

(19)



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA GOSPODARSKI RAZVOJ IN TEHNOLOGIJO
URAD RS ZA INTELKTUALNO LASTNINO

(10) **SI 25696 A**

(12)

PATENT

(21) Številka prijave: **201900144**

(51) Int. Cl. (2018.01)

(22) Datum prijave: **19.08.2019**

H01M 4/00

(45) Datum objave: **28.02.2020**

(30) Prednostna pravica:

20.08.2018 US 62/719,745

(72) Izumitelji: **Atanassova, Paolina, Massachusetts 01821, US;**
Dupasquier, Aurelien, Massachusetts 01886, US;
Lanigan, Deanna, Massachusetts 02140, US;
Oljaca, Miodrag, Massachusetts 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, KI VSEBUJEJO PREVODNE ADITIVE, ELEKTRODE IN BATERIJE V ZVEZI Z NJIMI**

(57) Sestavek, ki vsebuje prevodne aditive, in sicer:
delce saj s površinsko energijo večjo od 5 mJ/m²; grafitne delce s površino BET večjo od 5 m²/g in več kot

približno 50 grafitnih plasti, kjer je utežno razmerje delcev saj proti grafitnim delcem v razponu od 0.25:1 do 4:1; in tekoči medij.

SI 25696 A

Sestavki, ki vsebujejo prevodne aditive, elektrode in baterije v zvezi z njimi

Področje izuma

[0001] Ta izum se nanaša na sestavke, ki vsebujejo prevodne aditive, z njimi povezane elektrode in baterije.

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 elektrodom 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 litijev oksid 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.

Kratek opis izuma

[0004] S prvega vidika izum predstavlja sestavke (npr., gošče, paste), elektrodne sestavke, elektrode, baterije in povezane postopke z različnimi kombinacijami prevodnih aditivov. Kot je tu opisano, kombinacije prevodnih aditivov vsebujejo delce saj z nizko površinsko; ogljikove nanocevk in grafene; ogljikove nanocevk in delce saj z nizko površinsko energijo; in delce saj z nizko površinsko energijo in grafene.

[0005] Litij železov fosfat (LiFePO_4 ali LFP) je elektroaktiven material, ki je zaželen zaradi nizkih stroškov, varne uporabe, odlične zmogljivosti in sposobnosti hitrega polnjenja. Iz teh razlogov je LFP zelo uporaben za določene končne uporabe, kot je shranjevanje energije in električni avtobusi. Vendar pa je elektronska prevodnost LFP nižja od drugih elektroaktivnih materialov na osnovi niklja, kobalta ali mangana. Posledično, določeni proizvajalci baterij pripravljajo LFP z ogljikovim oplaščenjem, da zagotovijo polno uporabo kapacitete z zagotavljanjem delcem LFP kratkega dosega prevodnosti delec-delec. Nekateri izmed teh proizvajalcev baterij pripravljajo tudi sestavke LFP elektrod z dodatnimi prevodnimi aditivi, da izboljšajo zmogljivost baterije in življenjski cikel. Še posebej zanimiv prevodni aditiv so ogljikove nanocevk, ki zagotavljajo velik doseg prevodnosti delec-tokovni odjemnik, ki dopolnjuje kratek doseg prevodnosti delec-delec. Čeprav so teoretično potrebne zelo majhne količine ogljikovih nanocevk, da dosežemo električno perkolacijo, nizka disperzibilnost ogljikovih nanocevk zahteva, da uporabimo presežek (to je več kot teoretično količino) ogljikovih nanocevk. Uporaba presežnih količin ogljikovih nanocevk poviša proizvodne stroške, povzroča nečistoče (kot na primer, železovi in kobaltovi katalizatorji, ki so uporabljeni za proizvodno ogljikovih nanocevk) in lahko zmanjša zmogljivost baterije z zmanjšanjem volumna baterije razpoložljivega za LFP.

[0006] Prijavitelj je odkril, da so kombinacije prevodnih aditivov, kot so tukaj opisane, primerne za uporabo za zmanjšanje ali zamenjavo uporabe ogljikovih nanocevk. Kombinacije prevodnih aditivov lahko (1) zmanjšajo koncentracijo uporabljenih ogljikovih nanocevk ali v celoti odpravijo uporabo ogljikovih nanocevk in/ali (2) zmanjšajo skupno koncentracijo uporabljenih prevodnih aditivov medtem, ko je še vedno zagotovljeno odlično delovanje baterije ali je delovanje baterije izboljšamo, npr. življenjski cikel, zmogljivost v hladnem in ohranjanje zmogljivosti pri shranjevanju

v vročem. V nekaterih primerih, so kombinacije prevodnih aditivov bolj stroškovno učinkovite od uporabe samo ogljikovih nanocevk.

[0007] Z drugega vidika, izum predstavlja sestavek, ki vključuje: delce saj, s površinsko energijo manjšo od 5 mJ/m^2 ; grafitne delce z velikostjo površine BET večjo od $5 \text{ m}^2/\text{g}$ in več kot približno 50 grafitnih plasti, kjer je utežno razmerje delcev saj proti grafitnim delcem v razponu od 0.25:1 do 4:1; in tekoči medij.

[0008] Izvedbe enega ali več vidikov imajo lahko eno ali več izmed naslednjih lastnosti. Sestavek vsebuje skupno od 0.1 do 5 utežnih odstotkov delcev saj in grafitnih delcev.

[0009] Delci saj imajo eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji: velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od $50 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 0,1 \text{ nm}$; op. prev.); velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od $50 \text{ \AA}$; odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večji od 35%; velikost površine BET večjo od $50 \text{ m}^2/\text{g}$; STSA večjo od $50 \text{ m}^2/\text{g}$; OAN večje od $100 \text{ mL}/100 \text{ g}$; skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucij delcev D_{50} , večjo od 20 nm ; in/ali vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnega odstotka. Delci saj imajo eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji: velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, manjšo od $100 \text{ \AA}$; velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od $100 \text{ \AA}$; odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večji od 70%; velikost površine BET večjo od $250 \text{ m}^2/\text{g}$; STSA večjo od $250 \text{ m}^2/\text{g}$; OAN večje od $300 \text{ mL}/100 \text{ g}$; skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 400 nm ; in/ali vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnega odstotka. Delci saj imajo eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji: velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od $50 \text{ \AA}$ do $100 \text{ \AA}$; velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, v razponu od $50 \text{ \AA}$ do $100 \text{ \AA}$; odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 35% do 70%; velikost površine BET v razponu od 50 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$; STSA v razponu od 50 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$; OAN v razponu od 100 do $300 \text{ mL}/100 \text{ g}$; skupno

porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, v razponu od 20 do 400 nm; in/ali vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnega odstotka.

[0010] Grafitni delci imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: premer, izmerjen s pomočjo laserskega sipanja, večji od 5 mikrometrov; in/ali odstotek kristaliničnosti, $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večji od 90%. Grafitni delci imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: premer, izmerjen s pomočjo laserskega sipanja, večji od 25 mikrometrov; in/ali odstotek kristaliničnosti, $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večji od 100%. Grafitni delci imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: premer, izmerjen s pomočjo laserskega sipanja, v razponu od 5 do 25 mikrometrov; in/ali odstotek kristaliničnosti, $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 90 do 100%.

[0011] Tekoči medij je izbran iz skupine, ki vsebuje N-metilpirolidon (NMP), aceton, alkohol in vodo. Sestavek nadalje vsebuje dispergirno sredstvo.

[0012] Z drugega vidika, izum predstavlja elektrodo, ki vsebuje: elektrodni sestavek, ki vsebuje delce saj s površinsko energijo večjo od 5 mJ/m^2 ; grafitne delce z velikostjo površine BET večjo od $5 \text{ m}^2/\text{g}$ in več kot približno 50 grafitnih plasti, in litijev kovinski fosfat (npr, LiMPO_4 , kjer $M = \text{Fe, Co, Mn in/ali Ni}$), kjer je skupna koncentracija delcev saj in grafitnih delcev enaka ali večja od 3 utežnih odstotkov elektrodnega sestavka; in tokovni odjemnik, ki se dotika elektrodnega sestavka.

[0013] Izvedbe enega ali več vidikov imajo lahko eno ali več izmed naslednjih lastnosti. Skupna koncentracija delcev saj in grafitnih delcev je v razponu od 0.5 do 3 utežnih odstotkov elektrodnega sestavka. Elektrodni sestavek vsebuje od 0.1 do 2.25 utežnih odstotkov delcev saj. Elektrodni sestavek vsebuje od 0.1 do 2.25 utežnih odstotkov grafitnih delcev. Utežno razmerje delcev saj proti grafitnim delcem je v razponu od 0.25:1 do 4:1. Elektroda je v bistvu brez ogljikovih nanocevk. Elektroda vsebuje od 90 do 99 utežnih odstotkov litijevega kovinskega fosfata (npr. LiMPO_4 , kjer $M = \text{Fe, Co, Mn in/ali Ni}$).

[0014] Delci saj imajo eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji: velikost kristalnega zrna L_a velikost kristalnega zrna, ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od $50 \text{ \AA}$; velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od $50 \text{ \AA}$; odstotek

kristaliničnosti ($(I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%$), ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večji od 35%; velikost površine BET večjo od $50 \text{ m}^2/\text{g}$; STSA večjo od $50 \text{ m}^2/\text{g}$; OAN večje od $100 \text{ mL}/100 \text{ g}$; skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 20 nm ; in/ali vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnega odstotka. Delci saj imajo eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji: velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 100 Å ; velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od 100 Å ; odstotek kristaliničnosti ($(I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%$), ugotovljeni z Ramanovo spektroskopijo, večji od 70%; velikost površine BET večjo od $250 \text{ m}^2/\text{g}$; STSA večjo od $250 \text{ m}^2/\text{g}$; OAN večje od $300 \text{ mL}/100 \text{ g}$; skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 400 nm ; in/ali vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnega odstotka. Delci saj imajo eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji: velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 50 Å do 100 Å ; velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, v razponu od 50 Å do 100 Å ; odstotek kristaliničnosti ($(I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%$), ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 35% do 70%; velikost površine BET v razponu od 50 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$; STSA v razponu od 50 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$; OAN v razponu od 100 do $300 \text{ mL}/100 \text{ g}$; skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, v razponu od 20 do 400 nm ; in/ali vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnega odstotka.

[0015] Grafitni delci imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: premer, izmerjen s pomočjo laserskega sipanja, večji od 5 mikrometrov; in/ali odstotek kristaliničnosti, ($(I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%$), ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večji od 90%. Grafitni delci imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: premer, izmerjen s pomočjo laserskega sipanja, večji od 25 mikrometrov; in/ali odstotek kristaliničnosti, ($(I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%$), ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večji od 100%. Grafitni delci imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: premer, izmerjen s pomočjo laserskega sipanja, v razponu od 5 do 25 mikrometrov; in/ali odstotek kristaliničnosti, ($(I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%$), ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 90 do 100%.

[0016] Z drugega vidika, izum predstavlja baterijo, ki vsebuje tokaj opisano elektrodo.

[0017] Z drugega vidika, izum predstavlja postopek, ki obsega: uporabo tukaj opisanega sestavka za uporabo elektrode ali baterije. Postopek lahko obsega združevanje litijevega kovinskega fosfata (npr. LiMPO_4 , kjer $M = \text{Fe, Co, Mn in/ali Ni}$) s tukaj opisanim sestavkom.

[0018] Z drugega vidika, izum predstavlja sestavek, ki vsebuje: ogljikove nanocevk; grafene, kjer je utežno razmerje ogljikovih nanocevk proti grafenom v razponu od 0.25:1 do 4:1; in tekoči medij.

[0019] Izvedbe enega ali več vidikov imajo lahko eno ali več izmed naslednjih lastnosti. Sestavek vključuje skupno od 1 do 5 utežnih odstotkov ogljikovih nanocevk in grafenov.

[0020] Ogljikove nanocevk imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: premer večji od 4 nm; in/ali dolžino večjo od 10 mikrometrov. Ogljikove nanocevk imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: premer večji od 40 nm; in/ali dolžino večjo od 200 mikrometrov. Ogljikove nanocevk imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: premer v razponu od 4 do 40 nm; in/ali dolžino v razponu od 10 do 200 mikrometrov.

[0021] Grafeni imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: velikost površine BET večjo od $100 \text{ m}^2/\text{g}$; in/ali približno 20 ali več grafitnih plasti. Grafeni imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: velikost površine BET večjo od $500 \text{ m}^2/\text{g}$; in/ali približno 50 ali več grafitnih plasti. Grafeni imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: velikost površine BET v razponu od 100 do $500 \text{ m}^2/\text{g}$; in/ali od približno od 20 do približno 50 grafitnih plasti.

[0022] Tekoči medij je izbran iz skupine, ki vsebuje N-metilpirolidon (NMP), aceton, alkohol in vodo. Sestavek nadalje vsebuje dispergirno sredstvo.

[0023] Z drugega vidika, izum predstavlja elektrode, ki vsebujejo: elektrodni sestavek, ki vsebuje ogljikove nanocevk; grafene, kjer je utežno razmerje ogljikovih nanocevk proti grafenom v razponu od 0.25:1 do 4:1; in litijev kovinski fosfat (npr. LiMPO_4 , kjer $M = \text{Fe, Co, Mn in/ali Ni}$), kjer je skupna koncentracija ogljikovih nanocevk in grafenov enaka ali večja od 3 utežnih odstotkov elektrodnega sestavka; in tokovni odjemnik, ki se dotika elektrodnega sestavka.

[0024] Izvedbe enega ali več vidikov imajo lahko eno ali več izmed naslednjih lastnosti. Skupna koncentracija ogljikovih nanocevk in grafenov je v razponu od 0.5 do 3 utežnih odstotkov elektrodnega sestavka. Elektrodni sestavek vsebuje od 0.25 do 1

utežnega odstotka ogljikovih nanocevk. Elektrodni sestavek vsebuje od 0.25 do 1 utežnega odstotka grafenov. Utežno razmerje ogljikovih nanocevk proti grafenom je v razponu od 0.25:1 do 4:1. Elektrode vsebujejo od 90 do 99 utežnih odstotkov litijevega kovinskega fosfata.

[0025] Ogljikove nanocevkke imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: premer večji od 4 nm; in/ali dolžino večjo od 10 mikrometrov. Ogljikove nanocevkke imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: premer večji od 40 nm; in/ali dolžino večjo od 200 mikrometrov. Ogljikove nanocevkke imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: premer v razponu od 4 do 40 nm; in/ali dolžino v razponu od 10 do 200 mikrometrov.

[0026] Grafeni imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: velikost površine BET večjo od $100 \text{ m}^2/\text{g}$; in/ali približno 20 ali več grafitnih plasti. Grafeni imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: velikost površine BET večjo od $500 \text{ m}^2/\text{g}$; in/ali približno 50 ali več grafitnih plasti. Grafeni imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: velikost površine BET v razponu od 100 do $500 \text{ m}^2/\text{g}$; in/ali približno od 20 do približno 50 grafitnih plasti.

[0027] Z drugega vidika, izum predstavlja sestavek, ki vsebuje: ogljikove nanocevkke; delce saj s površinsko energijo večjo od $5 \text{ mJ}/\text{m}^2$; kjer je utežno razmerje ogljikovih nanocevk proti delcem saj v razponu od 0.25:1 do 4:1; in tekoči medij.

[0028] Izvedbe enega ali več vidikov imajo lahko eno ali več izmed naslednjih lastnosti. Sestavek vsebuje skupno od 1 do 5 utežnih odstotkov ogljikovih nanocevk in delcev saj.

[0029] Ogljikove nanocevkke imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: premer večji od 4 nm; in/ali dolžino večjo od 10 mikrometrov. Ogljikove nanocevkke imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: premer večji od 40 nm; in/ali dolžino večjo od 200 mikrometrov. Ogljikove nanocevkke imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: premer v razponu od 4 do 40 nm; in/ali dolžino v razponu od 10 do 200 mikrometrov.

[0030] Delci saj imajo eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji: velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 50 Å ; velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od 50 Å ; odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večji od 35%; velikost površine BET večjo od $50 \text{ m}^2/\text{g}$; STSA večjo od $50 \text{ m}^2/\text{g}$; OAN večje od $100 \text{ mL}/100 \text{ g}$; skupno porazdelitev

velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 20 nm; in/ali vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnega odstotka. Delci saj imajo eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji: velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 100 Å; velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od 100 Å; odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večji od 70%; velikost površine BET večjo od 250 m²/g; STSA večjo od 250 m²/g; OAN večje od 300 mL/100 g; skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 400 nm; in/ali vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnega odstotka. Delci saj imajo eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji: velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 50 Å do 100 Å; velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, v razponu od 50 Å do 100 Å; odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 35% do 70%; velikost površine BET v razponu od 50 do 250 m²/g; STSA v razponu od 50 do 250 m²/g; OAN v razponu od 100 do 300 mL/100 g; skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, v razponu od 20 do 400 nm; in/ali vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnega odstotka;

[0031] Tekoči medij je izbran iz skupine, ki vsebuje N-metilpirolidon (NMP), aceton, alkohol in vodo. Sestavek nadalje vsebuje dispergirno sredstvo.

[0032] Z drugega vidika, izum predstavlja elektrodo, ki vsebuje: elektrodni sestavek, ki vsebuje ogljikove nanocевke; delce saj s površinsko energijo večjo od 5 mJ/m², kjer je utežno razmerje ogljikovih nanocevk proti grafenom v razponu od 0.25:1 do 4:1; in litijev kovinski fosfat (npr. LiMPO₄, kjer M = Fe, Co, Mn in/ali Ni), kjer je skupna koncentracija ogljikovih nanocevk in delcev saj enaka ali večja od 3 utežnih odstotkov elektrodnega sestavka; in tokovni odjemnik, ki se dotika elektrodnega sestavka.

