

таэдров MnO_6 ввиду малого значения частоты фононов и ее зависимости от степени деформации октаэдров.

На основании проведенного анализа нами были сделаны выводы о том, что в изучаемых пленках $\text{La}_{0.67}\text{Ca}_{0.33}\text{MnO}_3$, находящихся при низких температурах ($T < T_C$) в ферромагнитном металлическом состоянии, основными механизмами рассеяния носителей заряда являются рассеяние поляронов на мягкой оптической фононной моде и двухмагнонное рассеяние. Значения частоты фононной моды, полученные из расчетных кривых, соответствуют значениям, характерным для данной моды. Изменение частоты мягкой фононной моды, а также вкладов рассмотренных механизмов рассеяния при приложении магнитного поля находится в соответствии с теоретическими представлениями, что является подтверждением корректности проведенного анализа.

Литература

1. Zener C. // Phys. Rev. 1951. Vol. 82. P. 403 .
2. De Gennes P.-G. // Phys. Rev. 1960. Vol. 118. P. 141 .
3. Jakob G., Westerburg W., Martin F. et al. // Phys. Rev. B. 1998. Vol. 58. P. 14966 .
4. Urushibara A., Moritomo Y., Arima T. et al. // Phys. Rev. B. 1995. Vol. 67. P. 14103 .
5. Zhao G., Smolyaninova V, Prellier W. et al. // Phys. Rev. Lett. 2000. Vol.84. P. 6086 .
6. Jamie M., Lin P., Salamon M. B. et al. // Phys Rev. B. 1998. Vol. 58, R.R5901 .

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭРОЗИИ В ЖИДКОСТИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ

О. А. Иванова

В последние годы наблюдается повышенное внимание к наночастицам, что обусловлено большими возможностями их применения. Наноразмерные частицы (например, Ni, Fe, W, Cu) обладают специфическими химическими, электрофизическими, оптическими, магнитными и другими свойствами, качественно отличаясь от соответствующих систем, состоящих из более крупных частиц. В настоящее время проводятся многочисленные исследования, направленные на получение и установление физико-химических характеристик наночастиц. Особое внимание уделяется методам получения больших количеств образцов наночастиц контролируемого размера, структуры и состава, поскольку от этого зависят свойства наноматериалов.

В данной работе для получения наночастиц использовался электрический искровой разряд в дистиллированной воде и химически чистом этаноле. В качестве материала электродов использовались вольфрам (W) и

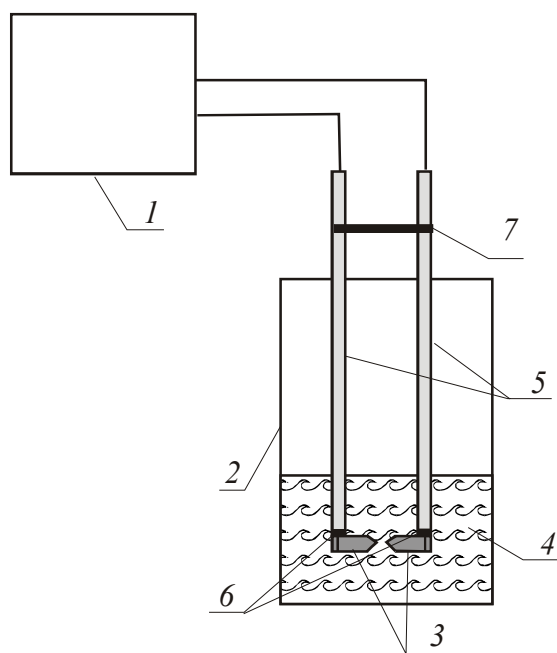


Рис. 1. Схема установки:

- 1 – генератор ДГ-1; 2 – стеклянный сосуд; 3 – электроды;
 4 – жидкость (дистиллированная вода или этанол);
 5 – прижимные винты с держателями электродов;
 6 – металлические стойки; 7 – изолятор

углерод (С). Выбор материала обусловлен тем, что карбид вольфрама (WC) – тугоплавкий, износостойкий, сверхпрочный материал. Его трудно получать, особенно порошки, состоящие из наночастиц. А спектр его применений очень широк. В частности карбид вольфрама применяют для покрытия режущих кромок, в качестве катализатора химических реакций и т.д.

