

Винахід відноситься до хімічних джерел струму, зокрема, до хімічних джерел струму з анодом на основі літію, неводним електролітом, і катодом, у якому в якості активної катодної речовини використовуються оксиди або сульфід металів.

Питомі розрядні характеристики літєвих джерел струму з твердофазним катодом у значній мірі залежать від властивостей катоду, зокрема, його питомої розрядної ємності на одиницю ваги й одиницю об'єму. Відомі літєві джерела струму до складу катодної маси яких входять: активна речовина, електропровідна добавка, наприклад, графіт і/чи сажа, та сполучне. Катодну масу готують з вихідних порошків цих компонентів [1].

З перерахованих компонентів катодної маси тільки активна речовина є електрохімічно активною. Електропровідна добавка забезпечує достатню електронну провідність в об'ємі катодної маси. Сполучне забезпечує механічну міцність катодної маси. Слід зазначити, що механічна міцність необхідна не тільки при складанні джерела струму, але і в процесі його роботи. Це зв'язано з тим, що при розряді об'єм катодної маси збільшується, а при заряді зменшується. У результаті можуть виникати механічні напруги, що приводять до руйнування електрода. Сполучне повинно забезпечити механічну міцність катода на всіх стадіях його роботи.

До недоліків даного способу варто віднести складність одержання однорідного за розподілом дисперсних часток і компонентів катодного матеріалу при механічному змішуванні. Крім того, наявність баластового електрохімічного пасивного матеріалу в складі активної маси позитивного електрода (електропровідна і сполучна добавки) у значній мірі знижує питомі електричні характеристики виробленого джерела струму.

Відомий спосіб виготовлення безбаластового катоду на основі оксидів молибдену нестехіометричної сполуки, призначеного для роботи в низькотемпературних літєвих акумуляторах. Спосіб полягає в тому, що катодне висадження оксидів молибдену на струмозмiнач здійснюється з розчинів молибдату амонію [2].

До недоліків даного способу варто віднести необхідність твердого контролю параметрів режиму електролізу, складу електроліту, низьку швидкість одержання електрохімічно активної катодної речовини необхідного шару та неможливість отримання товстих шарів (біля 1мм) оксидів молибдену. Крім того, перед складанням джерела струму з катодом, виготовленим за цим способом, виникає необхідність його тривалої термічної обробки з метою видалення з електродної структури залишків води.

Найбільш близьким до запропонованого авторами технічного рішення є спосіб одержання безбаластного активного катодного матеріалу на основі  $\text{MoO}_3$  шляхом анодування листового молибдену високої чистоти (99,98) в електроліті, що містить 1М виннокислого натрію, 0,13М винної кислоти і 0,01М вуглекислого натрію при щільності струму  $2,4\text{mA}/\text{cm}^2$  і кімнатній температурі [3].

До недоліків прототипу варто віднести високу вартість молибдену високої чистоти, низьку швидкість одержання і невизначеність основних фізичних параметрів електрохімічного активного катодного шару (товщина, питома вага, і т.д.) та неможливість отримання товстих шарів (біля 1мм)  $\text{MoO}_3$ . Крім того, перед складанням джерела струму з катодом, виготовленим за цим способом, виникає необхідність його тривалої термічної обробки з метою видалення з електродної структури залишків води.

Задачею даного винаходу є створення такого джерела струму, у якому досягається підвищення питомих енергетичних характеристик за рахунок додаткової кількості електрохімічно активної маси, що заміняє сполучне й електропровідну добавку.

Вирішення поставленої задачі досягається за рахунок того, що в способі одержання літєвої батареї, що складається з активної катодної маси, нанесеної на струмозмiнач, анода, сепаратора і неводного електроліту, відповідно до винаходу, катодна маса містить 100% електрохімічного активного матеріалу, в якості якого використовують оксиди або сульфід металів у вигляді компактного осаду, при цьому щільність катодної маси становить  $2,8\text{--}4,9\text{г}/\text{см}^3$ , а товщину активного шару катоду вибирають в межах 0,002мм–1,5мм. У якості анодного матеріалу використовують літій, літєві сплави, вуглець або будь-які інші сполуки, оборотні по катіонах літію.

