

## ПОЛУЧЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В 3D ПРИНТЕРАХ

**Халилжонов Ботиржон Кодиржон угли**

E-mail: [khaliljonovbotir@gmail.com](mailto:khaliljonovbotir@gmail.com)

**Жобборов Баходир Тулкинжон угли**

Ферганский политехнический институт

Ассистент кафедры “Электротехника, электромеханика и электротехнологии”

E-mail: [botirjon.xaliljonov@ferpi.uz](mailto:botirjon.xaliljonov@ferpi.uz)

### АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрено получение наноматериалов методом лазерной абляции. В качестве выводов приведены положительные и отрицательные стороны использования этого метода при получении наноматериалов для использования в 3D принтерах.

**Ключевые слова:** наноматериалы, лазерный луч, лазерная абляция, наночастицы, кластеры.

### ABSTRACT

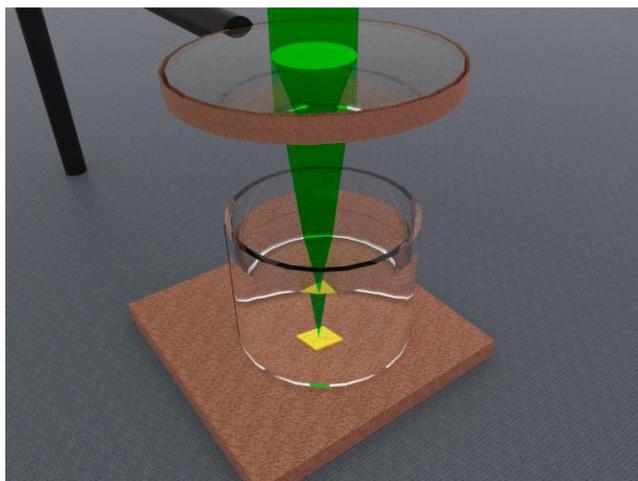
The article examines the production of nanomaterials through laser ablation. The conclusions outline the positive and negative aspects of utilizing this method for obtaining nanomaterials across various domains.

**Keywords:** nanomaterials, laser beam, laser ablation, nanoparticles, clusters.

Получение наноматериалов возможно при облучении достаточно мощным лазерным лучом, при таком воздействии на материал некоторая часть мишени начинает испаряться в окружающую среду, данный процесс получил название, как лазерная абляция [1].

Широкое применение получила лазерная абляция твердых мишеней, погруженных в жидкость [2-4]. В основе метода лазерной абляции лежит механическое воздействие давления пара жидкости на расплавленный слой на поверхности мишени, в результате чего происходит образование наночастиц.

В работе [5] были приведены примеры образования сплава наночастиц благородных металлов (золота и серебра). Схема эксперимента по лазерной абляции твердой мишени в жидкости представлена на рисунке 1.

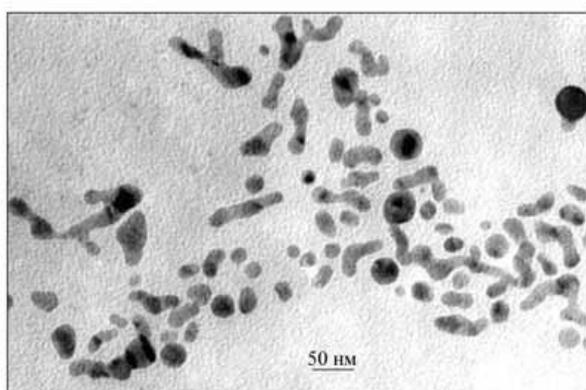


**Рисунок 1. – Схема эксперимента по лазерной абляции.**

В заполненную рабочей жидкостью кювету помещается материал, наночастицы которого необходимо получить. Далее происходит облучение лазером кюветы с формированием коллоидного раствора. Этот раствор может содержать крупные частицы: наночастицы, кластеры, взвешенные в его толще.

В работе [5] говорится, что образование сплавов возможно двумя способами: в первом случае происходит облучение оболоченных частиц (частицы золота, покрытые серебром, или частицы серебра, покрытые золотом), во втором случае происходит облучение смеси отдельных коллоидов. В работе [6] были исследованы сплавы наночастиц Au–Pd и Ag–Pd при облучении лазером смеси отдельных коллоидов, полученных химическим способом. Для получения сплавов металлов посредством облучения коллоидных растворов необходимо, чтобы индивидуальные наночастицы из коллоидных растворов образовали гибридную частицу – это основное отличие от способа получения наноматериалов при облучении уже оболоченных частиц. Авторами данной работы использовался Nd:YAG-лазер с длиной волны 532 нм. На рисунке 2 изображены наночастицы золота и серебра, полученные абляцией металлической мишени в жидкости.

