

Корисна модель належить до нано- і біотехнологій з одержанням наноструктурованого срібла (наночастинок срібла) і може бути використана для виробництва нових біологічно активних препаратів і каталізаторів хімічного синтезу.

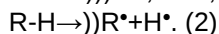
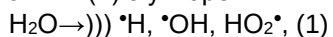
Відомий спосіб одержання наночастинок срібла, який включає відновлення іонів срібла з водного розчину нітрату срібла, де полівінілпіролідон використовують як стабілізатор наночастинок, а як відновник - натрію тетраборогідрид [Silver nanoparticles synthesis with different concentrations of polyvinylpyrrolidone / D. Malina, A. Sobczak-Kupiec, Z. Wzorek, Z. Kowalski // Digest Journal of Nanomaterials and Bio structures. -2012. - Vol. 7. - No. 4. - P. 1527-1534].

Але даний спосіб здійснюють за великої витрати прекурсору (аргентуму нітрату), тривалого перемішування реакційного середовища магнітною мішалкою (упродовж 1 год). Для отримання стабілізованих монодисперсних наночастинок срібла у спосіб застосовують багатостадійну технологію, відповідно до якої готують два розчини, а готову реакційну суміш перемішують при кімнатній температурі впродовж 15 хв. Надалі наночастинок срібла відділяють центрифугуванням (13000 об/хв впродовж 20 хв) від розчину і повторно розподіляють у воді. Під час контактування натрію тетраборогідриду із повітрям зростає ймовірність його окиснення з утворенням натрію метаборату - компоненту гербіцидів. Багатостадійність і довготривалість синтезу зумовлює збільшення собівартості й ускладнює технологію одержання стабілізованих наночастинок срібла. Крім цього, такий спосіб не дає змогу отримати стабільні окремі наночастинок срібла, а лише їх агломерати у розчині, що підтверджує нестабільність таких розчинів у часі.

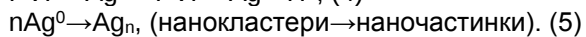
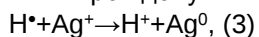
В основу корисної моделі поставлена задача створити новий спосіб одержання наноструктурованого срібла, який би за рахунок поєднання ультразвукового та електромагнітного поля, забезпечив високі швидкості одержання стабілізованих наноструктур срібла, дав змогу одержати наноструктури срібла менших розмірів щ підвищити їх стабільність і за рахунок цього покращити його функціональні властивості та досягнути високої інтенсифікації та ініціювання хімічних перетворень.

Поставлена задача вирішується тим, що за способом одержання наноструктурованого срібла, за яким виконують синтез наночастинок срібла з використанням стабілізатора полівінілпіролідону, згідно з корисною моделлю, синтез наночастинок срібла здійснюють електролізом в ультразвуковому полі під дією електромагнітного випромінювання.

Переваги здійснення синтезу наноструктурованого срібла електролізом в ультразвуковому полі під дією електромагнітного випромінювання полягають у такому. Спосіб одержання наноструктурованого срібла здійснювали електролізом в ультразвуковому полі, внаслідок інтенсивного сплескування кавітаційних бульбашок, що супроводжується утворенням локальних зон із надзвичайно високими температурами та тисками, відбуваються процеси сонолізу води (1) та деструкції поверхнево-активної речовини (2) з утворенням вільних радикалів:



Радикали, зокрема $\text{H}\cdot$ (3) та $\text{R}\cdot$ (4), беруть участь у відновленні іонів Ag^+ до атомів Ag^0 з подальшим формуванням нанокластерів і наночастинок срібла (5), які стабілізуються молекулами полівінілпіролідону:



Кумулятивні мікроструминки, які виникають на завершальній стадії сплескування кавітаційних бульбашок, запобігають пасивації срібних анодів, сприяючи активному оновленню їх поверхні та електрохімічному розчиненню срібла. В ультразвуковому полі під дією акустичної кавітації інтенсифікуються дифузійні процеси, реалізується рівномірне "м'яке" перемішування реакційного середовища. Диспергувальний ефект ультразвукової кавітації забезпечує отримання наноструктурованого срібла з вузьким діапазоном варіювання розмірів - монодисперсних наноструктур. Комплексний вплив ультразвукового поля дає змогу суттєво підвищити швидкості одержання наноструктурованого срібла (тривалість синтезу -5...15 хв), не потребує виконання додаткових технологічних операцій (наприклад, перемішування), використання прекурсорів та органічних розчинників.