[0033] Izvedbe enega ali več vidikov imajo lahko eno ali več izmed naslednjih lastnosti. Skupna koncentracija ogljikovih nanocevk in delcev saj je v razponu od 0.5 do 3 utežnih odstotkov elektrodnega sestavka. Elektrodni sestavek vsebuje od 0.25 do 1 utežnih odstotkov ogljikovih nanocevk. Elektrodni sestavek vsebuje 0.25 do 1 utežnih odstotkov delcev saj. Utežno razmerje ogljikovih nanocevk proti delcem saj je v

razponu od 0.25:1 do 4:1. Elektroda vsebuje od 90 do 99 utežnih odstotkov litijevega kovinskega fosfata.

[0034] Ogljikove nanocевke imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: premer večji od 4 nm; in/ali dolžino večjo od 10 mikrometrov. Ogljikove nanocевke imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: premer večji od 40 nm; in/ali dolžino večjo od 200 mikrometrov. Ogljikove nanocевke imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: premer v razponu od 4 do 40 nm; in/ali dolžino v razponu od 10 do 200 mikrometrov.

[0035] Delci saj imajo eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji: velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 50 Å; velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od 50 Å; odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 35%; velikost površine BET večjo od 50 m²/g; STSA večjo od 50 m²/g; OAN večje od 100 mL/100 g; skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 20 nm; in/ali vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov. Delci saj imajo eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji: velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 100 Å; velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od 100 Å; odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 70%; velikost površine BET večjo od 250 m²/g; STSA večjo od 250 m²/g; OAN večje od 300 mL/100 g; skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 400 nm; in/ali vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov. Delci saj imajo eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji: velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 50 Å do 100 Å; velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, v razponu od 50 Å do 100 Å; odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 35% do 70%; velikost površine BET v razponu od 50 do 250 m²/g; STSA v razponu od 50 do 250 m²/g; OAN v razponu od 100 do 300 mL/100 g; skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, v razponu od 20 do 400 nm; in/ali vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov.

[0036] Z drugega vidika, izum predstavlja sestavek, ki vsebuje: delce saj s površinsko energijo večjo od 5 mJ/m^2 ; grafene, kjer je utežno razmerje delcev saj proti grafenom v razponu od 0.25:1 do 4:1; in tekoči medij.

[0037] Izvedbe enega ali več vidikov imajo lahko eno ali več izmed naslednjih lastnosti. Sestavek vsebuje skupno od 0.1 do 5 utežnih odstotkov delcev saj in grafene.

[0038] Delci saj imajo eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji: velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 50 Å ; velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od 50 Å ; odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 35%; velikost površine BET večjo od $50 \text{ m}^2/\text{g}$; STSA večjo od $50 \text{ m}^2/\text{g}$; OAN večje od $100 \text{ mL}/100 \text{ g}$; skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 20 nm ; in/ali vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov. Delci saj imajo eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji: velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 100 Å ; velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od 100 Å ; odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 70%; velikost površine BET večjo od $250 \text{ m}^2/\text{g}$; STSA večjo od $250 \text{ m}^2/\text{g}$; OAN večje od $300 \text{ mL}/100 \text{ g}$; skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 400 nm ; in/ali vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov. Delci saj imajo eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji: velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 50 Å do 100 Å ; velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, v razponu od 50 Å do 100 Å ; odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 35% do 70%; velikost površine BET v razponu od 50 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$; STSA v razponu od 50 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$; OAN v razponu od 100 do $300 \text{ mL}/100 \text{ g}$; skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, v razponu od 20 do 400 nm ; in/ali vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov.

[0039] Grafeni imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: velikost površine BET večjo od $100 \text{ m}^2/\text{g}$; in/ali približno 20 ali več grafitnih plasti. Grafeni imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: velikost površine BET večjo od $500 \text{ m}^2/\text{g}$; in/ali približno 50 ali več grafitnih plasti. Grafeni imajo eno ali obe izmed naslednjih

lastnosti: velikost površine BET v razponu od 100 do 500 m²/g; in/ali od približno 20 do približno 50 grafitnih plasti.

[0040] Tekoči medij je izbran iz skupine, ki vsebuje N-metilpirolidon (NMP), aceton, alkohol in vodo. Sestavek nadalje vsebuje dispergirno sredstvo.

[0041] Z drugega vidika, izum predstavlja elektrodo, ki vsebuje: elektrodni sestavek, k vsebuje delce saj s površinsko energijo večjo od 5 mJ/m²; grafene in litijev kovinski fosfat (npr, LiMPO₄, kjer M = Fe, Co, Mn in/ali Ni), kjer je skupna koncentracija delcev saj in grafenov enaka ali večja od 3 utežnih odstotkov elektrodnega sestavka; in tokovni odjemnik, ki se dotika elektrodnega sestavka.

[0042] Izvedbe enega ali več vidikov imajo lahko eno ali več izmed naslednjih lastnosti. Skupna koncentracija delcev saj in grafenov je v razponu od 0.5 do 3 utežnih odstotkov elektrodnega sestavka. Elektrodni sestavek vsebuje od 0.1 do 2.25 utežnih odstotkov delcev saj. Elektrodni sestavek vsebuje od 0.1 do 2.25 utežnih odstotkov grafenov. Utežno razmerje delcev saj proti grafenom je v razponu od 0.25:1 do 4:1. Elektroda je v bistvu brez ogljikovih nanocevk. Elektroda vsebuje od 90 do 99 utežnih odstotkov litijevega kovinskega fosfata.

[0043] Delci saj imajo eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji: velikost kristalnega zrna L_a, ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 50 Å; velikost kristalnega zrna L_c, ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od 50 Å; odstotek kristaliničnosti ((I_G/(I_G+I_D)) x 100%), ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 35%; velikost površine BET večjo od 50 m²/g; STSA večjo od 50 m²/g; OAN večje od 100 mL/100 g; skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 20 nm; in/ali vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov. Delci saj imajo eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji: velikost kristalnega zrna L_a, ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 100 Å; velikost kristalnega zrna L_c, ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od 100 Å; odstotek kristaliničnosti ((I_G/(I_G+I_D)) x 100%), ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 70%; velikost površine BET večjo od 250 m²/g; STSA večjo od 250 m²/g; OAN večje od 300 mL/100 g; skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 400 nm; in/ali vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov. Delci saj imajo eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji:

velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 50 Å do 100 Å; velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, v razponu od 50 Å do 100 Å; odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 35% do 70%; velikost površine BET v razponu od 50 do 250 m²/g; STSA v razponu od 50 do 250 m²/g; OAN v razponu od 100 do 300 mL/100 g; skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, v razponu od 20 do 400 nm; in/ali vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov.

[0044] Grafeni imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: velikost površine BET večjo od 100 m²/g; in/ali približno 20 ali več grafitnih plasti. Grafeni imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: velikost površine BET večjo od 500 m²/g; in/ali približno 50 ali več grafitnih plasti. Grafeni imajo eno ali obe izmed naslednjih lastnosti: velikost BET v razponu od 100 do 500 m²/g; in/ali od približno 20 do približno 50 grafitnih plasti.

[0045] Če ni izrecno navedeno drugače, so vsi tukaj navedeni odstotki utežni odstotki.

[0046] Drugi vodiki, lastnosti in prednosti izuma bodo očitni iz opisa njegovih izvedb in iz zahtevkov.

KRATEK OPIS SLIK

[0047] SLIKA 1 je graf, ki prikazuje meritve upornosti štirih sond LiFePO₄ (LFP) elektrod oplaščenih na filmih Mylar® z uporabo tukaj razkritih prevodnih aditivov.

[0048] SLIKA 2 je graf, ki prikazuje zmogljivost praznjenja 5C in HPPC DC-IR pri 20% stanju polnjenja (SOC) polovičnih gumbnih baterij, ki imajo LFP katode, z uporabo tukaj razkritih prevodnih aditivov.

[0049] SLIKA 3 je graf, ki prikazuje ohranjanje zmogljivost praznjenja 1C pri -20°C v primerjavi z zmogljivostjo praznjenja 1C pri +20°C polovičnih gumbnih baterij, ki imajo LFP katode, z uporabo tukaj razkritih prevodnih aditivov.

[0050] SLIKA 4 je graf, ki prikazuje 1C, 2C in 5C ohranjanje zmogljivost praznjenja po 48 urah shranjevanja v vročem pri 85°C, v primerjavi z zmogljivostjo

praznjenja 1C, 2C in 5C pred shranjevanjem v vročem polovičnih gumbnih baterij, ki imajo LFP katode, z uporabo tukaj razkritih prevodnih aditivov.

[0051] SLIKA 5 je graf, ki prikazuje številne cikle polnjenje-praznjenje 1C-1D, izvedenih pri 60°C do 80% začetnega ohranjanja zmogljivosti polovičnih gumbnih baterij, ki imajo LFP katode, z uporabo tukaj razkritih prevodnih aditivov.

PODROBEN OPIS IZVEDB

[0052] Opisani so sestavki (npr. gošče), ki so lahko uporabljeni za izdelavo elektrod za baterij (npr. litij ionskih baterij), postopki za izdelavo sestavkov in uporabe sestavkov v elektrodah (npr. katodah) in baterije.

[0053] Sestavki običajno vsebujejo kombinacijo dveh prevodnih aditivov in tekočega medija (npr. N-metilpirolidon (NMP)). Sestavki so lahko združeni z litijevim kovinskim fosfatom (npr. LiMPO_4 , kjer $M = \text{Fe, Co, Mn in/ali Ni}$), z ali brez veziva (npr. poli(vinildifluoroetilen) (PVDF)), da tvorimo elektrodni sestavek, ki ga lahko nanesemo na tokovni odjemnik, da dobimo elektrodo, ki jo lahko uporabimo za izdelavo baterije. Specifične kombinacije dveh prevodnih aditivov vključujejo (1) delce saj, kot so opisani tukaj in grafitne delce, kot so opisani tukaj; (2) ogljikove nanocevice, kot so opisane tukaj in grafene, kot so opisani tukaj; (3) ogljikove nanocevice, kot so opisane tukaj in delce saj, kot so opisani tukaj; in (4) delce saj, kot so opisani tukaj in grafene, kot so opisani tukaj.

[0054] Delci saj

[0055] Delci saj so na splošno visoko grafitizirani delci saj, kot med drugim kažejo njihove nizke površinske energije. Poleg tega imajo delci saj lahko eno ali več (npr. dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem) izmed naslednjih lastnosti: velikost kristalnega zrna L_a , kot je opisano tukaj; velikost kristalnega zrna L_c , kot je opisano tukaj; odstotek kristaliničnosti, kot je opisano tukaj; Brunauer-Emmett-Teller (BET), kot je opisano tukaj; statistično debelino površine (STSA), kot je opisano tukaj; število adsorpcije olja (OAN), kot je opisano tukaj; skupno porazdelitev velikosti, kot je opisano tukaj; in/ali vsebnost kisika, kot je opisano tukaj.

[0056] Kot je navedeno zgoraj, imajo delci saj visoko stopnjo grafitizacije, kar lahko kažejo nizke vrednosti površinske energije, ki so lahko povezane z manjšimi

količinami preostalih nečistoč na površini delcev saj, in torej z njihovo hidrofobnostjo. Brez teoretičnih omejitev se verjame, da do mejne ravni čistosti, čisti delci lahko zagotovijo izboljšano električno prevodnost in zmanjšajo verjetnost stranskih reakcij, s čemer izboljšajo delovanje delcev. Površinsko energijo lahko merimo po postopku dinamične parne sorpcije (voda) (DVS) (ang.: Dynamic Vapor (Water) Sorption (DVS); Op. prev.) ali s tlakom razprševanja vode (opisanim spodaj). V nekaterih izvedbah, imajo saje površinsko energijo (SE ali SEP) večjo ali enako 5 mJ/m^2 , npr. od meje zaznavnosti (približno 2 mJ/m^2) do 5 mJ/m^2 . Površinska energija ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od meje zaznavnosti do 4 mJ/m^2 ali od meje zaznavnosti do 3 mJ/m^2 . V nekaterih izvedbah je površinska energija, merjeno z DVS večja ali enako 4 mJ/m^2 ali večja ali enaka 3 mJ/m^2 . Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov.

[0057] 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 vlaga (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::

$$\pi_e = \frac{RT}{A} \int_0^{P_0} \Gamma d \ln P$$

kjer je R plinska konstanta, T je temperatura, A velikost površine BET vzorca, kot je tu opisano, Γ je količina adsorbirane vode na vzorcu (pretvorjeno v mole/gm), P je parcialni tlak vode v atmosferi in P_0 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.

[0058] 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 (dobavljen od SMS Instruments, Monarch Beach, Calif.) 2 uri stabilna pri 25° C , smo vzorčne lončke vstavili v vzorčno in v referenčno komoro. Ciljni RH smo nastavili na do 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 vlago 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 omogočili 20 minut, da se uravnoteži na vsaki ravni RH. 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.

[0059] Delci saj imajo velikost kristalnega zrna, ki kaže relativno visoko stopnjo grafitizacije. Višja stopnja grafitizacije je v korelaciji z določenimi kristalnimi domenami, kar kažejo vrednosti velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, kjer je L_a definirana kot $43.5 \times (\text{površina pasu G} / \text{površina pasu D})$. Ramanove meritve L_a so potekale na podlagi Gruber in drugi, "Raman studies of heat treated carbon blacks," Carbon Vol. 32 (7), pp. 1377-1382, 1994, kar je tu v celoti vključeno kot referenca. Ramanov spekter ogljika vključuje dve glavna "resonančna" pasova ali vrhova pri približno 1340 cm^{-1} in 1580 cm^{-1} , označena kot pasova "D" oziroma "G". V splošnem velja da je pas D pripisan neurejenemu ogljiku sp^2 in pas G grafitnemu ali urejenemu ogljiku sp^2 . Z uporabo empiričnega pristopa, je razmerje pasov G/D in L_a merjeno z rentgensko difrakcijo (XRD) v visoki korelaciji in regresijska analiza nam da empirično razmerje:

$$L_a = 43.5 \times (\text{površina pasu G} / \text{površina pasu D}),$$

kjer je L_a računana v Angstromih. Torej, višja vrednost L_a odgovarja bolj urejeni kristalni strukturi.

[0060] V nekaterih izvedbah, imajo delci saj velikost kristalnega zrna L_a večjo ali enako 50 Å ali večjo ali enako 100 Å, na primer od 50 Å do 100 Å. Velikost kristalnega zrna L_a ima lahko ali vključuje na primer enega izmed naslednjih razponov: od 50 do 90 Å ali od 50 do 80 Å ali od 50 do 70 Å ali od 50 do 60 Å ali od 60 do 100 Å ali od 60 do 90 Å ali od 60 do 80 Å ali od 60 do 70 Å ali od 70 do 100 Å ali od 70 do 90 Å ali od 70 do 80 Å ali od 80 do 100 Å ali od 80 do 90 Å ali od 90 do 100 Å. V določenih izvedbah je velikost kristalnega zrna L_a večja ali enaka 90 Å ali večja ali enaka 80 Å ali večja ali enaka 70 Å ali večja ali enaka 60. V nekaterih izvedbah je

velikost kristalnega zrna L_a večja ali enaka 60 Å ali večja ali enaka 70 Å ali večja ali enaka 80 Å ali večja ali enaka 90 Å.

[0061] Kristalne domene so lahko nadalje značilne po velikosti kristalnega zrna L_c . velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljena z rentgensko difrakcijo z uporabo rentgenskega difraktometra (PANalytical X'Pert Pro, PANalytical B.V.), z bakrovo cevjo, napetostjo cevi 45 kV in tokom cevi 40 mA. Vzorec delcev saj smo zapakirali v nosilec vzorca (pripomoček difraktometra) in izvedli smo meritev pod kotom (2θ) razpon in 10° do 80° , pri hitrosti $0.14^\circ/\text{min}$. Položaje vrhov in polno širino pri polovici največjih vrednosti smo izračunali s pomočjo programske opreme difraktometra. Za kalibracijo merilnega kota, smo kot rentgenski standard uporabili lantanov heksaborid (LaB_6). Iz dobljenih meritev smo določili velikost kristalnega zrna L_c , z uporabo Scherrerjeve enačbe: $L_c (\text{Å}) = K \cdot \lambda / (\beta \cdot \cos\theta)$, kjer je K konstanta faktorja oblike (0.9); λ je valovna dolžina karakteristične rentgenske linije $\text{Cu K}_{\alpha 1}$ (1.54056 Å); β je širina vrha pri polovični najvišji vrednosti v radianih; in θ je določen s polovico merilnega kota položaja vrha (2θ).

[0062] Višja vrednost L_c odgovarja bolj urejeni kristalni strukturi. V nekaterih izvedbah imajo saj velikost kristalnega zrna L_c večjo enako 100 Å ali večjo ali enako 50 Å, na primer od 50 Å do 100 Å. Velikost kristalnega zrna L_c ima lahko ali vključuje na primer, enega izmed naslednjih razponov: od 50 do 90 Å ali od 50 do 80 Å ali od 50 do 70 Å ali od 50 do 60 Å ali od 60 do 100 Å ali od 60 do 90 Å ali od 60 do 80 Å ali od 60 do 70 Å ali od 70 do 100 Å ali od 70 do 90 Å ali od 70 do 80 Å ali od 80 do 100 Å ali od 80 do 90 Å ali od 90 do 100 Å. V določenih izvedbah, je L_c velikost kristalnega zrna L_c večja ali enaka 90 Å ali večja ali enaka 80 Å ali večja ali enaka 70 Å ali večja ali enaka 60. V nekaterih izvedbah je velikost kristalnega zrna L_c večja ali enaka 60 Å ali večja ali enaka 70 Å ali večja ali enaka 80 Å ali večja ali enaka 90 Å.

