

Мікросистеми та фізична електроніка

УДК 535.3

Вплив умов синтезу на формування срібних наноструктур під дією електромагнітного випромінювання

Булавінець^f Т. О., ORCID [0000-0001-6898-3363](https://orcid.org/0000-0001-6898-3363)Яремчук І. Я., д.т.н. доц., ORCID [0000-0002-7072-5950](https://orcid.org/0000-0002-7072-5950)Бартків^f Л. В., ORCID [0000-0002-5805-6248](https://orcid.org/0000-0002-5805-6248)Бобицький^s Я. В., д.т.н. проф., ORCID [0000-0002-6860-8595](https://orcid.org/0000-0002-6860-8595)

Кафедра фотоніки

Національний університет «Львівська політехніка»

Львів, Україна

Анотація—У роботі досліджено вплив умов синтезу на формування срібних наноструктур різної просторової конфігурації під дією електромагнітного випромінювання видимого діапазону. Проведено синтез наночастинок срібла методом фотоіндукованого відновлення йонів срібла у водному середовищі та у водному екстракті дріжджів. Зміну просторової конфігурації отриманих нанооб'єктів здійснено шляхом опромінювання дослідних зразків червоним, зеленим та синім світлом за рівних умов. Проведено характеристизацію отриманих наноструктур срібла та досліджено їх оптичні властивості. Встановлено, що спектри поглинання дослідних зразків зміщуються у довгохвильову область спектру та, у деяких випадках, розщеплюються після додаткового опромінювання різними довжинами хвиль.

Бібл. 17, рис. 7, табл. 1.

Ключові слова — плазмонні наночастинок; наноструктури; колоїдне срібло; фотостимульоване відновлення; екстракт дріжджів.

І. ВСТУП

Впродовж останніх років тенденція до мініатюризації та розширення галузей застосування наноматеріалів спричинили потребу в удосконаленні процесів синтезу нанорозмірних об'єктів задля модифікації їх характеристик. Це призвело до інтенсивного пошуку альтернативних методів отримання наночастинок благородних металів різної просторової конфігурації та вивчення їх фізико-хімічних властивостей [1]. Зокрема, окрім класичних фізичних та хімічних методів все частіше з'являються наукові роботи, де описано нестандартні способи отримання нано-структурованих об'єктів за допомогою біологічної сировини – різних мікроорганізмів, у тому числі бактерій, рослин, дріжджів, грибів, тощо [2, 3].

Оскільки, на властивості нанооб'єктів впливають не тільки їх геометричні розміри та форма, а й стабілізуюче середовище, в якому вони знаходяться [4], то підбором речовини-стабілізатора можна також керувати величиною антибактеріальної активності отриманих наноструктур. Зміна властивостей навколишнього середовища забезпечується власне вибором прекурсору та методу отримання наночастинок.

У роботі [5] показано, що саме технологія «зеленого синтезу» дозволяє суттєво підвищити бактерицидну дію наноструктур [6]. У роботі [7] описано синтез наночастинок благородних металів за допомогою екстрактів рослин. У [8] проведено біосинтез наночастинок срібла з використанням грибів та порівняння їх характеристик із колоїдом срібла у звичайному водному середовищі.

Металеві наноструктури, отримані такими методами, характеризуються високою протимікробною, антибактеріальною та протигрибковою дією, яка найсильніше проявляється в умовах локалізованого поверхневого плазмонного резонансу (ЛППР) [9]. ЛППР проявляється у різкому зростанні інтенсивності піку поглинання та розсіювання електромагнітного випромінювання нанооб'єктами при певній довжині хвилі падаючого світла, що потрапляє в резонанс із власною частотою коливань електронного газу на поверхні металевої наночастинок [10]. Відомо, що для отримання максимального оптичного відгуку металевих наноструктур у діапазоні «біологічного вікна прозорості» живих тканин є необхідним використання методів керованого синтезу таких нанооб'єктів із наперед визначеними просторовими параметрами



[11]. Змінюючи просторові параметри наноструктур або властивості середовища, в якому вони знаходяться, можна корегувати оптичні властивості плазмонних наночастинок та керувати резонансом поверхневих плазмонів зміщуючи його у потрібну спектральну область [12].

