

УДК 539.2

Маркевич М. И.¹, Журавлева В. И.³, Анисович А. Г.², Жигулин Д.⁴

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ Ni МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ АБЛЯЦИИ В ВОДНОЙ СРЕДЕ В ДВУХИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

¹Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск, Беларусь,

²Институт прикладной физики НАН Беларуси, Минск, Беларусь

³Военная академия Республики Беларусь, Минск, Беларусь

⁴НПО «Интеграл», Минск, Беларусь

Проведено исследование морфологии наночастиц никеля, полученных в процессе абляции никелевой мишени в водной среде излучением лазера на алюмоиттриевом гранате (LS-2134D) с длиной волны 1064 нм, генерирующего в двухимпульсном режиме (импульсы разделены временным интервалом 3 мкс, длительность импульсов 10нс, частота следования импульсов 10Гц, энергия одиночного импульса ~ 0,05 Дж). Показано, что в процессе лазерной абляции формируется набор «прямоугольных» наночастиц различного размера. Исследование оптических свойств наночастиц установило наличие нелинейных эффектов в коллоидном растворе наночастиц никеля.

В последнее время интерес к наноматериалам значительно возрастает, что обусловлено существенным изменением их физических свойств по сравнению с массивными материалами. Существенные изменения физических свойств компактного материала наступают при уменьшении размеров его частиц до такого соотношения, когда отношение числа поверхностных атомов к общему числу атомов в частице приближается к значению 0,5 [1,4]. Магнитные частицы играют важную роль в развитии современной электроники и медицины. Магнитные наночастицы просматриваются для записи информации со сверхвысокой плотностью. В 1992 г. значение плотности магнитной записи в жестких дисках составляло 10 Мбит/дюйм², размер бита в плоскости магнитного носителя составляет 800·64нм². В 2001г. была достигнута плотность магнитной записи 100 Гбит/дюйм², что соответствует размеру бита 300·15 нм² и дальнейшее повышение плотности записи информации предполагает уменьшение размеров частиц [1-3]. Магнитные свойства наночастиц рассматриваются при создании квантовых компьютеров.

Кроме того, магнитные наночастицы могут быть использованы для решения ряда медицинских задач (адресная доставка лекарств). Основным преимуществом этого метода является малая токсичность лекарств на другие органы человека и возможность удерживать в конкретном месте наночастицы с лекарством при помощи магнитного поля.

Существует достаточное количество методов получения наночастиц, позволяющих весьма точно регулировать размеры частиц, их форму и строение. Особенно эффективны импульсные лазерные методы получения. Лазерные технологии привели к кардинальным изменениям в промышленности. Они основаны на уникальных свойствах лазерного излучения: когерентность, монохроматичность, малая длительность воздействия, высокие плотности энергии в импульсе, отсутствие прямого контакта между материалом и источником энергии, стерильность воздействия.

Контроль формы и размеров при синтезе магнитных структур особенно важен, поскольку они зависят от методов и режимов синтеза наноматериалов и в настоящее время активно развиваются. Несферические наночастицы представляют собой интерес для целей магнитной записи. Частицы вытянутые (в виде прямоугольников, дисков, «иголок») легче поддаются магнитному текстурированию.

Теория синтеза таких частиц не разработана, и еще нельзя считать, что форма магнитных частиц поддается воспроизводимому регулированию.

Цель работы – синтез наночастиц никеля при воздействии лазера на алюмоиттриевом гранате (LS-2134D) с длиной волны 1064 нм, генерирующего в двухимпульсном режиме, в водной среде, исследование их морфологии и оптических свойств.

Секция 4. Прикладные проблемы физики конденсированного состояния

В качестве мишени использовали поликристаллический никель (длиной 15мм, шириной 10мм, толщиной 10 мм), а в качестве среды, в которой находились мишени, применяли дистиллированную воду. Жидкость принудительно не перемешивали. Для обработки материала использован лазер на алюмоиттриевом гранате (LS-2134D) с длиной волны 1064 нм, генерирующий в двухимпульсном режиме (импульсы разделены временным интервалом 3 мкс, длительность импульсов 10нс, частота следования импульсов 10Гц, энергия одиночного импульса ~0,05Дж).