[0063] Višja stopnja grafitizacije delcev saj se lahko kaže tudi z visokim odstotkom kristaliničnosti, ki je dobljen iz Ramanovih meritev kot razmerje površin pasu G in površin pasov G in D ($I_G/(I_G+I_D)$). Visok odstotek kristaliničnosti lahko dosežemo z visoko temperaturo toplotne obdelave in v nekaterih izvedbah z daljšo toplotno obdelavo (opisano spodaj). V določenih izvedbah, imajo delci saj % kristaliničnosti ($(I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%$) v razponu od 35% do 70%, ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo. Odstotek kristaliničnosti ($(I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%$) ima lahko ali

vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 35% do 65% ali od 35% do 60% ali od 35% do 55% ali od 35% do 50% ali od 35% do 45% ali od 35% do 40% ali od 45% do 70% ali od 45% do 65% ali od 45% do 60% ali od 45% do 55% ali od 45% do 50% ali od 55% do 70% ali od 55% do 65% ali od 55% do 60% ali od 60% do 70% ali od 60% do 65% ali od 65% do 70%. Odstotek kristaliničnosti ($(I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%$) ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: več od 35% ali več od 40% ali več od 45% ali več od 50% ali več od 55% ali več od 60% ali več od 65% ali več od 70% ali več od 65% ali več od 60% ali več od 55% ali več od 50% ali več od 45% ali več od 40%. Ramanove meritve smo izvedli z uporabo Ramanovega mikroskopa Horiba LabRAM Aramis in pripadajoče programske oprema LabSpec6.

[0064] Delci imajo širok razpon skupnih površin. Ne glede na teorijo, se verjame da, med uporabo baterije, potekajo stranske kemične reakcije, ki se lahko pojavijo v bateriji, ki lahko poslabšajo njeno delovanje. Prisotnost delcev z manjšimi površinami lahko izboljša delovanje baterije z zaradi zagotavljanja manjšega števila mest na površini, kjer se te neželene stranske reakcije lahko pojavijo. Vendar pa moramo površine delcev uravnotežiti, to je dovolj visoko, da delci lahko učinkovito prekrijejo in/ali premostijo litijev kovinski fosfat in zagotavljajo zeleno prevodnost elektrode. V nekaterih izvedbah imajo delci saj velikost površine BET večjo ali enako $50 \text{ m}^2/\text{g}$ ali večjo ali enako $250 \text{ m}^2/\text{g}$, na primer, v razponu od 50 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$. Površina BET ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 50 do $225 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 50 do $200 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 50 do $175 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 50 do $150 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 50 do $125 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 50 do $100 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 50 do $75 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 75 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 75 do $225 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 75 do $200 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 75 do $175 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 75 do $150 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 75 do $125 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 75 do $100 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 100 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 100 do $225 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 100 do $200 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 100 do $175 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 100 do $150 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 100 do $125 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 125 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 125 do $225 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 125 do $200 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 125 do $175 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 125 do $150 \text{ m}^2/\text{g}$ ali 150 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 150 do $225 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 150 do $200 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 150 do $175 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 175 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 175 do $225 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 175 do $200 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 200 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 200 do $225 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 225 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$. velikost površine BET ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: večjo ali enako $75 \text{ m}^2/\text{g}$ ali večjo ali enako $100 \text{ m}^2/\text{g}$ ali večjo ali enako $125 \text{ m}^2/\text{g}$ ali večjo ali enako $150 \text{ m}^2/\text{g}$ ali večjo ali enako $175 \text{ m}^2/\text{g}$ ali večjo ali enako $200 \text{ m}^2/\text{g}$.

m^2/g ali večjo ali enako $225 \text{ m}^2/\text{g}$ ali večjo ali enako $225 \text{ m}^2/\text{g}$ ali večjo ali enako $200 \text{ m}^2/\text{g}$ ali večjo ali enako $175 \text{ m}^2/\text{g}$ ali večjo ali enako $150 \text{ m}^2/\text{g}$ ali večjo ali enako $125 \text{ m}^2/\text{g}$ ali večjo ali enako $100 \text{ m}^2/\text{g}$ ali večjo ali enako $75 \text{ m}^2/\text{g}$. Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov. Vse tukaj razkrite vrednosti površine BET se nanašajo na površine BET dušika in do določene s standardom ASTM D6556-10, kar je v celoti tukaj vključena z reference.

[0065] Kot pri površinah BET imajo delci saj lahko razpon vrednosti statističnih debelin površin (STSA). V nekaterih izvedbah imajo delci saj STSA večjo ali enako $50 \text{ m}^2/\text{g}$ ali večjo ali enako $250 \text{ m}^2/\text{g}$, na primer v razponu od 50 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$. Vrednosti STSA imajo lahko ali vključujejo, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 50 do $225 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 50 do $200 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 50 do $175 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 50 do $150 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 50 do $125 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 50 do $100 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 50 do $75 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 75 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 75 do $225 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 75 do $200 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 75 do $175 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 75 do $150 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 75 do $125 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 75 do $100 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 100 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 100 do $225 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 100 do $200 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 100 do $175 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 100 do $150 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 100 do $125 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 125 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 125 do $225 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 125 do $200 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 125 do $175 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 125 do $150 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 150 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 150 do $225 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 150 do $200 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 150 do $175 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 175 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 175 do $225 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 175 do $200 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 200 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 200 do $225 \text{ m}^2/\text{g}$ ali od 225 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$. Vrednosti STSA imajo lahko ali vključujejo, na primer enega izmed naslednjih razponov: več ali enako $75 \text{ m}^2/\text{g}$ ali več ali enako $100 \text{ m}^2/\text{g}$ ali več ali enako $125 \text{ m}^2/\text{g}$ ali več ali enako $150 \text{ m}^2/\text{g}$ ali več ali enako $175 \text{ m}^2/\text{g}$ ali več ali enako $200 \text{ m}^2/\text{g}$ ali več ali enako $225 \text{ m}^2/\text{g}$ ali več ali enako $225 \text{ m}^2/\text{g}$ ali več ali enako $200 \text{ m}^2/\text{g}$ ali več ali enako $175 \text{ m}^2/\text{g}$ ali več ali enako $150 \text{ m}^2/\text{g}$ ali več ali enako $125 \text{ m}^2/\text{g}$ ali več ali enako $100 \text{ m}^2/\text{g}$ ali več ali enako $75 \text{ m}^2/\text{g}$. Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov. Statistična debelina površine je določena v skladu s standardom ASTM D6556-10 do mere, ko je tako določanje še razumno možno, saj v nekaterih primerih toplotna obdelava nekaterih delcev saj (opisanih spodaj) lahko vpliva na možnost določanja STSA.

[0066] Kot pri površinah BET in vrednostih STSA, imajo delci saj lahko razpon števila adsorpcije olja (OAN), ki so značilni za strukturo delcev ali za lastnosti zavzemanja volumna. Pri dani masi, lahko visoko strukturirani delci zavzamejo večji

volumen kot drugi delci saj, z nižjimi strukturami. Kadar so uporabljeni kot prevodni aditiv v elektrodi baterije, delci saj z relativno visokimi števili OAN, lahko zagotavljajo neprekinjeno električno prevodno omrežje (to je, perkolat) preko cele elektrode ob relativno nizkih obremenitvah. Posledično lahko uporabimo več litij železovega fosfata ali litij železovega manganata, s čimer izboljšamo delovanje baterije. V nekaterih izvedbah, imajo delci saj število OAN večje ali enako 100 mL/100g ali večje ali enako 300 mL/100 g, na primer v razponu od 100 do 300 mL/100 g. števila OAN imajo lahko ali vključujejo, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 100 do 280 mL/100g ali od 100 do 260 mL/100g ali od 100 do 240 mL/100g ali od 100 do 220 mL/100g ali od 100 do 200 mL/100g ali od 100 do 180 mL/100g ali od 100 do 160 mL/100g ali od 100 do 140 mL/100g ali od 120 do 300 mL/100g ali od 120 do 280 mL/100g ali od 120 do 260 mL/100g ali od 120 do 240 mL/100g ali od 120 do 220 mL/100g ali od 120 do 200 mL/100g ali od 120 do 180 mL/100g ali od 120 do 160 mL/100g ali od 140 do 300 mL/100g ali od 140 do 280 mL/100g ali od 140 do 260 mL/100g ali od 140 do 240 mL/100g ali od 140 do 220 mL/100g ali od 140 do 200 mL/100g ali od 140 do 180 mL/100g ali od 160 do 300 mL/100g ali od 160 do 280 mL/100g ali od 160 do 260 mL/100g ali od 160 do 240 mL/100g ali od 160 do 220 mL/100g ali od 160 do 200 mL/100g ali od 180 do 300 mL/100g ali od 180 do 280 mL/100g ali od 180 do 260 mL/100g ali od 180 do 240 mL/100g ali od 180 do 220 mL/100g ali od 200 do 300 mL/100g ali od 200 do 280 mL/100g ali od 200 do 260 mL/100g ali od 200 do 240 mL/100g ali od 220 do 300 mL/100g ali od 220 do 280 mL/100g ali od 220 do 260 mL/100g ali od 260 do 300 mL/100g. Število OAN ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: več ali enako 120 mL/100g ali več ali enako 140 mL/100g ali več ali enako 160 mL/100g ali več ali enako 180 mL/100g ali več ali enako 200 mL/100g ali več ali enako 220 mL/100g ali več ali enako 240 mL/100g ali več ali enako 260 mL/100g ali več ali enako 280 mL/100g ali več ali enako 280 mL/100g ali več ali enako 260 mL/100g ali več ali enako 240 mL/100g ali več ali enako 220 mL/100g ali več ali enako 200 mL/100g ali več ali enako 180 mL/100g ali več ali enako 160 mL/100g ali več ali enako 140 mL/100g ali več ali enako 120 mL/100g. Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov. Vse tukaj navedene vrednosti OAN so določene po postopku opisanem v standard ASTM D 2414-16.

[0067] Skupna porazdelitev velikosti delcev saj, kot je označeno z njihovimi vrednostmi D_{50} (poznano tudi kot "srednji masni premer") njihovih porazdelitev velikosti delcev, je lahko večja ali enaka 20 nm ali večja ali enaka 400 nm, npr. v razponu od 20 nm do 400 nm. Ne glede na teorijo, se verjame, da je za dano strukturo (npr. kot je označena z OAN) in maso, manjša skupna velikost kaže na večje število delcev, kar lahko izboljša prevodnost. Verjame se, da so tukaj razkriti delci saj z višjo skupno porazdelitvijo velikosti delcev, zmožni izboljšati prevodnost. Vrednosti D_{50} imajo lahko ali vključujejo, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 20 do 350 nm ali od 20 do 300 nm ali od 20 do 250 nm ali od 20 do 200 nm ali od 20 do 150 nm ali od 20 do 100 nm ali od 50 do 400 nm ali od 50 do 350 nm ali od 50 do 300 nm ali od 50 do 250 nm ali od 50 do 200 nm ali od 50 do 150 nm ali od 100 do 400 nm ali od 100 do 350 nm ali od 100 do 300 nm ali od 100 do 250 nm ali od 100 do 200 nm ali od 150 do 400 nm ali od 150 do 350 nm ali od 150 do 300 nm ali od 150 do 250 nm ali od 200 do 400 nm ali od 200 do 350 nm ali od 200 do 300 nm ali od 250 do 400 nm ali od 250 do 350 nm ali od 300 do 400 nm. Vrednosti D_{50} imajo lahko ali vključujejo, na primer enega izmed naslednjih razponov: več ali enako 50 nm ali več ali enako 100 nm ali več ali enako 150 nm ali več ali enako 200 nm ali več ali enako 250 nm ali več ali enako 300 nm ali več ali enako 350 nm ali več ali enako 350 nm ali več ali enako 300 nm ali več ali enako 250 nm ali več ali enako 200 nm ali več ali enako 150 nm ali več ali enako 100 nm ali več ali enako 50 nm. Tukaj opisana merjenja porazdelitve velikosti delcev, za ugotovitev vrednosti D , smo izvedli z uporabo postopka diferencialne centrifugalne sedimentacije (DCS). Postopek DCS smo izvedli z uporabo centrifuge z diskom (CPS Instruments, Model DC24000) in ultrazvočnega procesorja (Branson, Model 450D s pol-inčno sondo). Disperzijske vzorce smo pripravili z ultrazvočno obdelavo sestavkov, od katerih je vsak vseboval 0.02 g saj in 50mL disperzijske tekočine (75% volumen/volumen vode, 25% volumen/volumen etanola in 0.05% teža/volumen surfaktanta Triton X100) pri amplitudi 60% v trajanju deset minut. Nastavitve inštrumenta so obsegale gostot delcev 1.86; lomni količnik 1.84; absorptivnost 0.85; in nesferičnost 1.0. Pogoji delovanja so obsegali hitrost diska 24.000 min^{-1} ; gradient od 24 do 8% sukroze v deionizirani vodi (14.4 ml); gradient gostote 1.045; gradient lomnega količnika 1.345; gradient viskoznosti 1.25 cP; in standard kalibracije 237 nm polistirena (gostota 1.385).

[0068] Delci saj imajo lahko relativno nizko vsebnost kisika, ki lahko kaže čistost delcev in lastnosti električne prevodnosti. V nekaterih izvedbah, imajo saje vsebnost kisika večjo ali enako od 0.1 utežnega odstotka ali večjo ali enako od 0.06 utežnega odstotka ali večjo ali enako 0.03 utežnega odstotka, na primer, od 0 do 0.1 utežnega odstotka. Vsebnost kisika ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 0.01 do 0.1 utežnega odstotka ali od 0.01 do 0.06 utežnega odstotka ali od 0.03 do 0.1 utežnega odstotka ali od 0.03 do 0.06 utežnega odstotka ali od 0.06 do 0.1 utežnega odstotka. Vsebnost kisika lahko ugotovimo s fuzijo inertnega plina, v kateri vzorec delca saj izpostavimo zelo visokim temperaturam (npr. približno 3000°C) pod pogoji inertnega plina. Kisik v vzorcu reagira z ogljikom, da tvori CO in CO₂, kar lahko opazujemo z nedisperzivno infrardečo tehniko. Skupno vsebnost kisika dobimo v utežnih odstotkih glede na skupno težo vzorca. V tehniki poznani in komercialno razpoložljivi so različni analizatorji na osnovi postopka fuzije inertnega plina in, na primer analizator LECO® TCH600.

[0069] V različnih izvedbah, so delci saj toplotno obdelani delci saj. “toplotno obdelani delci saj” so delci saj, ki so bili podvrženi “toplotni obdelavi”, ki se, kot je uporabljena tukaj, v splošnem nanaša na naknadno obdelavo, predhodno nastalih osnovnih delcev, npr. po postopku “furnace black”. Toplotna obdelava se lahko pojavi pri inertnih pogojih (to je v atmosferi, ki je v bistvu brez kisika) in se običajno pojavi v posodi, ki ni tista, v kateri so nastali osnovni delci. Inertni pogoji obsegajo, vendar s tem niso omejeni, vakuum, in atmosfero internega plina, ko je dušik, argon in podobno. V nekaterih izvedbah toplotna obdelava delcev saj pri inertnih pogojih lahko zmanjša število nečistoč (npr. preostalega olja in soli), napak, dislokacij in/ali prekinitev v kristalih saj in/ali poviša stopnjo grafitizacije.

[0070] Temperature toplotne obdelave se lahko spreminjajo. V različnih izvedbah, toplotna obdelava (npr. pri inertnih pogojih) poteka pri temperaturi vsaj 1000°C ali vsaj 1200°C ali vsaj 1400°C ali vsaj 1500°C ali vsaj 1700°C ali vsaj 2000°C. V nekaterih izvedbah toplotna obdelava poteka pri temperaturi v razponu od 1000°C do 2500°C, npr. od 1400°C do 1600°C. Toplotna obdelava, ki poteka pri neki temperaturi, se nanaša na enega ali več tukaj opisanih temperaturnih razponov in lahko vključuje segrevanje pri stalni temperaturi ali segrevanje ob spreminjanju temperature navzgor ali navzdol, po korakih in/ali na drug način.

[0071] Časovna obdobja toplotne obdelave so lahko različna. V določenih izvedbah toplotna obdelava poteka vsaj 1 minuto, npr. vsaj 30 minut ali vsaj 1 uro ali vsaj 2 uri ali vsaj 6 ur ali vsaj 24 ur ali katero izmed teh obdobj do 48 ur, ur v enem ali več tukaj razkritih temperaturnih razponih. V nekaterih izvedbah toplotna obdelava poteka v časovnem obdobju v razponu od 15 minut to vsaj 24 ur, npr. od 15 minut do 6 ur ali od 15 minut do 4 ur ali od 30 minut do 6 ur ali od 30 minut do 4 ur.

[0072] 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 naravnamo različne parameter postopka toplotne obdelave (kot je temperatura toplotne obdelave in/ali čas zadrževanja), dokler ne dosežemo želene površinske energije.

[0073] Delci so lahko tudi komercialno razpoložljivi delci. Primeri delcev saj vključujejo delce saj LITX® 50, FCX™ 80, LITX® 200, LITX® 300 in LITX® HP, ki so na voljo pri Cabot Corporation; C-ENERGY™ C45, C-ENERGY™ C65 in SUPER P®, proizvodi družbe Imerys; in Li-400, Li-250, Li-100 in Li-435 proizvodi družbe Denka.

[0074] Grafitni delci

[0075] Grafitni delci so v tehniki poznani. Grafitni delci so ogljikov material, ki vsebuje mnoge (npr. več od 50 ali več od 100 ali več od 200) grafitnih plasti, to je plasti sp^2 -hibridiziranih ogljikovih atomov, ki so medsebojno povezani, da tvorijo mrežo v obliki satja. Kot je opisano spodaj, so grafitni delci lahko označeni z njihovimi površinami BET, premeri in/ali kristaliničnostjo.

