



УТВЕРЖДАЮ:
Директор ИТ СО РАН
член-корр. РАН Сергей Владимирович
Алексеев

«21» июня 2016 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе
Сибирского отделения Российской академии наук
Федерального агентства научных организаций

Диссертация «Импульсная лазерная абляция серебра, золота и их сплавов в различных средах в режимах синтеза наноструктур» на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук выполнена в лаборатории физических процессов энергетики ФГБУН Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения РАН.

В период подготовки диссертации соискатель Старинский Сергей Викторович работал в лаборатории физических процессов энергетики ФГБУН Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения РАН в должности инженера-исследователя.

В 2012 году Старинский Сергей Викторович окончил магистратуру Новосибирского государственного университета по направлению «физика», по специальности «физика кинетических явлений».

В 2012 году поступил в аспирантуру ИТ СО РАН. Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2016 г. институтом теплофизики СО РАН.

Научный руководитель - доктор физико-математических наук Булгаков Александр Владимирович работает в должности главного научного сотрудника лаборатории физических процессов энергетики ФГБУН Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения РАН.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Актуальность исследования.

Актуальность исследований обусловлена наличием областей науки и технологий, в которых могут быть использованы наноструктурные материалы на базе серебра, золота и их сплавов. Одним из перспективных методов синтеза таких материалов является импульсная лазерная абляция (ИЛА), нетоксичный метод, позволяющий получать наноструктуры высокой чистоты с заданными характеристиками. Экспериментальные и теоретические исследования в области синтеза наноструктур серебра и золота методом наносекундной ИЛА в различных средах, не дают полного понимания сопутствующих процессов, а режимы облучения определяются преимущественно эмпирическим путем. Неясными остаются и механизмы лазерного синтеза наноструктур в различных окружающих средах. Поэтому исследование с единых позиций формирования наноструктур благородных металлов при ИЛА в различных средах в идентичных условиях облучения является весьма актуальным как для более глубокого понимания физики процесса взаимодействия лазерного излучения с веществом, так и для оптимизации лазерных методов синтеза наноструктур.

Личный вклад.

Работа выполнена в 2010-2016 гг. в Лаборатории физических процессов энергетики ИТ СО РАН (зав. лаб. – чл.-корр. РАН Предтеченский Михаил Рудольфович). Постановка задач исследований осуществлена соискателем совместно с научным руководителем д.ф.-м.н. А. В. Булгаковым. Автор принимал участие в разработке новых и модификации имеющихся экспериментальных стендов. Все экспериментальные результаты, включенные в настоящую работу, получены при непосредственном участии автора в составе научной группы. Расчеты и моделирование проведено автором лично.

Поставлены и решены следующие задачи:

Проведено экспериментальное и численное исследование синтеза наноструктурных материалов при наносекундной импульсной лазерной абляции серебра, золота и их сплавов в вакууме, буферном газе и жидкости, которое включало следующие задачи:

- определение механизмов уноса вещества с облучаемой поверхности при лазерной абляции благородных металлов и их сплавов в различных средах;
- установление состава продуктов лазерной абляции и динамики их расширения при различных режимах лазерного облучения;
- лазерный синтез тонких пленок благородных металлов в вакууме и фоновом газе; нахождение корреляций между свойствами синтезированных пленок, условиями синтеза и параметрами осаждаемых частиц;
- лазерный синтез коллоидных растворов благородных металлов и влияние условий облучения на их свойства;
- анализ механизмов формирования наноструктур в различных средах и определение оптимальных условий синтеза для получения наноматериалов с заданными характеристиками.

Научная новизна:

- Впервые с единых позиций рассмотрена импульсная лазерная абляция металлов при идентичных условиях облучения в трех различных средах – вакууме, фоновом газе и жидкости.
- Впервые установлены корреляции между параметрами кластеров в продуктах лазерной абляции золота и серебра с размерными и композиционными свойствами напыляемых наноструктурных пленок.
- Выдвинута и обоснована гипотеза, что причиной высоких порогов абляции металлов в жидкости является рассеяние излучения на паровой пленке.
- Впервые получено экспериментальное доказательство механизма прямой эмиссии наночастиц с поверхности при лазерной абляции металлов в жидкости.

