tych otrzymanych z fermentacji kwasów tłuszczowych z oleju roślinnego, zwłaszcza rzepakowego.

PL 439841 A1

Ogniwo glinowo-jonowe do magazynowania energii elektrycznej

Przedmiotem wynalazku jest ogniwo glinowo-jonowe do magazynowania energii elektrycznej na drodze elektrochemicznej, z elektrolitem bezwodnym zawierającym trójchlorek glinu, pracujące w temperaturze pokojowej.

Ogniwa glinowo-jonowe są potencjalnie jednym z korzystnych rozwiązań problemu magazynowania energii elektrycznej. Zaletą ogniw glinowo-jonowych, w porównaniu do aktualnie stosowanych rozwiązań komercyjnych (ogniwa litowo-jonowe) jest ich niższa toksyczność, możliwość uzyskania teoretycznie wyższych gęstości energii, niższy koszt wytworzenia ze względu na powszechność występowania glinu oraz możliwość pełnej utylizacji po zakończeniu użytkowania.

Uzyskanie komercyjnych ogniw glinowych wymaga opracowania szeregu materiałów o zadanych właściwościach, w tym materiałów elektrodowych oraz elektrolitów posiadających zdolność przewodzenia prądu elektrycznego jonami glinu.

Użycie w ogniwach glinowo-jonowych elektrolitów na bazie organicznych cieczy głęboko eutektycznych (z ang. Deep eutectic solvents, DES) jest jednym z możliwych rozwiązań, co zaproponowano w ramach niniejszego wynalazku.

Rozpuszczalniki głęboko eutektyczne (DES) to układy dwuskładnikowe powstałe w wyniku zmieszania akceptora wiązań wodorowych (HBA), najczęściej czwartorzędowej soli amoniowej (np. chlorku choliny) z solą metalu lub donorem wiązań wodorowych (HBD), w tym m.in. alkoholi, amidów czy kwasów karboksylowych. Kluczową właściwością tych układów jest znaczne obniżenie temperatury topnienia, w porównaniu z temperaturami topnienia czystych składników, dzięki czemu DES w temperaturze niższej niż 100°C, nawet w temperaturze pokojowej, występują w postaci ciekłej [2]. Wyróżnia się podgrupę DES tzw. Natural Deep Eutectic Solvents (NADES), jako dwu- lub trójskładnikowe mieszaniny, złożone z polarnych metabolitów pierwotnych pochodzenia naturlanego, tj. chlorku choliny, kwasów naturalnych, aminokwasów, mono- i disacharydów [3]. Donorem wiązań wodorowych z powodzeniem mogą być również monomery – (*R*)-3-hydroksykwasy – pochodzące z bakteryjnych polimerów polihydroksyalkanianów (PHA).

Przykładem mogą być DES otrzymane z trójskładnikowych układów z wykorzystaniem mieszaniny kwasów (*R*)-3-hydroksynonanowego i (*R*)-3-hydroksyheptanowego pochodzących z PHA oraz chlorku choliny [4], czy bardziej skomplikowane układy zawierające mieszaniny kwasów 3-hydrokyskarboksylowych od 6 do 12 węgli w łańcuchu monomeru w połączeniu z chlorkiem choliny [1].

DES znalazły zastosowanie głównie w syntezie polimerów [5], katalizie enzymatycznej [6], w ekstrakcji związków bioaktywnych z biomasy [4] a także procesach elektrochemicznych [2]. Opisane istnieją w literaturze zastosowania DES jako elektrolitów w konstrukcji ogniw. Zgłoszenie patentowe WO2020056514A1 [7] opisuje konstrukcje baterii aluminiowo-jonowych z elektrolitem zawierającym trójchlorek glinu ($AlCl_3$)/rozpuszczalnik eutektyczny na bazie amidu, metalicznym glinem jako anodą, oraz kompatybilnym materiałem katody, np. materiałem grafitowym (pierwotny grafit pirolityczny/grafit naturalny, przetworzony grafit pirolityczny/grafit naturalny), tlenkiem lub związkiem zawierającym siarczek.

Inne rozwiązanie zostało zaprezentowane w [8]. Autorzy skonstruowali baterię glinowo-żelazową z zastosowaniem DES opartych na solach chlorkowych wymienionych metali i ich odpowiednich mieszanin eutektycznych z glikolem etylenowym oraz mocznikiem. Używając katolitu Fe(210) o stężeniu 5 M, bateria Fe-Al zapewnia wysoką gęstość energii około 166 Wh/L przy średnim napięciu roboczym 1.41 V. Ponadto, poprzez dysocjację kompleksów żelaza w Fe(126) DES, bateria Fe-Al osiąga pełne naładowanie i rozładowanie w ciągu 60 cykli bez degradacji.

Użycie DES w konstrukcji baterii zostało opisane również w [9] przy konstrukcji baterii powietrznej z zastosowaniem układu Al-DES. Wytworzono stałą baterię aluminiowo-powietrzną z elektrolitem składającym się z $AlCl_3$, mocznika, karboksymetylocelulozy i gliceryny. Bateria wykazywała stabilne reakcje elektrochemiczne. Kiedy TiN został użyty jako materiał katody powietrznej, typowe produkty uboczne baterii aluminium-powietrze, takie jak $Al(OH)_3$ i Al_2O_3 nie były obserwowane, nawet kiedy jako elektrolit zastosowano głęboko-eutektyczny rozpuszczalnik.

Inne znane z opisów patentowych zastosowania cieczy jonowych w urządzeniach elektrochemicznych obejmują ich zastosowanie w kondensatorach elektrochemicznych (polskie patenty nr 237466, nr 237457, zgłoszenie patentowe P.423566), jako dodatek do cieczy jonowej w akumulatorach kwasowo-ołowiowych (nr zgłoszenia patentowego P.417298), składu cieczy jonowych do różnych zastosowań (polski patent nr 231581), mieszanin rozpuszczalników do zastosowań przemysłowych, zwłaszcza w ogniwach galwanicznych oraz do wytwarzania elektrolitów do ogniw galwanicznych (polskie patenty nr 232679 i nr 213532). Ponadto opisy patentowe ujawniają zastosowanie cieczy jonowych do konstrukcji kondensatorów elektrochemicznych (polskie zgłoszenie patentowe P.427166, patent nr 221355), konstrukcji hybrydowych elementów optoelektronicznych wykazujących efekt pamięci (polski patent nr 222843) czy też sposobów ich oznaczania (polski patent nr 213461).

W fazie badań są także inne typy akumulatorów i ogniw glino-jonowych:

1. glinowo-powietrzne
2. glinowo-siarkowe (selenowe, tellurowe)
3. podwójne jonowe w których utlenianiu i redukcji podlegają 2 różne jony.
4. ogniwa w których na anodzie zachodzi odwracalny proces: utlenianie/redukcja:

   $Al = Al^{+3} + 3e^-$

   podczas gdy na katodzie zachodzi interkalacja/deinterkalacja kompleksu $AlCl_4^-$. tego rodzaju ogniwa są omówione w dalszej części wniosku.