[0076] Površine BET grafitnih delcev so običajno večje od $5 \text{ m}^2/\text{g}$ ali večje od $50 \text{ m}^2/\text{g}$, na primer, v razponu od 5 do $50 \text{ m}^2/\text{g}$ ali 10 do $25 \text{ m}^2/\text{g}$. Površina BET ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: 5 do $40 \text{ m}^2/\text{g}$ ali 5 do $30 \text{ m}^2/\text{g}$ ali 5 do $20 \text{ m}^2/\text{g}$ ali 10 do $50 \text{ m}^2/\text{g}$ ali 10 do $40 \text{ m}^2/\text{g}$ ali 10 do $30 \text{ m}^2/\text{g}$ ali 20 do $50 \text{ m}^2/\text{g}$ ali 20 do $40 \text{ m}^2/\text{g}$ ali 30 do $50 \text{ m}^2/\text{g}$. Površina BET ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: večjo ali enako $10 \text{ m}^2/\text{g}$ ali večjo ali enako $20 \text{ m}^2/\text{g}$ ali večjo ali enako $30 \text{ m}^2/\text{g}$ ali večjo ali enako $40 \text{ m}^2/\text{g}$ ali večjo ali enako $40 \text{ m}^2/\text{g}$ ali večjo ali enako $30 \text{ m}^2/\text{g}$ ali večjo ali enako $20 \text{ m}^2/\text{g}$. Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov.

[0077] Povprečni premeri grafitnih delcev so običajno večji ali enaki 5 mikrometrov ali večji ali enaki 25 mikrometrov, na primer, v razponu od 5 do 25 mikrometrov. Premer ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 5 do 20 mikrometrov ali od 5 do 15 mikrometrov ali od 5 do 10 mikrometrov ali od 10 do 25 mikrometrov ali od 10 do 20 mikrometrov ali od 10 do 15 mikrometrov ali od 15 do 25 mikrometrov ali od 15 do 20 mikrometrov ali od 20 do 25 mikrometrov. Premer ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: več ali enako 10 mikrometrov ali več ali enako 15 mikrometrov ali več ali enako 20 mikrometrov ali več ali enako 20 mikrometrov ali več ali enako 15 mikrometrov ali več ali enako 10 mikrometrov. Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov. Premer je določen v raztopinah NMP z laserskim sipanjem z uporabo instrumenta Microtrac Model X100 za merjenje velikosti delcev z lasersko difrakcijo.

[0078] Kristaliničnost grafitnih delcev je običajno večja ali enaka 90% ali večja ali enaka 100%, na primer, v razponu od 90 do 100%. Kristaliničnost ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 90 do 98% ali od 90 do 96% ali od 90 do 94% ali od 92 do 100% ali od 92 do 98% ali od 92 do 96% ali od 94 do 100% ali od 94 do 98% ali od 96 do 100%. Kristaliničnost ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: več ali enako 92% ali več ali enako 94% ali več ali enako 96% ali več ali enako 98% ali več ali enako 96% ali več ali enako 94%. Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov. Kristaliničnost je določena z Ramanovimi meritvami, kot razmerje med površino pasu G in površinami pasov G in D ($I_G/(I_G+I_D)$).

[0079] Primeri grafitnih delcev vključujejo grafit SFG6 proizvajalca Imerys; grafitne delce ABG1010 na voljo pri Superior Graphite; in grafit SEFG 3806, SEFG 3775 in HPM850 proizvajalca Asbury Carbons.

[0080] Ogljikove nanocевke

[0081] Ogljikove nanocевke so v tehniki poznane kot ogljikov material, ki vsebuje vsaj eno plast sp^2 -hibridiziranih ogljikovih atomov, ki so medsebojno povezani, da tvorijo mrežo v obliki satja, ki tvori cilindrično ali cevasto strukturo. Ogljikove nanocевke so lahko ogljikove nanocевke z eno steno ali ogljikove nanocевke z več stenami.

[0082] Povprečni premeri ogljikovih nanocevk so običajno večji ali enaki 4 nm ali večji ali enaki 40 nm, na primer, v razponu od 4 do 40 nm. Premer ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 4 do 35 nm ali od 4 do 30 nm ali od 4 do 25 nm ali od 4 do 20 nm ali od 4 do 15 nm ali od 4 do 10 nm ali od 10 do 40 nm ali od 10 do 35 nm ali od 10 do 30 nm ali od 10 do 25 nm ali od 10 do 20 nm ali od 15 do 40 nm ali od 15 do 35 nm ali od 15 do 30 nm ali od 15 do 25 nm ali od 20 do 40 nm ali od 20 do 35 nm ali od 20 do 30 nm ali od 25 do 40 nm ali od 25 do 35 nm ali od 30 do 40 nm. Premer ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: več ali enako 10 nm ali več ali enako 15 nm ali več ali enako 20 nm ali več ali enako 25 nm ali več ali enako 30 nm ali več ali enako 35 nm ali več ali enako 35 nm ali več ali enako 30 nm ali več ali enako 25 nm ali več ali enako 20 nm ali več ali enako 15 nm ali več ali enako 10 nm. Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov. Premer je določen z elektronsko skenirno mikroskopijo (SEM), npr. iz naključno izbranih delcev ($n = 100$).

[0083] Povprečne dolžine ogljikovih nanocevk so običajno večje ali enake 10 nm ali večje ali enake 200 nm, na primer, v razponu od 10 do 200 nm. Dolžina ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 10 do 150 nm ali od 10 do 100 nm ali od 10 do 50 nm ali od 50 do 200 nm ali od 50 do 150 nm ali od 50 do 100 nm ali od 100 do 200 nm ali od 100 do 150 nm ali od 150 do 200 nm. Dolžina ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: več ali enako 50 nm ali več ali enako 75 nm ali več ali enako 100 nm ali več ali enako 125 nm ali več ali enako 150 nm ali več ali enako 175 nm ali več ali enako 175 nm ali več ali enako 150 nm ali več ali enako 125 nm ali več ali enako 100 nm ali več ali enako 75 nm ali več ali enako 50 nm. Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov. Dolžina je določena z elektronsko skenirno mikroskopijo (SEM), npr. iz naključno izbranih delcev ($n = 100$).

[0084] Primeri ogljikovih nanocevk sta LB101 in LB107 proizvod Cnano Technology Ltd.; HX-N1, HX-N2 in HX-N6 proizvodi Haoxin Technology; NTP 3003, NTP 3021, NTP 3103 in NTP 3121 proizvodi Shenzhen Nanotech Port Co. Ltd.; in GCNTs5, HCNTs10, CNTs20 in CNTs40 proizvodi SUSN.

[0085] Grafeni

[0086] "Grafeni", kot je uporabljeno tukaj so ogljikov material, ki vsebuje vsaj eno plast z debelino enega atoma iz sp^2 -hibridiziranih ogljikovih atomov, ki so

medsebojno povezani, da tvorijo mrežo v obliki satja. Grafeni lahko vključujejo eno plastne grafene, nekaj plastne grafene in/ali grafenske agregate. V določenih izvedbah, grafeni vključujejo nekaj plastne grafene (FLGs), ki imajo dve ali več zloženih plasti grafena, npr. 2-50 plastni grafeni ali 20-50 plastni grafeni. V nekaterih izvedbah, grafeni vključujejo eno plasten grafen in/ali 2-20 plastne grafene (ali druge tukaj razkrite razpone). V drugih izvedbah, grafeni vključujejo 3-15 plastne grafene. Število plasti je ocenjeno iz znanega razmerja proti velikosti površine BET plasti grafena.

[0087] Dimenzije grafenov so običajno definirane z debelino in velikostjo prečne domene. Debelina grafena je na splošno odvisna od števila plasti grafena. Dimenzija, ki je prečna na debelino je tukaj imenovana “prečna” dimenzija. V različnih izvedbah, imajo grafeni prečno velikost v razponu od 10 nm do 10 μm , npr. od 10 nm do 5 μm ali od 10 nm do 2 μm ali od 100 nm do 10 μm ali od 100 nm do 5 μm ali od 100 nm do 2 μm ali od 0.5 μm do 10 μm ali od 0.5 μm do 5 μm ali od 0.5 μm do 2 μm ali od 1 μm do 10 μm ali od 1 μm do 5 μm ali od 1 μm do 2 μm .

[0088] Grafeni lahko obstajajo kot posamezni delci in/ali kot agregati. Izraz “agregati” se nanaša na številne delce grafena (platelet), ki vsebujejo nekaj plastne grafene, ki so medsebojno zlepljeni. Za agregate grafena, izraz “velikost prečne domene” pomeni najdaljšo nedeljivo velikost agregata. Debelina agregata je definirana kot debelina posameznega delca grafena. Agregati grafena lahko nastanejo mehansko, npr. z eksfoliacijo grafita.

[0089] V nekaterih izvedbah, je velikost površine grafenov funkcija števila plasti, naloženih druga na drugo in jo lahko izračunamo na podlagi števila plasti. V določenih izvedbah, grafeni nimajo mikroporoznosti. Na primer, velikost površine ene plasti grafena brez poroznosti je 2700 m^2/g . Velikost površine dvoplastnega grafena brez poroznosti lahko izračunamo kot 1350 m^2/g . V drugih izvedbah, velikost površine grafenov dobimo iz kombinacije števila naloženih plasti in amorfnih votlin ni por. V različnih izvedbah, imajo grafeni mikroporoznost v razponu več od 0% do 50%, npr. od 20% do 45% ali od 20% do 30%. V nekaterih izvedbah imajo grafeni velikost površine BET večjo ali enako 100 m^2/g ali večjo ali enako 500 m^2/g , na primer, v razponu od 100 do 500 m^2/g . Velikost površine BET ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 100 do 450 m^2/g ali od 100 do 400 m^2/g ali od 100 do 350 m^2/g ali od 100 do 300 m^2/g ali od 100 do 250 m^2/g ali od 100 do 200 m^2/g ali od 150 do 500

m^2/g ali od 150 do 450 m^2/g ali od 150 do 400 m^2/g ali od 150 do 350 m^2/g ali od 150 do 300 m^2/g ali od 150 do 250 m^2/g ali od 200 do 500 m^2/g ali od 200 do 450 m^2/g ali od 200 do 400 m^2/g ali od 200 do 350 m^2/g ali od 200 do 300 m^2/g ali od 250 do 500 m^2/g ali od 250 do 450 m^2/g ali od 250 do 400 m^2/g ali od 250 do 350 m^2/g ali od 300 do 500 m^2/g ali od 300 do 450 m^2/g ali od 300 do 400 m^2/g ali od 350 do 500 m^2/g ali od 350 do 450 m^2/g ali od 400 do 500 m^2/g . Velikost površine BET ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: večjo ali enako 150 m^2/g ali večjo ali enako 200 m^2/g ali večjo ali enako 250 m^2/g ali večjo ali enako 300 m^2/g ali večjo ali enako 350 m^2/g ali večjo ali enako 400 m^2/g ali večjo ali enako 450 m^2/g ali večjo ali enako 450 m^2/g ali večjo ali enako 400 m^2/g ali večjo ali enako 350 m^2/g ali večjo ali enako 300 m^2/g ali večjo ali enako 250 m^2/g ali večjo ali enako 200 m^2/g ali večjo ali enako 150 m^2/g . Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov.

[0090] Grafene lahko izdelamo z različnimi postopki, vključno z eksfoliacijo grafitu (mehansko, kemijsko), kot je v tehniki dobro poznano. Alternativno lahko grafene sintetiziramo z reakcijo organskih prekurzorjev kot so metan in alkoholi, npr. s plinsko fazo, plazemskimi postopki in drugimi, v tehniki poznanimi postopki.

[0091] Grafeni so opisani na primer v objavljeni patentni prijavi U.S. št. 2018-0021499, WO 2017/139115; v začasni patentni prijavi U.S. št. 62/566,685. Primeri grafenov vključujejo PAS1001 proizvod Super C; LITX® 300G proizvod Cabot Corporation; HX-GS1 in HX-G8 proizvoda Haoxin; grafene GNC in GNP, na voljo pri SUSN; in xGnP® proizvod XGSciences.

[0092] Sestavki, ki vsebujejo kombinacijo prevodnih aditivov

[0093] Tukaj opisane delce saj, grafitne delce, ogljikove nanocevke in grafene lahko združimo s tekočim medijem (npr. topilom), da dobimo sestavke (npr. gošče, disperzije), ki jih lahko uporabimo za izdelavo elektrod.

[0094] V sestavkih, ki vsebujejo delce saj in grafitne delce, kot so opisani tukaj, je razmerje delcev proti grafitnim delcem lahko v razponu od 0.25:1 do 4:1 in/ali skupna koncentracija delcev saj in grafitnih delcev v sestavku je lahko v razponu od 0.1 do 5 utežnih odstotkov. Razmerje delcev proti grafitnim delcem ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 0.25:1 do 3.5:1 ali od 0.25:1 do 3:1 ali od 0.25:1 do 2.5:1 ali od 0.25:1 do 2:1 ali od 0.25:1 do 1.5:1 ali od 0.25:1 do 1:1 ali od 0.5:1 do 4:1 ali od 0.5:1 do 3.5:1 ali od 0.5:1 do 3:1 ali od 0.5:1 do 2.5:1 ali od 0.5:1 do

2:1 ali od 0.5:1 do 1.5:1 ali od 1:1 do 4:1 ali od 1:1 do 4:1 ali od 1:1 do 3.5:1 ali od 1:1 do 3:1 ali od 1:1 do 2.5:1 ali od 1:1 do 2:1 ali od 1.5:1 do 4:1 ali od 1.5:1 do 3.5:1 ali od 1.5:1 do 3:1 ali od 1.5:1 do 2.5:1 ali od 2:1 do 4:1 ali od 2:1 do 3.5:1 ali od 2:1 do 3:1 ali od 2.5:1 do 4:1 ali od 2.5:1 do 3.5:1 ali od 3:1 do 4:1. Skupna koncentracija delcev saj in grafitnih delcev v sestavku ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 0.1 do 4 utežnih odstotkov ali od 0.1 do 3 utežnih odstotkov ali od 0.1 do 2 utežnih odstotkov ali od 0.1 do 1 utežnih odstotkov ali od 1 do 5 utežnih odstotkov ali od 1 do 4 utežnih odstotkov ali od 1 do 3 utežnih odstotkov ali od 1 do 2 utežnih odstotkov ali od 2 do 5 utežnih odstotkov ali 2 do 4 utežnih odstotkov ali od 2 do 3 utežnih odstotkov ali od 3 do 5 utežnih odstotkov ali od 3 do 4 utežnih odstotkov ali od 4 do 5 utežnih odstotkov. Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov. V določenih izvedbah, so ti sestavki (npr. gošče in elektrodni sestavki) v bistvu brez dodanih ogljikovih nanocevk.

[0095] V sestavkih, ki vsebujejo ogljikove nanocevke in grafene, kot so opisani tukaj, je razmerje ogljikovih nanocevk proti grafenom lahko v razponu od 0.25:1 do 4:1 in/ali skupna koncentracija ogljikovih nanocevk in grafenov v sestavku je lahko v razponu od 0.5 do 5 utežnih odstotkov. Razmerje ogljikovih nanocevk proti grafenom ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 0.25:1 do 3.5:1 ali od 0.25:1 do 3:1 ali od 0.25:1 do 2.5:1 ali od 0.25:1 do 2:1 ali od 0.25:1 do 1.5:1 ali od 0.25:1 do 1:1 ali od 0.5:1 do 4:1 ali od 0.5:1 do 3.5:1 ali od 0.5:1 do 3:1 ali od 0.5:1 do 2.5:1 ali od 0.5:1 do 2:1 ali od 0.5:1 do 1.5:1 ali od 1:1 do 4:1 ali od 1:1 do 4:1 ali od 1:1 do 3.5:1 ali od 1:1 do 3:1 ali od 1:1 do 2.5:1 ali od 1:1 do 2:1 ali od 1.5:1 do 4:1 ali od 1.5:1 do 3.5:1 ali od 1.5:1 do 3:1 ali od 1.5:1 do 2.5:1 ali od 2:1 do 4:1 ali od 2:1 do 3.5:1 ali od 2:1 do 3:1 ali od 2.5:1 do 4:1 ali od 2.5:1 do 3.5:1 ali od 3:1 do 4:1. Skupna koncentracija ogljikovih nanocevk in grafenov v sestavku ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 1 do 5 utežnih odstotkov ali od 1 do 4 utežnih odstotkov ali od 1 do 3 utežnih odstotkov ali od 1 do 2 utežnih odstotkov ali od 2 do 5 utežnih odstotkov ali 2 do 4 utežnih odstotkov ali od 2 do 3 utežnih odstotkov ali od 3 do 5 utežnih odstotkov ali od 3 do 4 utežnih odstotkov ali od 4 do 5 utežnih odstotkov. Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov.

[0096] V sestavkih, ki vsebujejo ogljikove nanocevke in delce saj, kot so opisani tukaj, je razmerje ogljikovih nanocevk proti delcem saj lahko v razponu od

0.25:1 do 4:1 in/ali skupna koncentracija ogljikovih nanocevk in delcev saj v sestavku je lahko v razponu od 0.5 do 5 utežnih odstotkov. Razmerje ogljikovih nanocevk proti delcem saj ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 0.25:1 do 3.5:1 ali od 0.25:1 do 3:1 ali od 0.25:1 do 2.5:1 ali od 0.25:1 do 2:1 ali od 0.25:1 do 1.5:1 ali od 0.25:1 do 1:1 ali od 0.5:1 do 4:1 ali od 0.5:1 do 3.5:1 ali od 0.5:1 do 3:1 ali od 0.5:1 do 2.5:1 ali od 0.5:1 do 2:1 ali od 0.5:1 do 1.5:1 ali od 1:1 do 4:1 ali od 1:1 do 4:1 ali od 1:1 do 3.5:1 ali od 1:1 do 3:1 ali od 1:1 do 2.5:1 ali od 1:1 do 2:1 ali od 1.5:1 do 4:1 ali od 1.5:1 do 3.5:1 ali od 1.5:1 do 3:1 ali od 1.5:1 do 2.5:1 ali od 2:1 do 4:1 ali od 2:1 do 3.5:1 ali od 2:1 do 3:1 ali od 2.5:1 do 4:1 ali od 2.5:1 do 3.5:1 ali od 3:1 do 4:1. Skupna koncentracija ogljikovih nanocevk in delcev saj v sestavku ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 1 do 5 utežnih odstotkov ali od 1 do 4 utežnih odstotkov ali od 1 do 3 utežnih odstotkov ali od 1 do 2 utežnih odstotkov ali od 2 do 5 utežnih odstotkov ali 2 do 4 utežnih odstotkov ali od 2 do 3 utežnih odstotkov ali od 3 do 5 utežnih odstotkov ali od 3 do 4 utežnih odstotkov ali od 4 do 5 utežnih odstotkov. Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov.

