

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ СЕРЕБРА ПРИ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ В ЖИДКОСТЯХ

А.В. Буцень, Е.А. Невар

*Институт молекулярной и атомной физики НАН.
Беларуси, пр. Скорины, 70, 220072 Минск, Беларусь butsen@imaph.bas-net.by*

Наноразмерные материалы, обладающие уникальными электронными, магнитными, оптическими и химическими свойствами, являются многообещающими для многих практических приложений, в частности, для катализа, получения новых композиционных материалов, и т. д. Так как свойства наночастиц зависят от их размера и формы, то крайне желательна разработка методов формирования квазимоноразмерных ансамблей таких частиц с заданными размером и формой. Целью данной работы является экспериментальная реализация лазерно-абляционного метода синтеза нанометрических частиц металлов в оптически прозрачных химически пассивных/активных жидких средах. Исследования направлены на получение металлических наночастиц контролируемых размеров, а также выяснение возможностей лазерно-индуцированной модификации формируемых наночастиц.

Формирование наноразмерных частиц в продуктах лазерной абляции твердотельных мишеней происходит либо в результате конденсации пересыщенных паров при разлете плазмы, либо в процессе выноса с поверхности мишени. При этом размеры и форма частиц зависят от параметров воздействующего лазерного излучения, внешней среды и мишени.

В качестве источников излучения в экспериментах использовались два Nd-YAG лазера (1064 нм, 10 нс, 1-4 Дж/см²), работающие на частоте первой (1064 нм) и второй (532 нм) гармоник. Лазерное излучение фокусировалось на поверхность металлической мишени (Ag), помещаемой в кювету с жидкостью (дистиллированная вода, ацетон). Плотность мощности на поверхности мишени составляла 10⁸-10⁹ Вт/см²

Экспериментально исследовались одно- и двухимпульсные режимы лазерной абляции металлических мишеней в жидкости при вариации длины волны лазерного излучения, скважности и мощности воздействующих импульсов.

Полученные коллоидные растворы исследовались методами абсорбционной спектроскопии и просвечивающей электронной микроскопии. Спектры поглощения обнаруживают характерные полосы поглощения с максимумами, расположенными около 400 нм (т.н. поверхностные плазмонные резонансы) (рис.1). Форма и интенсивность плазмонных

полос спектров поглощения в наших экспериментах зависели от режима абляции (одно- или двухимпульсный), времени облучения мишени и от энергии лазерных импульсов. Кроме увеличения поглощения, для коллоидов, приготовленных при двухимпульсных режимах абляции, полосы становятся более симметричными без красного уширения. Наличие в спектрах уширения в красную область указывает на более широкое распределение формы и размеров частиц, и возможное присутствие их агрегатов. [2].

Типичный размер частиц серебра в наших экспериментах лежал в диапазоне 10-30 нм (рис. 2.)

Дооблучение растворов коллоидов, полученных при одноимпульсной лазерной абляции, несфокусированным излучением второй гармоники Nd

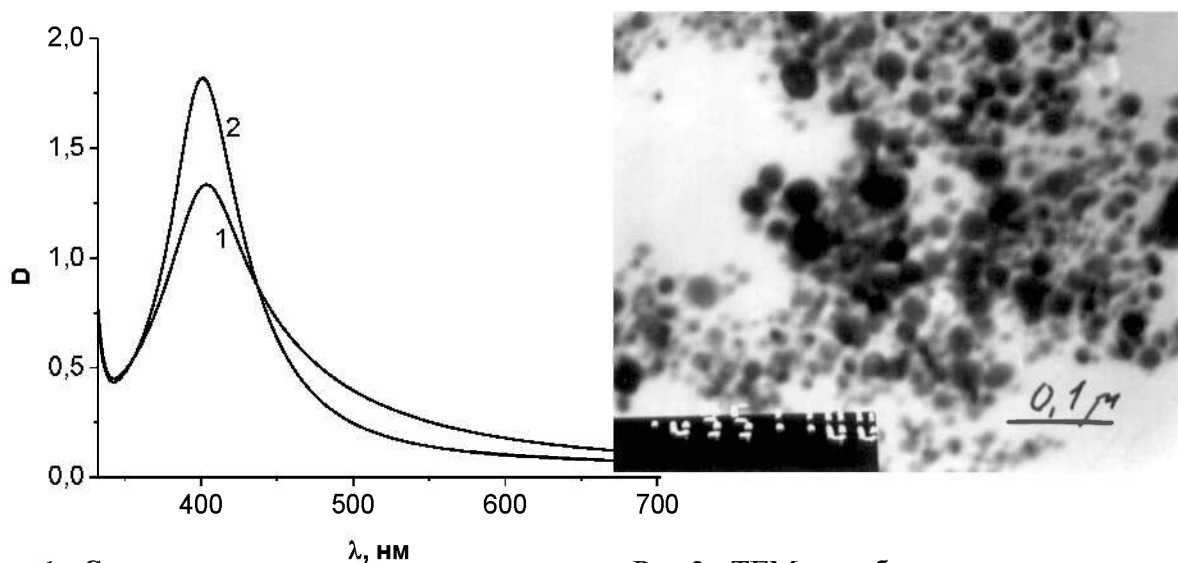


Рис.1. Спектры поглощения частиц серебра, приготовленные методом одноимпульсной (1064 нм) абляции [1] в ацетоне в течение 4 мин; [2] – тот же раствор, но после дооблучения несфокусированным лазерным излучением ($\lambda=532$ нм) в течение 4 мин

Рис.2. ТЕМ- изображение частиц серебра, приготовленных методом одноимпульсной лазерной абляции ($\lambda=1064$ нм) серебра в ацетоне в течение 8 минут при частоте 10 Гц

-YAG лазера приводило к тому, что спектр поглощения становился симметричным, поглощение в максимуме увеличивалось и сдвигалось в фиолетовую область. Этот факт может быть объяснен увеличением концентрации малых частиц за счет дробления более крупных под воздействием лазерного излучения. Также при дооблучении форма частиц становилась более округлой, что подтверждают результаты электронной микроскопии. Но

наряду с процессами фрагментации наблюдалась агрегация фрагментированных частиц, размер агрегатов которых достигал 200 нм, но доля таких частиц мала.

Таким образом, выполненные исследования показали, что лазерная абляция металлических мишеней в жидкостях обеспечивает быстрый и простой метод приготовления наноразмерных частиц металлов с возможностью ограничения их размеров при дополнительном облучении. Преимущества метода включают простоту его реализации и применимость для большинства металлов и их сплавов и отсутствие химических реактивов в заключительной стадии. Метод лазерной абляции позволяет формировать нанометрические частицы контролируемых размеров, а также обеспечивает их эффективный сбор и хранение.

Литература

1. V.S. Burakov, N.V. Tarasenko, N.A.Savastenko, *Spectrochimica Acta B*, **56**, 961 (2001)
2. A. Takami, H. Kurita, S. Koda, *J. Phys. Chem. B*, **103**, 1226 (1999).