Ze względu na rodzaj elektrolitu ogniwa glinowo-jonowe dzieli się następująco:

A) <u>Z elektrolitami w postaci roztworów wodnych</u>:

Elektrolity: roztwory wodne $AlCl_3$, $Al(NO_3)_3$ $Al_2(SO_4)_3$ [10]; $Al(CF_3SO_3)_3/H_2O$ [11]

Katody: $VOPO_4 \cdot 2H_2O$ [10]; tlenochlorek bizmutu BiOCl [12]

Anody: folia aluminiowa [10]

B) Z elektrolitami o wysokich temperaturach topnienia pracujące znacznie powyżej temperatury pokojowej. Jako elektrolity stosowano: stopione mieszaniny chlorku glinu i chlorku alkalicznego [13–17] na przykład NaCl + $AlCl_3$; $Na_3V_2(PO_4)_3$ [18] i $(Al_{0.2}Zr_{0.8})_{20/19}Nb(PO_4)_3$ [19] o strukturze nasiconu.

C) Z elektrolitami w postaci ciała stałego żelu lub polimeru, na przykład: poliakrylamid-$AlCl_3$ [20]; Usieciowany kopolimer politetrahydrofuranu o niskiej masie cząsteczkowej i cykloalifatycznego epoksydu, nasycony jonami glinu poprzez zanurzenie w roztworze azotanu glinu w THF [21]; elektrolit polimerowo-żelowy poliakrylonitryl, EMIMCl i AlCl3 [22]; tlenek polietylenu zmieszany z $AlCl_3$ i mocznikiem [23]; Et3NHCl-based gel-polymer electrolyte [24]; żelatyna/poliakrylamid hydrożel [25]; ogniwa z dwoma stykającymi się elektrolitami, z kwasowym - membrana PVA jako anolit i hydrożel solankowy jako katolit bez separatora [26]; Żel agarozowy [27]

D) Z elektrolitami bezwodnymi pracujące w temperaturze pokojowej.

W tego typu ogniwach do tej pory stosowane są (były proponowane) jako elektrolity: roztwory chlorku glinu w cieczach jonowych o ogólnym wzorze M^+X^-, gdzie X^- jest anionem: Cl^-, Br^-, J^- lub anionem organicznym bis(trifluorometanosulfonylo)imid lub trifluorometanosulfonian. Spośród anionów najlepszymi parametrami charakteryzują się ogniwa z Cl^- jako anionem [28]. natomiast M jest to imidazol lub pirolidyna lub ich pochodne: 1-butyl-3-metylo-imidazol (BMIM) lub 1-etylo-3-metylo-imidazol (EMIM); chlorowodorek trietyloaminy (Et3NHCl) z $AlCl_3$ [29]; 1-(2-methoxyethyl)-3-methylimidazolium [30]; ciecze jonowe 1-butylo-1-metylopirolidynium bis(trifluorometanosulfonylo)imid ([BMP][Tf_2N]) i 1-etylo-3-metyloimidazol bis(trifluorometanosulfonylo)-imid ([EMIM][Tf_2N]) [31–33]; Chlorek AlCl3-1-metylo-1-propylopirolidyniowy [34]; aluminum trifluoromethanesulfonate ($Al[TfO]_3$) rozpuszczony w eterze dimetylowym glikolu dietylenowego [35]; trójskładnikowa mieszanina zawierająca trifluorometanosulfonian glinu ($Al[TfO]_3$), N-metyloacetamid (NMA) i mocznik [36]; mocznik i $AlCl_3$ [37]; mocznik, $AlCl_3$ i mediator redox: LiBr, NaBr, LiI, NaI, LiI lub NaI) [38]; elektrolity na bazie sulfonu np. trójskładnikowy $AlCl_3$, sulfon etyleno-propylowy (EnPS) i toluen; mieszanina acetamidu i chlorku glinu [39]; chlorowodorek imidazolu i $AlCl_3$ [40]; Chlorek benzylotrietyloamoniowy

+$AlCl_3$ [41]; $AlCl_3$/kaprolaktam (CPL) i $AlCl_3$/mocznik/CPL [41]; 1-trifluoroacetyl piperydyna [42]; propionamid- $AlCl_3$, butyramid- $AlCl_3$ [43]; etylopirydyna-$AlCl_3$ [44]; Dipropylosulfon-toluen [45]; Elektrolit trójskładnikowy: $AlCl_3$, mocznik, i chlorek 1-etylo-3-metyloimidazoliowy [46]; $I(CF_3SO_3)_3$ i trifluorometanosulfonian 1-butylo-3-metyloimidazolu [47]; $Al(CF_3SO_3)_3$-Diglyme [48]; $Al(CF_3SO_3)_3$, N-metyloacetamid i mocznik [49]; [Al(1-butylimidazol)$_6$][TFSI]$_3$ [50]; Al(TFSI)$_3$/Acetonitryl [51].

Stosowane materiały katodowe pozwalają odwracalnie interkalować i deinterkalować trójwartościowy jon Al^{3+}. Stosowano jako katody: grafit [52] i ogólnie materiały na bazie węgla; fluorowany grafit [53]; 3D-grafen [54]; nanografit, nanowstążki grafenowe na wysoce porowatym 3DGF, grafen i Ni_3S_2@grafen [55–58]; papier grafitowy [59]; grafenowa katoda aerożelowa [29], kompozyt grafit z węglem amorficznym [60]; litowany grafit [61];V_2O_5 [62]; VO_2 [63]; tlenki mieszane o ogólnym wzorze $(Al_xM_{1-x})_2(M'O_4)_3$, gdzie M = $M_2^aM_3^bM_4^c$ M_2= Mg, Ca, Sr lub Ba, M_3= Sc, Y, Ga lub In, M_4= Zr lub Hf, M'= W lub Mo, $0 \leq a < 1$, $0 \leq b < 1$ c = a, $0 < x \leq 1$ i $(2a/(1-x))+(3b/(1-x))+(4c/((1)-x)) = 3$, [64]; CuO, P_2O_5, SnO_2, PbO_2, FeO, Fe_2O_3, CoO, Co_2O_3, NiO, AgO, CoF_2, CoF_3, FeF_2, FeF_3, CuF_2, MoF_2, SnF_4 oraz kompozyty siarki i FeS_2 lub NiS_2 [65]; spinel λ-Mn_2O_4 [66]; faza Chevrela Mo_6S_8 [67], przewodzące polimery takie jak polipirol, politiofen, polianilina i poli(p-fenylen) [68–73]; nanocząsteczki CoSe otoczone węglem [74]; kompozyty MO_x/C gdzie MO_x=WO_3, V_2O_5, ZnO [75]; FeS2@C/nanorurki węglowe [76]; roztwór stały MXene, węgiel dotowany azotem i $Ni_{0.6}Co_{0.4}S$ ($Ni_{0.6}Co_{0.4}S$@MXene@NC) [77]; MoS_2/Węgiel dotowany azotem [78]. Jako anodę stosowano: folia Al pokryta nanodrutami aluminiowymi [54]; przewodzący papier węglowy [59]; folia aluminiowa [29]; folia aluminiowa pokryta warstwą grafdyny [79]; Folia ze stopu aluminium [80]; 9,10- antrachinon [81].

Celem wynalazku jest uzyskanie ogniwa glinowo-jonowego z elektrolitem na bazie organicznej cieczy głęboko eutektycznej DES opartej na monomerach średnio łańcuchowego polihydroksyalkanianu mcl-PHA i chlorku choliny, jako medium do rozpuszczania trójchlorku glinu, przy czym w elektrolicie wykorzystywana jest mieszanina monomerów powstała z depolimeryzacji

polimeru mcl-PHA syntetyzowanego przez szczep *Pseudomonas putida* CA-3 wzrastającego w warunkach fermentorowych na kwasach tłuszczowych pochodzących z hydrolizy oleju roślinnego, zwłaszcza rzepakowego.