[0097] V sestavkih, ki vsebujejo delce saj in grafene, kot so opisani tukaj, je razmerje delcev saj proti grafenom lahko v razponu od 0.25:1 do 4:1 in/ali skupna koncentracija delcev saj in grafenov v sestavku je lahko v razponu od 0.1 do 5 utežnih odstotkov. Razmerje delcev saj proti grafenom ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 0.25:1 do 3.5:1 ali od 0.25:1 do 3:1 ali od 0.25:1 do 2.5:1 ali od 0.25:1 do 2:1 ali od 0.25:1 do 1.5:1 ali od 0.25:1 do 1:1 ali od 0.5:1 do 4:1 ali od 0.5:1 do 3.5:1 ali od 0.5:1 do 3:1 ali od 0.5:1 do 2.5:1 ali od 0.5:1 do 2:1 ali od 0.5:1 do 1.5:1 ali od 1:1 do 4:1 ali od 1:1 do 4:1 ali od 1:1 do 3.5:1 ali od 1:1 do 3:1 ali od 1:1 do 2.5:1 ali od 1:1 do 2:1 ali od 1.5:1 do 4:1 ali od 1.5:1 do 3.5:1 ali od 1.5:1 do 3:1 ali od 1.5:1 do 2.5:1 ali od 2:1 do 4:1 ali od 2:1 do 3.5:1 ali od 2:1 do 3:1 ali od 2.5:1 do 4:1 ali od 2.5:1 do 3.5:1 ali od 3:1 do 4:1. Skupna koncentracija delcev saj in grafenov v sestavku ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 0.1 do 4 utežnih odstotkov ali od 0.1 do 3 utežnih odstotkov ali od 0.1 do 2 utežnih odstotkov ali od 0.1 do 1 utežnih odstotkov ali od 1 do 5 utežnih odstotkov ali od 1 do 4 utežnih odstotkov ali od 1 do 3 utežnih odstotkov ali od 1 do 2 utežnih odstotkov ali od 2 do 5 utežnih odstotkov ali 2 do 4 utežnih odstotkov ali od 2 do 3 utežnih odstotkov ali od 3 do 5 utežnih odstotkov ali od 3 do 4 utežnih odstotkov ali od

4 do 5 utežnih odstotkov. Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov. V določenih izvedbah so ti sestavki (npr. gošče in elektrodni sestavki) v bistvu brez dodanih ogljikovih nanocevk.

[0098] Tekoči medij je lahko katerakoli tekočina, ki je primerna za uporabo s sestavnimi deli tukaj opisanega sestavka in jo je mogoče uporabiti za izdelavo predvidene elektrode. Topilo je lahko brezvodno, polarno in/ali aprotično. V nekaterih izvedbah, ima topilo visoko volatilnost 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.

[0099] 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. V nekaterih izvedbah, sestavki nadalje vsebujejo eno ali več dispergiranih sredstev (npr. celulozno dispergirno sredstvo) in/ali enega ali več aditivov (npr. polimer pridobljen iz maleinskega anhidrida).

Primeri dispergiranih sredstev in aditivov so opisani v začasnih patentnih prijavah U.S. št. 62/680,648 in 62/685,574.

[0100] Sestavke lahko uporabimo v izdelavi različnih naprava za shranjevanje energije, kot so na primer litij-ionske baterije. Na primer, sestavke lahko uporabimo za izdelavo sestavka elektrode (npr. katode) za litij ionsko baterijo. Elektrodni sestavek običajno vsebuje mešanico, ki vsebuje tukaj opisane sestavke, litijev kovinski fosfat (npr. LiMPO_4 , kjer $M = \text{Fe, Co, Mn in/ali Ni}$) in neobvezno vezivo.

[0101] Koncentracija litijevega kovinskega fosfata v elektrodnem sestavku je lahko različna, v odvisnosti od določene vrste naprave za shranjevanje energije. V nekaterih izvedbah je litijev kovinski fosfat prisoten v elektrodnem sestavku v količini vsaj 90 utežnih odstotkov, glede na skupno težo elektrodnega sestavka, npr. v količini v razponu od 90 do 99 utežnih odstotkov, glede na skupno težo elektrodnega sestavka.

[0102] Koncentracija kombinacij prevodnih aditivov v elektrodnem sestavku se tudi razlikuje. Za elektrodne sestavke, ki vsebujejo tukaj opisane delce saj in grafitne delci, je razmerje delcev saj proti grafitnim delcem lahko v razponu od 0.25:1 do 4:1

in/ali skupna koncentracija delcev saj in grafitnih delcev v elektrodnem sestavku je lahko v razponu od 0.1 do 3 utežnih odstotkov, glede na skupno težo elektrodnega sestavka. Razmerje delcev saj proti grafitnim delcem ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 0.25:1 do 3.5:1 ali od 0.25:1 do 3:1 ali od 0.25:1 do 2.5:1 ali od 0.25:1 do 2:1 ali od 0.25:1 do 1.5:1 ali od 0.25:1 do 1:1 ali od 0.5:1 do 4:1 ali od 0.5:1 do 3.5:1 ali od 0.5:1 do 3:1 ali od 0.5:1 do 2.5:1 ali od 0.5:1 do 2:1 ali od 0.5:1 do 1.5:1 ali od 1:1 do 4:1 ali od 1:1 do 4:1 ali od 1:1 do 3.5:1 ali od 1:1 do 3:1 ali od 1:1 do 2.5:1 ali od 1:1 do 2:1 ali od 1.5:1 do 4:1 ali od 1.5:1 do 3.5:1 ali od 1.5:1 do 3:1 ali od 1.5:1 do 2.5:1 ali od 2:1 do 4:1 ali od 2:1 do 3.5:1 ali od 2:1 do 3:1 ali od 2.5:1 do 4:1 ali od 2.5:1 do 3.5:1 ali od 3:1 do 4:1. Skupna koncentracija delcev saj in grafitnih delcev v elektrodnem sestavku ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 0.1 do 2.5 utežnih odstotkov ali od 0.1 do 2 utežnih odstotkov ali od 0.1 do 1.5 utežnih odstotkov ali od 0.1 do 1 utežnih odstotkov ali od 0.1 do 0.5 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 3 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 2.5 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 2 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 1.5 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 1 utežnih odstotkov ali od 1 do 3 utežnih odstotkov ali od 1 do 2.5 utežnih odstotkov ali od 1 do 2 utežnih odstotkov ali od 1 do 1.5 utežnih odstotkov ali od 1.5 do 3 utežnih odstotkov ali od 1.5 do 2.5 utežnih odstotkov ali od 1.5 do 2 utežnih odstotkov ali od 2 do 3 utežnih odstotkov ali od 2 do 2.5 utežnih odstotkov ali od 2.5 do 3 utežnih odstotkov. Delci saj in grafitni delci so v elektrodnem sestavku lahko neodvisno prisotni v razponu od 0.1 do 2.25 utežnih odstotkov, glede na skupno težo elektrodnega sestavka. Koncentracija delcev saj in grafitnih delcev v elektrodnem sestavku je neodvisno lahko ali vključuje, na primer, enega izmed naslednjih razponov: od 0.1 do 1.75 utežnih odstotkov ali od 0.1 do 1.25 utežnih odstotkov ali od 0.1 do 0.75 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 2.25 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 1.75 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 1.25 utežnih odstotkov ali od 1 do 2.25 utežnih odstotkov ali od 1 do 1.75 utežnih odstotkov ali od 1.5 do 2.25 utežnih odstotkov. Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov. V določenih izvedbah, so ti elektrodni sestavki v bistvu brez dodanih ogljikovih nanocevk.

[0103] V elektrodnih sestavkih, ki vsebujejo ogljikove nanocevkke in grafene, kot so opisani tukaj, je razmerje ogljikovih nanocevk proti grafenu lahko v razponu od 0.25:1 do 4:1 in/ali skupna koncentracija ogljikovih nanocevk in grafenov v

elektrodnem sestavku je lahko v razponu od 0.5 do 3 utežnih odstotkov, glede na skupno težo elektrodnega sestavka. Razmerje ogljikovih nanocevk proti grafenom ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 0.25:1 do 3.5:1 ali od 0.25:1 do 3:1 ali od 0.25:1 do 2.5:1 ali od 0.25:1 do 2:1 ali od 0.25:1 do 1.5:1 ali od 0.25:1 do 1:1 ali od 0.5:1 do 4:1 ali od 0.5:1 do 3.5:1 ali od 0.5:1 do 3:1 ali od 0.5:1 do 2.5:1 ali od 0.5:1 do 2:1 ali od 0.5:1 do 1.5:1 ali od 1:1 do 4:1 ali od 1:1 do 4:1 ali od 1:1 do 3.5:1 ali od 1:1 do 3:1 ali od 1:1 do 2.5:1 ali od 1:1 do 2:1 ali od 1.5:1 do 4:1 ali od 1.5:1 do 3.5:1 ali od 1.5:1 do 3:1 ali od 1.5:1 do 2.5:1 ali od 2:1 do 4:1 ali od 2:1 do 3.5:1 ali od 2:1 do 3:1 ali od 2.5:1 do 4:1 ali od 2.5:1 do 3.5:1 ali od 3:1 do 4:1. Skupna koncentracija ogljikovih nanocevk in grafenov v elektrodnem sestavku ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 0.5 do 2.5 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 2 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 1.5 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 1 utežnih odstotkov ali od 1 do 3 utežnih odstotkov ali od 1 do 2.5 utežnih odstotkov ali od 1 do 2 utežnih odstotkov ali od 1 do 1.5 utežnih odstotkov ali od 1.5 do 3 utežnih odstotkov ali od 1.5 do 2.5 utežnih odstotkov ali od 1.5 do 2 utežnih odstotkov ali od 2 do 3 utežnih odstotkov ali od 2 do 2.5 utežnih odstotkov ali od 2.5 do 3 utežnih odstotkov. V določenih izvedbah so ogljikove nanocevke in grafeni v elektrodnem sestavku lahko neodvisno prisotni v razponu od 0.25 do 1 utežnih odstotkov, glede na skupno težo elektrodnega sestavka. Koncentracija ogljikovih nanocevk in grafenov v elektrodnem sestavku ima neodvisno lahko ali vključuje na primer, enega izmed naslednjih razponov: od 0.25 do 0.75 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 1 utežnih odstotkov. Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov.

[0104] V elektrodnih sestavkih, ki vsebujejo ogljikove nanocevke in delce saj, kot so opisani tukaj, je razmerje ogljikovih nanocevk proti delcem saj lahko v razponu od 0.25:1 do 4:1 in/ali skupna koncentracija ogljikovih nanocevk in delcev saj v elektrodnem sestavku je lahko v razponu od 0.5 do 3 utežnih odstotkov, glede na skupno težo elektrodnega sestavka. Razmerje ogljikovih nanocevk proti delcem saj ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 0.25:1 do 3.5:1 ali od 0.25:1 do 3:1 ali od 0.25:1 do 2.5:1 ali od 0.25:1 do 2:1 ali od 0.25:1 do 1.5:1 ali od 0.25:1 do 1:1 ali od 0.5:1 do 4:1 ali od 0.5:1 do 3.5:1 ali od 0.5:1 do 3:1 ali od 0.5:1 do 2.5:1 ali od 0.5:1 do 2:1 ali od 0.5:1 do 1.5:1 ali od 1:1 do 4:1 ali od 1:1 do 4:1 ali od 1:1 do 3.5:1 ali od 1:1 do 3:1 ali od 1:1 do 2.5:1 ali od 1:1 do 2:1 ali od 1.5:1 do 4:1 ali

od 1.5:1 do 3.5:1 ali od 1.5:1 do 3:1 ali od 1.5:1 do 2.5:1 ali od 2:1 do 4:1 ali od 2:1 do 3.5:1 ali od 2:1 do 3:1 ali od 2.5:1 do 4:1 ali od 2.5:1 do 3.5:1 ali od 3:1 do 4:1. Skupna koncentracija ogljikovih nanocevk in delcev saj v elektrodnem sestavku ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 0.5 do 2.5 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 2 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 1.5 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 1 utežnih odstotkov ali od 1 do 3 utežnih odstotkov ali od 1 do 2.5 utežnih odstotkov ali od 1 do 2 utežnih odstotkov ali od 1 do 1.5 utežnih odstotkov ali od 1.5 do 3 utežnih odstotkov ali od 1.5 do 2.5 utežnih odstotkov ali od 1.5 do 2 utežnih odstotkov ali od 2 do 3 utežnih odstotkov ali od 2 do 2.5 utežnih odstotkov ali od 2.5 do 3 utežnih odstotkov. V določenih izvedbah, so ogljikove nanocevke in delci saj v elektrodnem sestavku neodvisno lahko prisotni v razponu od 0.25 do 1 utežnih odstotkov, glede na skupno težo elektrodnega sestavka. Koncentracija ogljikovih nanocevk in delcev saj v elektrodnem sestavku ima neodvisno lahko ali vključuje na primer, enega izmed naslednjih razponov: od 0.25 do 0.75 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 1 utežnih odstotkov. Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov.

[0105] V elektrodnih sestavkih, ki vsebujejo delce saj in grafene, kot so opisani tukaj, je razmerje delcev saj proti grafenom lahko v razponu od 0.25:1 do 4:1 in/ali skupna koncentracija delcev saj in grafenov v elektrodnem sestavku je lahko v razponu od 0.1 do 3 utežnih odstotkov, glede na skupno težo elektrodnega sestavka. Razmerje delcev saj proti grafenom ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 0.25:1 do 3.5:1 ali od 0.25:1 do 3:1 ali od 0.25:1 do 2.5:1 ali od 0.25:1 do 2:1 ali od 0.25:1 do 1.5:1 ali od 0.25:1 do 1:1 ali od 0.5:1 do 4:1 ali od 0.5:1 do 3.5:1 ali od 0.5:1 do 3:1 ali od 0.5:1 do 2.5:1 ali od 0.5:1 do 2:1 ali od 0.5:1 do 1.5:1 ali od 1:1 do 4:1 ali od 1:1 do 4:1 ali od 1:1 do 3.5:1 ali od 1:1 do 3:1 ali od 1:1 do 2.5:1 ali od 1:1 do 2:1 ali od 1.5:1 do 4:1 ali od 1.5:1 do 3.5:1 ali od 1.5:1 do 3:1 ali od 1.5:1 do 2.5:1 ali od 2:1 do 4:1 ali od 2:1 do 3.5:1 ali od 2:1 do 3:1 ali od 2.5:1 do 4:1 ali od 2.5:1 do 3.5:1 ali od 3:1 do 4:1. Skupna koncentracija delcev saj in grafenov v elektrodnem sestavku ima lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 0.1 do 2.5 utežnih odstotkov ali od 0.1 do 2 utežnih odstotkov ali od 0.1 do 1.5 utežnih odstotkov ali od 0.1 do 1 utežnih odstotkov ali od 0.1 do 0.5 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 3 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 2.5 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 2 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 1.5 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 1 utežnih

odstotkov ali od 1 do 3 utežnih odstotkov ali od 1 do 2.5 utežnih odstotkov ali od 1 do 2 utežnih odstotkov ali od 1 do 1.5 utežnih odstotkov ali od 1.5 do 3 utežnih odstotkov ali od 1.5 do 2.5 utežnih odstotkov ali od 1.5 do 2 utežnih odstotkov ali od 2 do 3 utežnih odstotkov ali od 2 do 2.5 utežnih odstotkov ali od 2.5 do 3 utežnih odstotkov. Delci saj in grafeni so v elektrodnem sestavku lahko prisotni neodvisno v razponu od 0.1 do 2.25 utežnih odstotkov, glede na skupno težo elektrodnega sestavka. Koncentracija delcev saj in grafenov v elektrodnem sestavku je neodvisno lahko ali vključuje, na primer enega izmed naslednjih razponov: od 0.1 do 1.75 utežnih odstotkov ali od 0.1 do 1.25 utežnih odstotkov ali od 0.1 do 0.75 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 2.25 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 1.75 utežnih odstotkov ali od 0.5 do 1.25 utežnih odstotkov ali od 1 do 2.25 utežnih odstotkov ali od 1 do 1.75 utežnih odstotkov ali od 1.5 do 2.25 utežnih odstotkov. Možni so tudi drugi razponi znotraj teh razponov. V določenih izvedbah, so ti elektrodni sestavki v bistvu brez dodanih ogljikovih nanocevk.

[0106] V določenih izvedbah, elektrodni sestavek nadalje vsebuje eno ali več veziv, za izboljšanje mehanskih lastnosti izdelane elektrode. Primeri materialov veziv vključujejo, vendar na njih niso omejeni, fluorinirane polimere, kot na primer poli(vinildifluoroetilen) (PVDF), poli(vinildifluoroetilen-ko-heksafluoropropilen) (PVDF-HFP), poli(tetrafluoroetilen) (PTFE), poliimide in vodotopna veziva, kot na primer poli(etilen) oksid, polivinil-alkohol (PVA), celuloza, karboksimetilceluloza (CMC), škrob, hidroksipropilceluloza, regenerirana celuloza, polivinil pirolidon (PVP) in njihovi kopolimeri in njihove mešanice. Druga možna veziva vključujejo polietilen, polipropilen, terpolimer etilen-propilen-dien (EPDM), sulfoniran EPDM, gumo stiren-butadien (SBR) in gumo fluoro in njihove kopolimeri in njihove mešanice. V nekaterih izvedbah, je vezivo v katodnem sestavku prisotno v količini od 1 do 10 utežnih odstotkov.