Активний матеріал катода отримують у вигляді компактного осаду, що складається, в одному випадку, з триоксиду молибдену ( $\text{MoO}_3$ ), а в другому випадку, з сульфідів заліза, переважно  $\text{FeS}_2$ -пірну. При цьому катод забезпечує вигин без порушення контакту між активною масою і струмозмiначем в діапазоні радіуса вигину від 0.4мм до 3.9мм при товщині шару активного катодного матеріалу від 4мкм до 440мкм. Крім того щільність шару активного матеріалу катоду і його структуру змінюють у напрямі від межі розділу струмозмiнач/активний матеріал катоду до межі розділу активний матеріал катоду/неводний електроліт таким чином, що на межі розділу струмозмiнач/активний матеріал катоду щільність активного матеріалу вище, ніж на межі розділу активний матеріал/рідкий електроліт, при цьому щільність може змінюватися на величину  $2\text{г}/\text{см}^2$  по товщині електрохімічного активного шару оксиду металу до 1,4 мм.

В якості катодного струмозмiнача використовують метал з розвиненою поверхнею. Матеріал струмозмiнача - нержавіюча сталь, алюміній або титан.

В літєвій батареї в якості неводного електроліту використовують:

1. Рідкий електроліт.
2. Полімерний електроліт.
3. Твердий неорганічний електроліт.

Усі електроліти мають провідність по катіонах літію.

В другому випадку між шаром полімерного електроліту, що покриває поверхню катоду, і літєвим анодом знаходиться сепаратор, що просічений рідким неводним електролітом.

У третьому випадку поверхня катоду, покрита шаром твердого електроліту, товщина якого становить 2–10мкм. Між шаром твердого електроліту, що покриває поверхню катоду, і анодом знаходиться сепаратор, просічений рідким неводним електролітом, або полімерний електроліт.

Зазначені характеристики досягаються тим, що для виготовлення електрода застосовується метод термовакуумної конденсації-солідифікації з оптимальним режимом нанесення активної маси позитивного електрода і твердого електроліту. Модифікація поверхні позитивного електрода шаром твердого електроліту використовується для підвищення оборотних електрохімічних характеристик електродів, у яких товщина активної маси знаходиться в межах від 2 до 10мкм.

Заявлені граничні характеристики обумовлені наступним:

1. При питомій вазі активної маси позитивного електроду менш ніж  $2,7\text{г/см}^3$  зменшуються об'ємні питомі розрядні характеристики катода і джерела струму в цілому.

2. Товщина шару чи активної маси позитивного електроду менш ніж 2мкм не дозволяє одержати рівномірний шар  $\text{MoO}_3$  по всій поверхні струмознімача.

3. Товщина активної маси позитивного електроду більш 10мкм не дозволяє одержувати високі оборотні питомі електрохімічні характеристики в рідкому і полімерному електролітах.

4. Позитивний електрод, поверхня якого не модифікована шаром твердого електроліту, характеризується зниженими оборотними питомими електрохімічними характеристиками, що негативним образом позначається на заряд-розрядних характеристиках джерела струму в цілому.

Запропоновані в даному винаході катоди на основі  $\text{MoO}_3$  і  $\text{FeS}_2$  з високою питомою вагою одержують методом термовакуумної конденсації-солідифікації. Висока питома вага катодної маси забезпечує високі питомі електричні характеристики літєвого джерела струму. Перевагою цього методу є те, що після отримання катода і збереження його в сухій атмосфері, він не потребує термічної обробки з метою видалення з електродної структури залишків води. Крім того, швидкість отримання катодів на основі  $\text{MoO}_3$  методом термовакуумної конденсації-солідифікації (1-30мкм/с) значно перевищує швидкість отримання катодів описаних в аналогах і прототипі.