Tak powstały polimer mcl-PHA rozkładany jest do mieszaniny wolnych hydroksylowanych kwasów tłuszczowych: (*R*)-3-hydroksyheksanowego, (*R*)-3-hydroksyoktanowego, (*R*)-3-hydroksydekanowego, (*R*)-3-hydroksydodekanowego, (*R*)-3-hydroksydodekenowego i (*R*)-3-hydroksytetradekanowego w stosunku molowym odpowiednio (od 2 do 6) : (od 32 do 36) : (od 30 do 34) : (od 3 do 7) : (od 4 do 8) : (od 17 do 21) co zależne jest od procesu biotechnologicznej produkcji mcl-PHA. Mieszanina ta łączona jest w stosunku molowym 2:1 z chlorkiem choliny. Proces ten jaki i wybrane właściwości fizykochemiczne zostały opisane w [1].

Elektrolit powstaje poprzez rozpuszczenie $AlCl_3$ do uzyskania roztworu nasyconego w opisanym DES. Tak otrzymany rozpuszczalnik eutektyczny jest używany w ogniwie elektrycznym.

Ponadto w skład ogniwa wchodzi anoda wykonana z metalicznego glinu lub innego stopu zawierającego glin, katoda wykonana na podłożu z folii węglowej, w formie naniesionej warstwy materiału aktywnego - proszku WO_3. Elektrody oddzielone są od siebie przy użyciu separatora, np. Cellgard™ oraz znajdują się w kontakcie z użytym elektrolitem. Wszystko zamknięte jest w szczelnej obudowie.

Zgodnie z wynalazkiem, ogniwo glinowo-jonowe do magazynowania energii elektrycznej na drodze elektrochemicznej, z elektrolitem zawierającym trójchlorek glinu, charakteryzuje się tym, że zastosowanym w nim elektrolitem jest roztwór nasycony soli nieorganicznej glinu, korzystnie chlorku glinu, w rozpuszczalniku głęboko eutektycznym (DES), korzystnie w DES z chlorkiem choliny i kwasami tłuszczowymi, korzystnie pochodzenia mikrobiologicznego z polihydroksyalkanianów (mcl-PHA), korzystnie tych otrzymanych z fermentacji kwasów tłuszczowych z oleju roślinnego, zwłaszcza rzepakowego.

W elektrolicie zastosowanym w ogniwie stosunek molowy kwasów karboksylowych, korzystnie mieszaniny (*R*)-3-hydroksykwasów, do choliny mieści się w granicach 1-3 do 1, korzystnie 1 do 2.

W skład mieszaniny (*R*)-3-hydroksykwasów użytych w elektrolicie wchodzą otrzymane z depolimeryzacji polimeru mcl-PHA (*R*)-3-hydroksykwasy: (*R*)-3-hydroksyheksanowego, (*R*)-3-hydroksyoktanowego, (*R*)-3-hydroksydekanowego, (*R*)-3-hydroksydodekanowego, (*R*)-3-hydroksydodekenowego i (*R*)-3-hydroksytetradekanowego w stosunku molowym odpowiednio (od 2 do 6) : (od 32 do 36) : (od 30 do 34) : (od 3 do 7) : (od 4 do 8) : (od 17 do 21).

Ponadto ogniwo charakteryzuje się tym, że anoda wykonana jest z metalicznego glinu, a katoda z tlenku metalu MeO_x, korzystnie gdy Me = W, V, Mn, lub węgla lub kompozytu tlenek metalu – węgiel (MeO_x – C).

Wynalazek w pełni realizuje postawione zagadnienie techniczne. Zastosowany w nim elektrolit spełnia warunki stawiane elektrolitom stosowanym w ogniwach elektrochemicznych do magazynowania energii oraz posiada szereg dodatkowych zalet. Do najważniejszych z nich można zaliczyć aspekt ekologiczny. Na każdym etapie życia produktu – ogniwa i elektrolitu w nim zastosowanego: jego wytworzeniu, użytkowaniu jak i późniejszej utylizacji nie następuje obciążenie dla środowiska. Wynika to z faktu biodegradowalności użytych komponentów (DES) lub ich inertnego charakteru dla środowiska. Chlorek glinu pod wpływem wilgoci rozkłada się do uwodnionego tlenku glinu, który jest podstawowym składnikiem glinokrzemianów, jonu chlorkowego i jonu H_3O^+, powszechnie występujących w środowisku naturalnym.

Przedmiot wynalazku w przykładach realizacji przedstawiono poniżej.

Przykład 1

Przykładem rozwiązania jest ogniwo przedstawione schematycznie na załączonym rysunku na Fig.1. W skład ogniwa wchodzi anoda wykonana z metalicznego glinu lub innego stopu zawierającego glin, katoda wykonana na podłożu z folii węglowej, w formie naniesionej warstwy materiału aktywnego - proszku WO_3. Elektrody oddzielone są od siebie przy użyciu separatora, np. Celgard™ oraz znajdują się w kontakcie z użytym elektrolitem, którego skład i sposób otrzymania jest przedmiotem zastrzeżenia patentowego. Całość

umieszczona jest w szczelnej obudowie zapewniającej brak oddziaływania elektrolitu z czynnikami zewnętrznymi. Elektrolit stanowi roztwór kwasów mcl-PHA z rozpuszczonym chlorkiem choliny w proporcji molowej 2:1 (DES). W tak przygotowanej cieczy rozpuszczony jest chlorek glinu ($AlCl_3$) z utworzeniem roztworu nasyconego. Przewodność elektrochemiczna elektrolitu, zbadana za pomocą elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej wynosi 0,025 [S/m].

Fig. 2a na załączonym rysunku przedstawia przykładową krzywą rozładowania ogniwa przy prądzie rozładowania $I = 2 \cdot 10^{-5}$ [A/cm^2], przez czas rozładowania Δt = 3600 [sec], przy obserwowanym spadku napięcia równym około ΔV = 0,16 V. Ogniwo to pracuje w sposób odwracalny. Wyznaczona pojemność ogniwa wynosi 88,9 [F/g]. Pojemność ogniwa utrzymuje się na tym poziomie przez 10 cykli pracy.

Przykład 2

Przykładem rozwiązania jest ogniwo jak opisano w Przykładzie 1, z tą różnicą, że warstwą aktywną materiału katody jest warstwa węgla (np. Norit), zastosowano taki sam elektrolit jak w przykładzie 1.

Fig. 2d na załączonym rysunku przedstawia przykładową krzywą rozładowania ogniwa przy prądzie rozładowania $I = 4\times10^{-5}$ [A/cm2], przez czas rozładowania Δt = 500 [sec], przy obserwowanym spadku napięcia równym około ΔV = 0,15V. Ogniwo to pracuje w sposób odwracalny. Wyznaczona pojemność ogniwa wynosi 14,4 [F/g].

