

УДК 69

DOI 10.21661/r-118557

В.В. Жижин, С.В. Колпаков

**ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ПРИБОРОВ СПИНТРОНИКИ**

Аннотация: в представленной работе проведены исследования материалов спинtronики. Как отмечают авторы статьи, экстракционно-пиролитическим методом получены тройные оксиды в системе $La-Sr-MnO$ и исследованы магнитные свойства полученных пленок.

Ключевые слова: материалы спинtronики, магнитные свойства, тройные оксиды.

V.V. Zhizhin, S.V. Kolpakov

**OBTAINING AND RESEARCH OF MATERIALS
FOR SPINTRONIC DEVICES**

Abstract: the article presents the research of spintronic devices. According to the authors, using extraction and pyrolytic method it was possible to obtain tertiary oxide in $La-Sr-MnO$ system and to research magnetic behavior of obtained film.

Keywords: spintronic devices, magnetic behavior, tertiary oxide.

Магнитоэлектроника и приборы на основе эффекта гигантского магнитосопротивления (ГМС), туннельные устройства, полупроводниковые гетероструктуры для инъекции спинов, их транспорт и детектирование, импульсный ферромагнетизм являются предметом нового направления электроники, а именно спинtronики.

Термин спинtronика (spintronics – англ.) появился впервые в 1998 г. в совместном пресс релизе лабораторий Белла и Йельского университета, в котором была сформулирована задача создания устройств, сохраняющих информацию в атомах вещества, где биты, кодировались бы электронными спинами. В агентстве перспективных исследований министерства обороны США спинтрано-

нику определяют как спинтранспортную электронику. Согласно другим определениям спинtronика – это наука, для которой принципиальное значение имеет взаимосогласованное поведение заряда и спина электрона; «это электроника на электронных спинах, в которой не заряд электрона, а его спин является передатчиком информации, что формирует предпосылки для создания нового поколения приборов, объединяющих стандартную микроэлектронику и «спин зависимые эффекты»; «это наука об управлении электрическим током в полупроводниках и гетероструктурах за счет изменения ориентации электронных и ядерных спинов в магнитных и электрических полях»; «это новая ветвь микроэлектроники, где спин и заряд электрона представляют собой активный элемент для хранения и передачи информации, интегральных и функциональных микросхем, многофункциональных магнитооптоэлектронных устройств».

Существует много приборов, основанных на магнитных материалах. В основном это устройства магнитной памяти. Магнитные материалы в других областях микроэлектроники не получили широкого распространения т.к. обычная электроника работает со статистическим ансамблем электронов, а следовательно работают законы статистики и классической физики.

В приборах спинtronики применяются материалы с гигантским магниторезистивным эффектом. Магниторезистивный эффект в тонкопленочных структурах заключается в том, что сопротивление магнитных пленок в магнитном поле зависит от относительной ориентации магнитных моментов в соседних ферромагнитных пленках, разделенных немагнитной прослойкой. Количественно эффект определяется выражением:

$$\delta = \frac{\rho(H) - \rho(0)}{\rho(H)}, \quad (1)$$

где $\rho(0)$ – электросопротивление при отсутствии поля;

$\rho(H)$ – электросопротивление в поле H .

Эффект ГМР достигает десятки процентов при комнатной температуре и наблюдается в:

– многослойных структурах, содержащих нанослои из ферромагнитных материалов и их сплавов *Fe, Ni, Co*, чередующихся с нанослоями из благородных металлов *Cu, Ar, Au*;

- гранулированных пленках, изготовленных из несмешивающихся магнитных и немагнитных полупроводников;
- многослойных спин-вентильных (два тонких магнитных слоя, разделенных тонким (25А-30Е) слоем Cu) и спин-туннельных структурах (два тонких ферромагнитных металлических слоя, разделенных тонким диэлектрическим слоем);
- магнитных сэндвичах – спин-вентильные структуры без пиннингового слоя.

Кроме гигантского магнитосопротивления ГМР материалы характеризуются еще двумя параметрами, важными для практического использования: полем насыщения (магнитное поле, при котором магнитосопротивление достигает максимального значения) и чувствительностью (изменение сопротивления в полях, меньших поля насыщения).