Образованная в результате испарения материала мишени под действием первого импульса абляционная плазма создает в приповерхностном слое область с повышенной температурой и пониженной плотностью частиц материала, что приводит к более полному использованию энергии второго импульса для лазерной абляции. Образцы Ni обрабатывали лазерным излучением с вложенной энергией 1200 Дж при времени экспозиции 20 мин.

Исследования образцов проводились на растровом электронном микроскопе S-4800 (фирма «НИТАСНИ», Япония), исследования оптических свойств проводилось на спектрофотометре «Cary 500» (Varian, США).

На рисунке 1 приведены микрофотографии наночастиц никеля, полученных с помощью СЭМ при различных увеличениях.

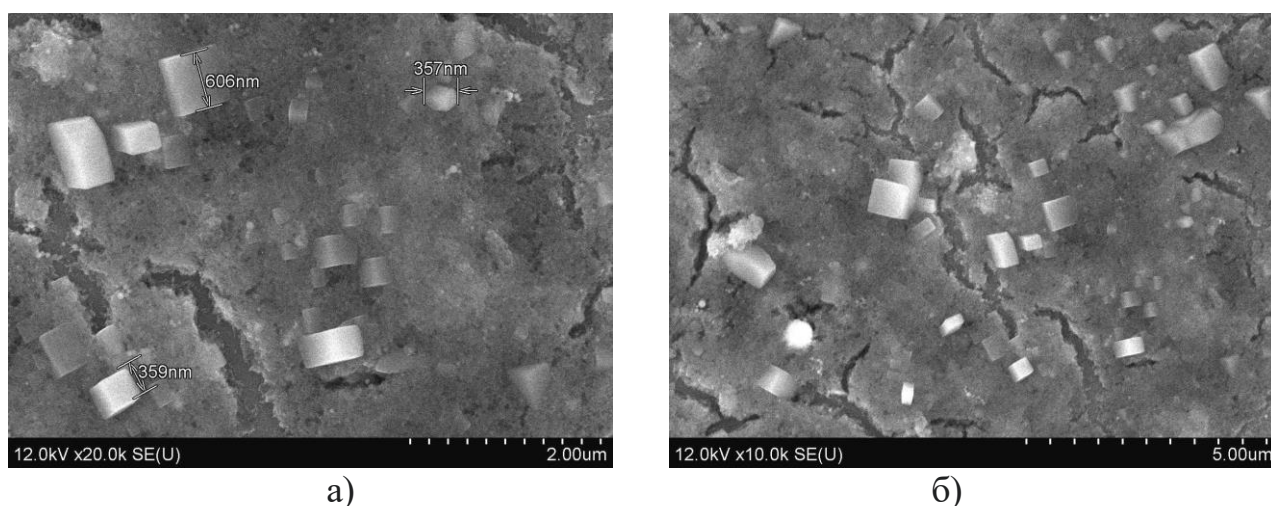


Рисунок 1 – Морфология поверхности наночастиц никеля: время воздействия 20 мин., вложенная энергия 1200 Дж.

На рисунке 1 наблюдаются наночастицы анизотропной формы (несферической). Частицы имеют прямоугольную форму и форму в виде дисков.

Размер некоторой части частиц составляет в примерно 350 нм по ширине и высоте и до 600 нм в длину. Кроме того, наблюдаются и более мелкие наночастицы размером от 20 до 100 нм.

При облучении импульсным мощным лазерным излучением мишени, находящейся в жидкости, в результате нагрева жидкости, окружающей мишень, образуется область перегретого пара и атомов испаренной мишени, образуется кавитационный пузырь, который адиабатически расширяется, схлопывается, образуя твердые наночастицы из материала мишени.

Спектр поглощения наночастиц определяется размерным эффектом – когерентным возбуждением плазменных колебаний электронного газа под действием падающего светового излучения. В силу малых ограниченных размеров частиц такие колебания приводят к возбуждению плазмонов.