Основними факторами, що впливають на якість шару електродного матеріалу, є кількість матеріалу, що випаровується, температура випару, час випару, температура субстрату, швидкість охолодження субстрату, об'єм робочої камери.

Приклад 1.

У вакуумній установці для осадження матеріалів в умові конденсації-кристалізації розміщують підкладку з нержавіючої сталі діаметром 20мм. Поверхню підкладки піддають піскоструминній обробці з глибиною рельєфу 3-4мкм і наступному іонному очищенню при напрузі на аноді 1,5кВ. Після відкачки робочої камери до залишкового тиску  $10^{-5}$  TORR порошок  $\text{MoO}_3$  у кількості 10мг переводять в пароподібний стан і осаджують на підкладці. Аналіз отриманого покриття показав його низьку адгезію до підкладки, про що свідчили численні ділянки відшарування і розтріскування.

Приклад 2.

В установці, описаній в Прикладі 1, кількість речовини, що розпорошується, було збільшено до 15мг, а об'єм робочої камери зменшений у 2 рази. Випар вихідної речовини проводився при температурі  $620^\circ\text{C}$ . Температура підкладки була збільшена до  $200^\circ\text{C}$ . Час напилювання - 3 секунди. Таким чином, були створені умови для конденсації речовини на підкладці у виді рідкої фази. Рідкий шар  $\text{MoO}_3$  кристалізувався за допомогою примусового охолодження струменем аргону. Швидкість охолодження складала  $10^\circ\text{C/сек}$ . Аналіз отриманого покриття показав, що при товщині 8-10мкм воно має гарну адгезію до підкладки. Адгезивна міцність визначалася по мінімальному радіусі вигину зразка, при якому на його поверхні виявлялися мікротріщини, що доходять до підкладки. Аналіз розтріскування зразка проводився за допомогою растрового електронного мікроскопа. Значення радіуса вигину складало 1,2мм. Рентено-структурний аналіз (XRD) отриманого зразка виявив у ньому наявність фаз  $\text{MoO}_2$ ,  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{Mo}_4\text{O}_{11}$ .

Приклад 3.

В установці, описаній в Прикладі 2, температура випару речовини була збільшена до  $700^\circ\text{C}$ . Температура підкладки складала  $100^\circ\text{C}$ . Швидкість охолодження після конденсації рідкого шару була збільшена до  $20^\circ\text{C/сек}$ . Аналіз отриманого покриття показав, що по товщині й адгезивній міцності воно відповідає аналогічному, описаному в прикладі 2, однак за результатами XRD аналізу має аморфну структуру.

Приклад 4.

В установці, описаній в Прикладі 3, було отримане покриття з вихідного  $\text{MoO}_3$  при температурі підкладки  $130^\circ\text{C}$ . Аналіз отриманого покриття показав, що воно представлено сполукою  $\text{Mo}_4\text{O}_{11}$ .

Приклад 5.

В установці, описаній в Прикладі 3, було отримане покриття з вихідного  $\text{MoO}_3$  при температурі підкладки  $160^\circ\text{C}$ . XRD аналіз показав, що сполука шару відповідає стехіометрії  $\text{MoO}_3$ .

Приклад 6.

В установці, описаній в Прикладі 3, було отримане покриття з вихідної речовини  $\text{MoO}_3$  при температурі підкладки  $230^\circ\text{C}$ . Аналіз отриманого покриття показав, що воно має тонкодиференційовану пластинчасту структуру і відповідає стехіометрії  $\text{MoO}_3$ .

Приклад 7.

В установці, описаній в Прикладі 3, було отримане покриття з вихідної речовини  $\text{MoO}_3$  при температурі підкладки  $250^\circ\text{C}$ . Час осадження - 20 секунд. При цьому зразок охолоджувався з боку підкладки зі швидкістю  $3^\circ\text{C/сек}$ . Таким чином, був отриманий зразок з товщиною покриття 1,4 мм із пластинчастою структурою  $\text{MoO}_3$ .

