

# КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ BRIEF PAPERS

УДК 535.21; 681.7.03

## ОБРАТИМАЯ ФОТОДЕСТРУКЦИЯ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА В ФОТО-ТЕРМО-РЕФРАКТИВНЫХ СТЕКЛАХ

Д.А. Игнатьев<sup>a</sup>, А.И. Игнатьев<sup>a</sup>, Н.В. Никоноров<sup>a</sup>, Д.С. Стародубов<sup>b</sup><sup>a</sup> Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия, ignatiev\_d\_a@mail.ru<sup>b</sup> Университет Южной Калифорнии, Лос-Анжелес, США, dstarodubov@gmail.ru

Исследован процесс фотодеструкции наночастиц серебра в фото-термо-рефрактивных стеклах. Показано, что при облучении импульсным лазером в фото-термо-рефрактивных стеклах происходит фотофрагментация и фотоионизация наночастиц серебра. Последующая термообработка приводит к росту наночастиц серебра, что говорит об обратимости процесса фотодеструкции наночастиц серебра.

**Ключевые слова:** фотодеструкция, фото-термо-рефрактивные стекла, серебряные наночастицы.

## REVERSIBLE PHOTO DESTRUCTION OF SILVER NANOPARTICLES IN PHOTO-THERMO-REFRACTIVE GLASS

D. Ignatiev<sup>c</sup>, A. Ignatiev<sup>c</sup>, N. Nikonorov<sup>c</sup>, D. Starodubov<sup>d</sup><sup>c</sup> Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg, Russia, ignatiev\_d\_a@mail.ru<sup>d</sup> University of Southern California, CA, USA, dstarodubov@gmail.ru

The paper deals with research of silver nanoparticles photo destruction process in photo-thermo-refractive glass. It is shown, that photo fragmentation and photo ionization of silver nanoparticles in photo-thermo-refractive glass takes place under pulsed laser radiation. Additional thermal treatment results in the growth of silver nanoparticles, which indicates photo destruction process reversibility for silver nanoparticles.

**Keywords:** photo destruction, photo-thermo-refractive glass, silver nanoparticles.

Процесс исследования обратимости фотодеструкции наночастиц серебра (НЧС) в фото-термо-рефрактивных (ФТР) стеклах состоит из трех этапов. На первом этапе образец ФТР стекла (рисунок, кривая 1) облучался УФ излучением ртутной лампы с последующей термообработкой (ТО) (при 530°C в течение 10 ч). В результате этого происходил рост НЧС с возникновением полосы поглощения с максимумом 450 нм (рисунок, кривая 2).

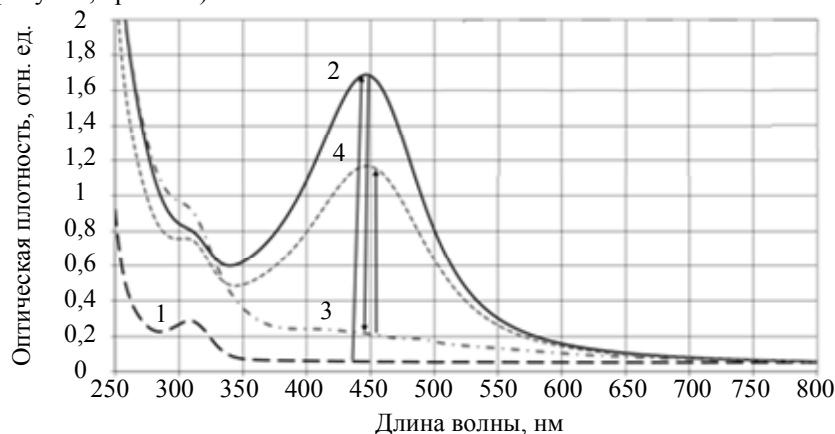


Рисунок. Спектры поглощения ФТР стекла при разных видах обработки

На втором этапе производилось «обесцвечивание» образца под действием импульсного лазерного излучения с длиной волны 532 нм (энергия импульса составляла 68 мДж/см<sup>2</sup>, длительность импульса – 13 нс, частота следования импульсов – 10 Гц). В результате этого процесса полоса поглощения уменьшалась, вплоть до ее полного исчезновения (рисунок, кривая 3). Механизмы этого эффекта были предложены в работе [Л]. На третьем этапе образец подвергался дополнительной ТО, в результате чего наблюдалось возникновение полосы поглощения НЧС (рисунок, кривая 4), что говорит об обратимости фотодеструкции НЧС.

Схематично процесс обесцвечивания можно выразить следующим образом. При облучении импульсным лазерным излучением происходят:

1. фотофрагментация ( $Ag_n^0 + h\nu = mAg_x^0 + kAg^0$ );
2. фотоионизация, включающая генерацию фотоэлектронов ( $Ag_n^0 + h\nu = Ag^+ + e^- + Ag_{n-1}^0$ ) и захват фотоэлектронов сурьмой ( $e^- + Sb^{5+} \rightarrow [Sb^{5+}]^-$ ).