[0107] Elektrodni (npr. katodni) sestavek je lahko izdelan z interno homogeno disperzijo (npr. z enakomernim mešanjem) tukaj opisanega sestavka, z litijevim kovinskim fosfatom. V nekaterih izvedbah, je vezivo interno homogeno dispergirano tudi s tukaj opisanimi sestavki in litijevim kovinskim fosfatom. Elektrodni sestavek ima lahko obliko paste ali gošče, v kateri so združeni delci litijevega kovinskega fosfata, prevodni aditivi, eno ali več dispergiranih sredstev (če so prisotna), drugi aditivi (če so prisotni), topilo in vezivo (če je prisotno). Sestavine elektrodnega sestavka so lahko

združene v kateremkoli vrstnem redu, dokler je dobljena mešanica v bistvu homogenena, kar lahko dosežemo s stresanjem, mešanjem, itd. V določenih izvedbah je elektrodni sestavek v trdnem stanju, kar je posledica odstranitve topila iz paste ali gošče.

[0108] V nekaterih izvedbah je elektroda izdelana z nanašanjem paste na električno prevodno podlago (npr. aluminijast tokovni odjemnik), čemur sledi odstranitev topila. V določenih izvedbah ima pasta dovolj visoko vsebnost trdnih delcev (to je visoko koncentracijo trdnih delcev), da omogoča nanašanje na podlago, medtem ko zmanjša nastanek inherentnih napak (npr. pikanje), ki se lahko zgodi ob uporabi manj viskozne paste (npr. z manjšo vsebnostjo trdnih delcev). Poleg tega višja vsebnost trdnih delcev zmanjša količino potrebnega topila. Topilo je odstranjeno s sušenjem paste, bodisi pri temperaturi okolice ali pri pogojih nizke toplote, npr. pri temperaturah v razponu od 20° do 100°C. Nanesena elektroda/tokovni odjemnik lahko razrežemo na želene velikosti, čemur neobvezno sledi kalandiranje.

[0109] Izdelana elektroda je lahko vgrajena v litij-ionsko baterijo v skladu s postopki, ki so v tehniki poznani, kot je na primer opisano v "Lithium Ion Batteries Fundamentals and Applications", avtorja Yuping Wu, CRC press, (2015).

[0110] V drugih izvedbah, so tukaj opisani sestavki uporabljeni (npr. vgrajeni) v elektrode drugih naprav za shranjevanje energije, kot na primer v primarne alkalne baterije, primarne litijeve baterije, baterije nikelj metal hidrid, natrijeve baterije, baterije litij žveplo, baterije litij zrak in superkondenzatorji. Postopki izdelave takih naprav so v tehniki poznani in so opisani v na primer v "Battery Reference Book", avtorja TR Crompton, Newness (2000).

Primeri

[0111] Primer 1

[0112] Elektrode litij železov fosfat (LFP) smo izdelali po postopku mešanja v dveh korakih s planetarnim centrifugalnim mešalnikom Thinky ARE310. Prvi korak vključuje 20 minutno mešanje (dvanajst minut aktivnega mešanja) osnove ogljikovega prevodnega aditiva (CCA)/PVDF/NMP z dvema majhnima z medijema iz volframovega karbida (WC). Po dodajanju prahu LFP (razred P2 proizvajalca Phostech) v osnovo,

drugi korak vsebuje mešanje še 20 minut (dvanajst minut aktivnega mešanja) brez medija. Oba prahova LFP in CCA sta 20 minut pred-sušena pri temperaturi 130°C.

[0113] Formulacije disperzij CCA so navedene v Tabeli I, kjer "CB" pomeni saje in "CNTs" pomeni ogljikove nanocevke. V vseh elektrodah je bilo vezivo 2 utežna odstotka PVDF (Arkema HSV900) in skupna vsebnost trdnih delcev v gošči je bila 56 utežnih odstotkov. Fizikalne lastnosti CCAs so navedene v Tabeli II.

Tabela I

Katoda	CCA1	CCA2	Vrsta mešanice
Kontrola	Ni podatka	Ni podatka	Ni podatka
Disperzija A	1% LITX® 300G	1% Cnano	Grafen + CNTs
Disperzija B	1% FCX™ 80	1% ABG 1010	CB + Grafit
Disperzija C	1% LITX® 300	1% Cnano	CB + CNTs
Disperzija D	1% LITX® 300	1% LITX® 300G	CB + Grafen
3% CNTs	3% Cnano	Ni podatka	samo CNTs

Tabela II

Vzorec	BET SA, m ² /g	STSA, m ² /g	OAN, mL/100g	SEP, mJ/m ²	Št. grafitnih plasti	L _a Raman Å	(I _G /(I _G +I _D)) % Cr Raman	L _c XRD, Å
LITX® 300G	300	Ni podatka	115	24	324	31	42	1088
FCX™ 80	77	77	167	~0	Ni podatka	67	61	59.6
LITX® 300	169	144	155	7	Ni podatka	24	38	18.8
ABG1010	19.7	24.2	130	35.3	34	176	Ni podatka	Ni podatka
CNTs	230	Ni podatka	Ni podatka	Ni podatka	13	52.5	54.7	45.3

[0114] Elektrodne gošče smo nanесли na z aluminijaste folije, predhodno premazane z ogljikom (MTI Corporation, Cat. # EQ-CC-Al-18u-260) in folije Mylar®,

z uporabo samodejne naprave z zdravniškim rezilom (Model MSK-AFA-III proizvajalca MTI Corp.). NMP smo 20 minut uparjali v konvekcijski pečici nastavljeno na 80°C in na koncu posušili v vakuumski pečici pri ~100°C. Nanosi na suhih elektrodah so bili 10 mg/cm² na Al folijah in 14 mg/cm² na folijah Mylar®, kalandirani na gostoto 2.3 g/cm³ z ročno valjčno stiskalnico.

[0115] Upornost oplaščenih elektrod smo merili s komercialnim sistemom Signatone Pro4-4400 (glava sonde SP4 povezana z zadnjim delom merilnika vira Keithley 2410-C). Merjenja smo izvedli v načinu s štirižično konfiguracijo na oplaščenih katodah Mylar®, da smo odpravili prispevek prevodnosti podlage. Poročane vrednosti so neposredno ohmski odčitki z inštrumenta, pri toku 0.1 mA in gostoti kalandirane katode 2.3 g/cm³. Rezultati kažejo, da CCA disperzije A, B in C in D znatno zmanjšajo upornost elektrode v primerjavi s kontrolo, in sicer na ravni, ki so blizu 3% CNTs.

[0116] Primer 2

[0117] Katode iz Primera 1 smo testirali v polovičnih gumbnih baterijah 2032. Diske s premerom petnajst milimetrov smo preluknjali za pripravo gumbne baterije in jih najmanj 4 ure sušili pri 110°C v vakuumu. Diske smo kalandirali pri 2.3 g/cm³ ročno valjčno stiskalnico in sestavili v gumbne baterije 2032 v z argonom napolnjeni škatli z rokavico (M-Braun), za testiranje proti litijevi foliji. Kot ločevalnike, smo uporabili mikrofiltre iz steklenih vlaken (Whatman GF/A). Elektrolit je bil 100 mikrolitrov etilen karbonat-dimetil karbonat-etilmetil karbonat (EC-DMC-EMC), vinilen karbonat (VC) 1%, LiPF₆ 1M (BASF). Za vsako testirano formulacijo smo sestavili štiri gumbne baterije.

[0118] Poročane kapacitete so povprečja štirih gumbnih baterij, normalizirana v mAh/g aktivne katodne mase. Delovanje polovičnih gumbnih baterij pri sobni temperaturi (20°C), smo merili tako, da smo jih najprej formirali z uporabo dveh ciklov polnjenje-praznjenje C/5-D/5, jih nato napolnili s hitrostjo polnjenja 1C in jih izpraznili s C/5, 1C, 2C, 5C, 10C, 12C, 15C in 20C hitrostmi praznjenja. Nato smo testirali njihovo hibridno pulzno zmogljivost (HPPC), z uporabo pulzov polnjenja 3.75C in pulzov praznjenja 5C 10 sekund, pri vsakih 10% polnjenja od popolnoma napolnjene so popolnoma izpraznjene. Vsi aditivi zagotavljajo delovanje podobno kontroli pri sobni temperaturi, oboje v smislu zmogljivosti 5C (popolna izpraznitev v 12 minutah) ali

notranjo upornost (DC-IR) pri stanju polnjenja 20%, merjeno na tokovnih pulzih 10s 5C HPPC (SLIKA 2).

[0119] Primer 3

[0120] Delovanje polovičnih gumbnih baterij pri nizkih temperaturah smo merili s polnjenjem baterij pri +20°C, z uporabo hitrosti polnjenja 1C in praznjenjem baterij pri -20°C, z uporabo hitrosti polnjenja 1C. Ohranjanje zmogljivosti pri -20°C smo izračunali glede na hitrost praznjenja 1C pri +20°C. Delovanje disperzij A in C je bilo podobno kontroli in samih CNTs. Delovanje disperzije B je bilo boljše od kontrole in samih CNTs (SLIKA 3).

[0121] Primer 4

[0122] Popolnoma napolnjene polovične gumbne baterije smo shranili za 48 ur pri 85°C, v komoro s toplotno nadzorovanim okoljem, jih nato dali nazaj na sobno temperaturo in preverili njihovo zmogljivost pri hitrostih praznjenja 1C, 2C in 5C. Ohranjanje zmogljivosti smo izračunali kot razmerje iste hitrosti praznjenja pred shranjevanjem v vročem. Vse disperzije so imele boljše ohranjanje zmogljivosti po izpostavitvi povišani temperaturi. Delovanje je ostalo boljše celo pri hitrosti polnjenja 5C. 3% V tem testu CNTs ni bila boljša od kontrole (brez CCA), kar kaže na pomembnost mešanic CCA v elektrodni formulaciji (SLIKA 4).

[0123] Primer 5

[0124] Življenjski cikel smo merili na polnih gumbnih baterija, z uporabo grafitnih anod pri hitrostih polnjenja in praznjenja 1C (1h), v komori s toplotno nadzorovanim okoljem pri 60°C. Življenjski cikel smo določili kot število ciklov izvršenih do 80% začetne zmogljivosti. Disperziji A in B sta obe imeli izboljššan življenjski cikel v primerjavi s 3% CNTs, pri 2% zmanjšanju skupnega CCA. Disperzija C je imela življenjski cikel podoben 3% CNTs (SLIKA 5). S stroškovnega vidika je disperzija B boljša od disperzij A, C in CNTs samo zato, ker ne vsebuje CNTs. Disperzija B je omela boljšo kombinacijo lastnosti, kar ima za posledico na splošno najboljše delovanje in najnižje stroške, ker ni potrebna uporaba dragega CNTs.

[0125] 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.

[0126] Vse objave, prijave, standardi ASTM in tukaj navedeni patenti so v opis v celoti vključeni z navedbo.

[0127] Druge izvedbe predmetnega izuma bodo v stroki izkušenim očitne iz pregleda predmetnega opisa in uporabe tukaj razkritega predmetnega izuma. Namen predmetnega opisa 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.

[0128] Patentni zahtevki:

Patentni zahtevki:

1. Sestavek, ki vsebuje prevodne aditive, in sicer:
delce saj s površinsko energijo večjo od 5 mJ/m^2 ;
grafitne delce z velikostjo površine BET večjo od $5 \text{ m}^2/\text{g}$ in več kot približno 50 grafitnih plasti, kjer je utežno razmerje delcev saj proti grafitnim delcem v razponu od 0.25:1 do 4:1; in
tekoči medij.
2. Sestavek po zahtevku 1, ki vsebuje skupno od 0.1 do 5 utežnih odstotkov delcev saj in grafitnih delcev.
3. Sestavek po zahtevku 1 ali 2, kjer imajo delci saj eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji:
 - (a) velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od $50 \text{ \AA}$;
 - (b) velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od $50 \text{ \AA}$;
 - (c) odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 35%;
 - (d) velikost površine BET večjo od $50 \text{ m}^2/\text{g}$;
 - (e) STSA večjo od $50 \text{ m}^2/\text{g}$;
 - (f) OAN večje od $100 \text{ mL}/100 \text{ g}$;
 - (g) skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 20 nm ; in/ali
 - (h) vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov.
4. Sestavek po kateremkoli izmed predhodnih zahtevkov, kjer imajo delci saj eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji:
 - (a) velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od $100 \text{ \AA}$;

- (b) velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od 100 Å;
 - (c) odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 70%;
 - (d) velikost površine BET večjo od 250 m²/g;
 - (e) STSA večjo od 250 m²/g;
 - (f) OAN večje od 300 mL/100 g;
 - (g) skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 400 nm; in/ali
 - (h) vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov.
5. Sestavek po kateremkoli izmed predhodnih zahtevkov, kjer imajo delci saj eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji:
- (a) velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 50 Å do 100 Å;
 - (b) velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, v razponu od 50 Å do 100 Å;
 - (c) odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 35% do 70%;
 - (d) velikost površine BET v razponu od 50 do 250 m²/g;
 - (e) STSA v razponu od 50 do 250 m²/g;
 - (f) OAN v razponu od 100 do 300 mL/100 g;
 - (g) skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, v razponu od 20 do 400 nm; in/ali
 - (h) vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov.
6. Sestavek po kateremkoli izmed predhodnih zahtevkov, kjer imajo grafitni delci eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) premer, izmerjen s pomočjo laserskega sipanja, večji od 5 mikrometrov; in/ali

- (b) odstotek kristaliničnosti, $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 90%.
7. Sestavek po kateremkoli izmed predhodnih zahtevkov, kjer imajo grafitni delci eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) premer, izmerjen s pomočjo laserskega sipanja, večji od 25 mikrometrov; in/ali
 - (b) odstotek kristaliničnosti, $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 100%.
8. Sestavek po kateremkoli izmed predhodnih zahtevkov, kjer imajo grafitni delci eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) premer, izmerjen s pomočjo laserskega sipanja, v razponu od 5 do 25 mikrometrov; in/ali
 - (b) odstotek kristaliničnosti, $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 90 do 100%.
9. Sestavek po kateremkoli izmed predhodnih zahtevkov, kjer je tekoči medij izbran iz skupine, ki vsebuje N-metilpirolidon (NMP), aceton, alkohol in vodo.
10. Sestavek po kateremkoli izmed predhodnih zahtevkov, ki nadalje vsebuje dispergirno sredstvo.
11. Elektroda, ki vsebuje elektrodni sestavek, ki vsebuje:
- delce saj s površinsko energijo večjo od 5 mJ/m^2 ;
 - grafitne delce, z velikostjo površine BET večjo od $5 \text{ m}^2/\text{g}$ in več kot 50 grafitnih plasti, in
 - litijev kovinski fosfat,
- kjer je skupna koncentracija delcev saj in grafitnih delcev enaka ali večja od 3 utežnih odstotkov elektrodnega sestavka; in
- tokovni odjemnik, ki se dotika elektrodnega sestavka

12. Elektroda po zahtevku 11, kjer je skupna koncentracija delcev saj in grafitnih delcev v razponu od 0.5 do 3 utežnih odstotkov elektrodnega sestavka.
13. Elektroda po zahtevku 11 ali 12, kjer elektrodni sestavek vsebuje od 0.1 do 2.25 utežnih odstotkov delcev saj.
14. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 11 do 13, kjer elektrodni sestavek vsebuje od 0.1 do 2.25 utežnih odstotkov grafitnih delcev.
15. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 11 do 14, kjer je utežno razmerje delcev saj proti grafitnim delcem v razponu od 0.25:1 do 4:1.
16. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 11 do 15, kjer je elektroda v bistvu brez ogljikovih nanoccev.
17. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 11 do 16, ki vsebuje od 90 do 99 utežnih odstotkov litijevega kovinskega fosfata.
18. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 11 do 17, kjer imajo delci saj eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji:
 - (a) velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 50 Å;
 - (b) velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od 50 Å;
 - (c) odstotek kristaliničnosti ($(I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%$), ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 35%;
 - (d) velikost površine BET večjo od 50 m²/g;
 - (e) STSA večjo od 50 m²/g;
 - (f) OAN večje od 100 mL/100 g;
 - (g) skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 20 nm; in/ali

(h) vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov.

19. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 11 do 18, kjer imajo delci saj eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji:

- (a) velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 100 Å;
- (b) velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od 100 Å;
- (c) odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 70%;
- (d) velikost površine BET večjo od 250 m²/g;
- (e) STSA večjo od 250 m²/g;
- (f) OAN večje od 300 mL/100 g;
- (g) skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 400 nm; in/ali
- (h) vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov.

20. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 11 do 19, kjer imajo delci saj eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji:

- (a) velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 50 Å do 100 Å;
- (b) velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, v razponu od 50 Å do 100 Å;
- (c) odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 35% do 70%;
- (d) velikost površine BET v razponu od 50 do 250 m²/g;
- (e) STSA v razponu od 50 do 250 m²/g;
- (f) OAN v razponu od 100 do 300 mL/100 g;
- (g) skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, v razponu od 20 do 400 nm; in/ali

- (h) vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov.
21. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 11 do 20, kjer imajo grafitni delci eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) premer, izmerjen s pomočjo laserskega sipanja, večji od 5 mikrometrov; in/ali
 - (b) odstotek kristaliničnosti, $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 90%.
22. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 11 do 21, kjer imajo grafitni delci eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) premer, izmerjen s pomočjo laserskega sipanja, večji od 25 mikrometrov; in/ali
 - (b) odstotek kristaliničnosti, $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 100%.
23. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 11 do 22, kjer imajo grafitni delci eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) premer, izmerjen s pomočjo laserskega sipanja, v razponu od 5 do 25 mikrometrov; in/ali
 - (b) odstotek kristaliničnosti, $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 90 do 100%.
24. Baterija, ki vsebuje elektrodo po kateremkoli izmed zahtevkov od 11 do 23.
25. Postopek, ki obsega: uporabo sestavka po kateremkoli izmed zahtevkov od 1 do 10, za izdelavo elektrode ali baterije.
26. Postopek po zahtevku 25, ki obsega združevanje litijevega kovinskega fosfata s sestavkom po kateremkoli izmed zahtevkov od 1 do 10.