Приклад 8.

В установці, описаній в Прикладі 3, було отримане покриття з вихідної речовини  $\text{FeS}_2$  при температурі підкладки  $40^\circ\text{C}$ . Робочий простір розігрівають до температури  $500^\circ\text{C}$ . Вихідну речовину випаровують при  $750^\circ\text{C}$  і осаджують на підкладку за 50 секунд. Маса шару складала 1 мг при задовільній адгезії до підкладки. Фазова сполука покриття:  $\text{Fe}_9\text{S}_8$  + S monoclinic.

Приклад 9.

В установці, описаній в Прикладі 8, було отримане покриття з вихідної речовини  $\text{FeS}_2$  при температурі підкладки  $40^\circ\text{C}$ . Однак з використанням додаткового випарника в робочий простір подавався пар сірки при температурі  $240^\circ\text{C}$ . Випарювання  $\text{FeS}_2$  проводилося при  $800^\circ\text{C}$ . Загальний час напилювання - 51сек. Маса напиленого шару складала 1,4мг. Фазовий аналіз дозволяє виявити в напиленому шарі наступні складові:  $\text{Fe}_3\text{S}_4$  - основа,  $\text{Fe}_7\text{S}_8$  - до 5 %.

Приклад 10.

В установці, описаній в Прикладі 9, було отримане покриття з вихідної речовини  $\text{FeS}_2$  при температурі підкладки  $40^\circ\text{C}$ . Пар сірки вводять при температурі  $150^\circ\text{C}$ . Загальний час напилювання - 110 секунд. Маса

напиленого шару - 4 мг. Фазовий аналіз покриття показав наступне: Сірка (моноклінна) - 50%,  $\text{FeS}_2$  - 5%,  $\text{Fe}_3\text{S}_4$  - 7%,  $\text{FeS}$  - 30%,  $\text{S}$  орторомбічна - 8%.

Приклад 11.

В установці, описаній в Прикладі 10, було отримане покриття з вихідної речовини  $\text{FeS}_2$  при температурі підкладки  $40^\circ\text{C}$ . Пар сірки вводять при температурі  $190^\circ\text{C}$ . Загальний час напилювання - 50 секунд. Маса покриття - 1.8мг. Фазова сполука покриття -  $\text{FeS}_2$  (пірит) - 95%,  $\text{Fe}_2\text{S}$  (марказит) 5%.

Приклад 12.

На тонку плівку  $\text{MoO}_3$ , отриману за режимом Прикладу 6 за допомогою вакуумної установки, що припускає конденсацію пароподібної фази з утворенням тонкого шару рідини і її наступну кристалізацію, аналогічну, описаній в прикладі 3, проводили осадження твердого неорганічного електроліту наступного складу:  $\text{Li}_2\text{O}$  40%,  $\text{Li}_2\text{WO}_4$  30%,  $\text{V}_2\text{O}_5$  30% (мольн). Осадження вели за наступним режимом: вихідний матеріал нагрівають до  $900^\circ\text{C}$  за 21сек і витримують при цій температурі протягом 4-х сек. Надалі температуру піднімають до  $1500^\circ\text{C}$  за 4сек і проводять ізотермічну витримку протягом 2-х сек. При цьому спостерігають повне випарювання вихідної речовини масою 5мг. Після конденсації речовини у вигляді рідкої плівки на поверхні оксиду молібдену, за допомогою примусового обдування інертним газом протягом 30сек, рідина кристалізується. У процесі охолодження температуру електрода знижують з  $200^\circ\text{C}$  до  $100^\circ\text{C}$ . Аналіз отриманого на оксиді молібдену покриття товщиною 3мкм, показав наявність кристалічних фаз  $\text{Li}_2\text{WO}_4$ ,  $\text{Li}_4\text{V}_{10}\text{O}_{17}$ . Структура плівки має грубозернисту структуру і характеризується різною товщиною (більш 30%).