Слід зазначити, що такі наноструктуровані об'єкти знаходять широке застосування не лише у біомедицинській галузі, а й для вирішення завдань оптоелектроніки, плазмоніки чи енергетики. Одним із ефективних та перспективних методів модифікації просторових параметрів наночастинок благородних металів, зокрема срібних, є використання електромагнітного випромінювання, оскільки нанооб'єкти характеризуються здатністю максимально поглинати випромінювання певної довжини хвилі [13].

Зміна конфігурації наночастинок срібла відбувається за рахунок розкитування плазмонів до співмірної із довжиною хвилі амплітуди, що утворює тимчасовий диполь, зумовлюючи приєднання вільних йонів Ag^+ до утворених сферичних зародків. Ріст наноструктур за рахунок такого приєднання йонів до утворених нанозерен срібла відбувається доти, поки можливе утворення тимчасового диполя або, до припинення опромінення. Таким чином, підбір довжини хвилі електромагнітного випромінювання та часу опромінення дозволяє формувати наночастинки різної форми [14]. Відомо, що опромінення колоїдів срібла синім світлом зазвичай призводить до формування нанодіаєдрів, а наноструктури призматичної форми здебільшого утворюються під впливом червоного чи зеленого світла [15].

Оскільки, забезпечити положення піку максимального поглинання срібних наноструктур у ближньому інфрачервоному діапазоні спектру можна шляхом модифікації геометричних параметрів наночастинок електромагнітним випромінюванням, завдання визначення впливу складу середовища на зміну морфології наноструктур залишається актуальним. Тому, у даній роботі досліджено вплив елементного складу водного середовища та екстракту дріжджів на модифікацію наноструктур під впливом лазерного випромінювання та проведено їх характеристизацію.

II. ЕКСПЕРИМЕНТ

Для дослідження впливу складу середовища на формування монодисперсних наночастинок срібла та вивчення їх властивостей було підготовано два дослідних зразки. У першому випадку наночастинки срібла знаходилися у водному розчині, а в другому - у водному розчині екстракту дріжджів «*Saccharomyces cerevisiae*». Обидва дослідні зразки готувалися шляхом фотовідновлення йонів срібла з водного розчину нітрату срібла $AgNO_3$ (1 мМ) за допомогою лазерного опромінювання.

A. Приготування колоїду срібла у водному розчині

Досліджуваний водний розчин наночастинок срібла отримано шляхом опромінювання розчину солі срібла $AgNO_3$ напівпровідниковим лазером із довжиною хвилі випромінювання 445 нм при неперервному

перемішуванні за допомогою магнітної мішалки ММ-7П за присутності в розчині тризаміщеної натрієвої солі $Na_3C_6H_5O_7$, при чому, співвідношення цитрату натрію до $AgNO_3$ рівне 4:1.

B. Приготування колоїду срібла у водному розчині екстракту дріжджів

Утворення срібних наноструктур у водному розчині екстракту дріжджів «*Saccharomyces cerevisiae*» проведено шляхом їх інкубування протягом двох днів з водою при температурі 30°C та неперервному струшуванні. Після цього, культура піддавалася центрифугуванню (3000 об/хв) протягом 5 хв за допомогою термоелектричної центрифуги. До отриманого водного екстракту дріжджів (рН 10) крапельно додавався нітрат срібла (1 мМ) при опромінюванні лазерним випромінюванням, як і в попередньому випадку.

Після цього, для обох результуючих наборів досліджуваних колоїдів проведено модифікацію морфології поверхні утворених наноструктур срібла за допомогою опромінювання різними довжинами хвиль.

Для забезпечення зміни просторової конфігурації наноструктур срібла з утворених зародків розроблено спеціальний прилад з трьома ізольованими камерами для опромінювання досліджуваних розчинів колоїдного срібла одночасно синім, зеленим та червоним електромагнітним випромінюванням протягом 6 діб за рівних умов та при кімнатній температурі. В якості джерела випромінювання, у кожній камері радіального опромінювача, використано світлодіодні стрічки (LED) з довжинами хвиль випромінювання 465 нм, 525 нм та 623 нм, які розташовані на внутрішній циліндричній поверхні кожної ізольованої камери таким чином, щоб випромінювання було рівномірно спрямоване на досліджуваний зразок зі всіх сторін та по всій висоті камери.