(a)



(б)

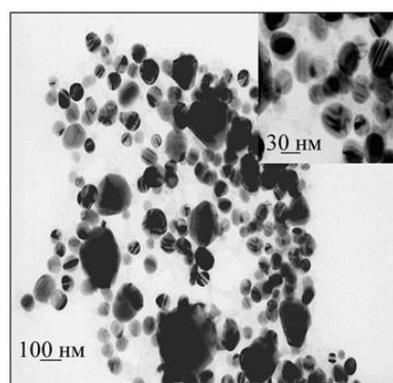


Рисунок 2 – (а) – наночастицы золота, полученные в этаноле, (б)- наночастицы серебра, полученные в воде.

Как было сказано выше, для образования сплавов необходимо образование гибридных частиц. На рисунке 2 представлены гибридные наночастицы серебра и золота, предшествующие образованию сплава. Более темные частицы соответствуют золоту, светлые частицы серебру.

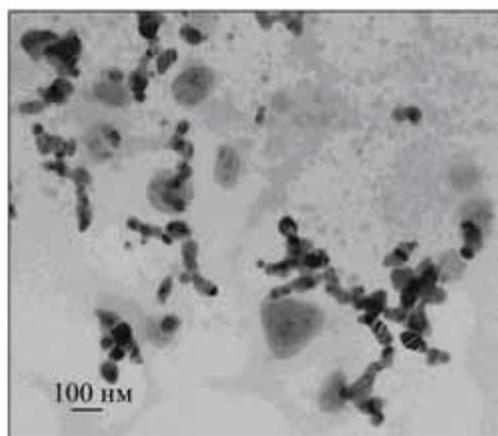


Рисунок 3 – Гибридные частицы золота и серебра.

На рисунке 3 видны многочисленные контакты между наночастицами, при дальнейшем лазерном облучении гибридные частицы сплавляются. На рисунке 4 представлены сплавленные наночастицы золота и серебра, полученные в этаноле при лазерном облучении в течение 120 мин.

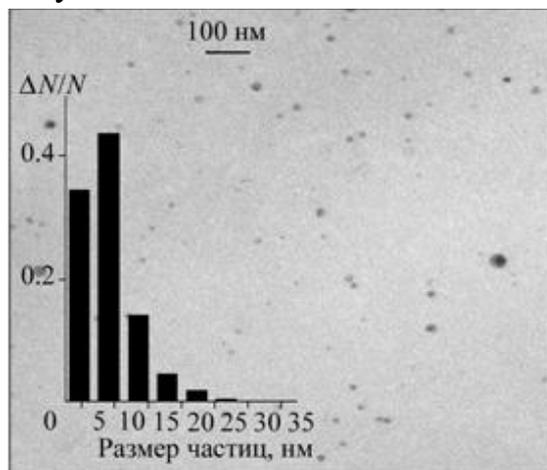


Рисунок 4 – Сплав золота и серебра.

Авторами данной работы было выявлено существенное преимущество данного метода, из-за протекания процесса лазерной абляции в технической жидкости, полученные наноматериалы могут быть использованы, как катализаторы в различных процессах, по причине отсутствия на поверхностях активных веществ и других ионов.

Минусом данного метода является сложность в получение определенного размера порошков, так как размер порошка зависит от мощности введенного лазерного излучения, а в замкнутом объеме жидкости, образовавшиеся наночастицы могут вновь вернуться в лазерный пучок вследствие конвективного движения, что изменит конечные размер частицы.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ: (REFERENCES)

