

УДК 544.032

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОРАЗМЕРНОЙ ПЛЕНКИ ГАЛЛИЯ

<sup>1</sup>М.И. Русанова ст. 4 курса гр. ХНб-151,

<sup>1</sup>В.Э. Суровая, к.х.н., <sup>2</sup>С.В. Бин, к.х.н.

<sup>1</sup>Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева

<sup>2</sup>Кемеровский государственный университет

г. Кемерово

В сфере интересов, получивших интенсивное развитие в последние 20 – 25 лет и находящихся на стыке физике, химии, материаловедения, механики, биологии, электронной и компьютерной техники лежат малоразмерные объекты.

При наноструктурировании материалы могут получать новые свойства и необычные характеристики.

К настоящему времени широко известно, что высокий уровень свойств наноматериалов основывается на большом количестве поверхностей раздела, остаточных напряжений, дефектов, пограничных сегрегаций и неравновесных фаз. Однако те же самые факторы приводят к появлению избытка свободной энергии. Вполне очевидно, что при термических, деформационных и коррозионных воздействиях могут инициироваться рекристаллизационные, сегрегационные и релаксационные процессы: фазовые переходы, распад и образование фаз, спекание [1].

Оценка стабильности наноструктур в различных экстремальных условиях очень актуальна.

Интенсивное развитие и создание наноразмерных (с низкой мерностью) объектов величиной приблизительно от долей нанометра до 100 нм. Отсюда и пошли названия нанонаука, наноинженерия, наноэлектроника и нанотехнология. К объектам нанотехнологии относятся как индивидуальные частицы, пленки, стержни, трубки, так и консолидированные наноструктурные и нанопористые материалы и наноустройства. Верхний предел указанного выше интервала размеров чисто условен, а нижний определяется размерами атомов и молекул.

В однодоменных ферромагнитных частицах при определенных размерах наблюдается переход в суперпарамагнитное состояние, когда термические флуктуации превышают порог перемагничивания, задаваемый магнитной анизотропией [2].

За последние годы в данной области физики твердого тела произошли изменения, которые без преувеличения можно назвать революционными. Открытия связаны в первую очередь с разработкой методов получения нанокристаллических магнитных материалов, в которых, например, наночастицы 3d-металлов внедрены в различные «жесткие» матрицы.

Свойствами таких материалов можно управлять через вариации размера и концентрации магнитных частиц. В модификации магнитных свойств значительную роль играют также эффекты магнитного взаимодействия между частицами.

Для получения наночастиц органических веществ используются, естественно методы органического синтеза, а для получения неорганических наночастиц — методы неорганического синтеза.

Методы рентгенофлуоресцентной спектроскопии, масс-спектрометрии, электронно-оптические методы используются для изучения нанообъектов. Указанные методы позволяют не только изучать наночастицы, но и манипулировать ими с целью создания различных наноматериалов и наноразмерных (молекулярных) устройств. К эффективным современным методам можно отнести метод зондовой микроскопии. Применение в этом методе новейших атомно-силовых микроскопов дает возможность достигать субнанометрового разрешения (порядка 10 нм) [3].

Ga и Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> обладают положительными свойствами, и применяются практически во всех областях науки, техники, промышленности [4].

С помощью ВУП-5М были изготовлены нанопленки Ga (d=5–65 нм) [5–8]. Толщины объектов определяли спектрофотометрическим методом (спектрофотометр «Shimadzu UV-1700») и методом кварцевого микровзвешивания. Нанопленки подвергали термическому воздействию в муфельной печи «МИМП-3П», размещая их на предварительно нагретую до 773К фарфоровую подставку. Эффекты процесса окисления нанопленок Ga проводили на спектрофотометре «Shimadzu UV-1700».

В результате проведенных исследований было установлено, что оптические свойства нанопленки Ga до, в процессе и после окисления при 773К зависят от времени и толщины объектов.

На рисунке 1 приведена зависимость оптической плотности нанопленки Ga от длины волны в процессе окисления при T=773К.

Установлено, что в процессе окисления уменьшается оптическая плотность объектов в интервале  $\lambda = 190...1100$  нм и образуется спектр поглощения нового вещества. Длинноволновой порог поглощения, находится при  $\lambda \approx 257-263$  нм, оптическая ширина запрещенной зоны составляет  $E \approx 4,7-4,8$  эВ. Данное значение совпадает с шириной запрещенной зоны Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [8–10]. Очевидно, что в процессе окисления, в атмосферных условиях при 773К, нанопленок галлия образуется оксид галлия (III).