Приклад 13.

На тонку плівку  $\text{MoO}_3$ , отриману за режимом Прикладу 6 за допомогою вакуумної установки, що припускає конденсацію пароподібної фази з утворенням тонкого шару рідини і її наступну кристалізацію, аналогічна, описаній в прикладі 3, проводилось осадження твердого неорганічного електроліту наступного складу:  $\text{Li}_2\text{O}$  40 %,  $\text{Li}_2\text{WO}_4$  30%,  $\text{V}_2\text{O}_5$  30%. Осадження проводилось за режимом прикладу 12 з наступними змінами. Вихідну речовину нагрівають до  $800^\circ\text{C}$  за 15 сек. і витримують при цій температурі протягом 10 сек. Надалі температура випарника підвищувалася до  $1000^\circ\text{C}$  зі швидкістю  $45^\circ\text{C}/\text{сек}$ . Ізотермічна витримка при цій температурі складала 20 сек. Температура поверхні  $\text{MoO}_3$  підтримувалася на рівні  $40^\circ\text{C}$ . Аналіз отриманої плівки твердого електроліту, проведений методом рентгеноструктурного і металографічного аналізів, показав його оптичну прозорість і рентгеноаморфну структуру.

Приклад 14.

На тонку плівку  $\text{FeS}_2$ , отриману за режимом Прикладу 11 за допомогою вакуумної установки, що припускає конденсацію пароподібної фази з утворенням тонкого шару рідини і її наступну кристалізацію, аналогічну, описаній в прикладі 3, проводилось осадження твердого неорганічного електроліту наступного складу:  $\text{Li}_2\text{O}$  40%,  $\text{Li}_2\text{WO}_4$  40%,  $\text{V}_2\text{O}_5$  20%. Осадження проводилось за наступним режимом. Вихідну речовину нагрівають до  $1000^\circ\text{C}$  за 10сек і витримувалась при цій температурі протягом 5 сек. Далі температура випарника підвищують до  $1200^\circ\text{C}$  за 2сек з наступною ізотермічною витримкою протягом 13сек. Після її закінчення речовину нагрівають до  $1500^\circ\text{C}$  за 10сек і витримують при цій температурі 3 сек. Таким чином, загальний час напилення складав 43сек. За цей час температура поверхні  $\text{FeS}_2$  лінійно збільшувалася від  $20^\circ\text{C}$  до  $300^\circ\text{C}$ . Охолодження утвореної на поверхні  $\text{FeS}_2$  плівки проводилось аналогічно Прикладу 12. Аналіз отриманого покриття показав, що воно має крупнокристалічну структуру з фазовою сполукою і різнотовщинністю, аналогічно Прикладу 12.

Приклад 15. На тонку плівку  $\text{FeS}_2$ , отриману за режимом Прикладу 11 за допомогою вакуумної установки, що припускає конденсацію пароподібної фази з утворенням тонкого шару рідини і її наступну кристалізацію, аналогічну, описаній в прикладі 3, проводили осадження твердого неорганічного електроліту наступного складу:  $\text{Li}_2\text{O}$  40%,  $\text{Li}_2\text{WO}_4$  40%,  $\text{V}_2\text{O}_5$  20%. Осадження проводили за режимом Прикладу 14 з наступними змінами. Нагрівання вихідної речовини у випарнику проводили в такий спосіб: температуру підвищували до  $1000^\circ\text{C}$  за 10 секунд і надалі, після 5-ти секундної ізотермічної витримки, до  $1200^\circ\text{C}$  - за 5 секунд. Ізотермічна витримка при цій температурі складала 15 секунд, після чого температуру стрибкоподібно піднімають до  $1500^\circ\text{C}$ , при якій матеріал витримують протягом 3-х секунд. Таким чином, загальний час напилювання складав 38 секунд. За цей час температура поверхні  $\text{FeS}_2$  лінійно зростала з 20 до  $300^\circ\text{C}$ . Охолодження утвореної на поверхні  $\text{FeS}_2$  плівки проводилось аналогічно Прикладу 14. Аналіз отриманої плівки твердого електроліту, проведений методом рентгеноструктурного і металографічного аналізів, показав його оптичну прозорість і рентгеноаморфну структуру. Товщина покриття складала 4мкм.

