

(12)

PATENT

(21) Številka prijave: **201900109**

(51) Int. Cl. (2018.01)

(22) Datum prijave: **03.06.2019**

H01M 4/00

(45) Datum objave: **31.12.2019**

(30) Prednostna pravica:

05.06.2018 US 62/680.648;

15.06.2018 US 62/685.574

(72) Izumitelji: **Chen Wei-Fu, Westford, MA 01886, US;**
Korchev Andriy, Westford, MA 01886, US;
Laxton Peter B., Shanghai, CN;
Mullinax Katherine, Northboro, MA 01532, US;
Ni Qian, Billerica, MA 01821, US;
Oljaca Miodrag, Concord, MA 01742, US

(73) Imetnik: **Cabot Corporation,**
2 Seaport Lane, Suite 1300, Boston, MA 02210-2019, US

(74) Zastopnik: **MARK-INVENTA d.o.o., Glinška 14, 1000 Ljubljana, SI**

(54) **SESTAVKI UPORABNI ZA PROIZVODNJO ELEKTROD IN POVEZANI POSTOPKI**

(57) Razkriti so sestavki, ki jih lahko uporabimo za izdelavo elektrode (npr. elektrode baterije) in povezani postopki. Kot primer, sestavek vključuje ogljikove delce; disperzijsko sredstvo; polimer, ki vsebuje delež maleinskega anhidrida; in topilo. Ogljikovi delci lahko

vključujejo saje, grafit, acetilenske saje, grafene, z grafeni povezane materiale, ogljikove nanocевke, ogljikove nanostrukture, aktivna oglja, ogljikove aerogele, matrične ogljike in/ali ogljikova vlakna.

SESTAVKI UPORABNI ZA PROIZVODNJO ELEKTROD IN POVEZANI POSTOPKI

Področje izuma

[0001] Ta izum se nanaša na sestavke, ki jih lahko uporabimo v proizvodnji elektrod (npr. elektrode za baterije) in na povezane postopke.

Ozadje izuma

[0002] Litij ionske baterije so običajno uporabljeni viri električne energije za različne uporabe, kot so elektronske naprave in električna vozila. Litij ionska baterija običajno vsebuje negativno elektrodo (npr. grafit) in pozitivno elektrodo (opisano spodaj), ki omogoča premikanje litijevih ionov in elektronov proti in od elektrode, tekom polnjenja in praznjenja. Raztopina elektrolita v kontaktu z elektrodo zagotavlja prevodni medij v katerem se ioni lahko premikajo. Da preprečimo neposredno reakcijo med elektrodami, je uporabljen ionsko prepusten ločevalnik, da elektrodi izoliramo fizično in električno. Kadar baterijo uporabljamo kot vir energije za napravo, naredimo elektrodam električen kontakt, ki omogoča, da elektroni tečejo skozi napravo, da zagotovijo električno energijo in litijevim ionom, da se premikajo skozi elektrolit od ene elektrode proti drugi elektrodi.

[0003] Pozitivna elektroda običajno vsebuje prevoden substrat, na katerem je mešanica (npr. v obliki paste), ki ima vsaj en elektroaktiven material, vezivo in prevoden aditiv. Elektroaktiven material, kot je oksid litija in prehodne kovine, je zmožen sprejemati in sproščati litijeve ione. Vezivo, kot je poliviniliden fluorid, je uporabljeno, da elektrodi zagotovimo mehansko celovitost in stabilnost. Ker sta elektroaktivni material in vezivo slabo električno prevodna ali izolativna, običajno dodamo prevodni aditiv (npr. grafit in saje), da izboljšamo električno prevodnost elektrode. Vendar pa prevodni aditiv in vezivo na splošno ne sodelujeta v elektrokemičnih reakcijah, ki generirajo električno energijo, zato ti material lahko negativno vplivajo nekatere značilnosti delovanja (npr. kapaciteto in gostoto energije) baterije, ker dejansko znižajo količino elektroaktivnega materiala, ki ga lahko vsebuje pozitivna elektroda.

POVZETEK

[0004] S prvega vidika izum predstavlja sestavke, ki jih lahko uporabimo za izdelavo elektrode baterije, kot na primer, z nanašanjem sestavka in drugih materialov na prevoden substrat, da tvorimo pozitivno elektrodo litij ionske baterije. V nekaterih izvedbah, sestavki vključujejo ogljikove delce, ki služijo kot prevodni aditiv, disperzijsko sredstvo, polimer, ki vsebuje delež maleinskega anhidrida in topilo. Prijavitelj, je ugotovil, da v sestavkih za izdelavo elektrod, določeni ogljikovi delci, kot so delci saj z visoko strukturo, zelo učinkovito služijo kot prevodni aditiv, vendar pa lahko ogljikovi delci neželeno povečajo viskoznost sestavkov tako, da obdelava sestavka postane težka ali nepraktična. Eden izmed načinov reševanja problema visoke viskoznosti je redčenje sestavkov, vendar redčenje poviša stroške izdelave in zmanjša obseg proizvodnje. Za zmanjševanje ali odpravo nesprejemljivega ali neželenega povečanja viskoznosti brez redčenja sestavkov prijavitelj uporablja disperzijsko sredstvo, ki sodeluje z ogljikovimi delci. Disperzijsko sredstvo blaži povečanja viskoznosti in omogoča izdelavo in uporabo sestavkov z relativno visokimi koncentracijami ogljikovih delcev, kar po drugi strani ohrani ali zniža stroške izdelave in ohrani ali poveča obseg proizvodnje. V nekaterih izvedbah je disperzijsko sredstvo celulozno disperzijsko sredstvo.

[0005] Poleg tega je prijavitelj ugotovil, da dodajanje polimera, ki vsebuje delež maleinskega anhidrida, v sestavek (npr. raztopljenega v topilu) lahko izboljša delovanje (npr. življenjski cikel) elektrode ali baterije, ki je bila izdelana z uporabo teh sestavkov. Brez teoretičnih omejitev, se domneva, da nekateri elektroaktivni materiali (kot so litijevi kobaltovi manganovi oksidi in litijevi nikljevi kobaltovi aluminijevi oksidi) poslabšajo delovanje, ker so raztopljeni s fluorovodikovo kislino (HF). HF nastane ko LiPF_6 (običajen material v elektrolitu baterije) reagira z vodo, ki nastane med polnjenjem baterije in oksidacijo elektrolita. Domneva se, da je polimer, ki vsebuje delež maleinskega anhidrida, zmožen reagirati z vodo ali jo čistiti in s tem zmanjšati ali odpraviti nastanek HF in posledično raztapljanje elektroaktivnih materialov. Poleg tega ali alternativno, se domneva, da se delež maleinskega anhidrida polimera pretvori v delež karboksilne kisline, ki reagira z litijevimi ioni v bateriji, da tvori ionske kanale na vmesniku trdno-elektrolit na elektrodi, in s tem izboljša transport litijevih ionov in celotno delovanje baterije.

[0006] Z naslednjega vidika izum predstavlja sestavek, ki vsebuje: ogljikove delce; disperzijsko sredstvo; polimer, ki vsebuje delež maleinskega anhidrida; in topilo.

[0007] Z naslednjega vidika izum predstavlja postopek, ki obsega združevanje ogljikovih delcev, disperzijskega sredstva, polimera, ki vsebuje delež maleinskega anhidrida in topila, da tvorimo sestavek.

[0008] Z naslednjega vidika izum predstavlja postopek, ki obsega združevanje elektroaktivnega materiala s prvim sestavkom, ki vsebuje ogljikove delce, disperzijskim sredstvom, polimerom, ki vsebuje delež maleinskega anhidrida in topilom, da tvorimo drugi sestavek; in uporabo drugega sestavka za izdelavo elektrode.

[0009] Z naslednjega vidika izum predstavlja sestavek, ki v bistvu sestoji iz: ogljikovih delcev; disperzijskega sredstva; polimera, ki vsebuje delež maleinskega anhidrida; in topila.

[0010] Z naslednjega vidika izum predstavlja sestavek, ki v bistvu sestoji iz: delcev saj, celuloznega disperzijskega sredstva in topila, ki vsebuje N-metilpirolidon.

[0011] Z naslednjega vidika izum predstavlja elektrodo, ki vsebuje: ogljikove delce; disperzijsko sredstvo; polimer, ki vsebuje delež maleinskega anhidrida; in elektroaktivni material.

[0012] Z naslednjega vidika izum predstavlja baterijo, npr. litij ionsko baterijo, ki vsebuje elektrodo, kot je razkrita.

[0013] Izvedbe enega ali več vidikov lahko vključujejo eno ali več izmed naslednjih lastnosti. Ogljikovi delci so izbrani iz skupine, ki vsebuje saje, grafit, acetilenske saje, grafene, z grafeni povezane materiale, ogljikove nanocevke, ogljikove nanostrukture, aktivna oglja, ogljikove aerogele, matrične ogljike in ogljikova vlakna. Ogljikovi delci vključujejo saje. Saje imajo število adsorpcije olja večje od 200 mL/100g. Saje imajo površinsko energijo večjo od 18 mJ/m^2 , na primer, od 18 do 30 mJ/m^2 . Saje imajo površinsko energijo manjšo od 10 mJ/m^2 . Sestavek vsebuje od 3 do 25 masnih odstotkov ogljikovih delcev. Disperzijsko sredstvo vsebuje celulozni material. Disperzijsko sredstvo je izbrano iz skupine, ki vsebuje metil celulozo, etil celulozo, karboksimetil celulozo in sukcinilirano etil celulozo. Sestavek vsebuje vsaj 10 masnih odstotkov disperzijskega sredstva, glede na ogljikove delce. Polimer ima molsko maso vsaj 1.000 Daltonov. Polimer je izbran iz skupine, ki vsebuje poli(metil vinil eter maleinski anhidrid), poli(izobutilen maleinski anhidrid), poli(etilen maleinski

anhidrid) in poli(stiren-ko-maleinski anhidrid). Sestavek vsebuje vsaj 0,1 masnega odstotka polimera glede na celoten sestavek. Ogljikov material vsebuje saje, disperzijsko sredstvo vsebuje celulozno disperzijsko sredstvo in topilo vsebuje N-metilpirolidon. Sestavek ima viskoznost vsaj 500 cP pri hitrosti striženja $0,1 \text{ s}^{-1}$. Sestavek nadalje vsebuje elektroaktivni material oksid litija in prehodne kovine in/ali vezivo. Sestavek v bistvu sestoji iz ogljikovih delcev, disperzijskega sredstva, polimera, ki vsebuje delež maleinskega anhidrida in topila. Drugi sestavek nadalje vsebuje vezivo.

[0014] Z naslednjega vidika izum predstavlja sestavek, ki vsebuje delce saj, del polimera, ki vsebuje delež maleinskega anhidrida in topilo.

[0015] Izvedbe iz enega ali več vidikov lahko vključujejo eno ali več izmed naslednjih lastnosti. Saje imajo število adsorpcije olja večje od 200 mL/100g. Saje imajo površinsko energijo večjo od 18 mJ/m^2 , prednostno od 18 do 30 mJ/m^2 . Saje imajo površinsko energijo manjšo od 10 mJ/m^2 . Sestavek ima viskoznost vsaj 500 cP pri hitrosti striženja $0,1 \text{ s}^{-1}$. Sestavek nadalje vsebuje elektroaktivni material oksid litija in prehodne kovine in/ali vezivo. Polimer ima molsko maso vsaj 1.000 Daltonov. Polimer je izbrani iz skupine, ki vsebuje poli(metil vinil eter maleinski anhidrid), poli(izobutilen maleinski anhidrid), poli(etilen maleinski anhidrid) in poli(stiren-ko-maleinski anhidrid). Topilo vsebuje N-metilpirolidon. Sestavek v bistvu sestoji iz ogljikovih delcev, polimera in topila.

[0016] Drugi vidiki, lastnosti in prednostno tega izuma bodo jasni iz opisa njegovih izvedb in iz zahtevkov.

KRATEK OPIS SLIK

[0017] SLIKA 1 je prikaz viskoznosti kot funkcija hitrosti striženja merjeno pri 25°C za disperzijo A (poln krog), disperzijo B (križ), disperzijo C (prazen kvadrat) in disperzijo D (polna kara).

[0018] SLIKA 2 je prikaz ohranjanja zmogljivosti baterij v obliki gumba s katodami, izdelanimi z disperzijo B (poln krog) in disperzijo D (prazen kvadrat). Cela in črtkana črta prikazujejo povprečno ohranjanje zmogljivosti disperzij B oziroma D.

[0019] SLIKA 3 je prikaz viskoznosti kot funkcija hitrosti striženja merjeno pri 25°C za goščo 1, goščo 2 in goščo 3 iz primera 7 in 8.

PODROBEN OPIS IZVEDB IZUMA

[0020] Spodaj so opisani sestavki, ki jih lahko uporabimo za izdelavo elektrod za baterije (npr. litij ionskih baterij), postopki izdelave sestavkov in uporabe sestavkov in baterij.

[0021] V nekaterih izvedbah, sestavki vsebujejo ogljikove delce, ki služijo kot prevodni aditiv, eno ali več disperzijskih sredstev, polimer, ki vsebuje delež maleinskega anhidrida in. V drugih izvedbah sestavki nadalje vsebujejo eno ali več so-disperzijskih sredstev. Sestavki so lahko združeni z elektroaktivnim materialom, z ali brez veziva, da tvorijo sestavke za elektrode. Sestavke za elektrode lahko naneseemo na prevoden substrat, da tvorimo elektrode (npr. katode) baterij.

[0022] Ogljikovi delci lahko vsebujejo kakršnekoli delce, ki so v bistvu iz ogljika ali vsebujejo ogljik ali njegove spojine in so zmožne izboljšati električno prevodnost sestavkov za elektrode. Primeri ogljikovih delcev vključujejo saje, grafit, acetilenske saje, grafene, z grafeni povezane materiale (kot so grafenovi oksidi (GO) in reducirani grafenovi oksidi (rGO)), ogljikove nanocevkke, ogljikove nanostrukture, aktivna oglja, ogljikove aerogele, matrične ogljike in ogljikova vlakna (kot so ogljikova nanovlakna pridobljena s paro). Grafeni in z grafeni povezani materiali (kot so grafenovi oksidi in reducirani grafenovi oksidi) so opisani, na primer v objavljeni US patentni prijavi 2018-0021499, WO 2017/139115; in v začasni US patentni prijavi št. 62/566,685. Ogljikove nanostrukture so opisane, na primer v objavljeni US patentni prijavi 2013-0071565; US Patentih št. 9,133,031; 9,447,259 in 9,111,658. Primeri tržno dostopnih ogljikovih delcev vključujejo delce saj LITX® 50, LITX® 200, LITX® 300 in LITX® HP, ki so na razpolago pri Cabot Corporation; grafeni in z grafeni povezani materiali pri Cabot Corporation; acetilenske saje pod imeni proizvoda Denka Li-400 in Li-435 pri Denka; saje pod imeni proizvoda Ketjenblack EC300J in EC600JD pri Lion Specialty Chemicals Co., Ltd.; in saje z imenom proizvoda Super P® pri Timcal. Sestavki lahko vsebujejo eno vrsto ogljikovih delcev (npr. samo delce saj) ali več vrst ogljikovih delcev, kot prevodne aditive (npr. mešanica delcev saj in ogljikovih nanocevk).