Як джерело електромагнітного випромінювання використовували напівпровідниковий лазер з довжиною хвилі випромінювання $\lambda=445$ нм та потужністю 1 Вт. Накладання електромагнітного випромінювання на ультразвукове поле забезпечує швидке й ефективне формування наночастинок срібла, їх коагуляцію без використання додаткових реагентів та водночас дає змогу одержати наноструктури срібла менших розмірів та підвищити їх стабільність і за рахунок цього покращити його функціональні властивості та досягнути високої інтенсифікації та ініціювання хімічних перетворень.

На кресленні - SEM-зображення наноструктур срібла, синтезованих у розчині PVP (2 г/л) в ультразвуковому полі під дією електромагнітного випромінювання за $t=20$ °C протягом 5-15 хв.

Спосіб одержання наноструктурованого срібла здійснювали електролізом в ультразвуковому полі під дією електромагнітного випромінювання. Використовували ультразвуковий випромінювач магнітострикційного типу "Ультразвуковий дезінтегратор" UD-20. Як джерело електромагнітного випромінювання використовували напівпровідниковий лазер з довжиною хвилі випромінювання $\lambda=445$ нм та потужністю 1 Вт. Це забезпечує швидке й ефективне формування наночастинок срібла, їх коагуляцію без використання додаткових реагентів та водночас дає змогу повторно одержувати наноструктуроване срібло розмірами до 20 нм.

Приклад використання способу.

Синтез наноструктурованого срібла, здійснюють електролізом у розчині полівінілпіролідону ($C=2$ г/дм³) в ультразвуковому полі під дією електромагнітного випромінювання. Для проведення електролізу використовували стандартну триелектродну електрохімічну комірку об'ємом 50 мл та потенціостат MTech PGP-550M (циклічні вольтамперометричні дослідження (ЦВА-дослідження)). Срібні пластини ($S=10$ см²) використовували як робочі та допоміжні електроди. Як електроди порівняння використано Ag/AgCl, які встановлено в капілярі Люггіна, що містить 1 моль/дм³ KNO₃. Швидкість розгортки потенціалу під час ЦВА-досліджень становила 50 мВ/с в діапазоні E від +1,0 до -1,0 В. Використовували ультразвуковий випромінювач магнітострикційного типу "Ультразвуковий дезінтегратор" UD-20. Частота ультразвуку - 22 кГц. Корисна питома потужність – 40-62,5 Вт/дм³. Ізотермічні умови синтезу наночастинок срібла забезпечували ультратермостатом UTU-4. Як джерело електромагнітного випромінювання використовували напівпровідниковий лазер з довжиною хвилі випромінювання $\lambda=445$ нм та потужністю 1 Вт. Температура процесу 20 °С. Тривалість синтезу - від 5 до 15 хв. Високі концентрації стабілізатора в розчині сприяють формуванню малих за розміром наночастинок.

Морфологію утворених наночастинок визначали за допомогою трансмісійного електронного мікроскопу (ТЕМ) JEOL-1011. Встановлено, що середній розмір утворених наночастинок срібла становить 10 нм (Фіг.).

Запропонований спосіб одержання наноструктурованого срібла за рахунок здійснення синтезу наночастинок срібла електролізом в ультразвуковому полі під дією електромагнітного випромінювання, забезпечує високі швидкості одержання та формування стабілізованих наночастинок срібла, дозволяє отримати наноструктури срібла менших розмірів та підвищити їх стабільність.