Приклад 16.

Отриманий у прикладі 7 електрод поміщають у корпус джерела струму дискової конструкції, що містить літєвий негативний електрод і рідкий апротонний електроліт. Герметизують джерело струму і проводять його випробування - вимірюють його розрядну ємність. При розряді елемента в дисковому виконанні його питома розрядна енергія складає  $75\text{mA}\cdot\text{ч}/\text{г}$  готового елемента.

Приклад 17.

Отриманий у прикладі 7 електрод розміщують у корпусі джерела струму призматичної конструкції, що містить літєвий негативний електрод і рідкий апротонний електроліт. Герметизують джерело струму і проводять його випробування - вимірюють його розрядну ємність. При розряді елемента в призматичному виконанні його питома розрядна енергія складає  $120\text{mA}\cdot\text{г}/\text{кг}$  готового елемента. При цьому питома об'ємна енергія при розряді складає  $466\text{mA}\cdot\text{г}/\text{см}^3$ .

Приклад 18.

Отриманий у прикладі 6 електрод розміщують у корпусі дискового чи плівкового джерела струму, що містить літєвий негативний електрод і неводний електроліт. Герметизують джерело струму і проводять його випробування - вимірюють його розрядну ємність. При розряді елемента розрядна ємність електрода на першому циклі складає 250-300 $\text{mA}\cdot\text{г}$ /катода. При розряді на другому і наступному циклах (до 95 заряд-розрядних циклів) питома ємність складає від 230 до  $100\text{mA}\cdot\text{ч}/\text{г}$ .

Приклад 19.

На поверхню отриманого в прикладі 6 електрода виливають розчин полімерного електроліту. Видаленням легкокипучого розчинника формують на поверхні електрода плівку полімерного електроліту. Змочивши поверхню негативного електрода і полімерного електроліту рідким апротонним електролітом, складають електродну структуру. Електродну структуру розміщують у корпусі елемента і герметизують. Проводять випробування виготовленого елемента - вимірюють його розрядну ємність. При розряді елемента розрядна ємність електрода на першому циклі складає 250-300мА\*г/г катода. При розряді на другому і наступному циклах (до 120 заряд-розрядних циклів) питома ємність складає від 230 до 113мА\*г/г.

Приклад 20.

Електрод, виготовлений за прикладом 13, розміщують у корпусі елемента. На поверхню плівки твердого електроліту накладають сепаратор, просочений рідким електролітом. Збирання електродної структури завершують негативним літєвим електродом, після чого елемент герметизують. Проводять випробування виготовленого елемента - вимірюють його розрядну ємність. При розряді елемента розрядна ємність електрода на першому циклі складає 390мА\*г/г катода. При розряді на другому і наступному циклах (до 500 заряд-розрядних циклів) питома ємність складає від 300 до 130мА\*г/г.

Приклад 21.

Отриманий у прикладі 11 електрод розміщують у корпусі дискового чи плівкового джерела струму, що містить літєвий негативний електрод і неводний електроліт. Герметизують джерело струму і проводять його випробування - вимірюють його розрядну ємність. При розряді елемента розрядна ємність електрода на першому циклі складає 850мА\*г/г катода. При розряді на другому і наступному циклах електрод електрохімічної активності не виявляв.

Приклад 22.

На поверхню отриманого в прикладі 11 електрода виливають розчин полімерного електроліту. Видаленням легкокипучого розчинника формують на поверхні електрода плівку полімерного електроліту. Змочивши поверхню негативного електрода і полімерного електроліту рідким апротонним електролітом, складають електродну структуру. Електродну структуру розміщують у корпусі елемента і герметизують. Проводять випробування виготовленого елемента - вимірюють його розрядну ємність. При розряді елемента розрядна ємність електрода на першому циклі складає 850мА\*г/г катода. При розряді на другому і наступному циклах електрод електрохімічної активності не виявляв.