[0023] V nekaterih izvedbah, ogljikovi vsebujejo delce saj, z relativno visoko strukturo ali z lastnostmi, ki zavzamejo velik volumen, kot je označeno z njihovimi števili adsorpcije olja (OAN). Za dano maso, lahko saje z visoko strukturo zavzamejo

večji volumen, kot drugi delci saj z nižjimi strukturami. Kadar so uporabljeni kot prevodni aditiv v elektrodi baterije, lahko delci saj z relativno visokimi OAN zagotovijo neprekinjeno električno prevodno omrežje (perkolat) preko celotne elektrode ob relativno nizkih obremenitvah. Posledično je več elektroaktivnega materiala lahko uporabljeno, s čemer se izboljša delovanje baterije. V nekaterih izvedbah, imajo delci saj števila OAN večja od 200 mL/100 g, na primer, v razponu od 200 do 350 mL/100 g ali od 200 do 250 mL/100 g. Števila OAN imajo lahko ali vključujejo, na primer, enega izmed naslednjih razponov: od 200 do 330 mL/100g ali od 200 do 310 mL/100g ali od 200 do 290 mL/100g ali od 200 do 270 mL/100g ali od 200 do 250 mL/100g ali od 220 do 350 mL/100g ali od 220 do 330 mL/100g ali od 220 do 310 mL/100g ali od 220 do 290 mL/100g ali od 220 do 270 mL/100g ali od 240 do 350 mL/100g ali od 240 do 330 mL/100g ali od 240 do 310 mL/100g ali od 240 do 290 mL/100g ali od 260 do 350 mL/100g ali od 260 do 330 mL/100g ali od 260 do 310 mL/100g ali od 280 do 350 mL/100g ali od 280 do 330 mL/100g ali od 300 do 350 mL/100g. Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov. Vse tukaj razkrite vrednosti OAN so ugotovljene po postopku opisanem v ASTM D 2414-16.

[0024] V nekaterih izvedbah, neodvisno od ali poleg tega, imajo delci saj zgoraj opisano strukturo, visoko stopnjo grafitizacije, ki se lahko kaže z nižjimi vrednostmi površinske energije, ki so lahko povezane z manjšimi količinami preostalih nečistoč na površini delcev saj in torej na njihovi hidrofobnosti. Brez teoretičnih omejitev, se domneva, da do mejne stopnje čistosti, čistejši delci lahko zagotovijo izboljšano električno prevodnost in zmanjšano verjetnost stranskih reakcij, s čemer se izboljša delovanje delcev. Površinsko energijo lahko merimo po postopku dinamične parne (voda) sorpcije (DVS) (ang.: Dynamic Vapor (Water) Sorption (DVS); Op. prev.) ali s tlakom razprševanja vode (opisanim spodaj). V nekaterih izvedbah, imajo saje površinsko energijo (SE) manjšo ali enako 10 mJ/m^2 , npr. od meje zaznavnosti (približno 2 mJ/m^2) do 10 mJ/m^2 . Površinska energija ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od meje zaznavnosti do 8 mJ/m^2 ali od meje zaznavnosti do 7 mJ/m^2 ali od meje zaznavnosti do 6 mJ/m^2 ali od meje zaznavnosti do 5 mJ/m^2 ali od meje zaznavnosti do 4 mJ/m^2 . V nekaterih izvedbah je površinska energija, merjeno z DVS, manjša od 8 mJ/m^2 ali manjša od 7 mJ/m^2 ali manjša od 6

mJ/m² ali manjša od 5 mJ/m² ali manjša od 4 mJ/m² ali na meji zaznavnosti. Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov.

[0025] V drugih izvedbah, neodvisno ali poleg tega, da imajo zgoraj opisano zgradbo, imajo delci saj relativno nizko stopnjo grafitizacije, ki se lahko kaže z višjimi vrednostmi površinske energije. Ne glede na teorijo, se domneva da, določeni delci saj z visokimi vrednostmi površinske energije lahko zahtevajo manj disperzijskega sredstva in/ali različna disperzijska sredstva, ki lahko zagotovijo boljše delovanje in/ali so stroškovno ugodnejša. Vendar delci saj z višjimi površinskimi energijami lahko povišajo viskoznosti sestavkov, ki delce vsebujejo. V nekaterih izvedbah, imajo saje površinsko energijo, merjeno po DVS, višjo ali enako 18 mJ/m², npr. od 18 mJ/m² do 30 mJ/m². Površinska energije ima lahko ali vključuje, na primer, enega izmed naslednjih razponov: od 18 mJ/m² do 28 mJ/m² ali od 18 mJ/m² do 26 mJ/m² ali od 18 mJ/m² do 24 mJ/m² ali od 18 mJ/m² do 22 mJ/m² ali od 20 mJ/m² do 30 mJ/m² ali od 20 mJ/m² do 28 mJ/m² ali od 20 mJ/m² do 26 mJ/m² ali od 20 mJ/m² do 24 mJ/m² ali od 22 mJ/m² do 30 mJ/m² ali od 22 mJ/m² do 28 mJ/m² ali od 22 mJ/m² do 26 mJ/m² ali od 24 mJ/m² do 30 mJ/m² ali od 24 mJ/m² do 28 mJ/m² ali od 26 mJ/m² do 30 mJ/m². V določenih izvedbah, je površinska energija, merjeno po DVS, manjša od 30 mJ/m² ali manjša od 28 mJ/m² ali manjša od 26 mJ/m² ali manjša od 24 mJ/m² ali manjša od 22 mJ/m². Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov.

[0026] Tlak razprševanja vode je merilo energije interakcije med površino saj (ki ne absorbira vode) in vodne pare. Tlak razprševanja se meri z opazovanjem povečanja mase vzorca medtem, ko adsorbira vodo iz nadzorovane atmosfere. V testu se relativna vlažnost (RH) atmosfere okoli vzorca poveča z 0% (čisti dušik) na približno 100% (z vodo nasičen dušik). Če sta vzorec in atmosfera vedno v ravnotežju, je tlak razprševanja vode (π_e) vzorca definiran kot:

$$\pi_e = \frac{RT}{A} \int_{\square}^{\text{Po}} \Gamma d \ln P$$

kjer je R plinska konstanta, T je temperatura, A je področje površine BET vzorca, kot je tu opisano, Γ je količina adsorbirane vode na vzorcu (pretvorjeno v mol/gm), P je parcialni tlak vode v atmosferi in P_o je tlak nasičenja pare v atmosferi. V praksi je ravnotežna adsorpcija vode na površino merjena pri enem ali (prednostno) pri več diskretnih parcialnih tlakih, integral pa je ocenjen s površino pod krivuljo.

[0027] Postopek merjenja tlaka razprševanja vode je podrobno opisan v "Dynamic Vapor Sorption Using Water, Standard Operating Procedure", rev. Feb. 8, 2005 (v celoti vključeno kot referenca) in je tu povzeto. Pred analizo, smo 100 mg saj za analizo sušili v pečici pri 125° C 30 minut. Ko smo se prepričali, da je temperatura inkubatorja v napravi Surface Measurement Systems DVS1 (dobavitelja SMS Instruments, Monarch Beach, Calif.) 2 uri stabilna pri 25° C, smo vzorčne lončke dali v vzorčno in v referenčno komoro. Ciljno relativno vlažnost (RH) smo nastavili na 0% za 10 minut, da smo posušili lončke in vzpostavili stabilno izhodiščno maso. Po izpraznitvi statike in tariranju ravnotežja, smo dodali približno 10-12 mg saj v lonček v vzorčni komori. Po zaprtju komore, smo vzorcu pustili, da se uravnoteži pri 0% RH. Po uravnoteženju, smo zabeležili začetno maso vzorca. Relativno vlažnost dušikove atmosfere smo nato postopoma dvigali na ravni približno 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 in 95% RH, pri čemer smo sistemu na vsaki ravni RH omogočili 20 minut, da se uravnoteži. Maso vode, ki je bila adsorbirana na vsaki ravni vlažnosti smo zabeležili, iz tega pa smo izračunali tlak razprševanja vode (glej zgoraj). Meritev smo opravili dvakrat na dveh ločenih vzorcih in poročali povprečno vrednost.

[0028] V različnih izvedbah, so delci saj toplotno obdelani delci saj. "Toplotno obdelani delci saj" so delci saj, ki so bili izpostavljeni "toplotni obdelavi", ki se, kot je uporabljena tukaj, v splošnem nanaša na kasnejšo obdelavo osnovnih delcev saj, ki so predhodno nastali npr. po postopku "furnace black". Toplotna obdelava se lahko pojavi pri inertnih pogojih (to je v atmosferi, ki v bistvu ne vsebuje kisika) in se običajno pojavi v posodi, ki ni posoda v kateri so nastali osnovni delci saj. Inertni pogoji vključujejo, vendar s tem niso omejeni, vakuum in atmosfero inertnega plina, kot so dušik, argon in podobno. V nekaterih izvedbah je toplotna obdelava delcev saj pri inertnih pogojih zmožna zmanjšati število nečistoč (npr. ostanke olja in soli), napake, dislokacije in/ali prekinitve v kristalih saj in/ali povečati stopnjo grafitizacije.

[0029] Temperature toplotne obdelave so lahko različne. V različnih izvedbah, je toplotna obdelava (npr. pri inertnih pogojih) izvedena pri temperaturi vsaj 1.000°C ali vsaj 1.200°C ali vsaj 1.400°C ali vsaj 1.500°C ali vsaj 1.700°C ali vsaj 2.000°C. V nekaterih izvedbah je toplotna obdelava izvedena pri temperaturi v razponu od 1.000°C do 2.500°C, npr. od 1.400°C do 1.600°C. Toplotna obdelava izvedena pri neki temperaturi se nanaša na enega ali več temperaturnih razponov, ki so tu razkriti in lahko

vključuje segrevanje pri stalni temperaturi ali segrevanje pri spreminjanju temperature navzgor ali navzdol, po korakih in/ali na drugačen način.

[0030] Časovna obdobja toplotne obdelave so lahko različna. V določenih izvedbah toplotna obdelava poteka vsaj 15 minut, npr. vsaj 30 minut ali vsaj 1 uro ali vsaj 2 uri ali vsaj 6 ur ali vsaj 24 ur ali kateregakoli izmed teh obdobj do 48 ur v enem ali več tukaj razkritih temperaturnih razponih. V nekaterih izvedbah toplotna obdelava poteka v časovnem obdobju v razponu od 15 minut do vsaj 24 ur, npr. od 15 minut do 6 ur ali od 15 minut do 4 ure ali od 30 minut do 6 ur ali od 30 minut do 4 ure.

[0031] Na splošno toplotna obdelava poteka dokler ne dosežemo ene ali več želenih lastnosti delcev saj (npr. površinsko energijo). Kot primer, med začetnim obdobjem toplotne obdelave, lahko odstranimo testne vzorce toplotno obdelovanih delcev in lahko izmerimo njihove površinske energije. Če izmerjene površinske energije niso kot je želeno, lahko naravnomo različne parameter postopka toplotne obdelave (kot je temperature toplotne obdelave in/ali čas zadrževanja), dokler ne dosežemo zelene površinske energije.

[0032] V različnih izvedbah, neodvisno ali poleg tega, da imajo zgradbo, površinsko energijo in/ali vsebnost kisika, kot je tukaj opisano, imajo delci saj širok razpon celotnih površin Brunauer-Emmett-Teller (BET). Ne glede na teorijo, se domneva da, tekom uporabe baterije, potekajo stranske kemične reakcije, ki se lahko pojavijo v bateriji, ki poslabša njeno delovanje. Uporaba delcev z manjšimi površinami lahko izboljša delovanje baterija, zaradi manjšega števila mest na površini, kjer se lahko pojavijo te neželene stranske reakcije. Vendar bi morala velikost površin delcev biti uravnotežena tako, da delci lahko učinkovito prekrivajo in/ali premostijo elektroaktivni material in zagotovijo želeno prevodnost elektrode. V nekaterih izvedbah imajo delci saj velikost površine BET v razponu od 30 do 1400 m²/g. Velikost površine BET ima lahko ali vključuje, na primer, enega izmed naslednjih razponov: od 30 do 1.300 m²/g ali od 30 do 1.200 m²/g ali od 30 do 1.100 m²/g ali od 30 do 1.000 m²/g ali od 30 do 900 m²/g ali od 30 do 800 m²/g ali od 30 do 700 m²/g ali od 30 do 600 m²/g ali od 30 do 500 m²/g ali od 30 do 400 m²/g ali od 30 do 300 m²/g ali od 30 do 150 m²/g ali od 50 do 150 m²/g ali od 200 do 1.400 m²/g ali od 200 do 1.300 m²/g ali od 200 do 1.200 m²/g ali od 200 do 1.100 m²/g ali od 200 do 1.000 m²/g ali od 200 do 900 m²/g ali od 200 do 800 m²/g ali od 200 do 700 m²/g ali od 200 do 600 m²/g ali od 200 do 500 m²/g ali od 200 do 400

m^2/g ali od 300 do 1.400 m^2/g ali od 300 do 1300 m^2/g ali od 300 do 1.200 m^2/g ali od 300 do 1.100 m^2/g ali od 300 do 1.000 m^2/g ali od 300 do 900 m^2/g ali od 300 do 800 m^2/g ali od 300 do 700 m^2/g ali od 300 do 600 m^2/g ali od 300 do 500 m^2/g ali od 400 do 1.400 m^2/g ali od 400 do 1.300 m^2/g ali od 400 do 1.200 m^2/g ali od 400 do 1.100 m^2/g ali od 400 do 1.000 m^2/g ali od 400 do 900 m^2/g ali od 400 do 800 m^2/g ali od 400 do 700 m^2/g ali od 400 do 600 m^2/g ali od 500 do 1.400 m^2/g ali od 500 do 1.300 m^2/g ali od 500 do 1.200 m^2/g ali od 500 do 1.100 m^2/g ali od 500 do 1.000 m^2/g ali od 500 do 900 m^2/g ali od 500 do 800 m^2/g ali od 500 do 700 m^2/g ali od 600 do 1.400 m^2/g ali od 600 do 1.300 m^2/g ali od 600 do 1.200 m^2/g ali od 600 do 1.100 m^2/g ali od 600 do 1.000 m^2/g ali od 600 do 900 m^2/g ali od 600 do 800 m^2/g ali od 700 do 1.400 m^2/g ali od 700 do 1.300 m^2/g ali od 700 do 1.200 m^2/g ali od 700 do 1.100 m^2/g ali od 700 do 1.000 m^2/g ali od 700 do 900 m^2/g ali od 800 do 1.400 m^2/g ali od 800 do 1.300 m^2/g ali od 800 do 1.200 m^2/g ali od 800 do 1.100 m^2/g ali od 800 do 1.000 m^2/g ali od 900 do 1.400 m^2/g ali od 900 do 1.300 m^2/g ali od 900 do 1.200 m^2/g ali od 900 do 1.100 m^2/g .
 Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov. Vse tukaj razkrite vrednosti velikosti površine BET se nanašajo na velikost površine BET dušika in so določene po ASTM D6556-10, ki je tu v celoti vključen kot referenca.