Przykład 3

Przykładem rozwiązania jest ogniwo jak w Przykładzie 1, w którym użyto ten sam, opisany w Przykładzie 1 elektrolit i tą samą anodę co Przykładzie 1, z tą różnicą, że warstwą aktywną materiału katody jest warstwa kompozytu WO_3-węgiel otrzymanego jak niżej:

WO_3 był otrzymany przez kalcynację $(NH_4)_{10}H_2(W_2O_7)_6 \cdot xH_2O$ w 500 °C.

Otrzymany proszek:

(i) zmieszano z mąką ziemniaczaną w stosunku 1:2, i poddano kalcynacji w 600 °C w atmosferze argonu przez 10 godzin;

(ii) wzbogacono o węgiel metodą chemicznego osadzania z fazy gazowej z użyciem metanu przez 5 minut w temperaturze 900 °C.

Fig. 2b i fig. 2c na załączonym rysunku przedstawiają przykładowe krzywe rozładowania ogniw przy czasach rozładowania odpowiednio Δt = 3600 [sec] oraz Δt = 1800 [sec] przy obserwowanych spadku napięcia równych odpowiednio około ΔV = 0,15V oraz ΔV = 0,06 V. Ogniwa te pracują w sposób odwracalny. Wyznaczona pojemność ogniw wynosi odpowiednio 6,4 [F/g] oraz 19,0 [F/g].

Literatura:

[1] L. Archer et al., "Physical properties of biomass-derived novel natural deep eutectic solvents based on choline chloride and (R)-3-hydroxyacids," J. Mol. Liq., vol. 315, p. 113680, 2020. https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.113680.

[2] E. L. Smith, A. P. Abbott, and K. S. Ryder, "Deep Eutectic Solvents (DESs) and Their Applications," Chem. Rev., vol. 114, no. 21, pp. 11060–11082, Nov. 2014. https://doi.org/10.1021/cr300162p.

[3] Y. H. Choi et al., "Are natural deep eutectic solvents the missing link in understanding cellular metabolism and physiology?," Plant Physiol., vol. 156, no. 4, pp. 1701–1705, Aug. 2011. https://doi.org/10.1104/pp.111.178426.

[4] K. Haraźna et al., "Polyhydroxyalkanoate-derived hydrogen-bond donors for the synthesis of new deep eutectic solvents," Green Chem., vol. 21, no. 11, pp. 3116–3126, Jun. 2019. https://doi.org/10.1039/c9gc00387h.

[5] J. D. Mota-Morales, R. J. Sánchez-Leija, A. Carranza, J. A. Pojman, F. del Monte, and G. Luna-Bárcenas, "Free-radical polymerizations of and in deep eutectic solvents: Green synthesis of functional materials," Prog. Polym. Sci., vol. 78, pp. 139–153, Mar. 2018. https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2017.09.005.

[6] H. Zhao, C. Zhang, and T. D. Crittle, "Choline-based deep eutectic solvents for enzymatic preparation of biodiesel from soybean oil," J. Mol. Catal. B Enzym., vol. 85–86, pp. 243–247, 2013. https://doi.org/10.1016/j.molcatb.2012.09.003.

[7] K. L. Ng, M. Malik, and G. Azimi, "Aluminum-ion battery using aluminum chloride/amide-based deep eutectic solvents," WO2020056514A1, 2019.

[8] L. Zhang, C. Zhang, Y. Ding, K. Ramirez-Meyers, and G. Yu, "A Low-Cost and High-Energy Hybrid Iron-Aluminum Liquid Battery Achieved by Deep Eutectic Solvents," Joule, vol. 1, no. 3, pp. 623–633, Nov. 2017. https://doi.org/10.1016/J.JOULE.2017.08.013.

[9] R. Mori, "All solid state rechargeable aluminum–air battery with deep eutectic solvent based electrolyte and suppression of byproducts formation," RSC Adv., vol. 9, no. 39, pp. 22220–22226, Jul. 2019. https://doi.org/10.1039/C9RA04567H.

[10] Q. Pang, S. Yang, X. Yu, W. He, S. Zhang, Y. Tian, M. Xing, Y. Fu, X. Luo, Realizing reversible storage of trivalent aluminum ions using VOPO4·2H2O nanosheets as cathode material in aqueous aluminum metal batteries, J. Alloys Compd. 885 (2021) 161008. https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.161008.

[11] Q. Zhao, M.J. Zachman, W.I. Al Sadat, J. Zheng, L.F. Kourkoutis, L. Archer, Solid
electrolyte interphases for high-energy aqueous aluminum electrochemical cells, Sci. Adv. 4 (2018), https://doi.org/10.1126/sciadv.aau8131 eaau8131.

[12] S. Nandi, S.K. Das, Exploring the electrochemical activity of bismuth oxychloride for rechargeable aqueous aluminium–metal battery and a method for enhanced performance, Bull. Mater. Sci. 44 (2021) 1–9. https://doi.org/10.1007/s12034-021-02530-2.

[13] C. R. Boston, J. W. Hastie, R. E. Hester, Advances in Molten Salt Chemistry, Springer US, Boston, MA, USA, 1971.

[14] L. Qingfeng, H. A. Hjuler, R. W. Berg, N. J. Bjerrum, Electrochemical deposition and dissolution of aluminum in $NaAlCl_4$ melts - influence of $MnCl_2$ and sulfide addition. J. Electrochem. Soc. 137 (1990) 2794–2798.

[15] N. Takami, N. Koura, anodic sulfidation of FeS electrode in a NaCl saturated $AlCl_3$-NaCl melt, Electrochim. Acta 33 (1988) 1137–1142. https://doi.org/10.1016/0013-4686(88)80205-6.

[16] R. Huglen, F. W. Poulsen, G. Mamantov, R. Marassi, G. M. Begun, Raman spectral studies of elemental sulfur in Al_2Cl_6 and chloroaluminate melts, Inorg. Nucl. Chem. Lett. 14 (1978) 167–172. https://doi.org/10.1016/0020-1650(78)80102-0.

[17] G. L. Holleck, Reduction of chlorine on carbon in $AlCl_3$-KCl-NaCl melts, J. Electrochem. Soc. 119 (1972) 1158-&. https://doi.org/10.1149/1.2404432.

[18] P. Lavela, L. Tirado, F. Nacimiento, M. Cabello, R. Alc, Electrochimica Acta NASICON-type $Na_3V_2(PO_4)_3$ as a new positive electrode material for rechargeable aluminium battery, 260 (2018) 798–804. https://doi.org/10.1016/j.electacta.2017.12.040.

[19] N. Imanaka, Y. Hasegawa, M. Yamaguchi, M. Itaya, S. Tamura, G. Adachi, Extraordinary high trivalent Al^{3+} ion conduction in solids. Chemistry of Materials, 14(11), 4481–4483. https://doi.org/10.1021/cm020667f.

[20] X.-G. Sun, Y. Fang, X. Jiang, K. Yoshii, T. Tsuda, S. Dai, Polymer gel electrolytes for application in aluminum deposition and rechargeable aluminum ion batteries. Chemical Communications, 52 (2016) 292–295. https://doi.org/10.1039/c5cc06643c.

[21] T. Yao, F.S. Genier, S. Biria, I.D. Hosein, A solid polymer electrolyte for aluminum ion conduction, Results Phys. 10 (2018) 529–531. https://doi.org/10.1016/j.rinp.2018.07.001.