Для проведения эксперимента по получению наночастиц методом электрической эрозии в жидкости использовалась установка, блок-схема которой представлена на рис. 1.

Для получения электрического разряда в жидкости использовался генератор дуги переменного тока ДГ-1. Он рассчитан на работу от сети переменного тока с частотой 50 Гц и напряжением 220 В. Средний ток, протекающий через газоразрядный промежуток, составлял 4А. Длительность импульса составляла 2 мс с частотой повторения 100 Гц. Поддержание электропроводности разрядного промежутка осуществлялось высокочастотной искрой.

В качестве материала электродов в данной работе были выбраны вольфрам (W) и углерод (С). Используемые электроды имели цилиндрическую форму диаметром 6 мм и длиной 15 мм. Пара электродов (Рис. 1, 3) подсоединялась при помощи прижимных винтов и держателей (6) к вертикальным металлическим стойкам (5), которые, в свою очередь, подключались к полюсам генератора ДГ-1 (1). Электроды закреплялись таким образом, чтобы между ними оставался зазор примерно 0,3 мм. Затем они помещались в сосуд с жидкостью и полностью погружались в нее. При включении генератора ДГ-1 в режиме «Искра» в промежутке между электродами возникала искра.

Поскольку с практической точки зрения особый интерес представляет получение сверхтвердых наночастиц карбида вольфрама, то для проведения более детальных исследований с применением рентгеноструктурного анализа и электронной микроскопии был выбран образец, получен-

ный при генерации разряда между графитовым и вольфрамовым электродами, погруженными в этанол. Длительность разряда в этаноле для анализа на электронном микроскопе составила 3 минуты. Для рентгеноструктурного анализа необходимо было большее количество вещества, поэтому для данных исследований было увеличено время экспозиции до 15 минут (5 мин непрерывной работы генератора и 15 мин – пауза во избежание сильного перегрева жидкости).

После окончания эксперимента на дне сосуда наблюдались крупные частицы, а более мелкие представляли собой коллоидный раствор.

Исследование характеристик получаемых наночастиц проводилось рентгеноструктурным методом, а также методом электронной микроскопии.

Для исследования фазового состава наночастиц использовался метод рентгенофазового анализа. Данный метод позволяет идентифицировать различные фазы в смеси кристаллических веществ на основе создаваемой ими дифракционной картины. Рентгеноструктурные исследования выполнялись на дифрактометре D8-Advance (по излучению $\text{Cu-K}\alpha$). Для определения параметров решетки использовалось программное обеспечение Diffra Plus “TOPAS”.

По данным рентгеноструктурного анализа порошок содержит WC_{1-x} кубической структуры с периодом решетки $a = 4,2345 \text{ \AA}$ (гранецентрированная ячейка), W_2C гексагональной структуры с периодами решетки $a = 5,1026 \text{ \AA}$, $c = 4,8168 \text{ \AA}$ (примитивная ячейка), $\beta\text{-W}$ кубической структуры с периодом решетки $a = 5,0500 \text{ \AA}$ (примитивная ячейка). Также были обнаружены линии, принадлежащие графиту гексагональной структуры с периодами решетки $a = 2,4612 \text{ \AA}$, $c = 6,7798 \text{ \AA}$.

Для определения размеров полученных частиц использовался просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ) Hitachi 800. Оказалось, что средний размер полученных наночастиц составил 5 нм. Однако, как показали исследования, через сутки частицы коагулируют до размеров 50 – 200 нм. Таким образом, для получения наночастиц малых размеров предложенным методом необходимо введение поверхностно активных веществ.

В результате исследований была показана возможность получения наночастиц WC , W и C со средним размером порядка 5 нм методом электрического искрового разряда в жидкости. Обнаружено, что через сутки частицы коагулируют и образуют наночастицы большего размера (50 – 200 нм.). Рентгеноструктурный анализ показал, что данный метод позволяет синтезировать наночастицы WC_{1-x} кубической структуры, W_2C гексагональной структуры, $\beta\text{-W}$ кубической структуры, а также графита гексагональной структуры.