Розроблена установка також передбачає відведення тепла для виключення перегріву системи протягом тривалого часу опромінення та дозволяє досягти стабільної температури комірок, а також, мінімізувати вплив теплових ефектів на формування та ріст наноструктур різної конфігурації під впливом опромінювання різними довжинами хвиль.

Для отриманих зразків проведено фізико-хімічний аналіз. Вимірювання оптичних параметрів отриманих наноструктур срібла у водному розчині та в екстракті дріжджів проведено за допомогою UV-VIS спектрометра UV-3600. Характеризацію морфології отриманих монодисперсних наноструктур срібла проведено за допомогою TEM-візуалізації з використанням просвічуючого електронного мікроскопа JEOL-1011.

III. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Вихідний колоїд срібла, отриманий шляхом фотовідновлення йонів срібла з водного розчину солі срібла, характеризується плазмонним піком поглинання на довжині хвилі 420 нм та має жовтий колір колоїду (рис. 1), що характерно для наночастинок срібла сферичної форми.



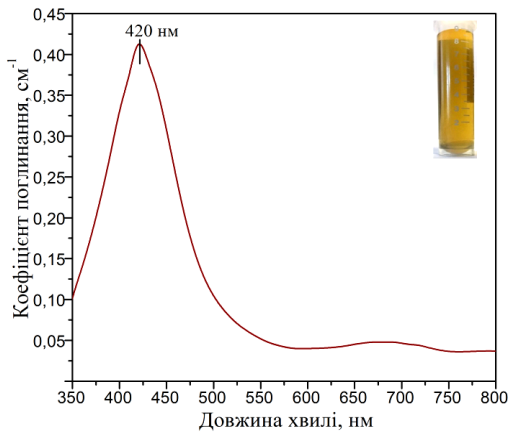


Рис. 1. Спектр поглинання колоїду срібла отриманого у водному середовищі

Таке спектральне положення піку поглинання типове для наночастинок розміром близько 30 нм [10]. Наші попередні результати ТЕМ-візуалізації, представлені в роботі [16], підтверджують, що середній розмір отриманих наночастинок становить близько 32 нм.

Після опромінення початкового колоїдного розчину потоками червоного, зеленого і синього випромінювання спостерігається розщеплення піків поглинання зі зсувом у довгохвильову спектральну область. Отриманий спектр поглинання колоїду срібла у водному розчині після опромінення червоним світлом представлений на рис. 2. У цьому випадку після опромінення дослідного зразка спостерігаємо виникнення додаткового піку поглинання на довжині хвилі 845 нм. Додаткові піки на спектральній кривій поглинання спостерігаються на довжинах хвиль 560 нм після опромінення зеленим світлом (рис. 3) та 495 нм після опромінення синім світлом (рис. 4).

Слід зазначити, що інтенсивність додаткових піків поглинання, які з'явилися після опромінення червоним (рис. 2) і зеленим (рис. 3) світлом, значно перевищують основний пік. Це вказує на те, що кількість сформованих наноструктур срібла різної форми переважає над кількістю сферичних наночастинок у досліджуваному розчині.

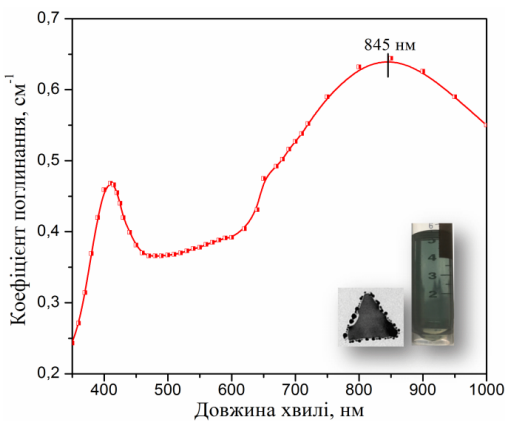


Рис. 2. Спектр поглинання колоїду срібла після опромінення LED-діодами з довжиною хвилі 623 нм