[22] G.A. Elia, C.I. Acevedo, R. Kazemi, S. Fantini, R. Lin, R. Hahn, A Gel Polymer Electrolyte for Aluminum Batteries, Energy Technol. 9 (2021) 1–6. https://doi.org/10.1002/ente.202100208.

[23] Á. Miguel, N. García, V. Gregorio, A. López-Cudero, P. Tiemblo, Tough polymer gel electrolytes for aluminum secondary batteries based on urea: $AlCl_3$, prepared by a new solvent-free and scalable procedure, Polymers (Basel), 12 (2020) 12061336. https://doi.org/10.3390/POLYM12061336.

[24] Yu, Z., Jiao, S., Li, S., Chen, X., Song, W.-. L., Teng, T., Tu, J., Chen, H.-. S., Zhang, G., Fang, D.-. N. Flexible stable solid-state Al-ion batteries. Adv. Funct. Mater. 29 (2019) 1806799. https://doi.org/10.1002/adfm.201806799.

[25] Wang, P., Chen, Z., Wang, H., Ji, Z., Feng, Y., Wang, J., Liu, J., Hu, M., Fei, J., Gan, W., Huang, Y. A high-performance flexible aqueous Al ion rechargeable battery with long cycle life. Energy Storage Mater. 25, (2020) 426–435. https://doi.org/10.1016/j.ensm.2019.09.038.

[26] M.F. Gaele, F. Migliardini, T.M. Di Palma, Dual solid electrolytes for aluminium-air batteries based on polyvinyl alcohol acidic membranes and neutral hydrogels, J. Solid State Electrochem. 25 (2021) 1207–1216. https://doi.org/10.1007/s10008-021-04900-6.

[27] P. Sun, J. Chen, Y. Huang, J.H. Tian, S. Li, G. Wang, Q. Zhang, Z. Tian, L. Zhang, High-Strength agarose gel electrolyte enables long-endurance wearable Al-air batteries with greatly suppressed self-corrosion, Energy Storage Mater. 34 (2021) 427–435. https://doi.org/10.1016/j.ensm.2020.10.009.

[28] H.L. Wang, S.C. Gu, Y. Bai, S. Chen, N. Zhu, C. Wu, F. Wu, Anion-effects on electrochemical properties of ionic liquid electrolytes for rechargeable aluminum batteries, Journal of Materials Chemistry A, 3 (2015) 22677–22686. https://doi.org/10.1039/c5ta06187c.

[29] H. Xu, T. Bai, H. Chen, F. Guo, J. Xi, T. Huang, S. Cai, X. Chu, J. Ling, W. Gao, Z. Xu, C. Gao, Low-cost $AlCl_3/Et_3NHCl$ electrolyte for high-performance aluminum-ion battery, Energy Storage Mater. 17 (2019) 38–45. https://doi.org/10.1016/j.ensm.2018.08.003.

[30] S.Z. El Abedin, P. Giridhar, P. Schwab, F. Endres, Electrodeposition of nanocrystalline aluminium from a chloroaluminate ionic liquid, Electrochemistry Communications 12 (2010) 1084–1086. https://doi.org/10.1016/j.elecom.2010.05.034.

[31] N.M. Rocher, E.I. Izgorodina, T. Ruther, M. Forsyth, D.R. MacFarlane, T. Rodopoulos, M.D. Horne, A.M. Bond, Aluminium Speciation in 1-Butyl-1-Methylpyrrolidinium Bis(trifluoromethylsulfonyl)amide/$AlCl_3$ Mixtures, Chemistry-a European Journal 15 (2009) 3435–3447. https://doi.org/10.1002/chem.200801641.

[32] P. Eiden, Q.X. Liu, S.Z. El Abedin, F. Endres, I. Krossing, An Experimental and Theoretical Study of the Aluminium Species Present in Mixtures of $AlCl_3$ with the Ionic Liquids BMP Tf2N and EMIm Tf2N, Chemistry-a European Journal 15 (2009) 3426–3434. https://doi.org/10.1002/chem.200801616.

[33] S.Z. El Abedin, E.M. Moustafa, R. Hempelmann, H. Natter, F. Endres, Electrodeposition of nano- and microcrystalline aluminium in three different air and water stable ionic liquids, Chemphyschem 7 (2006) 1535–1543. https://doi.org/10.1002/cphc.200600095.

[34] G. Zhu, M. Angell, C.J. Pan, M.C. Lin, H. Chen, C.J. Huang, J. Lin, A.J. Achazi, P. Kaghazchi, B.J. Hwang, H. Dai, Rechargeable aluminum batteries: effects of
cations in ionic liquid electrolytes, RSC Adv. 9 (2019) 11322–11330.

https://doi.org/10.1039/C9RA00765B.

[35] L.D. Reed, A. Arteaga, E.J. Menke, A Combined Experimental and Computational Study of an Aluminum Triflate/Diglyme Electrolyte, Journal of Physical Chemistry B 119 (2015) 12677–12681. https://doi.org/10.1021/acs.jpcb.5b08501.

[36] T. Mandai, P. Johansson, Al conductive haloaluminate-free non-aqueous room-temperature electrolytes, Journal of Materials Chemistry A 3 (2015) 12230-12239.

https://doi.org/10.1039/c5ta01760b.

[37] M. Angell, C. Pan, Y. Rong, C. Yuan, M. Lin, B. Hwang, High Coulombic efficiency aluminum-ion battery using an $AlCl_3$ -urea ionic liquid analog electrolyte, PNAS (2017) 834–839. https://doi.org/10.1073/pnas.1619795114.

[38] H. Li, J. Lampkin, N. Garcia-Araez, Facilitating Charge Reactions in Al-S Batteries with Redox Mediators, ChemSusChem. 14 (2021) 3139–3146. https://doi.org/10.1002/cssc.202100973.

[39] N. Canever, N. Bertrand, T. Nann, Acetamide: a low-cost alternative to alkyl imidazolium chlorides for aluminium-ion batteries, Chemical Communications 54 (2018) 11725–11728. https://doi.org/10.1039/c8cc04468f.

[40] C. Xu, S. Zhao, Y. Du, W. Zhang, P. Li, H. Jin, Y. Zhang, Z. Wang, J. Zhang, A High Capacity Aluminum-Ion Battery Based on Imidazole Hydrochloride Electrolyte, ChemElectroChem. 6 (2019) 3350–3354. https://doi.org/10.1002/celc.201900883.

[41] Xu, C., Li, J., Chen, H., Zhang, J. Benzyltriethylammonium chloride electrolyte for high-performance Al-ion batteries, ChemNanoMat 5 (2019) 1367–1372. https://doi.org/10.1002/cnma.201900490.

[42] V.A. Elterman, P.Y. Shevelin, D.L. Chizhov, L.A. Yolshina, E.A. Il'ina, A.V. Borozdin, M.I. Kodess, M.A. Ezhikova, G.L. Rusinov, Development of a novel 1-trifluoroacetyl piperidine-based electrolyte for aluminum ion battery, Electrochim. Acta 323 (2019). https://doi.org/10.1016/j.electacta.2019.134806.

[43] C. Liu, W. Chen, Z. Wu, B. Gao, X. Hu, Z. Shi, Z. Wang, Density, viscosity and

electrical conductivity of $AlCl_3$-amide ionic liquid analogues, J. Mol. Liq. 247 (2017) 57–63. https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.09.091.