Практическая значимость.

- Полученные результаты могут быть использованы при разработке и оптимизации лазерных методов синтеза наноструктур, в частности при выборе режимов лазерной абляции для синтеза наноструктур благородных металлов, в том числе биметаллических и оксидных.
- Предложенный метод определения размеров и концентраций отдельных популяций наночастиц на основе анализа спектров экстинкции коллоидных растворов может быть использован при разработке оптических приборов контроля за процессом изготовления коллоидных растворов наночастиц с заданными свойствами.

Достоверность обеспечивается использованием современных методов диагностики, тщательным анализом погрешностей, проведением калибровочных и тестовых измерений. Результаты расчетов и моделирования описывают не только качественно, но и количественно полученные экспериментальные данные. Выбранные экспериментальные режимы характеризуются воспроизводимостью и согласуются с результатами работ других авторов.

Апробация работы. Результаты работы докладывались: на Всероссийской конференции «Взаимодействие высококонцентрированных потоков энергии с материалами в перспективных технологиях и медицине», Новосибирск, 2013, 2015 гг.; на международной конференции «Atomic and Molecular Pulsed Lasers», Томск 2013 г.; на Всероссийской конференции с участием иностранных ученых «Современные проблемы динамики разреженных газов», Новосибирск, 2013 г.; на международной конференции «International Conference on Laser Ablation», 2013, 2015 г.; на международной конференции «The 14 International Symposium on Laser Precision Microfabrication», Ниигата, Япония, 2013 г.; на Всероссийской школе-конференции молодых ученых с международным участием «Актуальные вопросы теплофизики и физической гидрогазодинамики», Новосибирск, 2014 г.; на международной школе-конференции «12 IUVSTA School on Laser in Materials Science», Венеция, Италия 2014 г.; на международной конференции «European Congress on Advanced Materials and Processes», Варшава, Польша 2015 г.; на международной конференции «Advanced Laser Technologies», Фару, Португалия, 2015 г.;

Основные публикации автора по материалам диссертации:

По теме диссертации опубликовано 24 работы, в том числе из Перечня ВАК – пять (в журналах: Современные проблемы науки и образования; Journal of the Optical Society of America; Applied Physics A; Thin Solid Films; Письма в Журнал Технической Физики).

1. Старинский С.В., Евтушенко А.Б., Шухов Ю.Г., Булгаков А.В. Исследование импульсной лазерной абляции серебра и золота в режимах синтеза наноструктур // V Всероссийская конференция «Взаимодействие высококонцентрированных потоков энергии с материалами в перспективных технологиях и медицине». Сборник докладов, Новосибирск, 26-29 марта 2013 г. - С. 233.
2. Старинский С.В., Евтушенко А.Б., Шухов Ю.Г., Булгаков А.В. Синтез кластеров серебра и золота в газовой фазе и на поверхности методом импульсной лазерной абляции. // Всероссийская конференция с участием иностранных ученых «Современные проблемы динамики разреженных газов», Сборник докладов, Новосибирск, 26-29 июля 2013 г. С. 195
3. Starinsky S.V., Evtushenko A.B., Shukhov Yu.G., Bulgakov A.V. A study of silver and gold colloid synthesis by pulsed laser ablation in water // XI International Conference "Atomic and Molecular Pulsed Lasers", September 16-20, 2013, Tomsk, Russia, Book of Abstracts. P. 144.
4. Starinsky S.V., Evtushenko A.B., Shukhov Yu.G., Bulgakov A.V. A multiparametric study of pulsed laser ablation of silver and gold in the regimes of nanoclusters synthesis. // "XII International Conference on Laser Ablation", October 6th- 11th, 2013, Ischia, Italy. Book of Abstracts, p 155
5. Bulgakov A.V., Starinsky S.V., Evtushenko A.B., Shukhov Yu.G. Silver and gold nanoclusters produced by pulsed laser ablation. // "XII International Conference on Laser Ablation", October 6th- 11th, 2013, Ischia, Italy. Book of Abstracts, p. 140
6. Bulgakov A.V., Starinski S.V., Evtushenko A.B., Shukhov Y.G., Kibis L.S., Boronin A.I., Zaikovskii V.I. Silver and gold clusters and nanostructures produced by pulsed laser ablation. "The 14 International Symposium on Laser Precision Microfabrication", July 23-26,