Лантан-марганцевые оксиды типа LaSrMnO, обнаружающие эффект гигантского магнетосопротивления привлекают внимание исследователей разнообразием свойств и перспективами практического применения. Рассматриваемые сложные оксиды могут вести себя, как диэлектрическая среда с металлическими каплями, так и напротив, как металлическая среда с диэлектрическими включениями. Аналогично с позиций магнетизма эти материалы представляют собой двухфазную магнитную систему с преобладанием ферро- или антиферромагнитного взаимодействия. Природа легкой реакции мanganитов на внешнее воздействие (магнитное и электрическое поле, температуру) обусловлена суперпозицией разномасштабных элементов структуры: кристаллической основной матричной структуры с дальним порядком (парамагнетик с диэлектрическими свойствами при температурах выше температуры Кюри T_c) и мезоскопической кластеризованной структуры с нано размерным порядком в расположении атомов (с ферромагнитными свойствами и металлической проводимостью)

С использованием экстракционно-пиролитического метода была получена пленка мanganита, осажденного на подложку из плавленого кварца и прошедшая

отжиг при температуре от 700 до 800 °С. Структурные и магнитные исследования были проведены в зависимости от концентрации раствора и температуры отжига.

На рисунке 1 представлена микрофотография поверхности поликристаллической пленки манганита, ранее полученной пиролитической экстракцией из раствора с 4% концентрацией. При внесении пленки, после отжига в течение 10 мин при температуре 730 °С, в печь образуется кратерная структура. Диаметр углублений 180–200 нм, размер зерна пленки при этом 30 нм. Отжиг в течение 1 часа при этой температуре приводит к увеличению размера зерна от 30 до 180 нм. Диаметр углублений при этом не изменяется.

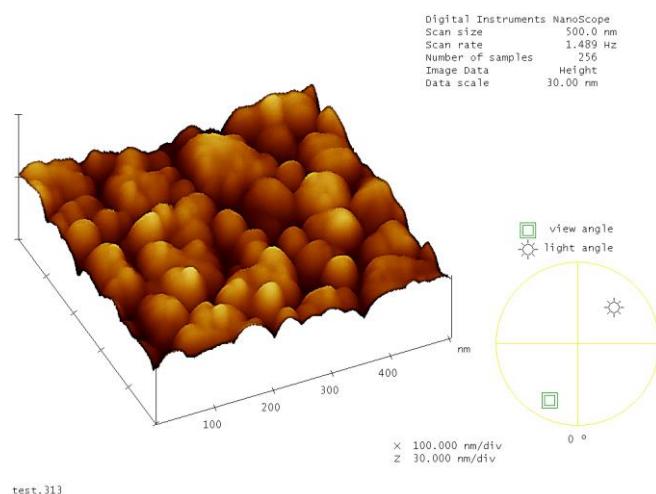


Рис. 1. Пленка $\text{La}_{0.85}\text{Sr}_{0.15}\text{MnO}_3$ 30 слоев на кварце, пиролиз 450 °С, отжиг 750 °С в течении 1 часа. Пленка состоит из зерен одинаковой формы размером 30–50 нм. Шероховатость около 3 нм

Проведенные рентгеноструктурные исследования показали следующее. Пленки, полученные на стадии пиролиза и не подверженные последующему отжигу, имели аморфную кристаллическую структуру. Последующий отжиг при температурах 730, 750 °С приводит к образованию поликристаллического однофазного перовскита, для обеих концентраций раствора. Дифрактограмма пленки $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ после отжига при температуре 730 °С показана на рисунке 2.