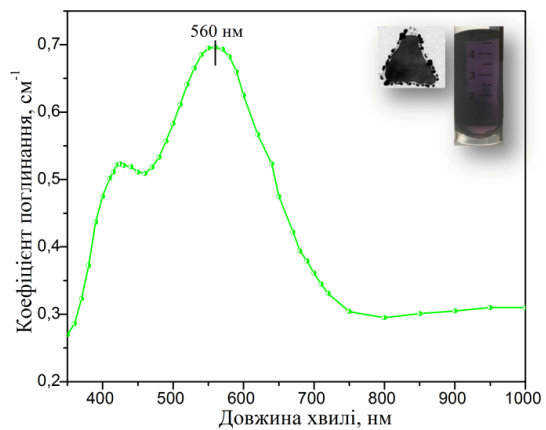


Рис. 3. Спектр поглинання колоїду срібла після опромінення LED-діодами з довжиною хвилі 525 нм

Крім того, колір розчину після опромінення змінювався від типового жовтого до фіолетового і зеленого під впливом опромінення зеленим і червоним світлом відповідно, що свідчить про утворення наноструктур різних розмірів [17].

Срібні сферичні наночастинок отримали трикутну форму після опромінення червоним світлом, як показано на рис. 2. Розмір отриманих наноструктур становив близько 200 нм. При опроміненні колоїду срібла зеленим світлом (рис. 3) були отримані структури з морфологією, подібною до показаної на рис. 2, але їх розмір становить близько 130 нм.

Додатковий пік поглинання колоїду срібла, опромінений синім світлом (рис. 4), не перевищує інтенсивності основного піку, на відміну від колоїду, опроміненого червоним і зеленим світлом. Однак, інтенсивність обох піків поглинання значно вища в порівнянні з основним піком поглинання (рис. 1).

Це може вказувати на те, що певна частина срібних наносфер трансформувалась у нанодіакедри. Однак, нові сферичні зародки продовжують утворюватися в розчині під впливом опромінення тим же синім світлом і кількісно переважають у досліджуваному розчині нанодіакедри.

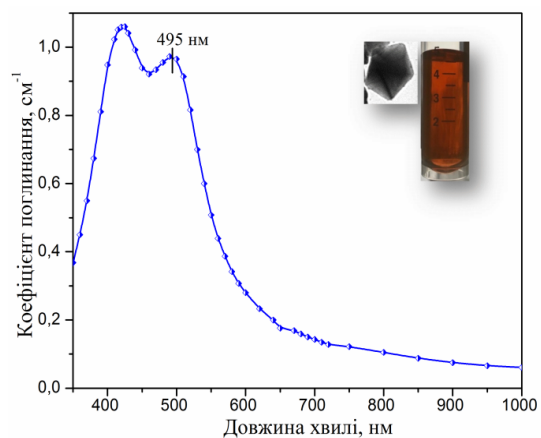


Рис. 4. Спектр поглинання колоїду срібла після опромінення LED-діодами з довжиною хвилі 465 нм

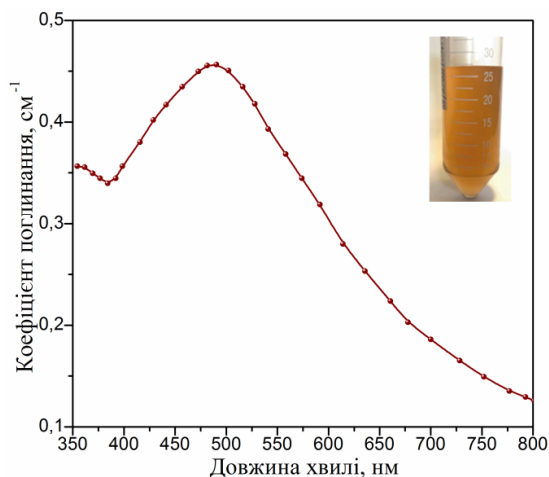


Рис. 5. Спектр поглинання колоїду срібла отриманого у водному розчині екстракту дріжджів