[44] C. Li, J. Patra, J. Li, P.C. Rath, M.H. Lin, J.K. Chang, A novel moisture-insensitive
and low-corrosivity ionic liquid electrolyte for rechargeable aluminum batteries, Adv. Funct. Mater. 30 (2020) 1–10. https://doi.org/10.1002/adfm.201909565.
[45] M. Chiku, T. Kunisawa, E. Higuchi, H. Inoue, Copper chloride as a conversion type positive electrode for rechargeable aluminum batteries, RSC Adv. 9 (2019) 41475–41480. https://doi.org/10.1039/c9ra09158k.
[46] J. Li, J. Tu, H. Jiao, C. Wang, S. Jiao, Ternary $AlCl_3$ -Urea-[EMIm]Cl ionic liquid
electrolyte for rechargeable aluminum-ion batteries, J. Electrochem. Soc. 164 (2017) A3093–A3100. https://doi.org/10.1149/2.0811713jes.
[47] H. Wang, S. Gu, Y. Bai, S. Chen, F. Wu, C. Wu, High-voltage and noncorrosive
ionic liquid electrolyte used in rechargeable aluminum battery, ACS Appl. Mater. Interfaces 8 (2016) 27444–27448, https://doi.org/10.1021/acsami.6b10579.
[48] L.D. Reed, A. Arteaga, E.J. Menke, A combined experimental and computational
study of an aluminum triflate/diglyme electrolyte, J. Phys. Chem. B 119 (2015) 12677–12681. https://doi.org/10.1021/acs.jpcb.5b08501.
[49] T. Mandai, P. Johansson, Al conductive haloaluminate-free non-aqueous room temperature electrolytes, J. Mater. Chem. A. 3 (2015) 12230–12239. https://doi.org/10.1039/C5TA01760B.
[50] T. Mandai, P. Johansson, Haloaluminate-free cationic aluminum complexes: structural characterization and physicochemical properties, J. Phys. Chem. C 120 (2016) 21285–21292. https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.6b07235.
[51] M. Chiku, S. Matsumura, H. Takeda, E. Higuchi, H. Inoue, Aluminum bis (trifluoromethanesulfonyl)imide as a chloride-free electrolyte for rechargeable aluminum batteries, J. Electrochem. Soc. 164 (2017) A1841–A1844. https://doi.org/10.1149/2.0701709jes.
[52] P. R. Gifford, J. B. Palmisano, An aluminum chlorine rechargeable cell employing a room-temperature molten-salt electrolyte. J. Electrochem. Soc., 135 (1988) 650-654. https://doi.org/10.1149/1.2095685.

[53] J. V. Rani, V. Kanakaiah, T. Dadmal, M. S. Rao, S. Bhavanarushi, Fluorinated Natural Graphite Cathode for Rechargeable Ionic Liquid Based Aluminum-Ion Battery, J. Electrochem. Soc. 160 (2013) A1781–A1784. https://doi.org/10.1149/2.072310jes.

[54] C. Zhang, Y.L. Wei, P.F. Cao, M.C. Lin, Energy storage system: Current studies on batteries and power condition system, Renew. Sustain. Energy Rev. 82 (2018) 3091–3106. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.030.

[55] X. Yu, B. Wang, D. Gong, Z. Xu, B. Lu, Graphene nanoribbons on highly porous 3d
graphene for high-capacity and ultrastable al-ion batteries, Adv. Mater. 29 (2017) 1604118. https://doi.org/10.1002/adma.201604118

[56] H. Chen, F. Guo, Y. Liu, T. Huang, B. Zheng, N. Ananth, Z. Xu, W. Gao, C. Gao,
A. Defect-Free, Principle for advanced graphene cathode of aluminum-ion battery, Adv. Mater. 29 (2017) 1605958, https://doi.org/10.1002/adma.201605958.

[57] S. Wang, Z. Yu, J. Tu, J. Wang, D. Tian, Y. Liu, S. Jiao, A novel aluminum-ion
battery: Al/$AlCl_3$-[EMIm]Cl/Ni3S2@Graphene, Adv. Energy Mater. 6 (2016) 1600137, https://doi.org/10.1002/aenm.201600137.

[58] D.Y. Wang, C.Y. Wei, M.C. Lin, C.J. Pan, H.L. Chou, H.A. Chen, M. Gong, Y. Wu,
C. Yuan, M. Angell, Y.J. Hsieh, Y.H. Chen, C.Y. Wen, C.W. Chen, B.J. Hwang, C.C. Chen, H. Dai, Advanced rechargeable aluminium ion battery with a high quality natural graphite cathode, Nat. Commun. 8 (2017) 14283. https://doi.org/10.1038/ncomms14283.

[59] S. Wang, S. Jiao, W.L. Song, H. Sen Chen, J. Tu, D. Tian, H. Jiao, C. Fu, D.N. Fang, A novel dual-graphite aluminum-ion battery, Energy Storage Mater. 12 (2018) 119–127. https://doi.org/10.1016/j.ensm.2017.12.010.

[60] J. Wei, W. Chen, D. Chen, K. Yang, Journal of Materials Science & Technology An amorphous carbon-graphite composite cathode for long cycle life rechargeable aluminum ion batteries, J. Mater. Sci. Technol. 34 (2018) 983–989. https://doi.org/10.1016/j.jmst.2017.06.012.

[61] Z. Li, B. Niu, Y. Liu, J. Li, F. Kang, Prelithiation treatment of graphite as cathode material for rechargeable aluminum batteries, Electrochim. Acta. 263 (2018) 68–75. https://doi.org/10.1016/j.electacta.2017.12.166.

[62] D. B. Le, S. Passerini, F. Coustier, J. Guo, T. Soderstrom, B. B. Owens, W. H. Smyrl, Intercalation of polyvalent cations into V_2O_5 aerogel, Chem. Mater. 10 (1998) 682. https://doi.org/10.1021/cm9705101.

[63] W. Wang, B. Jiang W. Xiong, H. Sun, Z. Lin, L. Hu, J. Tu, J. Hou, H. Zhu, S. Jiao, A new cathode material for super-valent battery based on aluminium ion intercalation and deintercalation, Sci. Rep. 3 (2013) 3383. https://doi.org/10.1038/srep03383.

[64]A. Omote, US Patent 7,524,587 B2 2009.

[65] J. J. Vajo, A. F.- Gross, P. Liu, J. Hicks-Garner, E. Sherman, S. Van Atta, US Patent N° 8,715,853 B1 2014.

[66] M. P. Paranthaman, G. Brown, X.-G. Sun, J. Nanda, A. Manthiram, A. Manivannan, A Transformational, High Energy Density, Secondary Aluminum Ion Battery, ECS Meeting Abstracts 2010, MA2010-02, 314. https://doi.org/10.1149/MA2010-02/4/314

[67] L. Geng, G. Lv, X. Xing, J. Guo, Reversible Electrochemical Intercalation of Aluminum in Mo_6S_8. Chem. Mater. 27 (2015) 4926–4929. https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.5b01918.

[68] P. G. Pickup, R. A. Osteryoung, Electrochemical polymerization of pyrrole and electrochemistry of polypyrrole films in ambient-temperature molten-salts, J. Am. Chem. Soc. 106 (1984) 2294–2299. https://doi.org/10.1021/ja00320a014.

