

Головкина Мария Вилевна, Крылов Сергей Александрович

РАСЧЕТ СПЕКТРА ПРОПУСКАНИЯ НАНОКОМПОЗИТНОЙ СТРУКТУРЫ

В статье исследованы спектральные характеристики коллоидных растворов наночастиц золота, полученных методом лазерной абляции. Расчет спектра пропускания коллоидного раствора проводился в рамках модели эффективной среды Максвелла – Гарнета. Сравнение теоретических и экспериментальных данных позволило оценить размер наночастиц золота.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2013/4/9.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2013. № 4 (71). С. 35-36. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2013/4/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

УДК 535.341.08

Физико-математические науки

В статье исследованы спектральные характеристики коллоидных растворов наночастиц золота, полученных методом лазерной абляции. Расчет спектра пропускания коллоидного раствора проводился в рамках модели эффективной среды Максвелла – Гарнета. Сравнение теоретических и экспериментальных данных позволило оценить размер наночастиц золота.

Ключевые слова и фразы: наночастица; лазерная абляция; плазмонный резонанс; спектр пропускания; коллоид.

Головкина Мария Вилевна, к. ф.-м. н.

Крылов Сергей Александрович

*Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики
nauka77@yandex.ru; sergey-krylov-90@mail.ru*

РАСЧЕТ СПЕКТРА ПРОПУСКАНИЯ НАНОКОМПОЗИТНОЙ СТРУКТУРЫ[©]

Наноструктурированные и наноконкомпозитные системы находят все большее применение в области фотоники и оптоэлектроники [5]. Для создания композитных сред используются различные наночастицы: магнитные, оболочечные, нанотрубки, фуллерены, сферические, удлиненные частицы. Для получения каждого из вида частиц разрабатывается и используется свой метод. Необходимость управления физико-химическими свойствами каждой отдельной наночастицы приводит к детальному исследованию всей совокупности процессов образования наночастиц в каждом из методов синтеза [4].

В данной работе исследуются спектры пропускания коллоидных растворов наночастиц золота, полученных методом лазерной абляции. При использовании метода лазерной абляции мощный лазерный пучок фокусируется сквозь прозрачную для него жидкость на поверхность металлической мишени, что приводит к абляции мишени и распылению ее материала в окружающую среду.

В ходе эксперимента были получены коллоидные растворы наночастиц золота в спирте и воде. Образцы имели разный цвет: водный коллоид – розового цвета, этиловый коллоид – темно-фиолетового. Частицы были получены практически в одинаковых условиях, таких как: одинаковая частота следования лазерных импульсов, одинаковое время воздействия, одинаковая мощность и энергия импульса. Различие в цвете коллоидных растворов может наблюдаться из-за разных размеров наночастиц и указывать на влияние квантово-размерных эффектов. С другой стороны, различие в спектрах поглощения спиртового и водного раствора позволяет сделать предположение о том, что увеличение доли сферических частиц золота, полученных в результате лазерной абляции в воде по сравнению со спиртом, может объясняться фрагментацией частиц из-за передачи колебательной энергии от молекул воды частицам золота [2; 3].

Оптические и нелинейно-оптические свойства металлических наночастиц, в частности коэффициенты преломления и поглощения, существенным образом отличаются от свойств объемных металлов. Пик в спектре поглощения появляется из-за поглощения света частицами золота, которое определяется оптическими свойствами объемного металла, размером частиц и показателем преломления спирта n . Полоса поглощения в видимой области объясняется наличием плазмонного резонанса [6; 7].

Описание и интерпретация спектральных свойств наночастиц с поверхностным плазмонным резонансом проводились на основе теории Максвелла – Гарнета, рассматривающей среду с эффективной диэлектрической проницаемостью [6]. При этом рассмотрение проводилось в рамках рассеяния Ми с использованием классической модели Друде для металлических шаров, помещенных в диэлектрическую среду. Эта модель описывает диэлектрическую проницаемость коллоида через диэлектрическую проницаемость объемного металла и окружающей среды, а размер наночастиц влияет на частоту электронных столкновений в металле. В рамках данной модели для одинаковых сферических частиц с размерами, намного меньшими длины волны излучения, помещенных в среду с коэффициентом преломления n , спектр поглощения определяется выражением:

$$\alpha(\omega) = 9 \frac{f \omega \varepsilon(\omega)^2}{c} \cdot \frac{\varepsilon_m''(\omega)}{(\varepsilon_m'(\omega) + 2\varepsilon(\omega))^2 + (\varepsilon_m''(\omega))^2}, \quad (1)$$

где $\varepsilon_m(\omega)$ – комплексная диэлектрическая проницаемость объемного металла, f – объемная доля наночастиц золота, c – скорость света в вакууме.