1. Кузьмин, П. Г. Физические процессы, определяющие свойства наночастиц, полученных при лазерной абляции твердых тел в жидкости: дис. на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук: 01.04.21 / Кузьмин Петр Геннадьевич. – Москва. – 2015. – 144 с.
2. J. Nedersen, G. Chumanov and T.M. Cotton // Appl. Spectrosc. - 1993. - Т 47, P. 1959.
3. Sibbald M. S., Chumanov G., Cotton T. M. Reduction of cytochrome c by halide-modified, laser-ablated silver colloids //The Journal of Physical Chemistry. – 1996. – Т. 100. – №. 11. – P. 4672-4678.
4. Kamat P. V., Flumiani M., Hartland G. V. Picosecond dynamics of silver nanoclusters. Photoejection of electrons and fragmentation //The Journal of Physical Chemistry B. – 1998. – Т. 102. – №. 17. – P. 3123-3128.
5. Симакин, А.В., Воронов, В.В., Шафеев, Г.А. Образование наночастиц при лазерной абляции твердых тел в жидкостях. // Труды института общей физики им. А. М. Прохорова. – Том 60. – 2004. – С. 83 – 107.
6. Yeh Y.-H., Yeh M.-S., Lee Y.-P., Yeh C.-S. // Chem. Lett. 1998. P. 1183.
7. Mukhammad Yusuf M., Sherzod P., Behzod A. Study of compensation of reactive power of short-circuited rotor of asynchronous motor //ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal. – 2020. – Т. 10. – №. 5. – С. 625-628.
8. Таиров Ш. М., Абдуллаев Б. Б. У. Чрезвычайные и критические изменения климата в странах центральной Азии //Universum: технические науки. – 2020. – №. 2-1 (71).
9. Abdullayev B. B. O. G. L. ZAMONAVIY ISSIQLIK ELEKTR MARKAZLARIDA QO ‘LLANILADIGAN ISSIQLIK IZOLYATSION MATERIALLAR VA ULARGA QO ‘YILADIGAN ASOSIY TALABLAR //Scientific progress. – 2021. – Т. 2. – №. 8. – С. 36-40..
10. SHERMATOV B. A., ABDULLAYEV B. B. INCREASING THE EFFICIENCY OF POWER OIL TRANSFORMERS FOR CLEANING FROM OIL COMPOUNDS DEVELOPING A REGRESSION MODEL FOR DETERMINATION OF OPTIMAL TEMPERATURE EXIT //ЭКОНОМИКА. – С. 200-204.
11. Sirojiddinovich SS va boshqalar. KORXONALAR ELEKTR TIZIMLARINI INTELLEKTUAL BOSHQARISHDA ENERGIYA SAMARALILIGINI ARTTIRISH TAHLILI //Gospodarka i Innovacje. – 2023. – Т. 37. – S. 21-27.

12. Usmonov Shukurillo Yulbarsovich, Sultunov Ruzimatjohn Anvarjohn O'G'Li, Kuchkarova Dilnoza Toptievna Research potential of energy saving pump unit and hydraulic network // Проблемы Науки. 2019. №12-1 (145). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/research-potential-of-energy-saving-pump-unit-and-hydraulic-network> (дата обращения: 01.12.2023).
13. Usmonov S. Y. Analysis of Working Modes of Well Pumping Equipment Electr //Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science. – 2022. – Т. 3. – №. 11. – С. 119-125.
14. Yulbarsovich U. S., Nurillaevich M. N. FREQUENCY CONTROL OF POWER EQUIPMENT DURING SECONDARY STEAM GENERATION IN THE PRODUCTION UNIT //PRINCIPAL ISSUES OF SCIENTIFIC RESEARCH AND MODERN EDUCATION. – 2022. – Т. 1. – №. 6.
15. Yulbarsovich U. S. et al. MEASUREMENT AND CONTROL OF THE LOAD OF ENERGY DEVICES //Galaxy International Interdisciplinary Research Journal. – 2023. – Т. 11. – №. 4. – С. 663-666.
16. Yu U. S., Sulstonov R. A. NONLINEAR FEEDBACK CONTROL IN INTELLIGENT AC MOTOR CONTROL //Advancing in research, practice and education. – 2022. – Т. 9. – С. 188.
17. Усмонов Ш. Ю., Султонов Р. А. У., Кучкарова Д. Т. СИНТЕЗ АЛГОРИТМОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОСВЯЗНЫМИ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ //Universum: технические науки. – 2022. – №. 1-3 (94). – С. 50-53.
18. Усмонов Ш. Ю., Кучкарова Д. Т., Султонов Р. А. Автоматические системы управления машин и агрегатов шелкомотания на основе энергосберегающего электропривода //Universum: технические науки. – 2021. – №. 12-6 (93). – С. 37-41.
19. Sulstonov R. A., Shermatov B. A. IMPROVING PRODUCT QUALITY BY REDUCING THE ENERGY CONSUMPTION OF ELECTRIC DRIVES IN THE SILK INDUSTRY //Экономика и социум. – 2021. – №. 11-1 (90). – С. 538-544.
20. Mukaramovich A. N., Yulbarsovich U. S. CALCULATION OF THE SPEED CONTROL RANGE OF AN INTELLIGENT ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE DURING REWINDING RAW SILK //ЭЛЕКТРИКА. – 2011. – №. 4. – С. 26-28.
21. Арипов Н. М., Усмонов Ш. Ю. Разработка энергосберегающего частотно-регулируемого асинхронного электропривода с вентиляторной нагрузкой //Электрика. – 2011. – №. 4. – С. 26-28.