27. Postopek po zahtevku 25, kjer je elektroda taka, kot je opisana v kateremkoli izmed zahtevkov od 11 do 23.
28. Sestavek, ki vsebuje prevodne aditive, in sicer:
- ogljikove nanocevk;
 - grafene, kjer je utežno razmerje ogljikovih nanocevk proti grafenom v razponu od 0.25:1 do 4:1; in
 - tekoči medij.
29. Sestavek po zahtevku 28, ki vsebuje skupno od 1 do 5 utežnih odstotkov ogljikovih nanocevk in grafenov.
30. Sestavek po zahtevku 28 ali 29, kjer imajo ogljikove nanocevk eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) premer večji od 4 nm; in/ali
 - (b) dolžino večjo od 10 mikrometrov.
31. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 28 do 30, kjer imajo ogljikove nanocevk eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) premer večji od 40 nm; in/ali
 - (b) dolžino večjo od 200 mikrometrov.
32. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 28 do 31, kjer imajo ogljikove nanocevk eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) premer v razponu od 4 do 40 nm; in/ali
 - (b) dolžino v razponu od 10 do 200 mikrometrov.
33. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 28 do 32, kjer imajo grafeni eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) velikost površine BET večjo od 100 m²/g; in/ali
 - (b) približno 20 ali več grafitnih plasti.

34. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 28 do 33, kjer imajo grafeni eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) velikost površine BET večjo od $500 \text{ m}^2/\text{g}$; in/ali
 - (b) približno 50 ali več grafitnih plasti.
35. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 28 do 34, kjer imajo grafeni eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) velikost površine BET v razponu od 100 do $500 \text{ m}^2/\text{g}$; in/ali
 - (b) od približno 20 do približno 50 grafitne plasti.
36. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 28 do 35, kjer je tekoči medij izbran iz skupine, ki vsebuje N-metilpirolidon (NMP), aceton, alkohol in vodo.
37. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 28 do 36, ki nadalje vsebuje dispergirno sredstvo.
38. Elektroda, ki vsebuje, elektrodni sestavek, ki vsebuje ogljikove nanocевke; grafene, kjer je utežno razmerje ogljikovih nanocevk proti grafenom v razponu od 0.25:1 do 4:1; in litijev kovinski fosfat, kjer je skupna koncentracija ogljikovih nanocevk in grafenov enaka ali večja od 3 utežnih odstotkov elektrodnega sestavka; in tokovni odjemnik, ki se dotika elektrodnega sestavka.
39. Elektroda po zahtevku 38, kjer je skupna koncentracija ogljikovih nanocevk in grafenov v razponu od 0.5 do 3 utežnih odstotkov elektrodnega sestavka.
40. Elektroda po zahtevku 38 ali 39, kjer elektrodni sestavek vsebuje od 0.25 do 1 utežnih odstotkov ogljikovih nanocevk.

41. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 38 do 40, kjer elektrodni sestavek vsebuje od 0.25 do 1 utežnih odstotkov grafenov.
42. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 38 do 41, kjer je utežno razmerje ogljikovih nanocevki proti grafenom v razponu od 0.25:1 do 4:1.
43. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 38 do 42, ki vsebuje od 90 do 99 utežnih odstotkov litijevega kovinskega fosfata.
44. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 38 do 43, kjer imajo ogljikove nanocevke eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) premer večji od 4 nm; in/ali
 - (b) dolžino večjo od 10 mikrometrov.
45. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 38 do 44, kjer imajo ogljikove nanocevke eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) premer večji od 40 nm; in/ali
 - (b) dolžino večjo od 200 mikrometrov.
46. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 38 do 45, kjer imajo ogljikove nanocevke eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) premer v razponu od 4 do 40 nm; in/ali
 - (b) dolžino v razponu od 10 do 200 mikrometrov.
47. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 38 do 46, kjer imajo grafeni eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) velikost površine BET večjo od 100 m²/g; in/ali
 - (b) približno 20 ali več grafitnih plasti.
48. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 38 do 47, kjer imajo grafeni eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) velikost površine BET večjo od 500 m²/g; in/ali

- (b) približno 50 ali več grafitnih plasti.
49. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 38 do 48, kjer imajo grafeni eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) velikost površine BET v razponu od 100 do 500 m²/g; in/ali
 - (b) od približno 20 do približno 50 grafitne plasti.
50. Baterija, ki vsebuje elektrodo po kateremkoli izmed zahtevkov od 38 do 49.
51. Postopek, ki obsega: uporabo sestavka po kateremkoli izmed zahtevkov od 28 do 37, za izdelavo elektrode ali baterije.
52. Postopek po zahtevku 51, ki obsega združevanje litijevega kovinskega fosfata s sestavkom po kateremkoli izmed zahtevkov od 28 do 37.
53. Postopek po zahtevku 51, kjer je elektroda taka, kot je opisana v kateremkoli izmed zahtevkov od 38 do 49.
54. Sestavek, ki vsebuje prevodne aditive, in sicer:
- ogljikove nanocevke;
 - delce saj s površinsko energijo večjo od 5 mJ/m²; kjer je utežno razmerje ogljikovih nanocevk proti delcem saj v razponu od 0.25:1 do 4:1; in
 - tekoči.
55. Sestavek po zahtevku 54, ki vsebuje skupno od 1 do 5 utežnih odstotkov ogljikovih nanocevk in delcev saj.
56. Sestavek po zahtevku 54 ali 55, kjer imajo ogljikove nanocevke eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) premer večji od 4 nm; in/ali
 - (b) dolžino večjo od 10 mikrometrov.

57. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 54 do 56, kjer imajo ogljikove nanocevkke eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) premer večji od 40 nm; in/ali
 - (b) dolžino večjo od 200 mikrometrov.
58. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 54 do 57, kjer imajo ogljikove nanocevkke eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) premer v razponu od 4 do 40 nm; in/ali
 - (b) dolžino v razponu od 10 do 200 mikrometrov.
59. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 54 do 58, kjer imajo delci saj eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji:
- (a) velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 50 Å;
 - (b) velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od 50 Å;
 - (c) odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 35%;
 - (d) velikost površine BET večjo od 50 m²/g;
 - (e) STSA večjo od 50 m²/g;
 - (f) OAN večje od 100 mL/100 g;
 - (g) skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 20 nm; in/ali
 - (h) vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov.
60. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 54 do 59, kjer imajo delci saj eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji:
- (a) velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 100 Å;

- (b) velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od 100 Å;
 - (c) odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 70%;
 - (d) velikost površine BET večjo od 250 m²/g;
 - (e) STSA večjo od 250 m²/g;
 - (f) OAN večje od 300 mL/100 g;
 - (g) skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 400 nm; in/ali
 - (h) vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov.
61. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 54 do 60, kjer imajo delci saj eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji:
- (a) velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 50 Å do 100 Å;
 - (b) velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, v razponu od 50 Å do 100 Å;
 - (c) odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 35% do 70%;
 - (d) velikost površine BET v razponu od 50 do 250 m²/g;
 - (e) STSA v razponu od 50 do 250 m²/g;
 - (f) OAN v razponu od 100 do 300 mL/100 g;
 - (g) skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, v razponu od 20 do 400 nm; in/ali
 - (h) vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov;
62. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 54 do 61, kjer je tekoči medij izbran iz skupine, ki vsebuje N-metilpirolidon (NMP), aceton, alkohol in vodo.
63. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 54 do 62, ki nadalje vsebuje dispergirno sredstvo.

64. Elektroda, ki vsebuje:

elektrodni sestavek, ki vsebuje

ogljikove nanocevice;

delce saj s površinsko energijo večjo od 5 mJ/m^2 , kjer je utežno razmerje

ogljikovih nanocevk proti grafenom v razponu od 0.25:1 do 4:1; in

litijev kovinski fosfat,

kjer je skupna koncentracija ogljikovih nanocevk in delcev saj enaka ali večja od

3 utežnih odstotkov elektrodnega sestavka; in

tokovni kolektor, ki se dotika elektrodnega sestavka.

65. Elektroda po zahtevku 64, kjer je skupna koncentracija ogljikovih nanocevk in

delcev saj v razponu od 0.5 do 3 utežnih odstotkov elektrodnega sestavka.

66. Elektroda po zahtevku 64 ali 65, kjer elektrodni sestavek vsebuje od 0.25 do 1

utežnih odstotkov ogljikovih nanocevk.

67. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 64 do 66, kjer elektrodni sestavek

vsebuje od 0.25 do 1 utežnih odstotkov delcev saj.

68. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 64 do 67, kjer je utežno razmerje

ogljikovih nanocevk proti delcem saj v razponu od 0.25:1 do 4:1.

69. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 64 do 68, ki vsebuje od 90 do 99

utežnih odstotkov litijevega kovinskega fosfata.

70. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 64 do 69, kjer imajo ogljikove

nanocevke eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:

(c) premer večji od 4 nm; in/ali

(d) dolžino večjo od 10 mikrometrov.

71. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 64 do 70, kjer imajo ogljikove

nanocevke eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:

- (c) premer večji od 40 nm; in/ali
- (d) dolžino večjo od 200 mikrometrov.

72. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 64 do 71, kjer imajo ogljikove nanocевke eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:

- (c) premer v razponu od 4 do 40 nm; in/ali
- (d) dolžino v razponu od 10 do 200 mikrometrov.

73. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 64 do 72, kjer imajo delci saj eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji:

- (a) velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 50 Å;
- (b) velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od 50 Å;
- (c) odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 35%;
- (d) velikost površine BET večjo od 50 m²/g;
- (e) STSA večjo od 50 m²/g;
- (f) OAN večje od 100 mL/100 g;
- (g) skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 20 nm; in/ali
- (h) vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov.

74. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 64 do 73, kjer imajo delci saj eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji:

- (a) velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 100 Å;
- (b) velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od 100 Å;

- (c) odstotek kristaliničnosti ($(I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%$), ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 70%;
- (d) velikost površine BET večjo od $250 \text{ m}^2/\text{g}$;
- (e) STSA večjo od $250 \text{ m}^2/\text{g}$;
- (f) OAN večje od $300 \text{ mL}/100 \text{ g}$;
- (g) skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 400 nm ; in/ali
- (h) vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov.

75. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 64 do 74, kjer imajo delci saj eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji:

- (a) velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 50 Å do 100 Å ;
- (b) velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, v razponu od 50 Å do 100 Å ;
- (c) odstotek kristaliničnosti ($(I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%$), ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 35% do 70%;
- (d) velikost površine BET v razponu od 50 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$;
- (e) STSA v razponu od 50 do $250 \text{ m}^2/\text{g}$;
- (f) OAN v razponu od 100 do $300 \text{ mL}/100 \text{ g}$;
- (g) skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, v razponu od 20 do 400 nm ; in/ali
- (h) vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov.

76. Baterija, ki vsebuje elektrodo po kateremkoli izmed zahtevkov od 64 do 75.

77. Postopek, ki obsega: uporabo sestavka po kateremkoli izmed zahtevkov od 54 do 62, za izdelavo elektrode ali baterije.

78. Postopek po zahtevku 77, ki vsebuje združevanje litijevega kovinskega fosfata s sestavkom po kateremkoli izmed zahtevkov od 54 do 62.

79. Postopek po zahtevku 77, kjer je elektroda taka, kot je opisana v kateremkoli izmed zahtevkov od 64 do 75.
80. Sestavek, ki vsebuje prevodne aditive, in sicer:
 delce saj s površinsko energijo večjo od 5 mJ/m^2 ;
 grafeni, kjer je utežno razmerje delcev saj proti grafenom v razponu 0.25:1 do 4:1; in
 tekoči medij.
81. Sestavek po zahtevku 80, ki vsebuje skupno od 0.1 do 5 utežnih odstotkov delcev saj in grafenov.
82. Sestavek po zahtevku 80 ali 81, kjer imajo delci saj eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji:
- (a) velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 50 Å ;
 - (b) velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od 50 Å ;
 - (c) odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 35%;
 - (d) velikost površine BET večjo od $50 \text{ m}^2/\text{g}$;
 - (e) STSA večjo od $50 \text{ m}^2/\text{g}$;
 - (f) OAN večje od $100 \text{ mL}/100 \text{ g}$;
 - (g) skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 20 nm ; in/ali
 - (h) vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov.
83. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 80 do 82, kjer imajo delci saj eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji:
- (a) velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 100 Å ;

- (b) velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od 100 Å;
- (c) odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 70%;
- (d) velikost površine BET večjo od 250 m²/g;
- (e) STSA večjo od 250 m²/g;
- (f) OAN večje od 300 mL/100 g;
- (g) skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 400 nm; in/ali
- (h) vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov.

84. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 80 do 83, kjer imajo delci saj eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji:

- (a) velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 50 Å do 100 Å;
- (b) velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, v razponu od 50 Å do 100 Å;
- (c) odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 35% do 70%;
- (d) velikost površine BET v razponu od 50 do 250 m²/g;
- (e) STSA v razponu od 50 do 250 m²/g;
- (f) OAN v razponu od 100 do 300 mL/100 g;
- (g) skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, v razponu od 20 do 400 nm; in/ali
- (h) vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov.

85. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 80 do 84, kjer imajo grafeni eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:

- (a) velikost površine BET večjo od 100 m²/g; in/ali
- (b) približno 20 ali več grafitnih plasti.

86. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 80 do 85, kjer imajo grafeni eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) velikost površine BET večjo od $500 \text{ m}^2/\text{g}$; in/ali
 - (b) približno 50 ali več grafitnih plasti.
87. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 80 do 86, kjer imajo grafeni eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) velikost površine BET v razponu od 100 do $500 \text{ m}^2/\text{g}$; in/ali
 - (b) od približno 20 do približno 50 grafitnih plasti.
88. Sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 80 do 87, kjer je tekoči medij izbran iz skupine, ki vsebuje N-metilpirolidon (NMP), aceton, alkohol in vodo.
89. Sestavek of sestavek po kateremkoli izmed zahtevkov od 80 do 88, nadalje, ki vsebuje a dispergirno sredstvo.
90. Elektroda, ki vsebuje:
- elektrodni sestavek, ki vsebuje
 - delce saj s površinsko energijo večjo od $5 \text{ mJ}/\text{m}^2$;
 - grafene, in
 - litijev kovinski fosfat,
 - kjer je skupna koncentracija delcev saj in grafenov enaka ali večja od 3 utežnih odstotkov elektrodnega sestavka; in
 - tokovni odjemnik, ki se dotika elektrodnega sestavka.
91. Elektroda po zahtevku 90, kjer je skupna koncentracija delcev saj in grafenov v razponu od 0.5 do 3 utežnih odstotkov elektrodnega sestavka.
92. Elektroda po zahtevku 90 ali 91, kjer elektrodni sestavek vsebuje od 0.1 do 2.25 utežnih odstotkov delcev saj.

93. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 90 do 92, kjer elektrodni sestavek vsebuje od 0.1 do 2.25 utežnih odstotkov grafenov.
94. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 90 do 93, kjer je utežno razmerje delcev saj proti grafenom v razponu od 0.25:1 do 4:1.
95. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 90 do 94, kjer je elektroda v bistvu brez ogljikovih nanocevk.
96. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 90 do 95, ki vsebuje od 90 do 99 utežnih odstotkov litijevega kovinskega fosfata.
97. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 90 do 96, kjer imajo delci saj eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji:
- (a) velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 50 Å;
 - (b) velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od 50 Å;
 - (c) odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 35%;
 - (d) velikost površine BET večjo od 50 m²/g;
 - (e) STSA večjo od 50 m²/g;
 - (f) OAN večje od 100 mL/100 g;
 - (g) skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 20 nm; in/ali
 - (h) vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov.
98. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 90 do 97, kjer imajo delci saj eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji:

- (a) velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 100 Å;
 - (b) velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, večjo od 100 Å;
 - (c) odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, večjo od 70%;
 - (d) velikost površine BET večjo od 250 m²/g;
 - (e) STSA večjo od 250 m²/g;
 - (f) OAN večje od 300 mL/100 g;
 - (g) skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, večjo od 400 nm; in/ali
 - (h) vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov.
99. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 90 do 98, kjer imajo delci saj eno, dve, tri, štiri, pet, šest, sedem ali osem izmed naslednjih lastnosti, v katerikoli kombinaciji:
- (a) velikost kristalnega zrna L_a , ugotovljeno z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 50 Å do 100 Å;
 - (b) velikost kristalnega zrna L_c , ugotovljeno z rentgensko difrakcijo, v razponu od 50 Å do 100 Å;
 - (c) odstotek kristaliničnosti $((I_G/(I_G+I_D)) \times 100\%)$, ugotovljen z Ramanovo spektroskopijo, v razponu od 35% do 70%;
 - (d) velikost površine BET v razponu od 50 do 250 m²/g;
 - (e) STSA v razponu od 50 do 250 m²/g;
 - (f) OAN v razponu od 100 do 300 mL/100 g;
 - (g) skupno porazdelitev velikosti, označeno z vrednostmi distribucije delcev, v razponu od 20 do 400 nm; in/ali
 - (h) vsebnost kisika od 0 do 0.1 utežnih odstotkov.
100. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 90 do 99, kjer imajo grafeni eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:
- (a) velikost površine BET večjo od 100 m²/g; in/ali

(b) približno 20 ali več grafitnih plasti.

101. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 90 do 100, kjer imajo grafeni eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:

(a) velikost površine BET večjo od $500 \text{ m}^2/\text{g}$; in/ali

(b) približno 50 ali več grafitnih plasti.