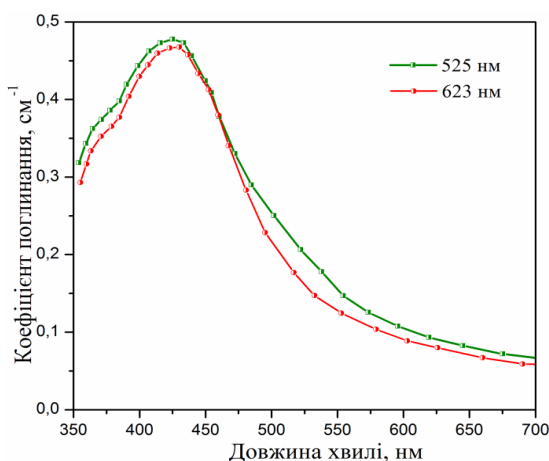


Рис. 6. Спектр поглинання колоїду срібла після опромінення LED-діодами з довжинами хвиль 525 нм та 623 нм

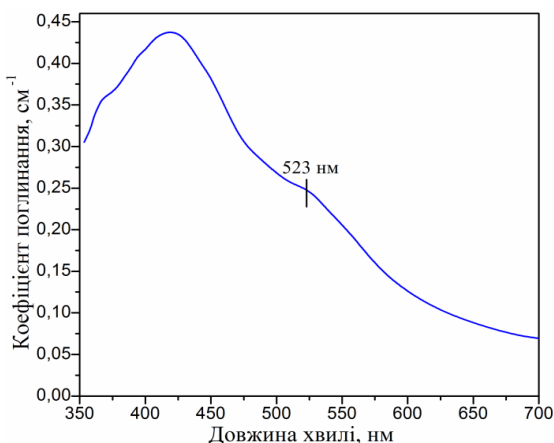


Рис. 7. Спектр поглинання колоїду срібла отриманого у водному розчині екстракту дріжджів після опромінення LED з довжиною хвилі 465 нм

На наступному етапі дослідження було проведено синтез наночастинок срібла у середовищі екстракту дріжджів «*Saccharomyces cerevisiae*» та їх характеристику. Спектр поглинання наноструктур срібла,

отриманих у водному екстракті дріжджів шляхом фотоіндукованого відновлення наведено на рис. 5.

У цьому випадку положення піку поглинання вказує на утворення більших за розміром наночастинок порівняно із наночастинами, синтезованими у водному середовищі. Слід зазначити, що у цьому випадку середовище дослідного зразка характеризується більш високим показником заломлення та оптичною густиною порівняно з водним середовищем. Цей фактор також має вагомий вплив на положення піку поглинання, що зміщується в довгохвильову спектральну область.

Аналогічно попередньому випадку, отримані наночастинок срібла у водному розчині екстракту дріжджів опромінювали LED за аналогічних умов. Однак, зміна кольору отриманого колоїду після опромінення не спостерігалася.

Спектри поглинання опромінених наночастинок срібла в екстракті дріжджів червоним та зеленим світлом показано на рис. 6. У цьому випадку розщеплення піків поглинання опромінених дослідних зразків не спостерігається. Таким чином, з рис. 6 випливає, що критичних модифікацій морфології наночастинок срібла в екстракті дріжджів під впливом світла не відбулося.

Спектр поглинання розчину наносрібла у водному екстракті дріжджів, що піддавався опроміненню синім світлом, дещо відрізняється від спектрів приведених на рис. 6. На кривій поглинання наноструктур срібла у водному розчині екстракту дріжджів після опромінення LED з довжиною хвилі 465 нм з'являється додатковий пік на довжині 523 нм, при цьому, його інтенсивність є нижчою у порівнянні з основним піком поглинання. Це свідчить про незначні зміни просторової конфігурації утворених наноструктур.

Для отриманих у дріжджовому екстракті та опромінених колоїдів срібла за допомогою LED визначено індекси полідисперсності (табл. 1). Отримані результати вказують на високу стабільність колоїдних систем.