Степень термического превращения нанопленок Ga можно рассчитать по формуле:

$$\alpha = (A_{Ga} - A_{обр.}) / (A_{Ga} - A_{Ga_2O_3})$$

где  $A_{Ga}$ ,  $A_{Ga_2O_3}$  – величина оптической плотности нанопленок Ga и Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при  $\lambda = 720$  нм;  $A_{обр.}$  – оптическая плотность нанопленки Ga.

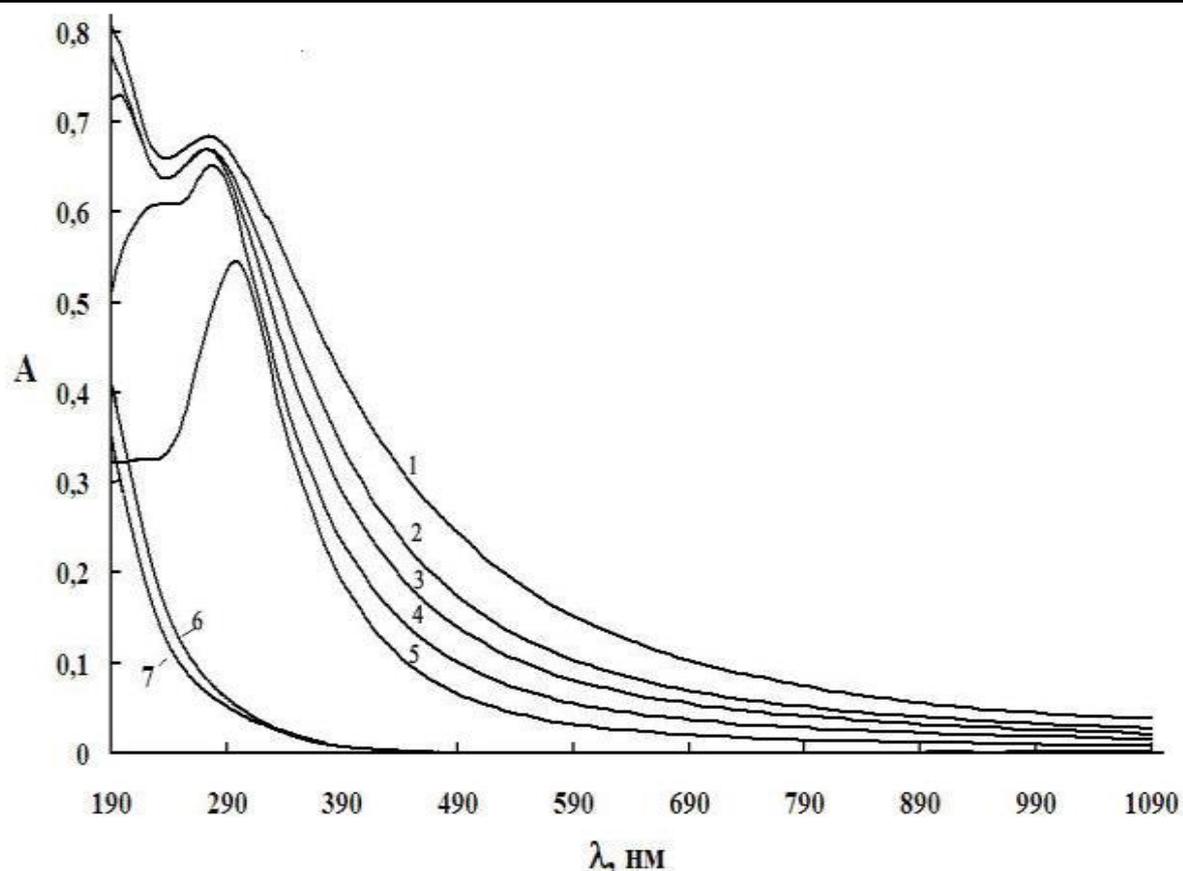


Рис. 1. Зависимость оптической плотности от длины волны нанопленки Ga ( $d=7\text{nm}$ ) до и после термообработки  $T=773\text{ K}$ : 2 – 0,5; 3 – 1; 4 – 2; 5 – 5; 6 – 10; 7 – 30 минут

