

СЕКЦИЯ «НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ»

Председатели – Рогачёв А.В., Воропай Е.С.

Д.В. Алексюк, И.Н. Дмитрук

**Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,
Киев, Украина**

ИЗГОТОВЛЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ И ИХ ИССЛЕДОВАНИЕ

Введение

Наноструктуры используются уже достаточно длительное время, но только в последние несколько десятилетий ученые начали интенсивно изучать их свойства. Прежде всего, это связано с улучшением научно-инструментной базы, появлению новых методов исследования и увеличению вычислительных мощностей современных компьютеров. Все это позволило более детально изучить удивительные свойства наночастиц. Также, к изучению наноструктур привели поиски новых материалов с наперед заданными свойствами.

Большая заинтересованность нанообъектами поставила задачу об эффективном и относительно простом методе изготовления наночастиц из широкого спектра материалов, также к этим условиям можно добавить и малый разброс в размерах наночастиц. Все эти условия можно выполнить, используя метод лазерной абляции [1–2].

В данной работе описан метод лазерной абляции благородных металлов в растворе, в качестве примера выбрано серебро. Показаны основные преимущества и недостатки метода, а также приведены результаты спектроскопического исследования образцов, полученных данным методом.

1. Лазерная абляция

Лазерная абляция – удаления вещества с поверхности под действием лазерного излучения. Образец в вакуумной камере облучается лазерным излучением, вследствие чего материал, вырванный с поверхности, оседает на стенках камеры. Такая система широко используется для напыления тонких пленок [1].

В данной работе источником наночастиц служит порошок из серебра, растворенный в дистиллированной воде. Принципиальным отличием абляции в вакуумной камере и в растворе является то, что

в растворе, разделившиеся частицы, могут снова попасть под излучение и поделиться снова. Такое деление возможно до момента, когда мощности лазерного излучения уже будет недостаточно для последующего деления [3]. Данное обстоятельство фиксирует минимальное значение размера наночастиц во время абляции и способствует уменьшению разброса частиц по размерам.

На рисунке 1 изображена схема по приготовлению наночастиц в растворе. В данной работе использовался азотный лазер с линией генерации на длине волны 337,1 нм. Длина импульса порядка 6 нс, пиковая мощность 240 кВт, частота генерации 10 Гц. Излучение из лазера фокусировалось короткофокусной линзой внутри кюветы, где и проходил процесс абляции. Для постоянной смены рабочего объема использовался магнитный перемешиватель, который состоит из двух частей: небольшого магнита в тefлоне, помещенного в кювету, и вращающегося магнита под кюветой.

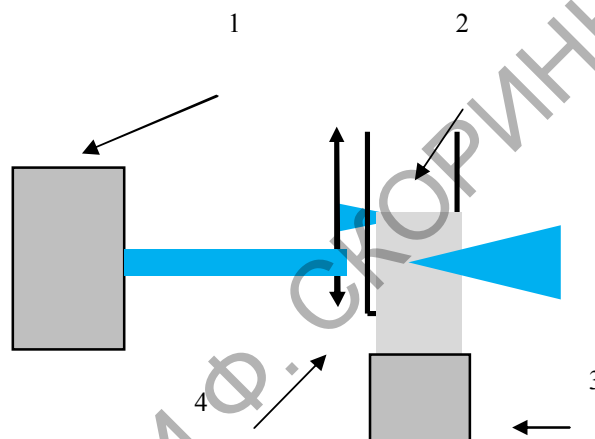


Рисунок 1 – Схема установки по изготовлению наночастиц:

- 1 – лазер,
- 2 – кювета с раствором,
- 3 – магнитный перемешиватель,
- 4 – линза

Время облучения подбиралось эмпирическим путем. Через небольшие интервалы времени проводились измерения люминесценции и отбирались образцы с максимальной интенсивностью свечения.