Таблиця 1 ІНДЕКСИ ПОЛІДИСПЕРСНОСТІ КОЛОЇДІВ СРІБЛА У ЕКСТРАКТІ ДРІЖДЖІВ

| № | Довжини хвиль опромінення колоїдів срібла | Індекс полідисперсності |
|---|---|-------------------------|
| 1 | 525 нм | 0,268 |
| 2 | 623 нм | 0,295 |
| 3 | 465 нм | 0,305 |

ВИСНОВКИ

В роботі представлено результати синтезу колоїдів срібла зі солі срібла (AgNO_3) у водному розчині та екстракті дріжджів (*Saccharomyces cerevisiae*) шляхом фотостимульованого відновлення іонів Ag та їх характеристику. Спектри поглинання показують на існування типового для колоїдного срібла плазмонного піку близько довжини хвилі 420 нм.

Для наночастинок, синтезованих у водному розчині, після опромінення червоним, зеленим та синім

світлом чітко проявляються два піки поглинання. Крім того колоїдний розчин змінює колір після опромінення. Це свідчить про модифікацію форми наноструктур. Отже, такий метод можна успішно використовувати для отримання достатньо великих наноструктур срібла заданої просторової морфології.

У випадку срібних наночастинок, синтезованих у дріжджовому екстракті, спостерігається один чітко виражений пік поглинання. Причому після опромінення червоним та зеленим світлом криві поглинання є дуже близькими за формою. Лише при опроміненні синім світлом можна зауважити додатковий слабкий пік поглинання на довжині хвилі 523 нм, що може свідчити про часткову зміну форми наночастинок. Отже, присутність екстракту дріжджів в розчині мінімізує фотоіндукований ефект трансформації форми, що спостерігався в чистих водних колоїдах.

Таким чином, використання різних середовищ під час синтезу наночастинок срібла шляхом фотовідновлення дає можливість отримувати наночастинок із заданою формою та зміщувати їх пік поглинання до видимої та близької ІЧ області.

ПОДЯКА

Робота виконана в рамках держбюджетних тем «Резонансні процеси трансформації енергії електронного збудження плазмонними наноструктурами в задачах та пристроях фотоніки» (ДБ/ФОТОНІКА, № 0117U007176) та «Моделювання і експериментальна верифікація плазмонно-резонансних наноструктур для перетворення та керування електромагнітним випромінюванням широкого спектрального діапазону» (ДБ/МЕВ, № 0118U000267). Автори висловлюють подяку М. Кус-Лісківич та Р.І. Лесюку за допомогу у проведенні вимірювань.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Sau T. K., Rogach A. L., Jäckel F., Klar T. A., Feldmann, J., "Properties and applications of colloidal nonspherical noble metal nanoparticles," *Advanced Materials*, vol. 22, no. 16, pp. 1805-1825, 2010, DOI: [10.1002/adma.200902557](https://doi.org/10.1002/adma.200902557).
- [2] K.B. Narayanan, N. Sakthivel., "Biological synthesis of metal nanoparticles by microbes," *Advances in colloid and interface science*, vol. 156, no. 1-2, pp. 1-13, 2010, DOI: [10.1016/j.cis.2010.02.001](https://doi.org/10.1016/j.cis.2010.02.001).
- [3] Blum Ya. B. et al., ""Zelenyi" syntezy nanochastynok blahorodnykh metaliv ta napivprovodnykovykh nanokrystaliv CdS za dopomogoyu biologichnoi syrovyny ["Green" synthesis of noble metals nanoparticles and semiconducting CdS nanocrystals using biological materials]," *Nauka ta innovacii*, vol. 11, pp. 59-71, 2015.
- [4] Bulavinets, T., I. Yaremchuk, Ya Bobitski, "Modeling optical characteristics of multilayer nanoparticles of different sizes for applications in biomedicine," in *Nanophysics, Nanophotonics*,

Надійшла до редакції 31 травня 2019 р.

Surface Studies, and Applications, Springer, pp. 101-115, 2016, DOI: [10.1007/978-3-319-30737-4_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-30737-4_9).