[0033] V nekaterih izvedbah, neodvisno ali poleg tega, da imajo zgradbo, površinsko energijo in/ali velikost površine BET, kot je tukaj opisano, imajo delci saj relativno nizko vsebnost kisika, kar lahko kaže na čistost delcev in prevodniške lastnosti. V nekaterih izvedbah, imajo saje vsebnost kisika manjšo od ali enako 3 masnim odstotkom ali manjšo ali enako 1,0 masnemu odstotku ali manjšo ali enako 0,8 masnega odstotka ali manjšo ali enako 0,6 masnega odstotka ali manjšo ali enako 0,4 masnega odstotka ali manjšo ali enako 0,06 masnega odstotka ali manjšo ali enako 0,03 masnega odstotka. Vsebnost kisika je lahko ali na primer vključuje enega izmed naslednjih razponov: od 0,001 do 3 masnih odstotkov ali od 0,001 do 2 masnih odstotkov ali od 0,001 do 1 masnega odstotka ali od 0,01 do 3 masnih odstotkov ali od 0,01 do 2 masnih odstotkov ali od 0,01 do 1 masnih odstotkov ali od 0,01 do 0,8 masnih odstotkov ali od 0,01 do 0,6 masnih odstotkov ali od 0,01 do 0,4 masnih odstotkov. Vsebnost kisika lahko ugotovimo s pomočjo fuzije z žlahtnim plinom, kjer vzorec saj izpostavimo zelo visokim temperaturam (npr. približno 3.000°C) pri pogojih žlahtnega plina. Kisik v vzorcu reagira z ogljikom, da tvori CO in CO₂, ki ju lahko spremljamo z

nedisperzno infrardečo tehniko. Skupno vsebnost kisika poročamo v utežnih odstotkih glede na skupno težo vzorca. V tehniki so poznane in komercialno dostopne različne naprave za analizo s postopkom fuzije z žlahtnim plinom, na primer analizator LECO® TCH600.

[0034] Koncentracije ogljikovih delcev v sestavkih so lahko različne, v odvisnosti od specifične vrste ogljikovih delcev in od specifične vrste in koncentracije disperzijskega sredstva, polimera in topila. V nekaterih izvedbah sestavki vsebujejo več kot 0,1 masnega odstotka, npr. od 0,1 do 30 masnih odstotkov, ogljikovih delcev. Kot primer, lahko sestavki vsebujejo od 1 masnega odstotka do 30 masnih odstotkov delcev saj ali od 0,1 masnega odstotka do 15 masnih odstotkov ogljikovih nanocevk in/ali ogljikovih nanostruktur.

[0035] Disperzijsko sredstvo v splošnem vsebuje material, ki je zmožen olajšati disperzijo ogljikovega materiala v topilu (npr. preko mehanizma sterične ovire in/ali mehanizma elektrostatičnega naboja), ob vzdrževanju dovolj nizke viskoznosti sestavkov, da je omogočena praktična obdelava sestavkov za izdelavo elektrod za baterije. V nekaterih izvedbah imajo sestavki, ki vsebujejo ogljikove delce, enega ali več disperzijskih sredstev, enega ali več so-disperzijskih sredstev, polimer in topilo, viskoznost enako ali manjšo od 200.000 cP pri hitrosti striženja $0,1 \text{ s}^{-1}$, na primer, vsaj 500 cP pri hitrosti striženja $0,1 \text{ s}^{-1}$, izmerjeno pri 25°C z uporabo reometra s ploščo z nazobčano geometrijo TA AR2000ex, kot je opisano v primeru 1. Viskoznost pri hitrosti striženja $0,1 \text{ s}^{-1}$ lahko ima ali vključuje, na primer, enega izmed naslednjih razponov: od 10.000 cP do 150.000 cP; ali od 10.000 cP do 140.000 cP; ali od 10.000 cP do 120.000 cP; ali od 10.000 cP do 100.000 cP; ali od 10.000 cP do 90.000 cP; ali od 10.000 cP do 80.000 cP; ali od 10.000 cP do 70.000 cP; ali od 10.000 cP do 60.000 cP; ali od 10.000 cP do 50.000 cP; ali od 10.000 cP do 40.000 cP; ali od 10.000 cP do 30.000 cP; ali od 10.000 cP do 20.000 cP; ali od 30.000 cP do 150.000 cP; ali od 30.000 cP do 130.000 cP; ali od 30.000 cP do 110.000 cP; ali od 30.000 cP do 90.000 cP; ali od 30.000 cP do 70.000 cP; ali od 30.000 cP do 50.000 cP; ali od 50.000 cP do 150.000 cP; ali od 50.000 cP do 130.000 cP; ali od 50.000 cP do 110.000 cP; ali od 50.000 cP do 90.000 cP; ali od 50.000 cP do 70.000 cP; ali od 70.000 cP do 150.000 cP; ali od 70.000 cP do 130.000 cP; ali od 70.000 cP do 110.000 cP; ali od 70.000 cP do 90.000 cP; ali od 90.000 cP do 150.000 cP; ali od 90.000 cP do 130.000 cP; ali od 90.000 cP do 110.000

cP; ali od 110.000 cP do 150.000 cP; ali od 110.000 cP do 150.000 cP; ali od 110.000 cP do 130.000 cP; ali od 130.000 cP do 150.000 cP.

[0036] V različnih izvedbah, lahko sestavke opišemo kot suspenzijo ali pasto, ki je lahko takoj naneseemo ali z njo oplaščimo prevodni substrat, da tvorimo elektrodo, v nasprotju z blatom, ki je pregosto ali viskozno za učinkovito uporabo med proizvodnjo. Poleg sposobnosti, da dispergira ogljikove delce, je disperzijsko sredstvo prednostno termično stabilno, je elektrokemično inertno in/ali minimalno posega v električno prevodnost ogljikovih delcev. Termično stabilno ali nehlapljivo disperzijsko sredstvo omogoča, da topilo (kot npr. N-metilpirolidon) odstranimo in recikliramo med izdelavo elektrode, brez odstranjevanja in/ali razgradnje disperzijskega sredstva. “Elektrokemično inertno” pomeni, da je disperzijsko sredstvo stabilno med normalno uporabo baterije (npr. se ne razgradi ali oksidira pri ali pod delovno napetostjo baterije), ker taka razgradnja lahko negativno vpliva na delovanje baterije. Poleg tega, ker disperzijsko sredstvo prekriva vsaj dele ogljikovih delcev, da delce dispergira, disperzijsko sredstvo moti ali zmanjšuje prevodne kontaktne površine, ki so delcem na voljo. Bolje je izbrati disperzijsko sredstvo, ki minimalno posega v električno prevodnost ogljikovih delcev. V izvedbi, v kateri sestavki nadalje vsebujejo enega ali več elektroaktivnih materialov, je disperzijsko sredstvo (npr. sukcinilirana etil celuloza) zmožno zmanjšati fazno ločevanje in/ali usedanje elektroaktivnega materiala, kot je prikazano spodaj. Primeri disperzijskih sredstev vključujejo celulozna disperzijska sredstva, kot na primer metil celuloza, karboksimetil celuloza, etil celuloza, hidroksimetil celuloza, hidroksietil celuloza, hidroksipropil celuloza, metilhidroksietil celuloza, metilhidroksipropil celuloza, sukcinilirana etil celuloza, sukcinilirana metil celuloza, sukcinilirana hidroksimetil celuloza, sukcinilirana hidroksietil celuloza in sukcinilirana hidroksipropil celuloza, vinil polimere, kot so na primer smole polivinil butiral vključno s smolami Kuraray Mowital® B14S, B16H, BA 20 S, B 20 H, B30 H, B30 HH, B30 T, B45 H, B60 H, B60 HH, B60 T in B 75 H; proizvodi Eastman Butvar® B-72, B-74, B-76, B-79, B-90 in B-98; polivinil pirolidon vključno s proizvodi Ashland PVP K-12, K-15, K-30, K-60, K-90 in K-120, polivinil kaprolaktam, kopolimere polivinil pirolidona, kot na primer polivinil pirolidon-ko-vinil acetat, butiliran polivinil pirolidon, kot na primer polimer Ganex™ P-904LC, polivinilpolipirolidon, polivinilpirolidon-ko-dimetilaminopropilmetakrilamid, polivinilpirolidon-ko-

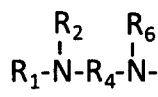
dimetilaminoetilmetakrilat, kopolimere maleinskega imida, kot na primer kopolimer izobutilen-etilmaleimid-hidroksietilmaleimida (proizvod AquaflexTM FX-64), proizvode Croda HypermerTM KD-1, CrystaSenseTM HP5, CrystaSenseTM MP, DisperBYK-2013, 2150, 2152, 2155 in 2200, poli(akrilonitril-ko-butadien), dikarboksi zaključen poli(akrilonitril-ko-butadien), proizvode Zeon BM520B, BM720H in BM730H. Sestavki lahko vsebujejo en sestavek disperzijskega sredstva ali več različnih sestavkov disperzijskih sredstev.

[0037] So-disperzijsko sredstvo je zmožno zmanjšati viskoznost in stabilizirati disperzijo, npr. s preprečevanjem, da disperzija tvori gel. Primeri so-disperzijskih sredstev vključujejo monofunkcionalne molekule z vreliščem nižjim od 200 °C,



, kjer so R_1 , R_2 in R_3 neodvisno lahko vodik ali alkilna skupina, kot na primer $-CH_3$, $-C_2H_5$ in $-C_3H_7$ in je vsaj eden izmed R_1 , R_2 in R_3 alkilna skupina; ciklične molekule na osnovi amino z vreliščem nižjim od 200 °C, kot na primer piperidin in N-metil piperidin; bifunkcionalne molekule s hidroksi in amino skupino, z vreliščem

nižjim od 200 °C, $\begin{array}{c} R_2 \\ | \\ R_1-N-R_4-OH \end{array}$, kjer sta R_1 in R_2 neodvisno lahko vodik ali alkilna skupina, kot na primer $-CH_3$, $-C_2H_5$ in $-C_3H_7$ in R_4 je alkilna skupina, kot na primer $-CH_2$, $-C_2H_4$ in $-C_3H_6$; bifunkcionalne molekule z dvema amino skupinama

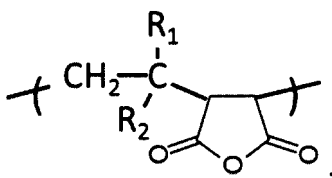


, kjer sta R_1 in R_2 neodvisno lahko vodik ali alkilna skupina, kot na primer $-CH_3$, $-C_2H_5$ in $-C_3H_7$, R_4 je alkilna skupina, kot na primer $-CH_2$, $-C_2H_4$ in $-C_3H_6$, in R_5 in R_6 sta neodvisno lahko vodik ali alkilna skupina, kot na primer $-CH_3$, $-C_2H_5$ in $-C_3H_7$. Sestavki lahko vsebujejo en sestavek so-disperzijskega sredstva ali več različnih sestavkov so-disperzijskih sredstev.

[0038] Skupna koncentracija disperzijskih sredstev in/ali so-disperzijskih sredstev, če so prisotni v sestavkih je lahko različna, v odvisnosti od uporabljenih sestavkov disperzijskih sredstev in/ali so-disperzijskih sredstev in specifičnih vrst in koncentracije ogljikovih delcev, polimera in topila. V nekaterih izvedbah je koncentracija disperzijskih sredstev in/ali so-disperzijskih sredstev najbolj izražena kot utežno razmerje disperzijskih sredstev in/ali so-disperzijskih sredstev proti ogljikovim delcem. Utežno razmerje disperzijskih sredstev in/ali so-disperzijskih sredstev proti

ogljikovim delcem lahko sega od 1:100 do 50:100. Utežno razmerje disperzijskih sredstev in/ali so-disperzijskih sredstev proti ogljikovim delcem ima lahko ali vključuje, na primer, enega izmed naslednjih razponov: 1:100 do 40:100 ali 1:100 do 30:100 ali 1:100 do 20:100 ali 1:100 do 10:100 ali 10:100 do 50:100 ali 10:100 do 40:100 ali 10:100 do 30:100 ali 10:100 do 20:100 ali 20:100 do 50:100 ali 20:100 do 40:100 ali 20:100 do 30:100 ali 30:100 do 50:100 ali 30:100 do 40:100 ali 40:100 do 50:100.

[0039] Če se sedaj vrnemo na polimer, ki vsebuje delež maleinskega anhidrida ali iz maleinskega anhidrida pridobljen polimer, se domneva, da je polimer zmožen ujeti vodo, ki nastane med ciklom baterije in tvoriti litij ion kanale, za oba pojava pa se domneva, da izboljšata delovanje baterije (npr. s povečanjem življenjskega cikla in/ali izboljšanjem zadrževanja zmogljivosti). Polimer ima v splošnem zgradbo:



kjer je R^1 skupina alkileter, R^2 je vodik, itd.. V nekaterih izvedbah, ima polimer številčno povprečje molske mase v razponu od 1.000 Daltonov do 700.000 Daltonov. Primeri polimerov vključujejo poli(etilen maleinski anhidrid), poli(izobutilen maleinski anhidrid), poli(metil vinil eter maleinski anhidrid), poli(oktadecen maleinski anhidrid), poli(maleinski anhidrid), poli(propilen maleinski anhidrid), poliizopren-graft-maleinski anhidrid, poli(vinil acetat maleinski anhidrid) in poli(stiren-ko-maleinski anhidrid). Sestavki lahko vključujejo en sestavek polimera pridobljenega iz maleinskega anhidrida ali več različnih sestavkov polimerov pridobljenih iz maleinskega anhidrida.

[0040] Koncentracija polimera pridobljenega iz maleinskega anhidrida v sestavkih je lahko različna, v odvisnosti od uporabljenih sestavkov polimera in specifične vrste in koncentracije ogljikovih delcev, disperzijskih sredstev, so-disperzijskih sredstev in topila. V nekaterih izvedbah sestavki vsebujejo od 0,1 masnega odstotka do 5,0 masnih odstotkov polimera. Koncentracija polimera v sestavku ima lahko ali vključuje, na primer, enega izmed naslednjih razponov: od 0,1 do 4 masnih odstotkov ali od 0,1 do 3 masnih odstotkov ali od 0,1 do 2 masnih odstotkov ali od 0,1 do 1 masnega odstotka ali od 1 do 5 masnih odstotkov ali od 1 do 4 masnih odstotkov ali od 1 do 3 masnih odstotkov ali od 1 do 2 masnih odstotkov ali od 2 do 5 masnih

odstotkov ali od 2 do 4 masnih odstotkov ali od 2 do 3 masnih odstotkov ali od 3 do 5 masnih odstotkov ali od 3 do 4 masnih odstotkov ali od 4 do 5 masnih odstotkov. V različnih izvedbah je koncentracija polimera izražena kot utežno razmerje disperzijskega sredstva proti ogljikovim delcem. Utežno razmerje polimera proti ogljikovim delcem lahko sega od 0,1:100 do 25:100. Utežno razmerje polimera proti ogljikovim delcem ima lahko ali vključuje, na primer, enega izmed naslednjih razponov: 0,1:100 do 20:100 ali 0,1:100 do 15:100 ali 0,1:100 do 10:100 ali 0,1:100 do 5:100 ali 5:100 do 25:100 ali 5:100 do 20:100 ali 5:100 do 15:100 ali 5:100 do 10:100 ali 10:100 do 25:100 ali 10:100 do 20:100 ali 10:100 do 15:100 ali 15:100 do 25:100 ali 15:100 do 20:100 ali 20:100 do 25:100.