102. Elektroda po kateremkoli izmed zahtevkov od 90 do 101, kjer imajo grafeni eno ali obe izmed naslednjih lastnosti:

(a) velikost površine BET v razponu od 100 do $500 \text{ m}^2/\text{g}$; in/ali

(b) od približno 20 do približno 50 grafitne plasti.

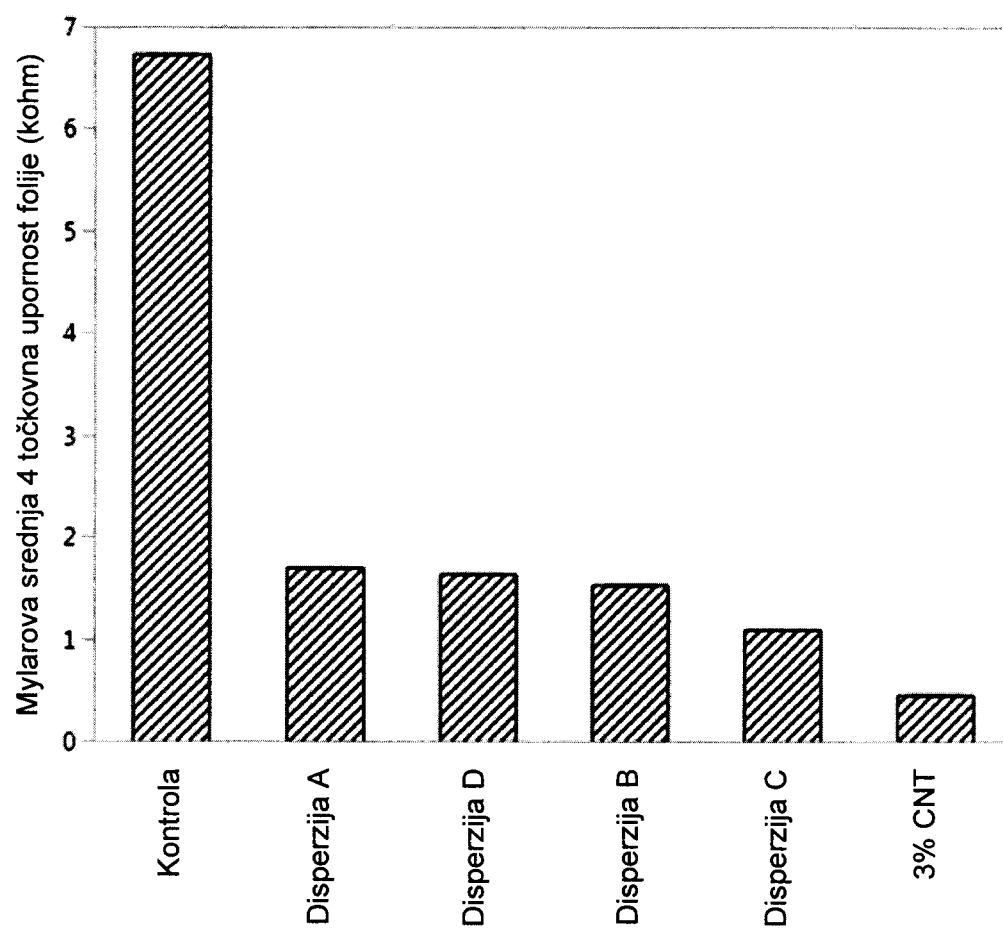
103. Baterija, ki vsebuje elektrodo po kateremkoli izmed zahtevkov od 90 do 102.

104. Postopek, ki obsega: uporabo sestavka po kateremkoli izmed zahtevkov od 80 do 89, za izdelavo elektrode ali baterije.

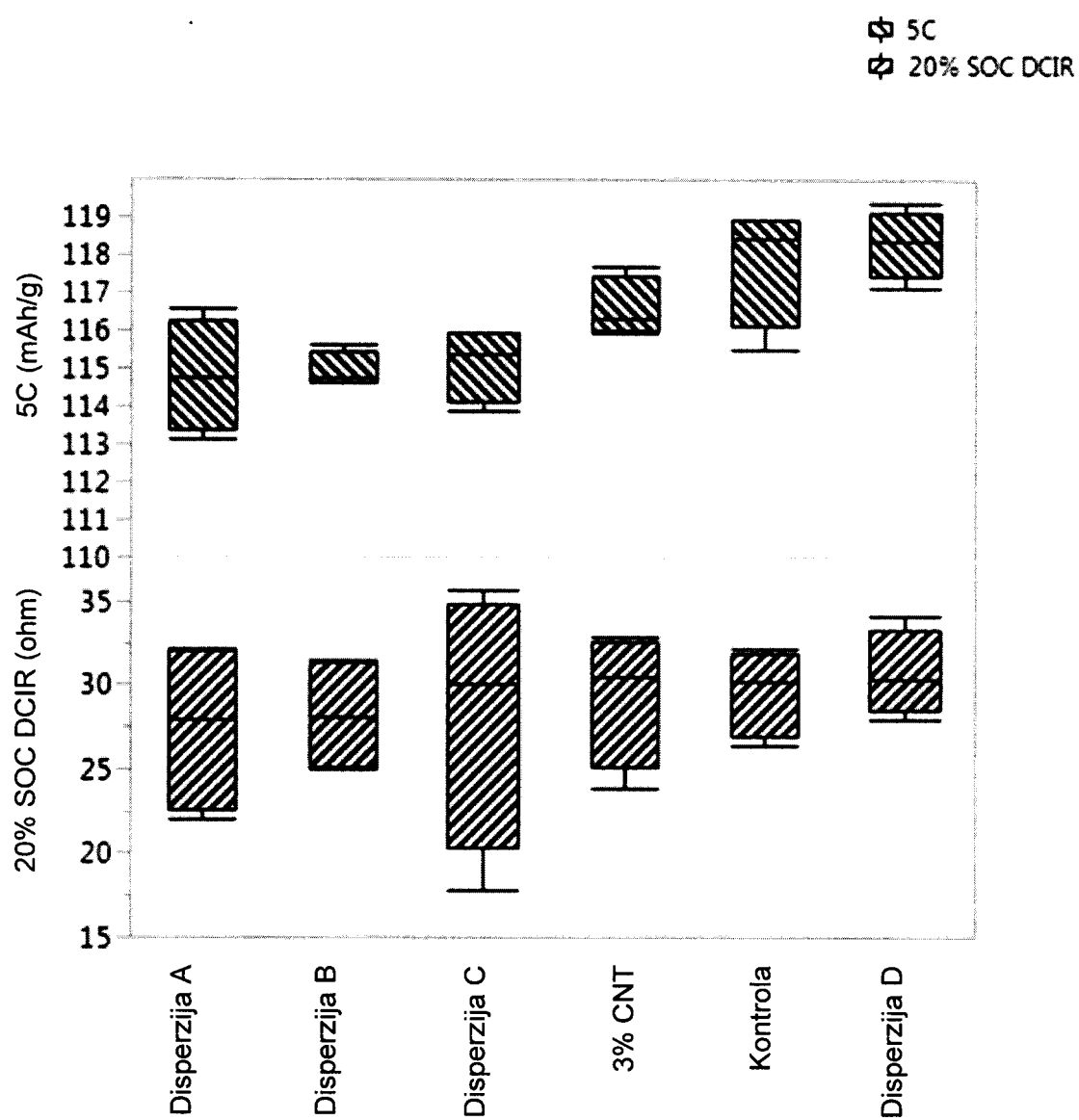
105. Postopek po zahtevku 104, ki vsebuje združevanje litijevega kovinskega fosfata s sestavkom po kateremkoli izmed zahtevkov od 80 do 89.

106. Postopek po zahtevku 104, kjer je elektroda taka, kot je opisana v kateremkoli izmed zahtevkov od 90 do 102.

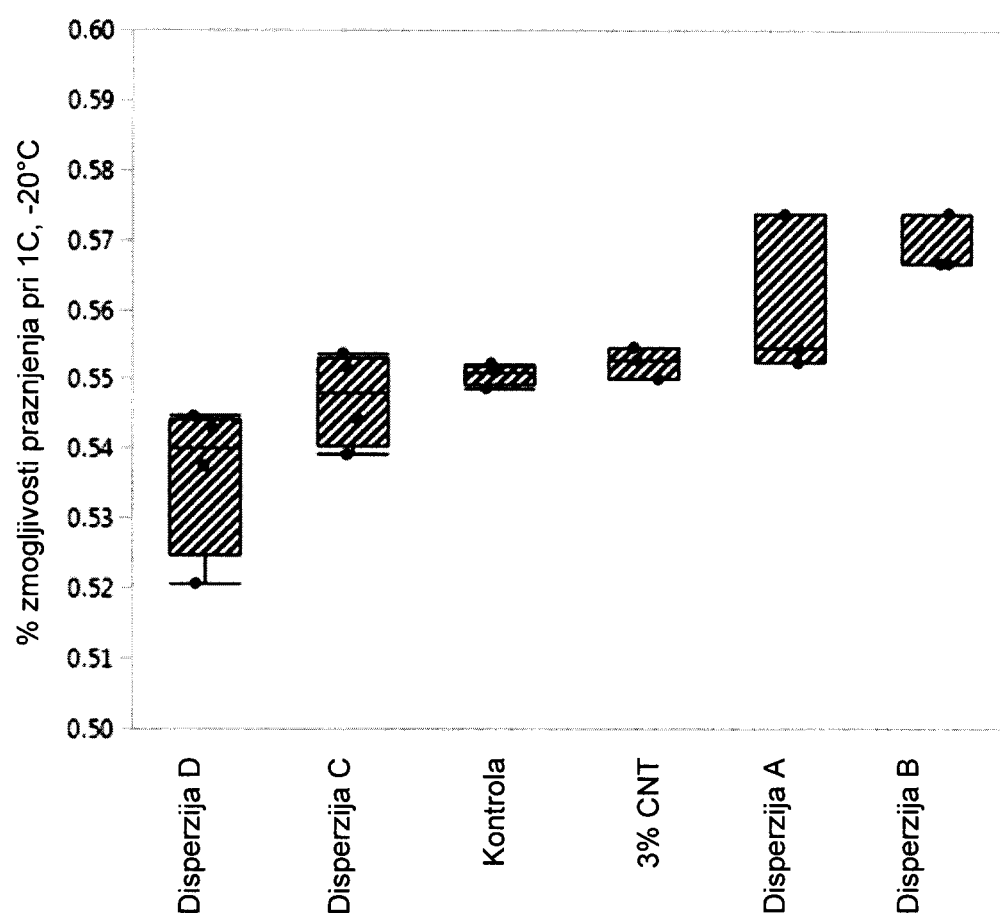
/// Srednje



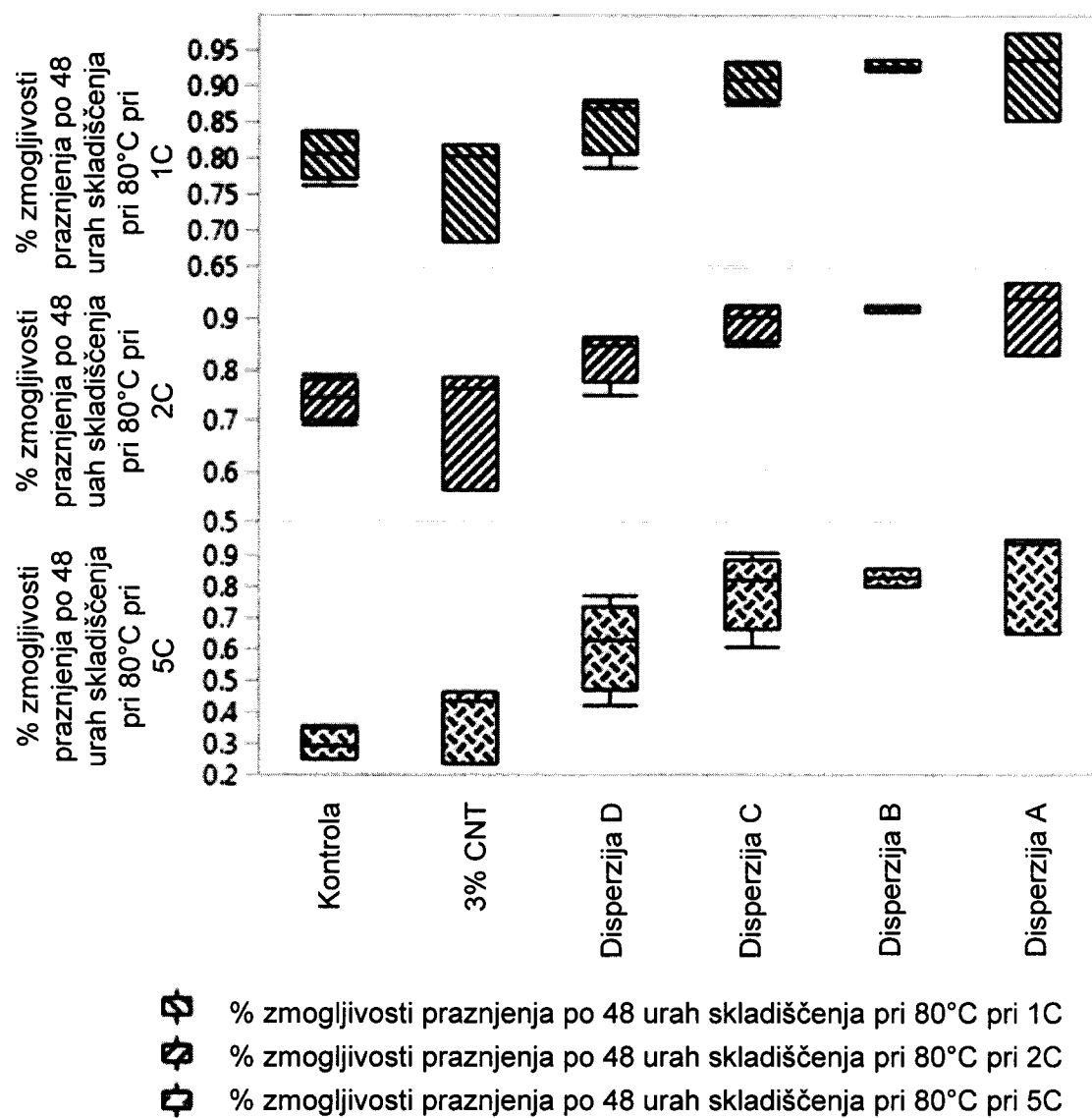
Slika 1



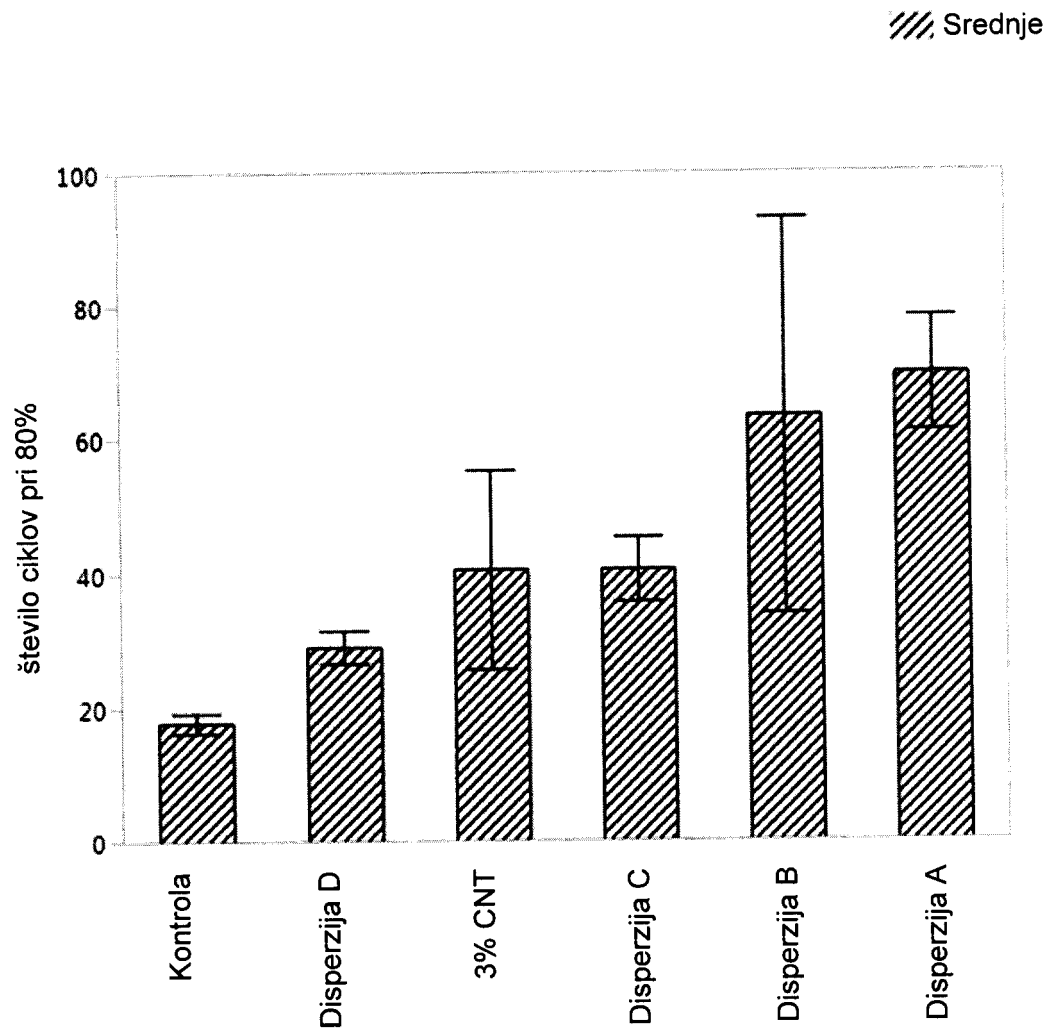
Slika 2



Slika 3



Slika 4



Slika 5