2. Исследование наночастиц

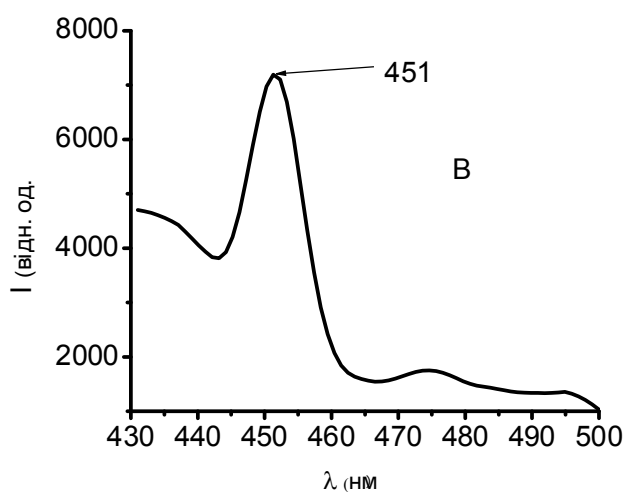
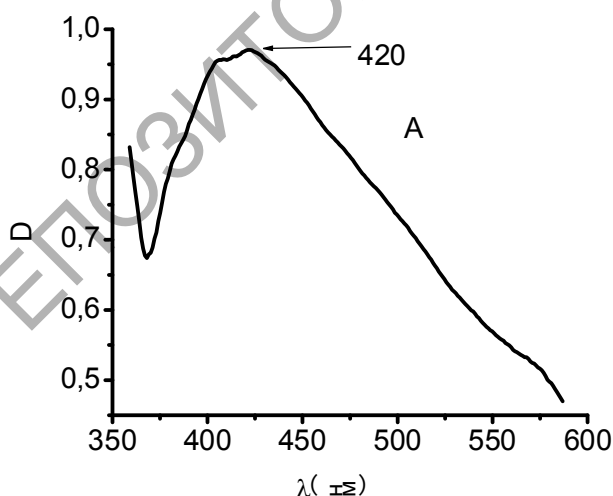


Рисунок 2 – Спектры поглощения (A) и люминесценции (B) наночастиц серебра

Спектры люминесценции и поглощения записывались с помощью

решеточного монохроматора МДР-3, в качестве приемника использовался ФЭУ-100. В качестве источника излучения использовался полупроводниковый лазер с линией генерации на 406 нм для спектров люминесценции и галогеновая лампа для спектров поглощения вместе с фильтрами СС2 и СЗС7.

На рисунке 2 изображены спектры поглощения и люминесценции наночастиц серебра после 30 минут абляции. В спектре люминесценции виден четкий пик с максимумом на длине волны 451 нм. Зон-зонная люминесценция у серебра начинается с 360 нм и в сторону меньших длин волн, поэтому пик люминесценции может принадлежать резонансной плазмонной люминесценции [4]. Данные спектры не позволяют определить размеры наночастиц, но позволяют сделать предположение о том, что размеры частиц в растворе будут меньше 15–20 нм [4].

Заключение

Лазерная абляция является перспективным методом получения наночастиц широкого спектра материалов. Одним из главных недостатков метода является то, что невозможно использовать данный метод в массовом производстве наночастиц, поскольку он получится слишком дорогой и энергозатратный. Важными плюсами являются: скорость производства частиц (при использовании мощного лазера – минуты) и малый разброс в распределении частиц по размерам.

Представленные спектры позволяют с уверенностью утверждать о наличии наночастиц в растворе, а также сделать предположение о том, что размер частиц меньше 15–20 нм [4].

Литература

1. Симакин, А.В. Образование наночастиц при лазерной абляции твердых тел в жидкостях / А.В. Симакин, В.В. Воронов, Г.А. Шафеев // Труды института общей физики им А.М. Прохорова. – 2004. – Т. 60. – С. 83.
2. Заведеев, Е.В. Образование наноструктур при лазерной абляции серебра в жидкостях / Е.В. Заведеев, А.В. Петровская, А.В. Симакин, Г.А. Шафеев // Квантовая электроника. – 2006. – № 10. – С. 978.
3. Baranov, A.V. / A.V. Baranov, Yu.P. Rakovich, J.F. Donegan [et al.] // Phys. Rev. B. – 2003. – Vol. 68. – P. 165306.
4. Optical Properties of Metal Nanoshells / Hao Encai, Li Shuyou, C. Ryan George, C. Schatz [et al.] // J. Phys. Chem. B. – 2004. – Vol. 108. – P.1224–1229.

Н.А. Алешкевич, В.В. Кравченко, С.В. Короткевич