2013 Niigata, Japan. Book of Abstracts. P. 206

7. Старинский С.В., Шухов Ю.Г., Булгаков А.В. Исследование импульсной лазерной абляции золота в воде в режимах синтеза коллоидных растворов. // Тезисы докладов XIII Всероссийской школы конференции молодых ученых с международным участием "Актуальные вопросы теплофизики и физической гидрогазодинамики", 20-23 ноября 2014 г. Новосибирск.

8. Starinskiy S.V., Evtushenko A.B., Shukhov Yu.G., Bulgakov A.V. A Multiparametric Study of Pulsed Laser Ablation of Gold in Liquid. // 12 IUVESTA School on Laser in Materials Science. 13-20 June, 2014 Venice, Italy

9. Bulgakov A.V., Goodfriend N., Bulgakova N.M., Starinskiy S.V., Shukhov Yu. G., Nerushev O., Campbell E.E.B. Blister-based laser-induced forward transfer of large molecules and nanoparticles for gas-phase analysis // 23th Annual Int. Conf. on Advanced Laser Technologies (ALT'15), Book of Abstracts, Faro, Portugal, Sept. 7-11, 2015. – P. 101.

10. Safonov A.I., Sulyaeva V.S., Timoshenko N.I., Starinskiy S.V. "Deposition of thin composited films from fluoropolymer and silver nanoparticles having surface plasmon resonance" // Book of abstr. of 20th BIENNIAL European Conference on Chemical Vapor Deposition "EuroCVD20", July 13-17, 2015, Sempach, Switzerland. – P. Session 3.8.

11. Старинский С.В., Шухов Ю.Г., Булгаков А.В. Синтез коллоидных частиц серебра и золота методом импульсной лазерной абляции в жидкости. // Сборник докладов VI Всерос. конф. «Взаимодействие высококонцентрированных потоков энергии с материалами в перспективных технологиях и медицине», Том 1, 24-27 марта, 2015 г., г. Новосибирск.

12. Сафонов А.И., Суляева В.С., Старинский С.В., Тимошенко Н.И. «Оптические свойства композитных покрытий, состоящих из наночастиц серебра и фторполимерной матрицы» // Тез. докл. 5-й Всерос.конф. «Фундаментальные основы МЭМС- и нанотехнологий», 15 – 18 июня 2015 г, г. Новосибирск. – Том 2, С. 112.

13. Safonov A., Sulyaeva V., Timoshenko N., Starinskiy S. "Synthesis and optical properties of silver thin film coated by fluoropolymer" // Book of abstr. of International Conference on Functional Materials for Frontier Energy Issues "ICFMFEI 2015", October 1-5, 2015, Novosibirsk, Russia, P. 44.

14. Старинский С.В., Сафонов А.И., Суляева В.С., Тимошенко Н.И. Оптические свойства композитных покрытий из наночастиц серебра во фторполимерной матрице. // Всероссийская конференция «XXXII Сибирский теплофизический семинар», посвященная 80-летию со дня рождения академика В.Е. Накорякова, 19 – 20 ноября 2015 г., г. Новосибирск.

15. Starinskiy S.V., Shukhov Yu. G., Bulgakov A.V. Preparation of colloidal solutions by pulsed laser ablation of gold, silver and their alloys in liquids // European Congress on Advanced Materials and Processes (EUROMAT-2015), Book of Abstracts, Warsaw, Poland, Sept. 20-24, 2015. – P. C3.1-O-PM1-3.

16. Bulgakov A.V., Goodfriend N., Bulgakova N.M., Starinskiy S.V., Shukhov Yu. G., Nerushev O., Campbell E.E.B. Producing gas-phase targets of nanoparticles and large molecules by blister-based laser-induced forward transfer // European Congress on Advanced Materials and Processes (EUROMAT-2015), Book of Abstracts, Warsaw, Poland, Sept. 20-24, 2015. – P. C3.1-O-PM1-3.