[0041] Topilo je lahko katerakoli tekočina, ki je primerna za uporabo s sestavinami tukaj opisanih sestavkov in jo je mogoče uporabiti za izdelavo predvidene elektrode. Topilo je lahko brezvodno, polarno in/ali aprotično. V nekaterih izvedbah ima topilo visoko volatilitnost tako, da ga med izdelavo lahko enostavno odstranimo (npr. uparimo), s čemer zmanjšamo čas sušenja in stroške izdelave. Primeri topil vključujejo npr. N-metilpirolidon (NMP), aceton, alkohole in vodo.

[0042] Postopki izdelave sestavkov v splošnem vključujejo združevanje sestavin sestavkov in tvorbo homogene mešanice (npr. z mešanjem). Postopki niso posebej omejeni na določen vrstni red dodajanja posameznih sestavin ali na določen način mešanja. Kot primer, disperzijsko sredstvo in ogljikove delce pomešamo v topilu, da dobimo disperzijo in nato v disperzijo dodamo polimer pridobljen iz maleinskega anhidrida.

[0043] Sestavke lahko uporabimo v proizvodnji različnih naprav za shranjevanje energije, kot na primer litij-ionskih baterij. Kot primer, sestavke lahko uporabimo za izdelavo katodnega sestavka za litij ionsko baterijo. Katodni sestavek običajno vsebuje mešanico, ki vsebuje tukaj opisane sestavke, enega ali več elektroaktivnih materialov in neobvezno, vezivo.

[0044] Kot je uporabljen tukaj, izraz "elektroaktiven material" pomeni material sposoben za reverzibilne, faradejske in/ali kapacitivne elektrokemične reakcije. V nekaterih izvedbah je elektroaktiven material spojina na osnovi litijevih ionov. Elektroaktivni materiali, kot so opisani, na primer v ACS Cent. Sci. 2017, 3, 1063-1069, avtorja Manthiram; in v Litij-Ion Batteries: Basics and Applications, Springer Berlin

Heidelberg, Feb. 14, 2018, avtorja Korthauer. Primeri elektroaktivnih materialov vključujejo material izbrane izmed vsaj enega izmed:

- LiMPO_4 , kjer M predstavlja eno ali več kovin, izbranih izmed Fe, Mn, Co in Ni;
- $\text{LiM}'\text{O}_2$, kjer M' predstavlja eno ali več kovin, izbranih izmed Ni, Mn, Co, Al, Mg, Ti, V, Cr, Fe, Zr, Ga in Si;
- $\text{Li}(\text{M}'')_2\text{O}_4$, kjer M'' predstavlja eno ali več kovin, izbranih izmed Ni, Mn, Co, Al, Mg, Ti, V, Cr, Fe, Zr, Ga in Si (npr. $\text{Li}[\text{Mn}(\text{M}'')]_2\text{O}_4$); in
- $\text{Li}_{1+x}(\text{Ni}_y\text{Co}_{1-y-z}\text{Mn}_z)_{1-x}\text{O}_2$, kjer je x od 0 do 1, y je od 0 do 1 in z je od 0 do 1.

[0045] Določenih izvedbah je elektroaktivni material izbran izmed vsaj enega izmed LiNiO_2 ; $\text{LiNi}_x\text{Al}_y\text{O}_2$, kjer je x od 0,8 do 0,99, y je od 0,01 do 0,2 in $x+y=1$; LiCoO_2 "LCO"; LiMn_2O_4 ; Li_2MnO_3 ; $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$; $\text{LiFe}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z\text{PO}_4$, kjer je x od 0,01 do 1, y je od 0,01 do 1, z je od 0,01 do 0,2 in $x+y+z=1$; in $\text{LiNi}_{1-x-y}\text{Mn}_x\text{Co}_y\text{O}_2$, kjer je x od 0,01 do 0,99 in y je od 0,01 do 0,99.

[0046] V drugih izvedbah je elektroaktivni material izbran izmed vsaj enega izmed Li_2MnO_3 ; $\text{LiNi}_{1-x-y}\text{Mn}_x\text{Co}_y\text{O}_2$, kjer je x od 0,01 do 0,99 in y je od 0,01 do 0,99; $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$; $\text{Li}_{1+x}(\text{Ni}_y\text{Co}_{1-y-z}\text{Mn}_z)_{1-x}\text{O}_2$ ("NCM"), $\text{Li}_{1+x}(\text{Ni}_y\text{Co}_{1-y-z}\text{Al}_z)_{1-x}\text{O}_2$ ("NCA", npr. $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$), kjer je x od 0 do 1, y je od 0 do 1 in z je od 0 do 1; in večplastni sestavki vsebujejo vsaj eno fazo Li_2MnO_3 in fazo LiMn_2O_3 . Večplastni sestavki so opisani na primer v reviji Journal of Power Sources, 204 (2012) 200-204, avtorjev West in ostali; in v reviji Journal of The Electrochemical Society, 160 (1) A31-A38 (2013), avtorjev Kim in ostali.

[0047] V nekaterih izvedbah, elektroda vsebuje mešanico aktivnih materialov, ki imajo z nikljem dopiran Mn spinel in večplasten sestavek bogat z Mn. Z nikljem dopiran Mn spinel ima lahko formula $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ in večplastni sestavek bogat z Mn lahko vsebuje fazo Li_2MnO_3 , LiMn_2O_3 ali mešanice, ki imajo formulo $x\text{Li}_2\text{MnO}_3 \cdot (1-x)\text{LiMO}_2$ (M=Ni, Co, Mn), $0 < x < 1$.

[0048] Koncentracija elektroaktivnih materialov v katodnem sestavku ali v elektrodi je lahko različna, v odvisnosti od določene vrste naprave za shranjevanje energije. V nekaterih izvedbah je elektroaktivni material prisoten v katodnem sestavku v količini vsaj 80 masnih odstotkov, glede na skupno težo sestavka, npr. v količini vsaj 90% ali v količini v razponu od 80% do 99% ali v količini v razponu od 90% do 99

masnih odstotkov, glede na skupno težo sestavka. Elektroaktivni material je običajno v obliki delcev. V nekaterih izvedbah imajo elektroaktivni delci distribucijo velikosti delca D_{50} v razponu od 100 nm do 30 μm , npr. D_{50} v razponu od 1 do 15 μm . V drugih izvedbah imajo elektroaktivni delci D_{50} v razponu od 1 do 6 μm , npr. od 1 do 5 μm .

[0049] V nekaterih izvedbah katodni sestavek nadalje vsebuje eno ali več veziv za izboljšanje mehanskih lastnosti oblikovane elektrode. Primeri vezivnih materialov vključujejo, vendar s tem niso omejeni, fluorinirane polimere, kot na primer poli(vinildifluoroetilen) (PVDF), poli(vinildifluoroetilen-ko-heksafluoropropilen) (PVDF-HFP), poli(tetrafluoroetilen) (PTFE), poliimide, kopolimere na osnovi poliakrilonitrila, kot na primer poliakrilonitril-ko-butadien in vodotopna veziva, kot na primer poli(etilen) oksid, polivinil-alkohol (PVA), celuloza, karboksimetilceluloza (CMC), škrob, hidroksipropilceluloza, regenerirana celuloza, polivinil pirolidon (PVP), in njihove kopolimere in mešanice. Druga možna veziva vključujejo polietilen, polipropilen, etilen-propilen-dien terpolimer (EPDM), sulfoniran EPDM, gumo stiren-butadien (SBR) in fluoro gumo in njihove kopolimere in mešanice. V nekaterih izvedbah je vezivo prisotno v katodnem sestavku v količini od 1 do 10 masnih odstotkov.

[0050] Elektrodni (npr. katodni) sestavek je lahko izdelan s homogeno intersperzijo (npr. z enakomernim mešanjem) tukaj opisanih sestavkov z elektroaktivnim materialom. V nekaterih izvedbah, je vezivo prav tako homogeno interspergirano s tukaj opisanimi sestavki in elektroaktivnim materialom. Elektrodni sestavek ima lahko obliko paste ali suspenzije, v kateri so združeni delci elektroaktivnega materiala, ogljikovi delci, disperzijska sredstva, polimeri pridobljeni iz maleinskega anhidrida, topilo in vezivo (če je prisotno). Sestavine elektrodnega sestavka lahko mešamo v kakršnemkoli vrstnem redu, dokler je dobljena mešanica v bistvu homogena, kar lahko dosežemo s stresanjem, mešanjem, itd.. V nekaterih izvedbah je elektrodni sestavek trdna snov, ki nastane z odstranjevanjem topila iz paste ali suspenzije.

[0051] V nekaterih izvedbah je elektroda izdelana z nanašanjem paste na električno prevoden substrat (npr. aluminijev tokovni kolektor), čemur sledi odstranjevanje topila. V nekaterih izvedbah vsebuje pasta dovolj trdne snovi da omogoča nanašanja na substrat in obenem minimizira nastajanje inherentnih napak (npr.

pokanje), kar lahko nastane z manj viskozno pasto (npr. z manjšo vsebnostjo trdne snovi). Poleg tega, višja vsebnost trdne snovi zmanjša količino potrebnega topila. Topilo je odstranjeno s sušenjem paste, ali pri pogojih z nizko temperaturnim segrevanjem, npr. pri temperaturah v razponu od 20° do 100°C. Deponirani katodni/tokovni kolektor je lahko odrezan na želene velikosti, čemur neobvezno sledi kalandriranje.

[0052] Izdelano elektrodo lahko vgradimo v litij ionsko baterijo po postopkih, ki so v tehniki poznani, na primer, kot je opisano v “Litij Ion Battery Fundamentals and Applications,” avtorja Yuping Wu, CRC press, (2015).

[0053] Možne so tudi druge izvedbe. V nekaterih izvedbah na primer, tukaj opisani sestavki sestojijo ali v bistvu sestojijo iz (1) ogljikovih delcev, kot so opisani tukaj, (2) enega ali več disperzijskih sredstev, kot so opisana tukaj, (3) enega ali več so-disperzijskih sredstev, kot so opisana tukaj, (4) enega ali več polimerov pridobljenih iz maleinskega anhidrida, kot so opisani tukaj in (5) topila, kot je opisano tukaj.

[0054] Kot naslednji primer, sestavki vsebujejo (1) ogljikove delce, kot je opisano tukaj, (2) eno ali več disperzijskih sredstev, kot je opisano tukaj, (3) enega ali več so-disperzijskih sredstev, kot je opisano tukaj in (4) topilo, kot je opisano tukaj, to je, sestavki ne vsebujejo polimera pridobljenega iz maleinskega anhidrida. Ti sestavki lahko vsebujejo od 5 do 25 masnih odstotkov ogljikovih delcev in od 0,2 do 5 masnih odstotkov disperzijskih sredstev in/ali so-disperzijskih sredstev, glede na celotno maso sestavkov. Ti sestavki imajo lahko utežno razmerje disperzijskega sredstva in/ali so-disperzijskega sredstva proti ogljikovim delcem v razponu od 3:100 do 50:100. Utežno razmerje disperzijskega sredstva in/ali so-disperzijskega sredstva proti ogljikovim delcem je lahko ali vključuje, na primer, enega izmed naslednjih razponov: 3:100 do 40:100 ali 3:100 do 30:100 ali 3:100 do 20:100 ali 3:100 do 10:100 ali 10:100 do 50:100 ali 10:100 do 40:100 ali 10:100 do 30:100 ali 10:100 do 20:100 ali 20:100 do 50:100 ali 20:100 do 40:100 ali 20:100 do 30:100 ali 30:100 do 50:100 ali 30:100 do 40:100 ali 40:100 do 50:100. Ti sestavki lahko sestojijo ali v bistvu sestojijo iz (1) ogljikovih delcev, kot je opisano tukaj, (2) enega ali več disperzijskih sredstev in/ali so-disperzijskih sredstev, kot je opisano tukaj in (3) topila, kot je opisano tukaj.

[0055] Kot drug primer sestavki vsebujejo (1) ogljikove delce, kot je opisano tukaj, (2) enega ali več polimerov pridobljenih iz maleinskega anhidrida, kot je opisano

tukaj in (3) topilo, kot je opisano tukaj, to je, sestavki ne vsebujejo disperzijskega sredstva in/ali a so-disperzijskega sredstva. Ti sestavki lahko vsebujejo od 5 do 25 masnih odstotkov ogljikovih delcev in od 0,1 do 10 masnih odstotkov polimerov, glede na celotno maso sestavkov. Ti sestavki imajo lahko utežno razmerje polimera proti ogljikovim delcem v razponu od 0,4:100 do 50:100. utežno razmerje polimera proti ogljikovim delcem je lahko ali vključuje, na primer, enega izmed naslednjih razponov: 3:100 do 40:100 ali 3:100 do 30:100 ali 3:100 do 20:100 ali 3:100 do 10:100 ali 10:100 do 50:100 ali 10:100 do 40:100 ali 10:100 do 30:100 ali 10:100 do 20:100 ali 20:100 do 50:100 ali 20:100 do 40:100 ali 20:100 do 30:100 ali 30:100 do 50:100 ali 30:100 do 40:100 ali 40:100 do 50:100. Ti sestavki lahko sestojijo ali v bistvu sestojijo iz (1) ogljikovih delcev, kot je opisano tukaj, (2) enega ali več polimerov pridobljenih iz maleinskega anhidrida, kot je opisano tukaj in (3) topila, kot je opisano tukaj.

[0056] V drugih izvedbah, so tukaj opisani sestavki uporabljeni (npr. vgrajeni) v elektrode drugih naprav za shranjevanje energije, kot na primer, primarne alkalne baterije, primarne litijeve baterije, baterije nikelj-metal hidrid, natrijeve baterije, litij-žveplove baterije, baterije litij-zrak in v superkondenzatorje. Postopki izdelave takih baterij so v tehniki poznani in so opisani, na primer v "Battery Reference Book," avtorja TR Crompton, Newness (2000).

Primeri

[0057] Primer 1

[0058] Disperzija prevodnega ogljikovega aditiva z uporabo poli(vinilpirolidon)-a.

[0059] Pred pripravo disperzije, smo v 100 ml posodo dali 6 gramov LITX[®] HP prevodnega ogljikovega aditiva (CCA) (proizvajalca Cabot Corporation), uprašenega z mletjem s curkom in ga sušili v vakuumski pečici pri 100°C 16 ur. 10 masnih odstotkov raztopine disperzijskega sredstva smo izdelali z raztapljanjem 10 gramov poli(vinilpirolidon)-a (PVP, molska masa 40.000 g/mol, proizvajalca Aldrich-Sigma) z 90 grammi n-metil pirolidina (NMP) v 500-ml čaši. Nato smo 8 gramov 10% (masa) raztopine PVP/NMP prenesli v posodo s 6 grammi praška LITX[®] HP, skupaj z 26 g NMP. Dobljeno mešanico smo 12 minut mešali v planetarnem mešalcu Thinky, z medijem iz volframovega karbida pri številu obratov 2.000 min⁻¹. Dobljena disperzija

sestavljena iz 15 masnih odstotkov LITX® HP CCA in 2 masnih odstotkov PVP imenujemo disperzija A. Reologijo smo merili pri 25°C z uporabo reometra TA AR2000ex, opremljenega s 40 mm jekleno ploščo z nazobčano geometrijo. Uporabili smo pred strig pri hitrosti striženja 50 s^{-1} 30 sekund, čemur je sledilo postopno povečanje striga od $0,01 \text{ s}^{-1}$ do 1000 s^{-1} . Rezultati so prikazani na sliki 1. Viskoznost disperzije $47.000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ smo zabeležili pri hitrosti striženja $0,1 \text{ s}^{-1}$.