[69] L.M. Goldenberg, R.A. Osteryoung, Benzene polymerization in 1-ethyl-3-methylimidazolium chloride AlCl3 ionic liquid, Synthetic Metals 64 (1994) 63–68. https://doi.org/10.1016/0379-6779(94)90276-3.

[70] P. G. Pickup, R. A. Osteryoung, J. Electroanal. Chem., Charging and discharging rate studies of polypyrrole films in $AlCl_3$-1-methyl-(3-ethyl)-imidazolium chloride molten-salts and in CH_3CN 195 (1985) 271–288. https://doi.org/10.1016/0022-0728(85)80048-6.

[71] L. Janiszewska, R. A. Osteryoung, Electrochemistry of polythiophene and polybithiophene films in ambient-temperature molten-salts, J. Electrochem. Soc. 134 (1987) 2787–2794. https://doi.org/10.1149/1.2100288.

[72] J. Tang, R. A. Osteryoung, Formation and electrochemistry of polyaniline in ambient-temperature molten-salts, Synth. Met. 45 (1991) 1–13. https://doi.org/10.1016/0379-6779(91)91842-x.

[73] N. S. Hudak, Chloroaluminate-Doped Conducting Polymers as Positive Electrodes in Rechargeable Aluminum Batteries, J. Phys. Chem. C 118 (2014) 5203–5215. https://doi.org/10.1021/jp500593d.

[74] W. Xing, D. Du, T. Cai, X. Li, J. Zhou, Y. Chai, Q. Xue, Z. Yan, Carbon-encapsulated CoSe nanoparticles derived from metal-organic frameworks as advanced cathode material for Al-ion battery, J. Power Sources. 401 (2018) 6–12. https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2018.08.079.

[75] M. Mączka, P. Pasierb, Sol-gel synthesis of metal (V, W, Zn) oxide - Carbon nanocomposites as cathode materials for Al-ion batteries, Ceram. Int. 45 (2019) 11041–11049. https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.02.189.

[76] Y. Hu, H. Huang, D. Yu, X. Wang, L. Li, H. Hu, X. Zhu, S. Peng, L. Wang, All-Climate Aluminum-Ion Batteries Based on Binder-Free MOF-Derived FeS2@C/CNT Cathode, Nano-Micro Lett. 13 (2021). https://doi.org/10.1007/s40820-021-00682-8.

[77] J. Zheng, S. Ju, L. Yao, G. Xia, X. Yu, Construction of solid solution sulfide embedded in MXene@N-doped carbon dual protection matrix for advanced aluminum ion batteries, J. Power Sources. 511 (2021) 230450. https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2021.230450.

[78] S. Guo, H. Yang, M. Liu, X. Feng, H. Xu, Y. Bai, C. Wu, Interlayer-Expanded MoS_2/N-Doped Carbon with Three-Dimensional Hierarchical Architecture as a Cathode Material for High-Performance Aluminum-Ion Batteries, ACS Appl. Energy Mater. 4 (2021) 7064–7072. https://doi.org/10.1021/acsaem.1c01120.

[79] K. Wang, N. Wang, X. Li, J. He, X. Shen, Z. Yang, Q. Lv, C. Huang, In−situ preparation of ultrathin graphdiyne layer decorated aluminum foil with improved cycling stability for dual−ion batteries, Carbon N. Y. 142 (2019) 401–410. https://doi.org/S0008622318309680.

[80] Y. Zhang, S. Liu, Y. Ji, J. Ma, H. Yu, Emerging Nonaqueous Aluminum-Ion Batteries: Challenges, Status, and Perspectives, Adv. Mater. 30 (2018). https://doi.org/10.1002/adma.201706310.

[81] L. Zhou, Z. Zhang, L. Cui, F. Xiong, Q. An, Z. Zhou, X.F. Yu, P.K. Chu, K. Zhang, High-capacity and small-polarization aluminum organic batteries based on sustainable quinone-based cathodes with Al^{3+} insertion, Cell Reports Phys. Sci. 2 (2021) 100354. https://doi.org/10.1016/j.xcrp.2021.100354.

Zastrzeżenia patentowe

1. Ogniwo glinowo-jonowe do magazynowania energii elektrycznej na drodze elektrochemicznej z elektrolitem zawierającym trójchlorek glinu, znamienne tym, że zastosowanym w nim elektrolitem jest roztwór nasycony soli nieorganicznej glinu, korzystnie chlorku glinu, w rozpuszczalniku głęboko eutektycznym (DES), korzystnie w DES z chlorkiem choliny i kwasami tłuszczowymi, korzystnie pochodzenia mikrobiologicznego z polihydroksyalkanianów (mcl-PHA), korzystnie tych otrzymanych z fermentacji kwasów tłuszczowych z oleju roślinnego, zwłaszcza rzepakowego.

2. Ogniwo według zastrz.1, znamienne tym, że w elektrolicie zastosowanym w ogniwie stosunek molowy kwasów karboksylowych, korzystnie mieszaniny (*R*)-3-hydroksykwasów, do choliny mieści się w granicach 1-3 do 1, korzystnie 1 do 2.

3. Ogniwo według zastrz.2, znamienne tym, że w skład mieszaniny (*R*)-3-hydroksykwasów użytych w elektrolicie wchodzą otrzymane z depolimeryzacji polimeru mcl-PHA (*R*)-3-hydroksykwasy: (*R*)-3-hydroksyheksanowego, (*R*)-3-hydroksyoktanowego, (*R*)-3-hydroksydekanowego, (*R*)-3-hydroksydodekanowego, (*R*)-3-hydroksydodekenowego i (*R*)-3-hydroksytetradekanowego w stosunku molowym odpowiednio (od 2 do 6) : (od 32 do 36) : (od 30 do 34) : (od 3 do 7) : (od 4 do 8) : (od 17 do 21).

4. Ogniwo wg zastrzeżenia 1, znamienne tym, że anoda wykonana jest z metalicznego glinu a katoda z tlenku metalu MeO_x, korzystnie gdy Me = W, V, Mn, lub węgla lub kompozytu tlenek metalu – węgiel (MeO_x – C).

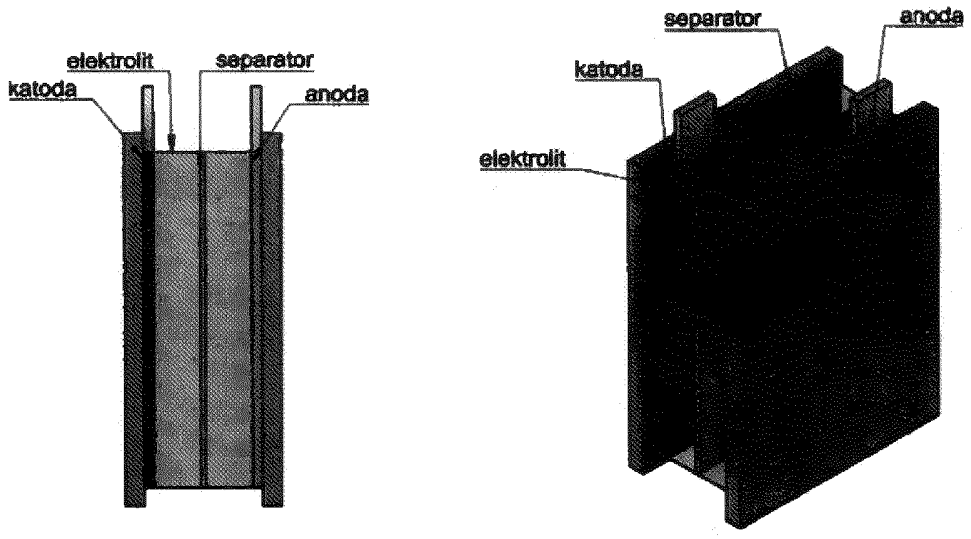
elektrolit
separator
katoda
anoda
separator
anoda
katoda
elektrolit