- [5] O. M. Vazhnycha, N. O. Bobrova, O. V. Hancho, H. A. Loban, "Nanochastynky sribla: Antybakterialni ta antyfungalni vlastyosti [Silver nanoparticles: Antibacterial and antifungal properties]," *Farmakologia ta likarska toksykologia*, vol. 2, no. 38, pp. 3-11, 2014.
- [6] Shrivastava S., Bera T., Roy A., Singh G., "Characterization of enhanced antibacterial effects of novel silver nanoparticles," *Nanotechnology*, vol. 18, no. 22, p. 225103, 2007, DOI: [10.1088/0957-4484/18/22/225103](https://doi.org/10.1088/0957-4484/18/22/225103).
- [7] I. Siavash, "Green synthesis of metal nanoparticles using plants," *Green Chemistry*, vol. 13, pp. 2638-2650, 2011, DOI: [10.1039/C1GC15386B](https://doi.org/10.1039/C1GC15386B).
- [8] T. Bulavinets, I. Yaremchuk, M. Kus-Liszkiewicz, R. Lesyuk, Ya. Bobitski, "Formation of Silver Nanostructures in Different Surrounding Media via Photoreduction," in *IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology*, Kyiv, 2019.
- [9] Zhao J., Zhang X., Yonzon C. R., Haes A. J., Van Duyne R. P., «Localized surface plasmon resonance biosensors,» *Nanomedicine*, vol. 1, no. 2, pp. 219-228, 2006, DOI: [10.2217/17435889.1.2.219](https://doi.org/10.2217/17435889.1.2.219).
- [10] S. Maier, *Plasmonics: fundamentals and applications*, New York: Springer, 2007.
- [11] J.S. Kim, E. Kuk, K.N. Yu et al, "Antimicrobial effects of silver nanoparticles," vol. 3, pp. 95-101, 2007, DOI: [10.1016/j.nano.2006.12.001](https://doi.org/10.1016/j.nano.2006.12.001).
- [12] K.L. Kelly, E. Coronado, L.L. Zhao, G.C. Schatz, "The optical properties of metal nanoparticles: the influence of size, shape, and dielectric environment," *Journal of Physical Chemistry B*, vol. 107, pp. 668-677, 2003, DOI: [10.1021/jp026731y](https://doi.org/10.1021/jp026731y).
- [13] T. Bulavinets, V. Varyshchuk, I. Yaremchuk, Y. Bobitski, "Design and Synthesis of Silver Nanoparticles with Different Shapes Under the Influence of Photon Flows," in *Nanooptics, Nanophotonics, Nanostructures, and Their Applications*, vol. 210, Springer, 2018, pp. 231-241, DOI: [10.1007/978-3-319-91083-3_16](https://doi.org/10.1007/978-3-319-91083-3_16).
- [14] Illika A.I., Chikirka I.A., Khalavka Yu.B., "Fotostymulovane vidnovlennia ioniv argentumu z utvorenniam dekaedrychnykh nanochastynok [Photostimulated reduction of argentum ions with the formation of decahedral nanoparticles]," *Naukovyi visnyk Cherniveckogo universytetu*, no. 555, pp. 40-43, 2014.
- [15] X. Zheng et al., "Photochemical formation of silver nanodecahedra: structural selection by the excitation wavelength," *Langmuir*, vol. 25, no. 6, pp. 3802-3807, 2009, DOI: [10.1021/la803814j](https://doi.org/10.1021/la803814j).
- [16] T. Bulavinets et al, "Formation of Silver Colloids by Photostimulated Reduction," *Zatoka*, 2018.
- [17] I. Pastoriza-Santos, L. M. Liz-Marzán, "Colloidal silver nanoplates. State of the art and future challenges," *Journal of Materials Chemistry*, vol. 18, pp. 1724-1737, 2008, DOI: [10.1039/B716538B](https://doi.org/10.1039/B716538B).



УДК 535.3

Влияние условий синтеза на формирование наноструктур серебра под действием электромагнитного излучения

Булавинец^f Т. О., ORCID [0000-0001-6898-3363](https://orcid.org/0000-0001-6898-3363)
Яремчук И. Я., д.т.н. доц., ORCID [0000-0002-7072-5950](https://orcid.org/0000-0002-7072-5950)
Бартків^f Л. В., ORCID [0000-0002-5805-6248](https://orcid.org/0000-0002-5805-6248)
Бобицкий^s Я. В., д.т.н. проф., ORCID [0000-0002-6860-8595](https://orcid.org/0000-0002-6860-8595)
Кафедра фотоники
Национальный университет «Львовская политехника»
Львов, Украина

