

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ BRIEF PAPERS

УДК 535.21; 681.7.03

ОБРАТИМАЯ ФОТОДЕСТРУКЦИЯ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА В ФОТО-ТЕРМО-РЕФРАКТИВНЫХ СТЕКЛАХ

Д.А. Игнатьев^a, А.И. Игнатьев^a, Н.В. Никоноров^a, Д.С. Стародубов^b^a Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия, ignatiev_d_a@mail.ru^b 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^c, A. Ignatiev^c, N. Nikonorov^c, D. Starodubov^d^c Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg, Russia, ignatiev_d_a@mail.ru^d 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).

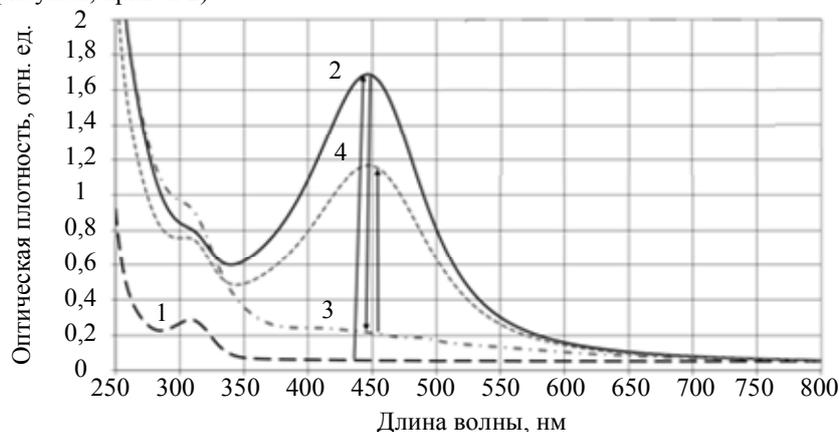


Рисунок. Спектры поглощения ФТР стекла при разных видах обработки

На втором этапе производилось «обесцвечивание» образца под действием импульсного лазерного излучения с длиной волны 532 нм (энергия импульса составляла 68 мДж/см², 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 ($e^- + Ag^+ \rightarrow Ago$) и 3) рост НЧС ($Ag_n + kAg_0 = Ag_{n+k}$).

[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
- Игнатьев Александр Иванович** – зав. лабораторией, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия, 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
- Стародубов Дмитрий Сергеевич** – кандидат физ.-мат. наук, научный сотрудник, Университет Южной Калифорнии, Лос-Анджелес, США, 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
- Alexander Ignatiev** – Head of laboratory, Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg, Russia, 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
- Dmitry Starodubov** – PhD, research scientist, University of Southern California, CA, USA, dstarodubov@gmail.ru

УДК 535.3+519.642.7

УРАВНЕНИЯ ПЕРЕНОСА ИЗЛУЧЕНИЯ В ИНФРАКРАСНОЙ ТОМОГРАФИИ В СЛУЧАЕ АКТИВНО-ПАССИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ И ВЕЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ¹

А.А. Макарова^а

^а Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург, Россия, 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 SCANNING²

A. Makarova^б

^б Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Saint Petersburg, Russia, 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.

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 13-08-00442).

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