Приклад 23.

Електрод, виготовлений за прикладом 15, розміщують у корпусі елемента. На поверхню плівки твердого електроліту накладають сепаратор, просочений рідким електролітом. Складання електродної структури завершують негативним літєвим електродом, після чого елемент герметизують. Проводять випробування виготовленого елемента - вимірюють його розрядну ємність. При розряді елемента розрядна ємність електрода на першому циклі складає 850мА\*г/г катода. При розряді на другому і наступному циклах (до 60 заряд-розрядних циклів) питома ємність складає від 450 до 300мА\*г/г.

Приведені приклади ілюструються результатами, представленими в таблицях 1,2.

Література.

1. И. А. Кедринский, В. Е. Дмитренко, Ю. М. Поваров, И. И. Грудянов. Хімічні джерела струму з літєвим електродом. - Красноярськ.: Красноярський університет., 1983 р, с. 95.

2. В. М. Нагірний, Р. Д. Апостолова, А. С. Баскевич, Е. М. Шембель. Електролітичне отримання оксидів молібдену // Журнал прикладної хімії, 2000, №3, С.406-409.

3. Верещагина И. С., Тихонов К. И., Ротинян А. Л. Електрохімічна поведінка плівок окисі молібдену у пропіленкарбонаті // Електрохімія. - 1981г. - Т.17. - №5. - С. 783-787.

Таблиця 1

№	Вага випареної речовини, г	Температура випаровування, Т	Час випаровування, сек.	Температура підкладки (субстрату) °С	Швидкість охолодження субстрату, °С/сек	Об'єм робочої камери,	Інші умови	Адгезія матеріалу до субстрату	XRD-аналіз	Примітка
1	10*10 <sup>-3</sup>	650	3	20	2	X	-	Погана	аморфно-кристалічна (Mo <sub>4</sub> O <sub>11</sub> )	Низька адгезія до субстрату
2	15*10 <sup>-3</sup>	620	3	200	10	x/2	-	Погана	MoO <sub>2</sub> , MoO <sub>3</sub> , Mo <sub>4</sub> O <sub>11</sub>	Низький вміст MoO <sub>3</sub> ускладі активної маси.
3	15*10 <sup>-3</sup>	700	3	100	20	x/2	-	Погана	Аморфна структура	Низькі електрохімічні характеристики
4	15*10 <sup>-3</sup>	700	3	130	20	x/2	-	Погана	Mo <sub>4</sub> O <sub>11</sub>	Низькі електрохімічні характеристики
5	15*10 <sup>-3</sup>	700	3	160	20	x/2	-	Погана	MoO <sub>2</sub>	Відсутній MoO <sub>3</sub>
6	15*10 <sup>-3</sup>	700	3	230	20	x/2	-	Добра	MoO <sub>3</sub>	Заявлені умови
7	0,91	700	26	250	3	x/2	-	Добра	MoO <sub>3</sub>	Заявлені умови
8	15*10 <sup>-3</sup>	750	50	40	-	x/2	Температура робочого	Добра	Fe <sub>9</sub> S <sub>8</sub> +S monoclinic	Відсутній FeS <sub>2</sub> -nirHT