Поглощение света наночастицами никеля в зависимости от длины волны приведены на рисунке 2.

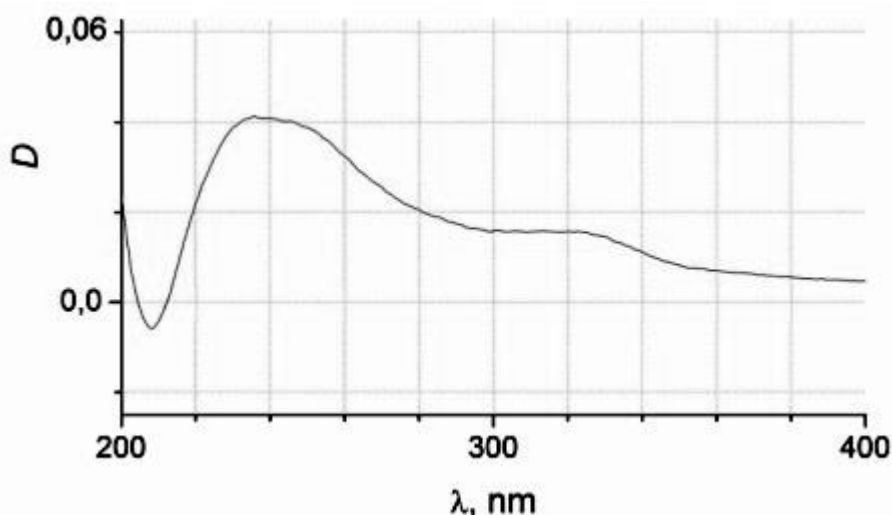


Рисунок 2 – Спектр поглощения света наночастицами никеля

На рисунке 2 наблюдается пик поглощения полученными наночастицами никеля. Резонанс для данной системы наночастиц наступает на длине волны примерно 250 нм. Это явление (полоса поглощения) обусловлено превалированием наночастиц размером примерно до 50 нм.

Проведено исследование морфологии наночастиц никеля, полученных в процессе абляции никелевой мишени в водной среде излучением лазера на алюмоиттриевом гранате (LS-2134D) с длиной волны 1064 нм, генерирующего в двухимпульсном режиме (импульсы разделены временным интервалом 3 мкс, длительность импульсов 10 нс, частота следования импульсов 10 Гц, энергия одиночного импульса ~ 0,05 Дж). Показано, что в процессе лазерной абляции формируется набор прямоугольных наночастиц различного размера, время обработки составляло 20 минут, а вложенная энергия 1200 Дж.

Исследование оптических свойств системы установило наличие нелинейных эффектов в коллоидном растворе наночастиц никеля.

Продемонстрирована возможность контроля процесса абляции и синтеза наночастиц никеля, достигнута эффективная генерация наночастиц для использования в магнитных структурах.

Список литературы

1. Губин, С. П. Магнитные наночастицы: методы получения, строение и свойства / С. П. Губин, Ю. А. Кокшаров, Г. Б. Хомутов, Г. Ю. Юрков // Успехи химии. - 2005.-Т.74.-№6.- С.539-575.
2. Юрков, Г. Ю. Электрофизические и магнитные свойства наноматериалов, содержащих наночастицы железа или кобальта / Г. Ю. Юрков, А. С. Фионов, Ю. А. Кокшаров, В. В. Колесов, С. П. Губин // Неорганические материалы.- 2007.- т.43.- №8.- С. 936-947.
3. Губин, С. П. Получение, строение и свойства магнитных материалов на основе кобальтсодержащих наночастиц / С. П. Губин, Ю. А. Кокшаров // Неорганические материалы. - 2002.-Т. 38.- №11.-С. 12-87.
4. Анисович, А. Г. Диагностика наночастиц, полученных методом лазерной абляции / А. Г. Анисович, М. И. Маркевич, В. И. Журавлева, Д. Ж. Асанов, А. Б. Камалов // Неразрушающий контроль и диагностика. -2022.-№1.-С. 12-16.