На Рисунке 1 показаны нормированные экспериментальный (кривая 1) и теоретический, полученный по формуле (1) (кривая 2), спектры поглощения. Феноменологическими параметрами служили радиус наночастиц и показатель преломления окружающей среды. При расчете использовались спектральные зависимости действительной и мнимой части диэлектрической проницаемости объемного золота, приведенные в [1]. Проведенная оценка радиуса наночастиц золота дает значение порядка $\sim 2,5$ нм.

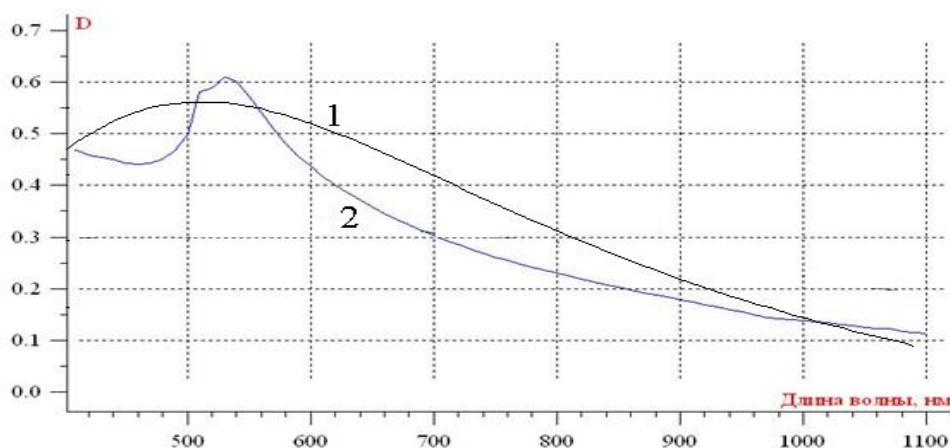


Рис. 1. Нормированные экспериментальный (кривая 2) и теоретический, полученный по формуле (1) (кривая 1), спектры поглощения

Таким образом, в ходе работы исследованы спектры поглощения коллоидных растворов наночастиц золота, полученных методом лазерной абляции в жидких средах. Проведены сравнения расчетных и экспериментальных спектров. На основе теоретического моделирования спектра поглощения проведена оценка параметров наночастиц в коллоидном растворе. Проведенные исследования спектральных характеристик коллоидов на основе наночастиц, полученных методом лазерной абляции металлов, позволяют заранее прогнозировать параметры полученных наночастиц в зависимости от характеристик применяемого лазерного излучения, что расширяет возможности получения металлических наночастиц.

Список литературы

1. Johnson P. B., Cristy R. W. Optical Constants of the Noble Metals // Physical Review B. 1972. V. 6. P. 4370-4376.
2. Kazakevich P. V., Simakin A. V., Shafeev G. A., Monteverde F., Wautelet M. Phase Diagrams of Laser-Processed Nanoparticles of Brass // Applied Surface Science. 2007. V. 253. P. 7724-7728.
3. Kazakevich P. V., Simakin A. V., Voronov V. V., Shafeev G. A. Laser Induced Synthesis of Nanoparticles in Liquids // Applied Surface Science. 2006. V. 253. P. 4373-4380.
4. Kyriacou S. V., Brownlow W. J., Xu X. H. N. Using Nanoparticle Optics Assay for Direct Observation of the Function of Antimicrobial Agents in Single Live Bacterial Cells // Biochemistry. 2004. V. 43. P. 140-147.
5. Lal S., Link S., Halas N. J. Nano-Optics from Sensing to Wave Guiding // Nature Photonics. 2007. V. 1. P. 641-648.
6. Mandal S. K., Roy R. K., Pal A. K. Surface Plasmon Resonance in Nanocrystalline Silver Particles Embedded in SiO₂ Matrix // Journal of Applied Physics D. 2002. V. 35. P. 2198-2205.
7. Scaffardi L. B., Pellegrini N., Sanctis O. de, Tocho J. O. Sizing Gold Nanoparticles by Optical Extinction Spectroscopy // Nanotechnology. 2005. Vol. 16. P. 158-163.

УДК 535.345.1

Физико-математические науки

В работе теоретически исследуется коэффициент прохождения электромагнитной волны через двумерный фотонный кристалл в виде тонкой металлической пленки с массивом периодически расположенных отверстий, полученных методом лазерной абляции. Полученные в результате теоретических расчетов высокие значения коэффициента прохождения объясняются образованием поверхностных плазмонов.

Ключевые слова и фразы: коэффициент прохождения; фотонный кристалл; поверхностный плазмон; тонкие пленки; перфорирование.

Головкина Мария Вилевна, к. ф.-м. н.

Подвигин Андрей Геннадьевич

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики

naika77@yandex.ru

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОХОЖДЕНИЯ ЧЕРЕЗ ТОНКИЕ ПЕРФОРИРОВАННЫЕ ПЛЕНКИ[©]

В последнее время все большее внимание исследователей привлекают фотонные кристаллы, которые находят все большее практическое применение в различных устройствах оптоэлектроники [5], в частности,