Fig. 1

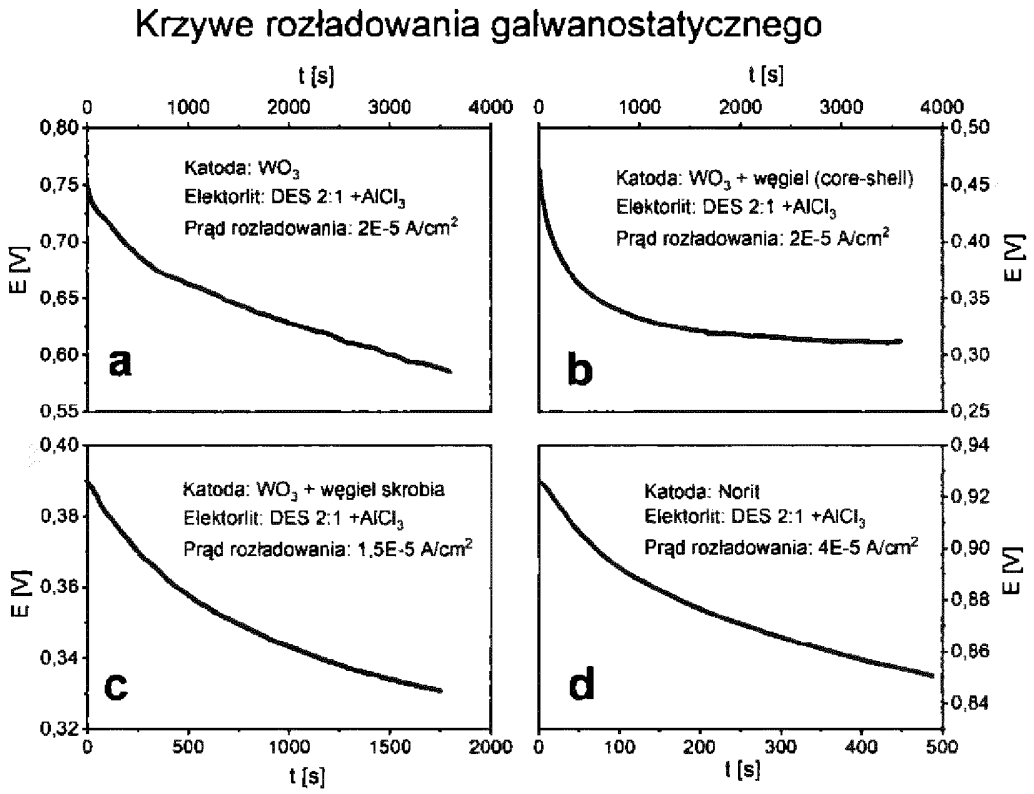
Krzywe rozładowania galwanostatycznego
t [s]
E [V]
Katoda: WO_3
Elektorlit: DES 2:1 +$AlCl_3$
Prąd rozładowania: 2E-5 A/cm^2
a
Katoda: WO_3 + węgiel (core-shell)
Elektorlit: DES 2:1 +$AlCl_3$
Prąd rozładowania: 2E-5 A/cm^2
b
Katoda: WO_3 + węgiel skrobia
Elektorlit: DES 2:1 +$AlCl_3$
Prąd rozładowania: 1,5E-5 A/cm^2
c
Katoda: Norit
Elektorlit: DES 2:1 +$AlCl_3$
Prąd rozładowania: 4E-5 A/cm^2
d

Fig. 2

URZĄD PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

al. Niepodległości 188/192
00-950 Warszawa, skr. poczt. 203
tel.: (+48) 22 579 05 55 | fax: (+48) 22 579 00 01
e-mail: kontakt@uprp.gov.pl | www.uprp.gov.pl

SPRAWOZDANIE O STANIE TECHNIKI ZGŁOSZENIA NR P.439841

Klasyfikacja zgłoszenia: H01M10/056 (2010.01), H01M10/054 (2010.01)

Poszukiwania prowadzone w klasach: H01M

Bazy komputerowe, w których prowadzono poszukiwania: STN, EPODOC, WPI, bazy UPRP, Esp@cenet, DEPATISnet

Kategoria dokumentu	Dokumenty – z podaną identyfikacją	Odniesienie do zastrz.
A	WO2020056514 A1 (GOVERNING COUNCIL UNIV TORONTO [CA]) 2020-03-26 cały dokument	1-4
A	CN110720150 A (AB SYSTEMS INC US) 2020-01-21 cały dokument, tłumaczenie maszynowe	1-4
A	CN112868132 A (AB SYSTEMS INC) 2021-05-28 cały dokument, tłumaczenie maszynowe	1-4
A	Lyall Archer i inni; "Physical properties of biomass-derived novel natural deep eutectic solvents based on choline chloride and (R)-3-hydroxyacids"; Journal of Molecular Liquids, 2020, 315:113680 cały dokument	1-4

☐ Dalszy ciąg wykazu dokumentów na następnej stronie

A – dokument określający ogólny stan techniki, który nie jest uważany za posiadający szczególne znaczenie,
E – dokument stanowiący wcześniejsze zgłoszenie lub patent, ale opublikowany w lub po dacie zgłoszenia,
L – dokument, który może poddawać w wątpliwość zastrzegane pierwszeństwo(-wa), lub przytoczony w celu ustalenia daty publikacji innego cytowanego dokumentu lub z innego szczególnego powodu,
O – dokument odnoszący się do ujawnienia ustnego przez zastosowanie, wystawienie lub ujawnienie w inny sposób,
P – dokument opublikowany przed datą zgłoszenia, ale później niż zastrzegana data pierwszeństwa,
T – dokument późniejszy, opublikowany po dacie zgłoszenia lub w dacie pierwszeństwa i niebędący w konflikcie ze zgłoszeniem, ale cytowany w celu zrozumienia zasad lub teorii leżących u podstaw wynalazku,
X – dokument o szczególnym znaczeniu; zastrzegany wynalazek nie może być uważany za nowy lub nie może być uważany za posiadający poziom wynalazczy, jeżeli ten dokument brany jest pod uwagę samodzielnie,
Y – dokument o szczególnym znaczeniu; zastrzegany wynalazek nie może być uważany za posiadający poziom wynalazczy, jeżeli ten dokument zostanie połączony z jednym lub kilkoma tego typu dokumentami, a takie połączenie będzie oczywiste dla znawcy,
& – dokument należący do tej samej rodziny patentowej.

Sprawozdanie wykonał/-a: Waldemar Ulanowski — data 14.09.2022r.

Ekspert

/-podpisano kwalifikowanym podpisem elektronicznym-/
Pismo wydane w formie dokumentu elektronicznego

Uwagi do zgłoszenia

Sprawozdanie zostało wykonane w oparciu o wersję zastrzeżeń patentowych z dnia 14.12.2021r.