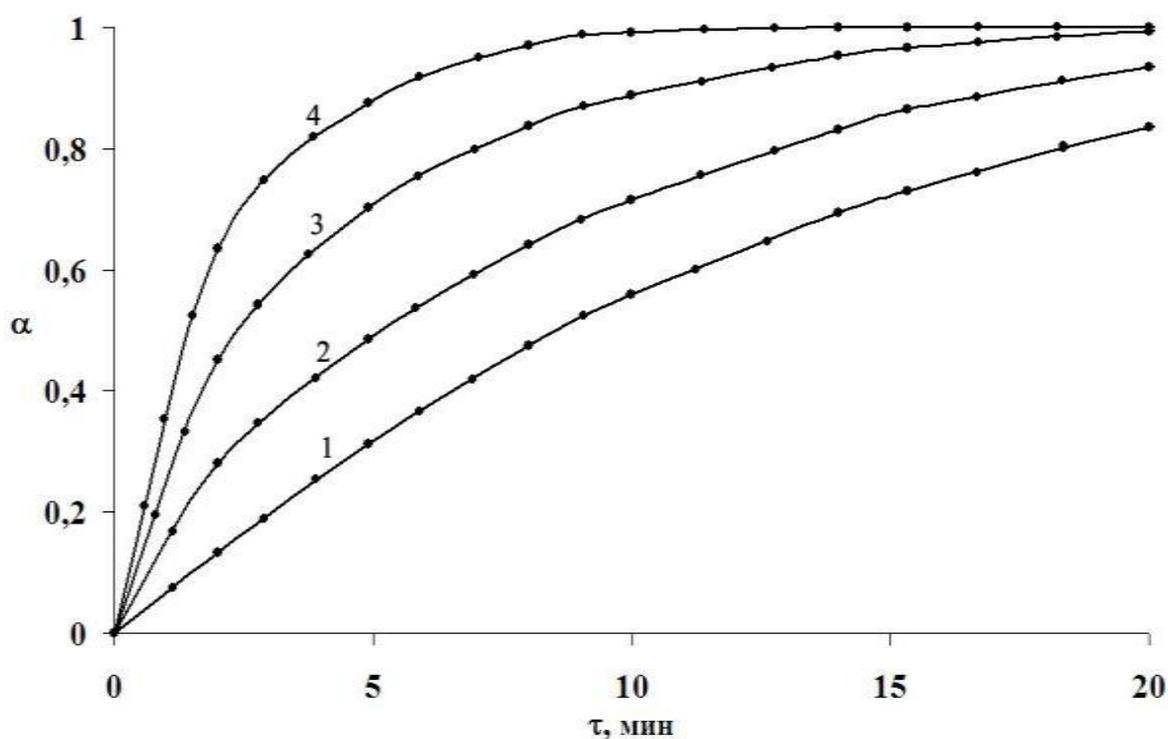


Рис. 2. Зависимость степени термического превращения от толщины нанопленок Ga: 1 – 23 нм, 2 – 20 нм, 3 – 15 нм, 4 – 10 нм.

Из рисунка видно, что степень превращения нанопленок Ga увеличивается с уменьшением толщины объектов.

#### Список литературы:

1. Андриевский Р.А. Наноматериалы на металлической основе в экстремальных условиях. – М.: Лаборатория знаний, 2016. – 102 с.
2. Наноструктурные материалы / Под. ред. Р. Ханнинка, А. Хилла. – М.: Техносфера, 2009. – 488 с.
3. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий. – М.: БИНОМ, 2011. – 431 с.
4. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И. Гусев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 414 с.
5. Суровой Э.П., Бугерко Л.Н., Суровая В.Э., Бин С.В. Кинетические закономерности термических превращений в наноразмерных пленках свинца // Журнал физической химии, 2015. Т. 89. № 1. – С. 85.
6. Суровой Э.П., Бугерко Л.Н., Суровая В.Э., Бин С.В. Кинетические закономерности термических превращений в наноразмерных пленках висмута // Журнал физической химии, 2012. Т. 86, № 4. – С. 702.
7. Суровой Э.П., Бугерко Л.Н., Суровая В.Э. Кинетические закономерности взаимодействия наноразмерных пленок висмута с аммиаком // Журнал физической химии, 2013. Т. 87. № 6. – С. 1020.
8. Суровой Э. П. Закономерности формирования наноразмерных систем галлий-оксид галлия / Э. П. Суровой, А. А. Сухорукова, С. В. Бин // Неорганические материалы. – 2014. – Т. 50, № 12. – С. 1287–1292.
9. Золотарев В. М. Оптические постоянные природных и технических сред. Справочник / В. М. Золотарев, В. Н. Морозов, Е. В. Смирнова. – Л.: Химия, 1984. – 216 с.
10. Лазарев В.Б. Химические и физические свойства простых оксидов металлов / В. Б. Лазарев, В. В. Соболев, И. С. Шаплыгин. – М.: Наука, 1983. – 239 с.