Этот факт вполне согласуется с предложенным нами механизмом: при вторичной термообработке происходит «сброс» электрона от сурьмяного комплекса, захват его ионом серебра с образованием нейтрального атома и присоединение атомов к оставшимся фрагментам (мелким наночастицам, необладающим плазмонным резонансом), что приводит вновь к росту наночастиц. Однако из-за «потерь» электронов количество НЧС несколько меньше, чем в первоначальном облученном состоянии. Схематично процесс образования НЧС при повторной ТО можно выразить следующим образом:

1. «сброс» электрона с сурьмы ( $[Sb^{5+}]^- + kT \rightarrow e^- + Sb^{5+}$ );
2. захват освободившихся термоэлектронов ( $e^- + Ag^+ \rightarrow Ag^0$ ) и 3) рост НЧС ( $Ag^0 + kAg^0 = Ag^n + k^0$ ).

[R]. Ignatiev D.A., Ignatiev A.I., Nikonorov N.V. Fotodestruktsiya nanochastits serebra v foto-termo-refraktivnykh steklakh [Photo destruction of silver nanoparticles in photo-thermo-refractive glass]. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2013, no. 3 (85), pp. 158–159.

- Игнатьев Дмитрий Александрович** – инженер, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия, [ignatiev\\_d\\_a@mail.ru](mailto:ignatiev_d_a@mail.ru)
- Игнатьев Александр Иванович** – зав. лабораторией, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия, [ignatiev@oi.ifmo.ru](mailto:ignatiev@oi.ifmo.ru)
- Никоноров Николай Валентинович** – доктор физ.-мат. наук, профессор, зав. кафедрой, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия, [Nikonorov@oi.ifmo.ru](mailto:Nikonorov@oi.ifmo.ru)
- Стародубов Дмитрий Сергеевич** – кандидат физ.-мат. наук, научный сотрудник, Университет Южной Калифорнии, Лос-Анджелес, США, [dstarodubov@gmail.ru](mailto:dstarodubov@gmail.ru)
- Dmitry Ignatiev** – engineer, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg, Russia, [ignatiev\\_d\\_a@mail.ru](mailto:ignatiev_d_a@mail.ru)
- Alexander Ignatiev** – Head of laboratory, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg, Russia, [ignatiev@oi.ifmo.ru](mailto:ignatiev@oi.ifmo.ru)
- Nicolai Nikonorov** – D.Sc., Professor, Department head, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg, Russia, [Nikonorov@oi.ifmo.ru](mailto:Nikonorov@oi.ifmo.ru)
- Dmitry Starodubov** – PhD, research scientist, University of Southern California, CA, USA, [dstarodubov@gmail.ru](mailto:dstarodubov@gmail.ru)

УДК 535.3+519.642.7

### УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ В ИНФРАКРАСНОЙ ТОМОГРАФИИ В СЛУЧАЕ АКТИВНО-ПАССИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ И ВЕЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ<sup>1</sup>

А.А. Макарова<sup>а</sup>

<sup>а</sup> Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия, [alena.etalon@gmail.com](mailto:alena.etalon@gmail.com)

Сформулирована схема веерного сканирования горячего газа в задаче инфракрасной томографии. Используются два режима диагностики: активный (ON) – с включенным источником, пассивный (OFF) – без источника. Выведены два интегральных уравнения относительно коэффициента абсорбции  $k$  и функции Планка  $B$  среды (по которой можно рассчитать температурный профиль среды  $T$ ).

**Ключевые слова:** ИК томография, интегральные уравнения переноса излучения, активный и пассивный режимы диагностики, веерное сканирование, коэффициент абсорбции, температурный профиль.

### EQUATIONS OF RADIATION TRANSFER IN INFRARED TOMOGRAPHY IN THE CASE OF ACTIVE-PASSIVE DIAGNOSIS AND SWEEPING SCANNING<sup>2</sup>

A. Makarova<sup>б</sup>

<sup>б</sup> Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg, Russia, [alena.etalon@gmail.com](mailto:alena.etalon@gmail.com)

Sweeping scanning scheme of a hot gas in the task of infrared tomography is formulated. Two diagnosis regimes are used: the active one (ON) – with included source and the passive one (OFF) – without it. Two integral equations are deduced concerning the absorption coefficient  $k$  and the Planck function  $B$  of a medium (by which it is possible to calculate the temperature profile of a medium  $T$ ).

**Keywords:** IR tomography, integral equations of radiation transfer, active and passive diagnosis regimes, sweeping scanning, absorption coefficient, temperature profile.

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 13-08-00442).

<sup>2</sup> The work was done with support from the Russian Foundation for Basic Research (grant № 13-08-00442)