[0060] Primer 2

[0061] Disperzija prevodnega ogljikovega aditiva z uporabo etil celuloze.

[0062] Izdelali smo disperzijo po enakem postopku kot v primeru 1, razen, da smo kot disperzijsko sredstvo namesto PVP uporabili etil celulozo (viskoznost 4 cp, proizvajalca Dow Chemical) in dobljeni sestavek je vseboval 20 masnih odstotkov LITX® HP CCA z 2 masnimi odstotki etil celuloze. Viskoznost te disperzije je bila $143.000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ pri $0,1 \text{ s}^{-1}$, kot je prikazano na sliki 1. To dobljeno disperzijo smo poimenovali disperzija B.

[0063] Primer 3

[0064] Disperzija prevodnega ogljikovega aditiva z uporabo etil celuloze.

[0065] Izdelali smo disperzijo po enakem postopku kot v primeru 2, razen, da je dobljeni sestavek vseboval 15 masnih odstotkov ogljikovega aditiva LITX® HP z 0,9 masnega odstotka etil celuloze. Viskoznost te disperzije je bila $14.400 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ pri $0,1 \text{ s}^{-1}$, kot je prikazano na sliki 1. To dobljeno disperzijo imenujemo disperzija C.

[0066] Primer 4

[0067] Disperzija prevodnega ogljikovega aditiva z uporabo sukcinilirane etil celuloze.

[0068] Sukcinilirano etil celulozo (SEC) smo pripravili kot sledi. V 100 ml plastični posodi smo pomešali 0,42 g etil celuloze (viskoznost 4cp, proizvajalca Dow Chemical) in 0,12 g sukcininskega anhidrida s 33,46 g topila NMP. To mešanico smo za 16 ur dali v pečico s temperature 60°C ur. Po ohlajanju mešanice na temperaturo okolice smo v mešanico dodali 6,0 gramov s curkom zmletega prevodnega ogljikovega aditiva LITX® HP. Dobljeno mešanico smo mešali 12 minut v planetarnem mešalniku Thinky z medijem iz volframovega karbida pri številu obratov 2.000 min^{-1} . Zabeležena viskoznost disperzije je bila $15.180 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ pri hitrosti striženja $0,1 \text{ s}^{-1}$.

[0069] Primer 5

[0070] Disperzija prevodnega ogljikovega aditiva z uporabo mešanice etil celuloze in sukcinskega anhidrida.

[0071] Izdelali smo disperzijo po enakem postopku kot v primeru 4, razen, da mešanice etil celuloze in sukcinskega anhidrida nismo segrevali. Zabeležena viskoznost disperzije je bila 16.300 mPa·s pri hitrosti striženja $0,1 \text{ s}^{-1}$.

[0072] Primer 6

[0073] Disperzija prevodnega ogljikovega aditiva z uporabo sukcinilirane etil celuloze s poli(metil vinil eter-alt-maleinskim anhidridom).

[0074] Sukcinilirano etil celulozo (SEC) smo pripravili z uporabo enakega postopka kot v primeru 4. V 100 ml plastični posodi smo pomešali 0,772 g sukcinilirane etil celuloze z 32 g topila NMP in nato smo v mešanico dodali 7,2 grama s curkom mletega prevodnega ogljikovega aditiva LITX® HP. Dobljeno mešanico smo mešali 12 minut v planetarnem mešalniku Thinky z medijem iz volframovega karbida pri številu obratov 2.000 min^{-1} . Nato smo v dobljeno mešanico dodali 0,08 grama poli(metil vinil eter-alt-maleinskega anhidrida) (PMVEMA) in ponovno mešali 1 minuto v mešalniku Thinky pri številu obratov 2.000 min^{-1} . Zabeležena viskoznost disperzije je bila 25.800 mPa·s pri hitrosti striženja $0,1 \text{ s}^{-1}$, kot je prikazano na sliki 1. To dobljeno disperzijo imenujemo disperzija D.

[0075] Primer 7

[0076] Disperzija prevodnega ogljikovega aditiva z uporabo polivinil butirala (PVB).

[0077] Izdelali smo disperzijo po enakem postopku kot v primeru 2, razen, da je dobljeni sestavek vseboval 15 masnih odstotkov ogljikovega aditiva LITX® HP z 1,0 masnega odstotka PVB (proizvod Kuraray Mowital® B60 HH). Viskoznost te disperzije je bila 21.700 mPa·s pri $0,1 \text{ s}^{-1}$.

[0078] Primer 8

[0079] Disperzija prevodnega ogljikovega aditiva, kjer smo kot komponento uporabili proizvod Croda Hypermer™ KD-1.

[0080] Izdelali smo disperzijo po enakem postopku kot v primeru 2, razen, da je dobljeni sestavek vseboval 15 masnih odstotkov ogljikovega aditiva LITX® HP z 0,6 masnega odstotka etil celuloze in 0,6 masnega odstotka proizvoda Croda Hypermer™

KD-1. Viskoznost te disperzije je bila 50.230 mPa·s pri $0,1 \text{ s}^{-1}$, kot je prikazano na sliki 1.

[0081] Primer 9

[0082] Disperzija prevodnega ogljikovega aditiva, kjer smo kot komponento uporabili disperzijsko sredstvo DisperBYK-2155.

[0083] Izdelali smo disperzijo po enakem postopku kot v primeru 8, razen, da je dobljeni sestavek vseboval 15 masnih odstotkov ogljikovega aditiva LITX® HP z 0,6 masnega odstotka etil celuloze in 0,6 masnega odstotka proizvoda DisperBYK-2155. Viskoznost te disperzije je bila 49.900 mPa·s pri $0,1 \text{ s}^{-1}$.

[0084] Primer 10

[0085] Disperzija prevodnega ogljikovega aditiva z uporabo etil celuloze z disperzijskim sredstvom DisperBYK-2155 z drugačnim razmerjem.

[0086] Izdelali smo disperzije po enakem postopku kot v primeru 9, razen, da so dobljeni sestavki vsebovali 15 masnih odstotkov ogljikovega aditiva LITX® HP z 1,2 masnega odstotka skupnega disperzijskega sredstva z razmerji etil celuloze proti DisperBYK-2155 0,875 oziroma 0,714. Viskoznosti disperzij so bile 52.030 mPa·s pri $0,1 \text{ s}^{-1}$ za razmerje disperzijskega sredstva 0,875 in 103.00 mPa·s za razmerje disperzijskega sredstva 0,714.

[0087] Primer 11

[0088] Disperzija prevodnega ogljikovega aditiva, kjer smo kot komponento uporabili disperzijsko sredstvo Croda CrystaSense™ HP5.

[0089] Izdelali smo disperzijo po enakem postopku kot v primeru 9, razen, da je dobljeni sestavek vseboval 15 masnih odstotkov ogljikovega aditiva LITX® HP z 0,6 masnega odstotka etil celuloze in 0,6 masnega odstotka disperzijskega sredstva CrystaSense™ HP5. Viskoznost te disperzije je bila 37.330 mPa·s pri $0,1 \text{ s}^{-1}$.

[0090] Primer 12

[0091] Disperzija prevodnega ogljikovega aditiva z uporabo disperzijskega sredstva CrystaSense™ MP.

[0092] Izdelali smo disperzijo po enakem postopku kot v primeru 9, razen, da je dobljeni sestavek vseboval 15 masnih odstotkov ogljikovega aditiva LITX® HP z 0,6 masnega odstotka etil celuloze in 0,6 masnega odstotka disperzijskega sredstva CrystaSense™ MP. Viskoznost te disperzije je bila 87.200 mPa·s pri $0,1 \text{ s}^{-1}$.

[0093] Primer 13

[0094] Disperzija prevodnega ogljikovega aditiva, kjer smo kot komponento uporabili N-etil izopropilamin.

[0095] Izdelali smo disperzijo po enakem postopku kot v primeru 9, razen, da je dobljeni sestavek vseboval 15 masnih odstotkov ogljikovega aditiva LITX® HP z 0,6 masnega odstotka etil celuloze, 0,6 masnega odstotka disperzijskega sredstva DisperBYK-2155 in 0,05 masnega odstotka N-etilizopropilamina. Viskoznost te disperzije je bila 24.790 mPa·s pri 0,1 s⁻¹.

[0096] Primer 14

[0097] Disperzija prevodnega ogljikovega aditiva, kjer smo kot komponento uporabili 1-etilpropilamin.

[0098] Izdelali smo disperzijo po enakem postopku kot v primeru 14, razen, da je dobljeni sestavek vseboval 0,05 masnega odstotka 1-etilpropilamina namesto N-etilizopropilamina. Viskoznost te disperzije je bila 17.190 mPa·s pri 0,1 s⁻¹.

[0099] Primer 15

[0100] Disperzija prevodnega ogljikovega aditiva, kjer smo kot komponento uporabili 2-amino-2-metil-1-propanol.

[0101] Izdelali smo disperzijo po enakem postopku kot v primeru 14, razen, da je dobljeni sestavek vseboval 0,05 masnega odstotka 2-amino-2-metil-1-propanola namesto N-etilizopropilamin. Viskoznost te disperzije je bila 14.700 mPa·s pri 0,1 s⁻¹.

[0102] Primer 16

[0103] Disperzija prevodnega ogljikovega aditiva, kjer smo kot komponento uporabili N-metilpiperidin.

[0104] Izdelali smo disperzijo po enakem postopku kot v primeru 14, razen, da je dobljeni sestavek vseboval 0,05 masnega odstotka N-metilpiperidina namesto N-etilizopropilamina. Viskoznost te disperzije je bila 33.520 mPa·s pri 0,1 s⁻¹.

[0105] Primer 17

[0106] Disperzija prevodnega ogljikovega aditiva, kjer smo kot komponento uporabili dikarboksi-zaključen poli(akrilonitril-ko-butadien).

[0107] Izdelali smo disperzijo po enakem postopku kot v primeru 9, razen, da je dobljeni sestavek vseboval 12 masnih odstotkov LITX HP z 0,6 masnega odstotka

etil celuloze in 0,6 masnega odstotka dikarboksi-zaključenega poli(akrilonitril-ko-butadiena). Viskoznost te disperzije je bila 28.000 mPa·s pri 0,1 s⁻¹

[0108] Primer 18

[0109] Disperzija prevodnega ogljikovega aditiva, kjer smo kot komponento uporabili disperzijsko sredstvo Zeon BM730H.

[0110] Izdelali smo disperzijo po enakem postopku kot v primeru 9, razen, da je dobljeni sestavek vseboval 0,6 masnega odstotka disperzijskega sredstva Zeon BM730H namesto disperzijskega sredstva DisperBYK-2155. Viskoznost te disperzije je bila 50.300 mPa·s pri 0,1 s⁻¹.

[0111] Primer 19

[0112] Disperzija prevodnega ogljikovega aditiva, kjer smo kot komponenti uporabili disperzijsko sredstvo Zeon BH730H in 2-amino-2-metil-1-propanol.

[0113] Izdelali smo disperzijo po enakem postopku kot v primeru 18, razen, da je dobljeni sestavek vseboval dodatnega 0,05 masnega odstotka 2-amino-2-metil-1-propanola. Viskoznost te disperzije je bila 21.700 mPa·s pri 0,1 s⁻¹.

[0114] Primer 20

[0115] Katodna gošča, priprava elektrode in sestava gumbaste celice.

[0116] Predmešano 10 % (masa) raztopino PVDF/NMP smo izdelali z raztapljanjem 10 g PVDF (Kynar[®] HSV-900, proizvajalca Arkema) v 90 g topila NMP. Nato smo 3,2 g 10 % (masa) raztopine PVDF prenesli v 3.84 g topila NMP skupaj z 1.6 g disperzije B, izdelane v skladu s primerom 2, v plastično posodo. Da smo zagotovili temeljito mešanje PVDF in prevodnega ogljikovega aditiva LITX HP (CCA), smo mešanico mešali 12 minut v planetarnem mešalniku Thinky z medijem iz volframovega karbida, pri številu obratov 2.000 min⁻¹. Nato smo dodali 31.36 aktivnega materiala LiNi_{0.6}Co_{0.2}Mn_{0.2}O₂ (NCM 622) (Targray) v predmešano mešanico PVDF/LITX HP CCA/NMP in ponovno mešali 12 minut v planetarnem mešalniku Thinky pri številu obratov 2.000 min⁻¹. Dobro premešano goščo smo nato ulili na aluminijasto folijo z uporabo postopka z zdravniškim rezilom in 10 minut sušili v konvekcijski pečici pri 90 °C. S spreminjanjem višine rezila so bili vsi elektrodni filmi uliti s približno enako vsebnostjo aktivnega materiala (približno 30 mg/cm²). V pečici sušene elektrodne pole smo nato kalendirali do debeline 125 mikronov. Kalendirane elektrodne pole smo temeljito sušili 16 ur v vakuumu pri 100°C.

[0117] Polne gumbaste celice smo sestavili iz zgoraj omenjenih elektrodnih pol in grafitnih anod. Grafitne anode so vsebovale 95 masnih odstotkov grafita, 4,5 masnega odstotka karboksi metilceluloze in gume stiren butadien, kot vezivi in 0,5 masnih odstotkov prevodnih saj. Kapaciteta grafitne anode na območje je bila malo višja od katode, da preprečimo nalaganje litija. Kot ločevalnik smo uporabili steklena vlakna Whatman. Kot elektrolit smo uporabili 1M LiPF₆ v mešanici etilen karbonat/dimetil karbonat/etil metil karbonat v volumetričnem razmerju 1:1:1 z 1 masnim odstotkom vinilen karbonata.

[0118] Za polne celice smo izvedli dva cikla formiranja pri C/5, da smo zagotovili popolno formiranje površinskih filmov za katodo in za anodo. Omejitev polnilne napetosti je bila nastavljena na 4,2 V in omejitev napetosti praznjenja je bila 2.8 V proti Li/Li⁺. Za oceno kapacitete celic smo uporabili nominalno kapaciteto praznjenja. Dolgotrajno polnjenje/praznjenje polnih celic smo izvedli z nabojem 1 C do 4.3 V, čemur je sledilo praznjenje z 1 C do 2.7 V 300 ciklov.

[0119] Primer 21

[0120] Katoda izdelana z disperzijo D je pokazala prednosti pred disperzijo B v smislu življenjske dobe.