Аннотация—В работе изучено влияние условий синтеза на формирование наноструктур серебра различной пространственной конфигурации под влиянием электромагнитного излучения видимого диапазона. Проведен синтез наночастиц серебра методом фотоиндуцированного восстановления ионов серебра в водной среде и в водном экстракте дрожжей. Изменение пространственной конфигурации полученных нанообъектов проведено путем облучения исследуемых образцов красным, зеленым и синим светом при равных условиях. Проведено характеризацию полученных наноструктур серебра, а также исследовано их оптические свойства. Установлено, что спектры поглощения исследуемых образцов смещаются в длинноволновую область спектра и в некоторых случаях расщепляются после дополнительного облучения разными длинами волн.

Библ. 17, рис. 7, табл. 1.

Ключевые слова — плазмонные наночастицы; наноструктуры; коллоидное серебро; фотостимулированное восстановление; экстракт дрожжей.



The Synthesis Conditions Influence on Silver Nanostructures Formation Under the Effect of Electromagnetic Radiation

T. O. Bulavinets^f, ORCID [0000-0001-6898-3363](https://orcid.org/0000-0001-6898-3363)

I. Ya. Yaremchuk, Dr.Sc.(Eng.) Assoc.Prof., ORCID [0000-0002-7072-5950](https://orcid.org/0000-0002-7072-5950)

L. V. Bartkiv^f, ORCID [0000-0002-5805-6248](https://orcid.org/0000-0002-5805-6248)

Ya. V. Bobytskyi^s, Dr.Sc.(Eng.) Prof., ORCID [0000-0002-6860-8595](https://orcid.org/0000-0002-6860-8595)

Department of Photonics

Lviv Polytechnic National University

Lviv, Ukraine

DOI: [10.20535/2523-4455.2019.24.3.174564](https://doi.org/10.20535/2523-4455.2019.24.3.174564)

Abstract—In the present work the influence of the synthesis conditions, particularly the effect of used surrounding media on the silver nanostructures formation with various spatial configuration under the effect of the visible electromagnetic radiation has been studied. Silver nanoparticles were synthesized by photostimulated reduction of silver ions from the silver nitrate water solution in aqueous medium and in water yeast extract. The modification of the configuration of resulting nanoobjects was carried out by irradiating the testing samples with red, green, and blue photon flows under the similar conditions. For this task the unique device with three isolated cells for irradiating silver colloids under the room temperature was developed. The parameters of obtained silver nanostructures were characterized by spectrophotometry and their optical properties have been researched. For the obtained silver colloids the polydispersity indexes were also determined. Besides, the changes in morphology were confirmed by transmission electron microscopy. The shift of the absorption spectra of the testing colloids to the long-wavelength spectral region and their splitting in some cases after irradiation by different wavelength has been showed. For nanoparticles synthesized in the distilled water after irradiating by red, green, and blue photon flows the additional absorption peaks appeared in the longer-wavelength spectral region. Moreover, the colloidal solutions changed the colors after the electromagnetic radiation effect. This indicates the change in nanostructures shapes. The formation of triangular nanoprisms under the influence of red and green photon flows and formation of decahedral nanostructures under the influence of blue light was found. It has been shown that this method can be successfully used to obtain the large silver nanostructures in aqueous solution of the known spatial and optical parameters. The absorption spectrum of the silver nanostructures obtained in water yeast extract shows one clearly expressed peak. But, after irradiation of this colloid with red and green light, the absorption curves are very close in shape to the initial one. Only under the blue light irradiation an additional weak absorption peak can be observed at the wavelength of 523 nm, which might indicates a partial change in the nanostructures shapes. It has been shown that the use of water yeast extract as a surrounding medium for the synthesis of nanoparticles with different spatial morphology minimizes the photoinduced effect of the shape transformation, which was observed in pure aqueous colloids. The effectiveness and the ability to use of different surrounding media for the silver nanoparticles synthesis by photostimulated reduction for obtaining nanostructures with the predetermined spatial parameters and to shift their absorption peaks to the visible and near infrared spectral region has been shown.

Ref. 17, fig. 7, tabl. 1.

Keywords — *plasmon nanoparticles; nanostructures; colloidal silver; photostimulated recovery; yeast extract.*