17. Derrien T.J.-Y., Safonov A.I., Sulyaeva V.S., Timoshenko N.I., Starinskiy S.V., Bulgakov A.V., Bulgakova N.M. Modeling light absorption by a dielectric-coated Ag nanoparticle array deposited on a glass substrate // European Congress on Advanced Materials and Processes (EUROMAT-2015), Book of Abstracts, Warsaw, Poland, Sept. 20-24, 2015. – P. C3.2-O-AM2-5.

18. Goodfriend N., Bulgakov A.V., Bulgakova N.M., Starinskiy S.V., Shukhov Yu. G., Nerushev O., Campbell E.E.B. Comparison of fs and ns lasers for blister-based laser-induced forward-transfer // Int. Conf. on Laser Ablation (COLA-2015), Book of Abstracts, Carnis,

Australia, Aug. 31 – Sept. 4, 2015, P. O-73.

19. Bulgakov A.V., Goodfriend N., Bulgakova N.M., Starinskiy S.V., Shukhov Yu. G., Nerushev O., Campbell E.E.B. Blister-based laser-induced forward transfer of large molecules and nanoparticles for gas-phase analysis // Int. Conf. on Laser Ablation (COLA-2015), Book of Abstracts, Carnis, Australia, Aug. 31 – Sept. 4, 2015, P. P-144.

20. Bulgakov A.V., Goodfriend N., Nerushev O., Bulgakova N.M., Starinskiy S.V., Shukhov Y.G., Campbell E.E.B. Laser-induced transfer of nanoparticles for gas-phase analysis // J. Opt. Soc. Am. B. – 2014. – Vol. 31, No. 11. – pp. C15 - C21

21. Замчий А.О., Старинский С.В., Сафонов А.И., Буйко М.А., Баранов Е.А. Влияние плазмонных наночастиц и пленок золота на спектры пропускания тонких пленок субоксида кремния. // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – Т. 6. – с. 1701-1707

22. Safonov A.I., Sulyaeva V.S., Timoshenko N.I., and Starinskiy S.V., Deposition of thin composite films consisting of fluoropolymer and silver nanoparticles having surface plasmon resonance // Thin Solid Films. – 2016. – Vol. 603. – pp. 313–316

23. Goodfriend N.T., Starinskiy S.V., Nerushev O.A., Bulgakova N.M., Bulgakov A.V., Campbell E.E.B. Laser pulse duration dependence of blister formation on back-radiated Ti thin films for BB-LIFT // Appl. Phys. A. – 2016. – Vol. 122, no. 3. – pp. 1–9

24. Старинский С.В., Шухов Ю.Г., Булгаков А.В. Динамика импульсной лазерной абляции золота в вакууме в режимах синтеза наноструктурных пленок // ПЖТФ. – 2016. – Т. 42, В.8. – с. 45-52.

Решение о рекомендации работы к защите

Диссертация Старинского С.В. «Импульсная лазерная абляция серебра, золота и их сплавов в различных средах в режимах синтеза наноструктур» является завершенной научно-исследовательской работой, содержащей новые результаты в области взаимодействия высокоинтенсивных потоков энергии с веществом. Работа удовлетворяет требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Семинар рекомендует диссертационную работу Старинского С.В. «Импульсная лазерная абляция серебра, золота и их сплавов в различных средах в режимах синтеза наноструктур» к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

Заключение принято на семинаре «Физическая гидродинамика» ФГБУН Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения РАН под руководством чл.-корр. РАН С.В. Алексеенко. Присутствовали 16 человек, из них 8 докторов наук, 6 кандидатов наук.

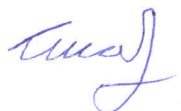
Результаты открытого голосования по вопросу о принятии заключения по диссертации Старинского С.В.: за - 16, против - нет, воздержались - нет. Протокол № 5 от 21 июня 2016 г.

Председатель семинара,
Директор ИТ СО РАН
Чл.-корр. РАН



Сергей Владимирович Алексеенко

Секретарь семинара,
М.Н.С., К.Т.Н.



Иван Константинович Кабардин