[0121] Celice izdelane z disperzijo B in disperzijo D smo testirali na cikle delovanja baterije, kot je opisano v primeru 5. Med testom ciklov polnjenja/praznjenja, smo ugotovili ohranjanje kapacitete praznjenja iz razmerja med kapaciteto praznjenja v prvem ciklu in v izbranem ciklu. Povprečno ohranjanje kapacitete na osnovi petih celic izdelanih z disperzijo B je bilo 75% pri stotem ciklu in 72% pri dvestotem ciklu. Znatno izboljšanje smo ugotovili pri zgodnejših ciklih pri celicah izdelanih z disperzijo D. Pri stotih ciklih je povprečno ohranjanje kapacitete celic na osnovi disperzije D bilo 86% in pri dvestotih ciklih, je povprečno ohranjanje kapacitete celic ostalo pri 80%. (SLIKA 2)

[0122] Primer 22

[0123] Usedanje katodne gošče

[0124] Ko izdelujemo katodno goščo, je zaželeno, da so skladiščno stabilne do enega tedna po začetni proizvodnji. Katodne gošče prednostno izkazujejo minimalno usedanje in reologijo, ki je ugodna za kakovostno oplaščenje. Da izboljšamo obdelovalnost je najbolje, da dostavimo prevodni ogljikov aditiv v obliki disperzije, ki vsebuje disperzijska sredstva. Katodne gošče izdelane z disperzijskimi sredstvi lahko

izkazujejo znatno usedanje. Prekomerno usedanje ima lahko za posledico slabo kakovost oplaščenja elektrode. Ko se usedanje pojavi, se katodna gošča lahko loči v dve ločeni fazi. Zgornja faza vsebuje v glavnem prevodni ogljikov aditiv, PVDF in NMP. Spodnja faza vsebuje aktivne materiale, prevodni ogljikov aditiv, PVDF in NMP. Med skladnostjo obeh faz so izrazite razlike. Zgornja faza je precej tekoča, in spodnja faza izkazuje pomembno povečanje viskoznosti.

[0125] Usedanje smo merili s shranjevanjem dela katodne mešanice en teden, nakar smo z brizgo previdno pobrali zgornjo polovico materiala. Vsak del smo nato temeljito premešali in izmerili odstotek trdnih delcev. Razlika v odstotku trdnih delcev je prednostno čim nižja. S pregledom reologije katodne mešanice, lahko dobimo vpogled v vzrok usedanja. Zaradi visoke gostote aktivnih materialov je željeno, da gošča izkazuje visoko viskoznost pri nizkih hitrostih striženja. Visoka viskoznost pri nizkih hitrostih striženja je učinkovita pri preprečevanju usedanja, ker so nizke hitrosti striženja analogne z učinki gravitacije na substanco. Ravno tako je zaželeno, da katodna mešanica izkazuje nizko viskoznost pri visokih hitrostih striženja. Če je gošča previskozna pri visoki hitrostih striženja, problem postane kakovost prevleke.

[0126] Katodno mešanico smo izdelali z disperzijo B po postopku za pripravo gošče v primeru 4, razen, da je aktivni material bil $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.1}\text{Mn}_{0.1}\text{O}_2$ (NCM 811). Dobljeno goščo smo poimenovali gošča 1. Izbrali smo skupno trdno snov, da smo omogočili primerno viskoznost za lepljenje katode, približno od 2.000 do 4.000 cP pri 60 s^{-1} . Goščo 1 smo mešali 45 minut s stožčastim rezilom z visokim strigom s hitrostjo konice $0,997 \text{ m/s}$. 100 g gošče smo shranili v zaprto 60 ml steklenico s širokim grlom HDPE Nalgene en teden, pri sobni temperaturi. Po enem tednu smo zgornjih 50 masnih odstotkov prevodno odstranili z brizgo in dali v drugo 60 mL steklenico Nalgene. Vsak del smo mešali 1 minuto v ciklonskem mešalniku (vortex mixer). Trdno vsebino vsakega dela smo izmerili s sušenjem 2 uri v pečici pri 150°C . Usedanje smo izračunali z razliko trdne vsebine v spodnjem delu in trdne vsebine v zgornjem delu. Krivulja viskoznosti v odvisnosti od hitrosti striženja gošče 1 je prikazana na sliki 3. Viskoznost pri hitrosti striženja 60 S^{-1} je bila 1050 cp. Gošča 1 je pokazala usedanje 11,9 masnih odstotkov.

[0127] Primer 23

[0128] Katodno mešanico smo izdelali z disperzijo B po postopku za pripravo gošče v primeru 6, razen, da je disperzijsko sredstvo, ki smo ga uporabili v disperziji prevodnega ogljikovega aditiva bilo SEC, opisano v primeru 4. Dobljena katodna gošča je poimenovana gošča 2 (glej sliko 3), ki je imela visoko 6000 cp pri hitrosti striženja 60 s^{-1} . Ob uporabi postopka merjenja usedanja iz primera 7, gošča 2 ni pokazala usedanja.

[0129] Izdelali smo katodno goščo na podlagi istega postopka priprave gošče, razen, da je bila uporabljena disperzija prevodnega ogljikovega aditiva, disperzija D, opisana v primeru 4. Dobljena katodna gošča je poimenovana gošča 3, ki je imela viskoznost 3000 cp pri hitrosti striženja 60 s^{-1} , kot je prikazano na sliki 3. Gošča 3 je izkazala zelo majhno količino usedanja 0,72 %.

[0130] Uporabljene določne in nedoločne člene je potrebno razlagati tako, da obsegajo ednino in množino, razen, če ni navedeno drugače ali je nedvomno kontradiktorno kontekstu. Izraze “vsebuje”, “ima”, “vključuje” in “sestoji” je potrebno razlagati odprto (to pomeni, “vključno z, vendar ne omejeno na), razen, če ni navedeno drugače. Tukaj navedene vrednosti razponov so namenjene zgolj hitremu pozivanju na vsako posamično vrednost, ki spada v razpon, razen, če tukaj ni navedeno drugače in je v opis vključena vsaka posamična vrednost kot, če bi bila tukaj navedena posebej. Vsi tukaj opisani postopki, se lahko izvajajo v kateremkoli primernem vrstnem redu, razen, če tukaj ni navedeno drugače ali je drugače nedvomno kontradiktorno kontekstu. Uporaba kateregakoli in vseh primerov ali nekaterih izrazov (nor. “kot na primer”), je namenjena zgolj boljši osvetlitvi izuma in ne predstavlja omejitve obsega izuma, razen če ni navedeno drugače. Nobena navedba v opisu ne sme biti razlagana, kot da nakazuje, da je katerikoli neopisani element bistven za uporabo izuma.

[0131] Vse objave, prijave, standardi ASTM in tukaj navedeni patenti so v opis v celoti vključeni z navedbo.

[0132] Druge izvedbe predmetnega izuma bodo v stroke izkušenim očitne iz pregleda predmetnega opisa in uporabe tukaj razkritega predmetnega izuma. Namen predmetnega izuma in primerov je, da bodo obravnavani kot zgled samo v resničnem obsegu in duhu izuma, ki je naznačen v spodnjih zahtevkih in njihovih ekvivalentov.

[0133] Patentni zahtevki:

Patentni zahtevki

1. Sestavek uporaben za proizvodnjo elektrod, ki vsebuje:
ogljikove delce;
disperzijsko sredstvo;
polimer, ki vsebuje delež maleinskega anhidrida; in
topilo.
2. Sestavek po zahtevku 1, kjer so ogljikovi delci izbrani iz skupine, ki vsebuje saje, grafit, acetilenske saje, grafene, z grafeni povezane materiale, ogljikove nanocевke, ogljikove nanostrukture, aktivna oglja, ogljikove aerogele, matrične ogljike and ogljikova vlakna.
3. Sestavek po zahtevku 1, kjer ogljikovi delci vsebujejo saje.
4. Sestavek po zahtevku 3, kjer imajo saje število adsorpcije večje od 200 mL/100g.
5. Sestavek po zahtevku 3 ali 4, kjer imajo saje površinsko energijo večjo od 18 mJ/m², prednostno od 18 do 30 mJ/m².
6. Sestavek po zahtevku 3 ali 4, kjer imajo saje površinsko energijo manjšo od 10 mJ/m².
7. Sestavek po kateremkoli predhodnem zahtevku, kjer sestavek vsebuje od 3 do 25 masnih odstotkov ogljikovih delcev.
8. Sestavek po kateremkoli predhodnem zahtevku, kjer disperzijsko sredstvo vsebuje celulozni material.
9. Sestavek po kateremkoli predhodnem zahtevku, kjer je disperzijsko sredstvo izbrano iz skupine, ki vsebuje metil celulozo, karboksimetil celulozo, etil

- celulozo, hidroksimetil celulozo, hidroksietil celulozo, hidroksipropil celulozo, metilhidroksietil celulozo, metilhidroksipropil celulozo, sukcinilirano etil celulozo, sukcinilirano metil celulozo, sukcinilirano hidroksimetil celulozo, sukcinilirano hidroksietil celulozo in sukcinilirano hidroksipropil celulozo.
10. Sestavek po kateremkoli predhodnem zahtevku, kjer sestavek vsebuje vsaj 10 masnih odstotkov disperzijskega sredstva, glede na ogljikove delce.
 11. Sestavek po kateremkoli predhodnem zahtevku, kjer ima polimer molsko maso vsaj 1.000 Daltonov.
 12. Sestavek po kateremkoli predhodnem zahtevku, kjer je polimer izbran iz skupine, ki vsebuje poli(metil vinil eter maleinski anhidrid), poli(izobutilen maleinski anhidrid), poli(etilen maleinski anhidrid) in poli(stiren-ko-maleinski anhidrid).
 13. Sestavek po kateremkoli predhodnem zahtevku, kjer sestavek vsebuje vsaj 0,1 masnega odstotka polimera, glede na celoten sestavek.
 14. Sestavek po kateremkoli predhodnem zahtevku, kjer ogljikov material vsebuje saje, disperzijsko sredstvo vsebuje celulozno disperzijsko sredstvo in topilo vsebuje N-metilpirolidon.
 15. Sestavek po kateremkoli predhodnem zahtevku, ki ima viskoznost vsaj 500 cP pri hitrosti striženja $0,1 \text{ s}^{-1}$.
 16. Sestavek po kateremkoli predhodnem zahtevku, ki nadalje vsebuje elektroaktivni material oksid litija in prehodne kovine in/ali vezivo.
 17. Sestavek po kateremkoli predhodnem zahtevku, ki nadalje vsebuje so-disperzijsko sredstvo, izbrano iz skupine, ki vsebuje monofunkcionalne

molekule z vreliščem nižjim od 200 °C; $\begin{array}{c} R_3 \\ | \\ R_1-N-R_2 \end{array}$, kjer so R_1 , R_2 in R_3 neodvisno lahko vodik ali alkilna skupina, kot na primer $-CH_3$, $-C_2H_5$ in $-C_3H_7$ in je vsaj eden izmed R_1 , R_2 in R_3 alkilna skupina; ciklične molekule na osnovi amino z vreliščem nižjim od 200 °C; bifunkcionalne molekule s hidroksi in

amino skupino, z vreliščem nižjim od 200 °C; $\begin{array}{c} R_2 \\ | \\ R_1-N-R_4-OH \end{array}$, kjer sta R_1 in R_2 neodvisno lahko vodik ali alkilna skupina, kot na primer $-CH_3$, $-C_2H_5$ in $-C_3H_7$, in R_4 je alkilna skupina, kot na primer $-CH_2$, $-C_2H_4$ in $-C_3H_6$; bifunkcionalne

molekule z dvema skupinama amino $\begin{array}{cc} R_2 & R_6 \\ | & | \\ R_1-N & -R_4-N-R_5 \end{array}$, kjer sta R_1 R_2 neodvisno lahko vodik ali alkilna skupina, kot na primer $-CH_3$, $-C_2H_5$ in $-C_3H_7$, R_4 je alkilna skupina, kot na primer $-CH_2$, $-C_2H_4$ in $-C_3H_6$ in R_5 in R_6 sta neodvisno lahko vodik ali alkilna skupina, kot na primer $-CH_3$, $-C_2H_5$ in $-C_3H_7$ in njihove kombinacije.

18. Sestavek po kateremkoli predhodnem zahtevku, kjer je disperzijsko sredstvo izbrano iz skupine, ki vsebuje metil celulozo, karboksimetil celulozo, etil celulozo, hidroksimetil celulozo, hidroksietil celulozo, hidroksipropil celulozo, metilhidroksietil celulozo, metilhidroksipropil celulozo, sukcinilirano etil celulozo, sukcinilirano metil celulozo, sukcinilirano hidroksimetil celulozo, sukcinilirano hidroksietil celulozo in sukcinilirano hidroksipropil celulozo, smole polivinil butiral, polivinil pirolidon, polivinil kaprolaktam, kopolimere polivinil pirolidon, butiliran polivinil pirolidon, polivinilpolipirolidon, polivinilpirolidon-ko-dimetilaminopropilmetakrilamid, polivinilpirolidon-ko-dimetilaminoetilmetakrilat, kopolimere maleinskega imida, poli(akrilonitril-ko-butadien), dikarboksi zaključen poli(akrilonitril-ko-butadien) in njihove kombinacije.
19. Postopek, ki obsega združevanje ogljikovih delcev, disperzijskega sredstva, polimera, ki vsebuje delež maleinskega anhidrida in topila, da tvorimo sestavek.

20. Postopek po zahtevku 19, kjer so ogljikovi delci so izbrani iz skupine, ki vsebuje saje, grafit, acetilenske saje, grafene, z grafeni povezane materiale, ogljikove nanocevke, ogljikove nanostrukture, aktivna oglja, ogljikove aerogele, matrične ogljike in ogljikova vlakna.
21. Postopek po zahtevku 19, kjer ogljikovi delci vsebujejo saje.
22. Postopek po zahtevku 21, kjer imajo saje število adsorpcije olja večje od 200 mL/100g.
23. Postopek po zahtevku 21 ali 22, kjer imajo saje površinsko energijo večjo od 18 mJ/m², prednostno od 18 do 30 mJ/m².
24. Postopek po zahtevku 21 ali 22, kjer imajo saje površinsko energijo manjšo od 10 mJ/m².
25. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 19 do 24, kjer sestavek vsebuje od 3 do 25 masnih odstotkov ogljikovih delcev.
26. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 19 do 25, kjer disperzijsko sredstvo vsebuje celulozni material.
27. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 19 do 26, kjer je disperzijsko sredstvo izbrano iz skupine, ki vsebuje metil celulozo, karboksimetil celulozo, etil celulozo, hidroksimetil celulozo, hidroksietil celulozo, hidroksipropil celulozo, metilhidroksietil celulozo, metilhidroksipropil celulozo, sukcinilirano etil celulozo, sukcinilirano metil celulozo, sukcinilirano hidroksimetil celulozo, sukcinilirano hidroksietil celulozo in sukcinilirano hidroksipropil celulozo.
28. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 19 do 25, kjer sestavek vsebuje vsaj 10 masnih odstotkov disperzijskega sredstva glede na ogljikove delce.

29. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 17 do 27, kjer ima polimer molsko maso vsaj 1.000 Daltonov.
30. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 19 do 29, kjer je polimer izbran iz skupine, ki vsebuje poli(metil vinil eter maleinski anhidrid), poli(izobutilen maleinski anhidrid), poli(etilen maleinski anhidrid) in poli(stiren-ko-maleinski anhidrid).
31. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 19 do 30, kjer sestavek vsebuje vsaj 0,1 masnega odstotka polimera, glede na celoten sestavek.
32. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 19 do 31, kjer ogljikov material vsebuje saje, disperzijsko sredstvo vsebuje celulozno disperzijsko sredstvo in topilo vsebuje N-metilpirolidon.
33. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 19-32, kjer ima sestavek viskoznost vsaj 500 cP pri hitrosti striženja $0,1 \text{ s}^{-1}$.
34. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 19 do 33, kjer sestavek v bistvu sestoji iz ogljikovih delcev, disperzijskega sredstva, polimera, ki vsebuje delež maleinskega anhidrida in topila.
35. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 19 do 34, kjer sestavek nadalje vsebuje so-disperzijsko sredstvo, izbrano iz skupine, ki vsebuje monofunkcionalne molekule z vreliščem nižjim od 200°C z vreliščem nižjim od 200°C ;

$$^\circ\text{C}; \begin{array}{c} \text{R}_3 \\ | \\ \text{R}_1-\text{N}-\text{R}_2 \end{array}, \text{ kjer so } \text{R}_1, \text{R}_2 \text{ in } \text{R}_3 \text{ neodvisno lahko vodik ali alkilna skupina, kot na primer } -\text{CH}_3, -\text{C}_2\text{H}_5 \text{ in } -\text{C}_3\text{H}_7 \text{ in je vsaj eden izmed } \text{R}_1, \text{R}_2 \text{ in } \text{R}_3 \text{ alkilna skupina; ciklične molekule na osnovi amino z vreliščem nižjim od } 200^\circ\text{C};$$

$$\text{bifunkcionalne molekule s hidroksi in amino skupino, z vreliščem nižjim od } 200^\circ\text{C}; \begin{array}{c} \text{R}_2 \\ | \\ \text{R}_1-\text{N}-\text{R}_4-\text{OH} \end{array}, \text{ kjer sta } \text{R}_1 \text{ in } \text{R}_2 \text{ neodvisno lahko vodik ali alkilna skupina,}$$

kot na primer $-\text{CH}_3$, $-\text{C}_2\text{H}_5$ in $-\text{C}_3\text{H}_7$, in R_4 je alkilna skupina, kot na primer $-\text{CH}_2$, $-\text{C}_2\text{H}_4$ in $-\text{C}_3\text{H}_6$; bifunkcionalne molekule z dvema skupinama amino

$$\begin{array}{c} \text{R}_2 \quad \text{R}_6 \\ | \quad | \\ \text{R}_1-\text{N}-\text{R}_4-\text{N}-\text{R}_5 \end{array}$$
 , kjer sta R_1 in R_2 neodvisno lahko vodik ali alkilna skupina, kot na primer $-\text{CH}_3$, $-\text{C}_2\text{H}_5$ in $-\text{C}_3\text{H}_7$, R_4 je alkilna skupina, kot na primer $-\text{CH}_2$, $-\text{C}_2\text{H}_4$ in $-\text{C}_3\text{H}_6$, in R_5 in R_6 sta neodvisno lahko vodik ali alkilna skupina, kot na primer $-\text{CH}_3$, $-\text{C}_2\text{H}_5$ in $-\text{C}_3\text{H}_7$ in njihove kombinacije.

36. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 19 od 35, kjer je disperzijsko sredstvo izbrano iz skupine, ki vsebuje metil celulozo, karboksimetil celulozo, etil celulozo, hidroksimetil celulozo, hidroksietil celulozo, hidroksipropil celulozo, metilhidroksietil celulozo, metilhidroksipropil celulozo, sukcinilirano etil celulozo, sukcinilirano metil celulozo, sukcinilirano hidroksimetil celulozo, sukcinilirano hidroksietil celulozo and sukcinilirano hidroksipropil celulozo, smole polivinil butiral, polivinil pirolidon, polivinil kaprolaktam, kopolimere polivinil pirolidon, butiliran polivinil pirolidon, polivinilpolipirolidon, polivinilpirolidon-ko-dimetilaminopropilmetakrilamid, polivinilpirolidon-ko-dimetilaminoetilmetakrilat, kopolimere maleinskega imida, poli(akrilonitril-ko-butadien), dikarboksi zaključen poli(akrilonitril-ko-butadien) in njihove kombinacije.

37. Postopek, ki obsega

zdrževanje elektroaktivnega materiala s prvim sestavkom, ki vsebuje ogljikove delce, disperzijsko sredstvo, polimer, ki vsebuje delež maleinskega anhidrida, in topilo, da tvorimo drugi sestavek; in uporabo drugega sestavka, za izdelavo elektrode.

38. Postopek po zahtevku 37, kjer drugi sestavek nadalje vsebuje vezivo.

39. Postopek po zahtevku 37 ali 38, kjer elektroaktivni material vsebuje oksid litija in prehodne kovine.

40. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 37 do 39, kjer so ogljikovi delci izbrani iz skupine, ki vsebuje saje, grafit, acetilenske saje, grafene, z grafeni povezane materiale, ogljikove nanocevke, ogljikove nanostrukture, aktivna oglja, ogljikove aerogele, matrične ogljike in ogljikova vlakna.
41. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 37 do 40, kjer ogljikovi delci vsebujejo saje.
42. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 37 do 41, kjer imajo saje število adsorpcije olja večje od 200 mL/100g.
43. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 37 do 42, kjer imajo saje površinsko energijo od 18 do 30 mJ/m².
44. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 37 do 43, kjer imajo saje površinsko energijo manjšo od 10 mJ/m².
45. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 37 do 44, kjer prvi sestavek vsebuje od 3 do 25 masnih odstotkov ogljikovih delcev.
46. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 37 do 45, kjer je disperzijsko sredstvo celulozni material.
47. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 37 do 46, kjer je disperzijsko sredstvo izbrano iz skupine, ki vsebuje metil celulozo, karboksimetil celulozo, etil celulozo, hidroksimetil celulozo, hidroksietil celulozo, hidroksipropil celulozo, metilhidroksietil celulozo, metilhidroksipropil celulozo, sukcinilirano etil celulozo, sukcinilirano metil celulozo, sukcinilirano hidroksimetil celulozo, sukcinilirano hidroksietil celulozo in sukcinilirano hidroksipropil celulozo.

48. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 37 do 47, kjer prvi sestavek vsebuje vsaj 10 masnih odstotkov disperzijskega sredstva glede na ogljikove delce.
49. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 37 do 48, kjer ima polimer molsko maso vsaj 1.000 Daltonov.
50. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 37 do 49, kjer je polimer izbran iz skupine, ki vsebuje poli(metil vinil eter maleinski anhidrid), poli(izobutilen maleinski anhidrid), poli(etilen maleinski anhidrid) in poli(stiren-ko-maleinski anhidrid).
51. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 37 do 50, kjer prvi sestavek vsebuje vsaj 0,1 masnih odstotkov polimera glede na celoten prvi sestavek.
52. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 37 do 51, kjer ogljikov material vsebuje saje, disperzijsko sredstvo vsebuje celulozno disperzijsko sredstvo in topilo vsebuje N-metilpirolidon.
53. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 37 do 52, kjer ima prvi sestavek viskoznost vsaj 500 cP pri hitrosti striženja $0,1 \text{ s}^{-1}$.
54. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 37 do 53, kjer prvi sestavek v bistvu sestoji iz ogljikovih delcev, disperzijskega sredstva, polimera, ki vsebuje delež maleinskega anhidrida in topila.
55. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 37 do 54, kjer prvi sestavek nadalje vsebuje so-disperzijsko sredstvo, izbrano iz skupine, ki vsebuje monofunkcionalne molekule z vreliščem nižjim od $200 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\text{R}_1\text{-}\overset{\text{R}_3}{\underset{|}{\text{N}}}\text{-R}_2$, kjer so R_1 , R_2 in R_3 neodvisno lahko vodik ali alkilna skupina, kot na primer $-\text{CH}_3$, $-\text{C}_2\text{H}_5$ in $-\text{C}_3\text{H}_7$ in je vsaj eden izmed R_1 , R_2 in R_3 alkilna skupina; ciklične

molekule na osnovi amino z vreliščem nižjim od 200 °C; bifunkcionalne

molekule s skupino hidroksi, z vreliščem nižjim od 200 °C, $\begin{array}{c} R_2 \\ | \\ R_1-N-R_4-OH \end{array}$, kjer sta R_1 in R_2 neodvisno lahko vodik ali alkilna skupina, kot na primer $-CH_3$, $-C_2H_5$ in $-C_3H_7$, in R_4 je alkilna skupina, kot na primer $-CH_2$, $-C_2H_4$ in $-C_3H_6$;

bifunkcionalne molekule z dvema skupinama amino $\begin{array}{c} R_2 \quad R_6 \\ | \quad | \\ R_1-N-R_4-N-R_5 \end{array}$, kjer sta R_1 in R_2 neodvisno lahko vodik ali alkilna skupina, kot na primer $-CH_3$, $-C_2H_5$ in $-C_3H_7$, R_4 je alkilna skupina, kot na primer $-CH_2$, $-C_2H_4$ in $-C_3H_6$, in R_5 in R_6 sta neodvisno lahko vodik ali alkilna skupina, kot na primer $-CH_3$, $-C_2H_5$ in $-C_3H_7$ in njihove kombinacije.

56. Postopek po kateremkoli izmed zahtevkov od 37 do 55, kjer je disperzijsko sredstvo izbrano iz skupine, ki vsebuje metil celulozo, karboksimetil celulozo, etil celulozo, hidroksimetil celulozo, hidroksietil celulozo, hidroksipropil celulozo, metilhidroksietil celulozo, metilhidroksipropil celulozo, sukcinilirano etil celulozo, sukcinilirano metil celulozo, sukcinilirano hidroksimetil celulozo, sukcinilirano hidroksietil celulozo in sukcinilirano hidroksipropil celulozo, smole polivinil butiral, polivinil pirolidon, polivinil kaprolaktam, kopolimere polivinil pirolidon, butiliran polivinil pirolidon, polivinilpolipirolidon, polivinilpirolidon-ko-dimetilaminopropilmetakrilamid, polivinilpirolidon-ko-dimetilaminoetilmetakrilate, kopolimere maleinskega imida, poli(akrilonitril-ko-butadien), dikarboksi zaključen poli(akrilonitril-ko-butadien) in njihove kombinacije.
57. Sestavek uporaben za proizvodnjo elektrod, ki vsebuje: delce saj, celulozno disperzijsko sredstvo in topilo, ki vsebuje N-metilpirolidon.
58. Sestavek po zahtevku 57, kjer imajo saje število adsorpcije olja večje od 200 mL/100g.

59. Sestavek po zahtevku 57 ali 58, kjer imajo saje površinsko energijo večjo od 18 mJ/m^2 , prednostno od 18 do 30 mJ/m^2 .
60. Sestavek po zahtevku 57 ali 58, kjer imajo saje površinsko energijo manjšo od 10 mJ/m^2 .
61. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 57 do 60, kjer je disperzijsko sredstvo je izbrano iz skupine, ki vsebuje metil celulozo, karboksimetil celulozo, etil celulozo, hidroksimetil celulozo, hidroksietil celulozo, hidroksipropil celulozo, metilhidroksietil celulozo, metilhidroksipropil celulozo, sukcinilirano etil celulozo, sukcinilirano metil celulozo, sukcinilirano hidroksimetil celulozo, sukcinilirano hidroksietil celulozo in sukcinilirano hidroksipropil celulozo.
62. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 57 do 61, kjer sestavek vsebuje vsaj 10 masnih odstotkov disperzijskega sredstva glede na delce saj.
63. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 57 do 62, ki ima viskoznost vsaj 500 cP pri hitrosti striženja $0,1 \text{ s}^{-1}$.
64. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 57 do 63, ki nadalje vsebuje elektroaktivni material oksid litija in prehodne kovine in/ali vezivo.
65. Sestavek uporaben za proizvodnjo elektrod, ki v bistvu sestoji iz:
ogljikovih delcev;
disperzijskega sredstva;
polimera, ki vsebuje delež maleinskega anhidrida; in
topila.
66. Sestavek po zahtevku 65, kjer so ogljikovi delci izbrani iz skupine, ki vsebuje saje, grafit, acetilenske saje, grafene, z grafeni povezane materiale, ogljikove nanocevke, ogljikove nanostrukture, aktivna oglja, ogljikove aerogele, matrične ogljike in ogljikova vlakna.

67. Sestavek po zahtevku 65, kjer ogljikovi delci vsebujejo saje.
68. Sestavek po zahtevku 67, kjer imajo saje število adsorpcije olja večje od 200 mL/100g.
69. Sestavek po zahtevku 67 ali 68, kjer imajo saje površinsko energijo večjo od 18 mJ/m², prednostno od 18 do 30 mJ/m².
70. Sestavek po zahtevku 67 ali 68, kjer imajo saje površinsko energijo manjšo od 10 mJ/m².
71. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 65 do 70, kjer sestavek vsebuje od 3 do 25 masnih odstotkov ogljikovih delcev.
72. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 65 do 71, kjer disperzijsko sredstvo vsebuje celulozni material.
73. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 65 do 72, kjer je disperzijsko sredstvo izbrano iz skupine, ki vsebuje metil celulozo, karboksimetil celulozo, etil celulozo, hidroksimetil celulozo, hidroksietil celulozo, hidroksipropil celulozo, metilhidroksietil celulozo, metilhidroksipropil celulozo, sukcinilirano etil celulozo, sukcinilirano metil celulozo, sukcinilirano hidroksimetil celulozo, sukcinilirano hidroksietil celulozo in sukcinilirano hidroksipropil celulozo.
74. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 65 do 73, kjer sestavek vsebuje vsaj 10 masnih odstotkov disperzijskega sredstva glede na ogljikove delce.
75. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 65 do 74, kjer ima polimer molsko maso vsaj 1.000 Daltonov.
76. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 65 do 75, kjer sestavek vsebuje vsaj 0,1 masnih odstotkov polimera, glede na celoten sestavek.

77. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 65 do 76, kjer ogljikov material vsebuje saje, disperzijsko sredstvo vsebuje celulozno disperzijsko sredstvo in topilo vsebuje N-metilpirolidon.
78. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 65 do 77, ki ima viskoznost vsaj 500 cP pri hitrosti striženja $0,1 \text{ s}^{-1}$.
79. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 65 do 78, kjer je disperzijsko sredstvo izbrano iz skupine, ki vsebuje metil celulozo, karboksimetil celulozo, etil celulozo, hidroksimetil celulozo, hidroksietil celulozo, hidroksipropil celulozo, metilhidroksietil celulozo, metilhidroksipropil celulozo, sukcinilirano etil celulozo, sukcinilirano metil celulozo, sukcinilirano hidroksimetil celulozo, sukcinilirano hidroksietil celulozo and sukcinilirano hidroksipropil celulozo, smole polivinil butiral, polivinil pirolidon, polivinil kaprolaktam, kopolimere polivinil pirolidon, butiliran polivinil pirolidon, polivinilpolipirolidon, polivinilpirolidon-ko-dimetilaminopropilmetakrilamid, polivinilpirolidon-ko-dimetilaminoetilmetakrilate, kopolimere maleinskega imida, poli(akrilonitril-ko-butadien), dikarboksi zaključen poli(akrilonitril-ko-butadien) in njihove kombinacije.
80. Sestavek uporaben za proizvodnjo elektrod, ki v bistvu sestoji iz: delcev saj, celuloznega disperzijskega sredstva in topila, ki vsebuje N-metilpirolidon.
81. Sestavek po zahtevku 80, kjer imajo saje število adsorpcije olja večje od 200 mL/100g.
82. Sestavek po zahtevku 80 ali 81, kjer imajo saje površinsko energijo večjo od 18 mJ/m^2 , prednostno od 18 do 30 mJ/m^2 .
83. Sestavek po zahtevku 80 ali 81, kjer imajo saje površinsko energijo manjšo od 10 mJ/m^2 .

84. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 80 do 83, kjer je disperzijsko sredstvo izbrano iz skupine, ki vsebuje metil celulozo, karboksimetil celulozo, etil celulozo, hidroksimetil celulozo, hidroksietil celulozo, hidroksipropil celulozo, metilhidroksietil celulozo, metilhidroksipropil celulozo, sukcinilirano etil celulozo, sukcinilirano metil celulozo, sukcinilirano hidroksimetil celulozo, sukcinilirano hidroksietil celulozo in sukcinilirano hidroksipropil celulozo.
85. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 80 do 84, kjer sestavek vsebuje vsaj 10 masnih odstotkov disperzijskega sredstva glede na delce saj.
86. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 80 do 85, ki ima viskoznost vsaj 500 cP pri hitrosti striženja $0,1 \text{ s}^{-1}$.
87. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 80 do 86, ki nadalje vsebuje elektroaktivni material oksid litija in prehodne kovine in/ali vezivo.
88. Sestavek uporaben za proizvodnjo elektrod, ki v bistvu sestoji iz: delcev saj, celuloznega disperzijskega sredstva in topila, ki vsebuje N-metilpirolidon.
89. Sestavek po zahtevku 88, kjer imajo saje število adsorpcije olja večje od 200 mL/100g.
90. Sestavek po zahtevku 88 ali 89, kjer imajo saje površinsko energijo večjo od 18 mJ/m^2 , prednostno 18 do 30 mJ/m^2 .
91. Sestavek po zahtevku 88 ali 89, kjer imajo saje površinsko energijo manjšo od 10 mJ/m^2 .
92. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 88 do 91, kjer je disperzijsko sredstvo izbrano iz skupine, ki vsebuje metil celulozo, karboksimetil celulozo, etil celulozo, hidroksimetil celulozo, hidroksietil celulozo, hidroksipropil

celulozo, metilhidroksietil celulozo, metilhidroksipropil celulozo, sukcinilirano etil celulozo, sukcinilirano metil celulozo, sukcinilirano hidroksimetil celulozo, sukcinilirano hidroksietil celulozo in sukcinilirano hidroksipropil celulozo.

93. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 88 do 92, kjer sestavek vsebuje vsaj 10 masnih odstotkov disperzijskega sredstva glede na delce saj.
94. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 88 do 93, ki ima viskoznost vsaj 500 cP pri hitrosti striženja $0,1 \text{ s}^{-1}$.
95. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 88 do 94, ki nadalje vsebuje elektroaktivni material oksid litija in prehodne kovine in/ali vezivo.
96. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 88 do 95, kjer je so-disperzijsko sredstvo izbrano iz skupine, ki vsebuje monofunkcionalne molekule z vreliščem

nižjim od 200°C ; $\text{R}_1-\overset{\text{R}_3}{\underset{|}{\text{N}}}-\text{R}_2$, kjer so R_1 , R_2 in R_3 neodvisno lahko vodik ali alkilna skupina, kot na primer $-\text{CH}_3$, $-\text{C}_2\text{H}_5$ in $-\text{C}_3\text{H}_7$, in je vsaj eden izmed R_1 , R_2 in R_3 alkilna skupina; ciklična molekul na osnovi amino z vreliščem nižjim od 200°C ; bifunkcionalne molekule s skupino hidroksi in amino, z vreliščem

nižjim od 200°C ; $\text{R}_1-\overset{\text{R}_2}{\underset{|}{\text{N}}}-\text{R}_4-\text{OH}$, kjer sta R_1 in R_2 neodvisno lahko vodik ali alkilna skupina, kot na primer $-\text{CH}_3$, $-\text{C}_2\text{H}_5$ in $-\text{C}_3\text{H}_7$ in R_4 je alkilna skupina, kot na primer $-\text{CH}_2$, $-\text{C}_2\text{H}_4$ in $-\text{C}_3\text{H}_6$; bifunkcionalne molekule z dvema skupinama

amino $\text{R}_1-\overset{\text{R}_2}{\underset{|}{\text{N}}}-\text{R}_4-\overset{\text{R}_6}{\underset{|}{\text{N}}}-\text{R}_5$, kjer sta R_1 in R_2 neodvisno lahko vodik ali alkilna skupina, kot na primer $-\text{CH}_3$, $-\text{C}_2\text{H}_5$ in $-\text{C}_3\text{H}_7$, R_4 je alkilna skupina, kot na primer $-\text{CH}_2$, $-\text{C}_2\text{H}_4$ in $-\text{C}_3\text{H}_6$ in R_5 in R_6 sta neodvisno lahko vodik ali alkilna skupina, kot na primer $-\text{CH}_3$, $-\text{C}_2\text{H}_5$ in $-\text{C}_3\text{H}_7$ njihove kombinacije.

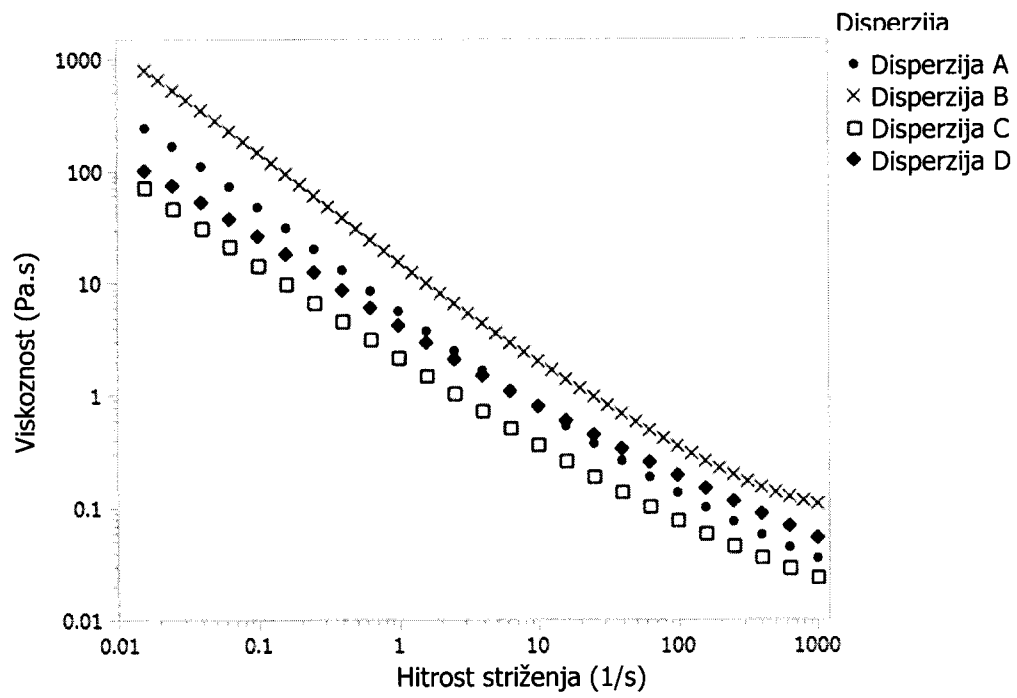
97. Elektroda, ki vsebuje:
ogljikove delce;

disperzijsko sredstvo;
polimer, ki vsebuje delež maleinskega anhidrida; in
elektroaktivni material.

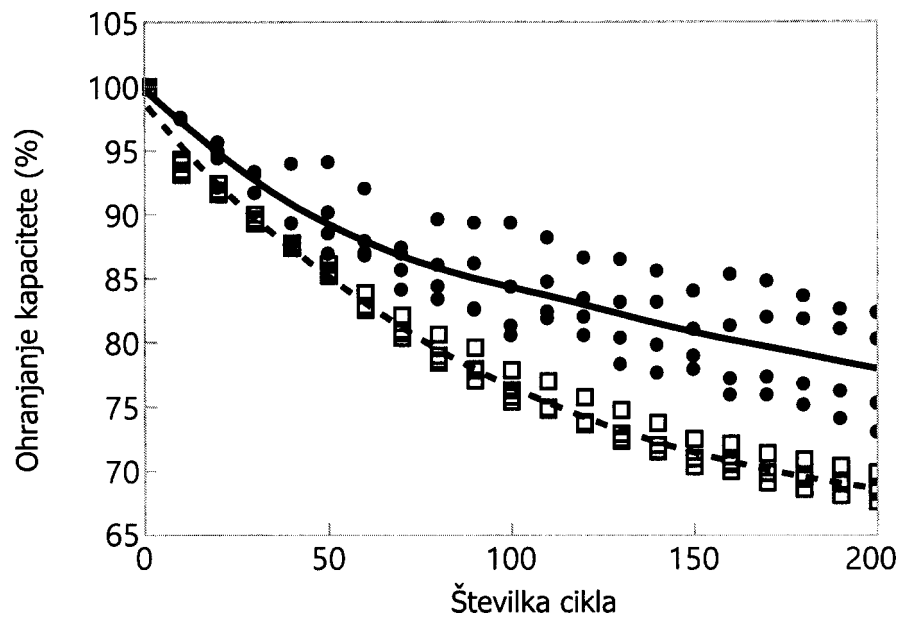
98. Elektroda po zahtevku 97, kjer so ogljikovi delci izbrani iz skupine, ki vsebuje saje, grafit, acetilenske saje, grafene, z grafeni povezane materiale, ogljikove nanocevke, ogljikove nanostrukture, aktivna oglja, ogljikove aerogele, matrične ogljike in ogljikova vlakna.
99. Elektroda po zahtevku 97, kjer ogljikovi delci vsebujejo saje.
100. Elektroda po zahtevku 99, kjer imajo saje število adsorpcije olja večje od 200 mL/100g.
101. Elektroda po zahtevku 97 ali 100, kjer imajo saje površinsko energijo večjo od 18 mJ/m^2 , prednostno od 18 do 30 mJ/m^2 .
102. Elektroda po zahtevku 97 ali 101, kjer imajo saje površinsko energijo manjšo od 10 mJ/m^2 .
103. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 97 do 102, kjer disperzijsko sredstvo vsebuje celulozni material.
104. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 97 do 103, kjer je disperzijsko sredstvo izbrano iz skupine, ki vsebuje metil celulozo, etil celulozo, karboksimetil celulozo in sukcinilirano etil celulozo.
105. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 97 do 104, ki vsebuje vsaj 10 masnih odstotkov disperzijskega sredstva glede na ogljikove delce.
106. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 97 do 105, kjer ima polimer molsko maso vsaj 1.000 Daltonov.

107. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 97 do 106, kjer je polimer izbran iz skupine, ki vsebuje poli(metil vinil eter maleinski anhidrid), poli(izobutilen maleinski anhidrid), poli(etilen maleinski anhidrid) in poli(stirenko-maleinski anhidrid).
108. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 97 do 107, kjer ogljikov material vsebuje saje in disperzijsko sredstvo vsebuje celulozno disperzijsko sredstvo in elektroaktivni material vsebuje elektroaktivni material litij-ion.
109. Baterija, ki vsebuje elektrodo po kateremkoli izmed zahtevkov od 97 do 108.
110. Baterija po zahtevku 109, kjer je baterija litij ionska baterija.
111. Sestavek uporaben za proizvodnjo elektrod, ki vsebuje: delce saj, polimer, ki vsebuje delež maleinskega anhidrida in topilo.
112. Sestavek po zahtevku 111, kjer imajo saje število adsorpcije olja večje od 200 mL/100g.
113. Sestavek po zahtevku 111 ali 112, kjer imajo saje površinsko energijo večjo od 18 mJ/m^2 , prednostno od 18 do 30 mJ/m^2 .
114. Sestavek po zahtevku 111 ali 112, kjer imajo saje površinsko energijo manjšo od 10 mJ/m^2 .
115. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 111 do 114, ki ima viskoznost vsaj 500 cP pri hitrosti striženja $0,1 \text{ s}^{-1}$.
116. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 111 do 115, ki nadalje vsebuje elektroaktivni material oksid litija in prehodne kovine in/ali vezivo.

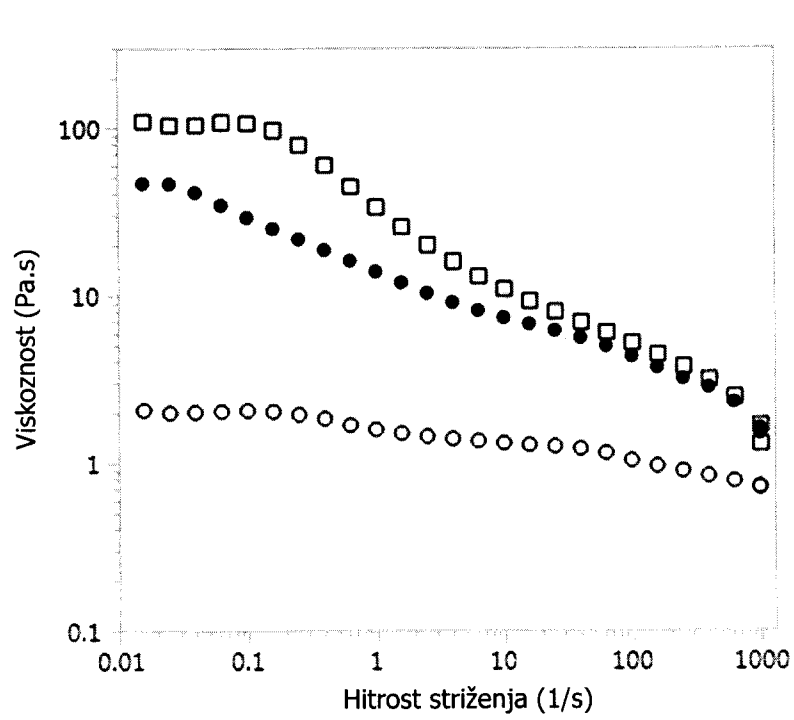
117. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 111 do 116, kjer ima polimer molsko maso vsaj 1.000 Daltonov.
118. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 111 do 117, kjer je polimer izbran iz skupine, ki vsebuje poli(metil vinil eter maleinski anhidrid), poli(izobutilen maleinski anhidrid), poli(etilen maleinski anhidrid) in poli(stiren-ko-maleinski anhidrid).
119. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 111 do 118, kjer topilo vsebuje N-metilpirolidon.
120. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 111 do 119, kjer sestavek v bistvu sestoji iz ogljikovih delcev, polimera in topila.
121. Postopek, ki obsega uporabo kateregakoli izmed sestavkov po zahtevkih od 1 do 18, od 57 do 96 in od 111 do 120, za izdelavo elektrode ali baterije.



Slika 1



Slika 1

**Slika 3**