							простору 500°C			
9	15*10 <sup>-3</sup>	800	51	40	-	x/2	Температура рабочого простору 240°C, присутність парів сірки	Добра	Fe <sub>3</sub> S <sub>4</sub> +Fe <sub>7</sub> S <sub>8</sub>	Відсутній FeS <sub>2</sub> -пірит
10	15*10 <sup>-3</sup>	800	110	40	-	x/2	Температура рабочого простору 150°C, присутність парів сірки	Добра	Smonoclinic+o rtoromb. FeS <sub>2</sub> , Fe <sub>3</sub> S <sub>4</sub> , FeS	Низький вміст FeS <sub>2</sub> -піриту
11	15*10 <sup>-3</sup>	800	50	40	-	x/2	Температура рабочого простору 190°C, присутність парів сірки	Добра	FeS <sub>2</sub> -піріт (95 %)+FeS <sub>2</sub> - марказит	Заявлені умови
12	5*10 <sup>-3</sup>	900/ 1500	27	200	3,3	x/2	Стадійне нагрівання при випаро- вуванні речовини	Добра	Включення кристалічних фаз Li <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> ,Li <sub>4</sub> B <sub>10</sub> O <sub>17</sub> , плівка грубозерниста, різної товщини	Низька якість плівки твердого електроліту
13	5*10 <sup>-3</sup>	800/1000	50	40	-	x/2	Стадійне нагрівання при випаро- вуванні речовини	Добра	Рентгено- аморфна, оптично Прозора плівка	Заявлені умови
14	5*10 <sup>-3</sup>	1000/1500	43	20 / 300	3,3	x/2	Стадійне нагрівання при випаро- вуванні речовини	Добра	Крупно- кристалічна плівка різної товщини	Низька якість плівки твердого електроліту
15	5*10 <sup>-3</sup>	1000/1500	38	20 / 300	-	x/2	Стадійне нагрівання при випаро- вуванні речовини	Добра	Рентгено- аморфна. Оптично Прозора плівка	Заявлені умови

Таблиця 2

№	Товщина MoO <sub>3</sub> (FeS <sub>2</sub> ), мкм	Питома вага шару MoO <sub>3</sub> (FeS <sub>2</sub> ), г/см <sup>3</sup>	Конструк- ція корпусу елементу	Поверхня струмо- знімача	Електроліт	Розрядна ємність елементу, мА*г/г / мА*г/см <sup>3</sup>				Примітка
						1-й цикл	10-й цикл	30-й цикл	100-й цикл	
1	1320	2,3	Дискова	Роз- винена	Рідкий	68	-	-	-	Низька розрядна ємність. Питома вага катода нижче заявленої межі.
2	1300	2,8	Дискова	Гладка	Рідкий	80	-	-	-	Відшарування катода від струмознімача. Невиконання заявленої межі.
3	1300	2,73	Дискова	Роз- винена	Рідкий	79	-	-	-	Заявлені властивості елементу.
4	1900	1,5	Призм- матична	Роз- винена	Рідкий	58/220	-	-	-	Низька розрядна ємність. Питома вага катода нижче заявленої межі.
5	2400	2,7	Призм- матична	Роз- винена	Рідкий	122/ 466	-	-	-	Заявлені властивості елементу.
6	2,5	3,2	Дискова	Гладка	Рідкий	260	182	151	121	Заявлені властивості елементу.
7	25	3,28	Дискова	Гладка	Рідкий	300	113	90	-	Низька оборотна ємність. Товщина катода вище заявленої межі.

8	2	3,2	Дискова	Гладка	Полі мерний	284	166	126	100	Заявлені властивості елемента.
9	11	3,2	Дискова	Гладка	Полі мерний	313	134	100	-	Низька оборотна ємність. Товщина катоду вище заявленої межі.
10	2	3,2	Дискова	Гладка	Твердий/Рідкий	390	240	200	140	Заявлені властивості елемента.
11	2	4,5	Дискова	Гладка	Рідкий	850	-	-	-	Низькі оборотні електрохімічні характеристики
12	2	4,5	Дискова	Гладка	Полі мерний	850	-	-	-	Низькі оборотні електрохімічні характеристики
13	2	4,5	Дискова	Гладка	Твердий/Рідкий	850	328	322	175	Заявлені властивості елемента.

Примітка:

1-10 пункти відносяться до активного матеріалу електрода на основі  $\text{MoO}_3$ .

11-13 пункти відносяться до активного матеріалу електрода на основі  $\text{FeS}_2$ .