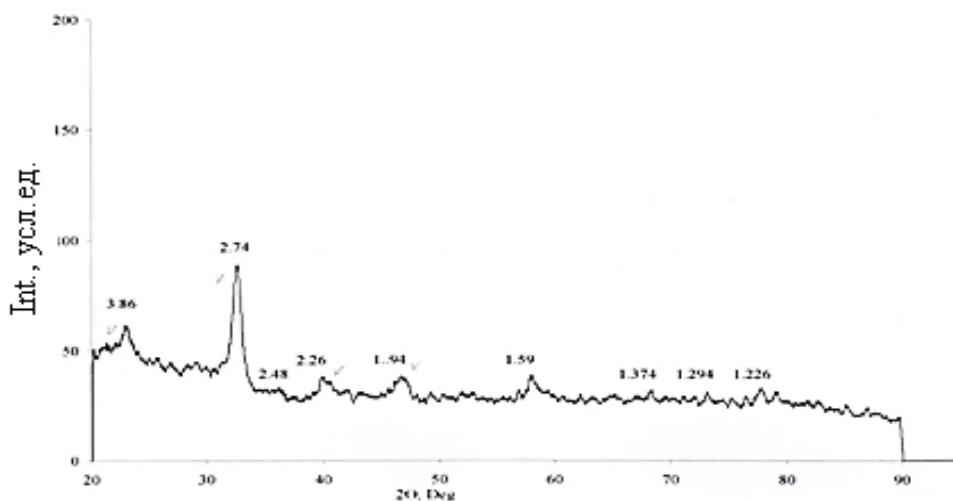


Рис. 2. Рентгенограммы пленки $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ ($t_{\text{отжига}} = 1120$ К, время – 2 часа)

Полученная рентгенограмма соответствует эталонной для мanganитов лантана, т.е. последующий отжиг при температуре выше 1000 К приводит к образованию поликристаллического однофазного перовскита.

Магнитные исследования проведены с использованием комплекса для магнитных исследований MPMS в магнитном поле до 50 кЭ и в интервале температур 1.9 – 300 К.

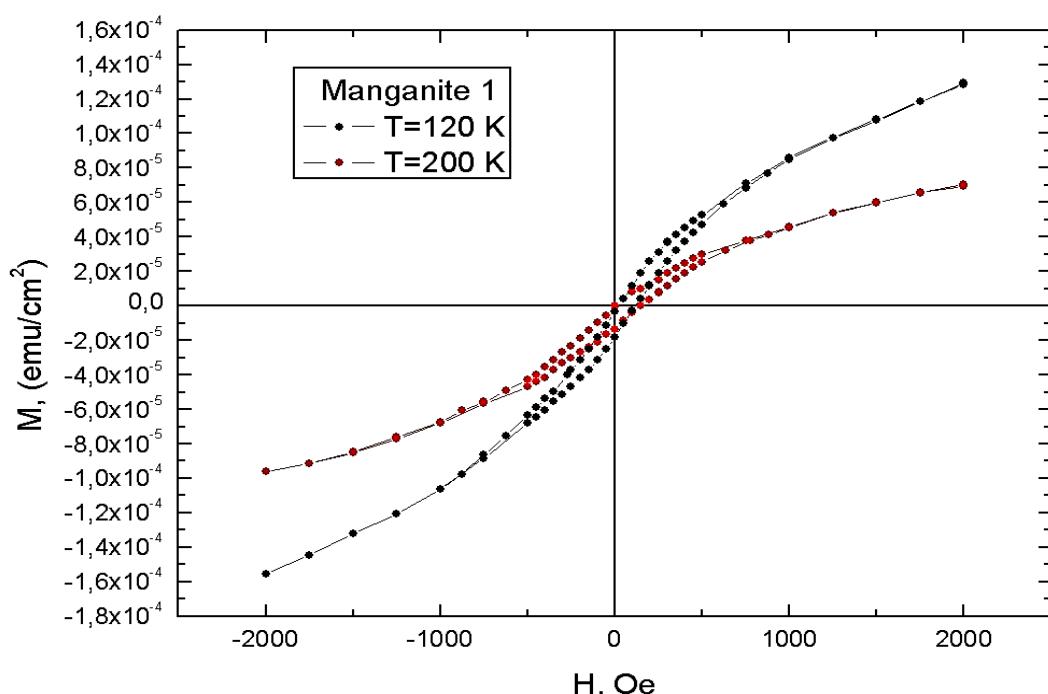


Рис 3. Зависимость магнитного момента единицы площади пленки $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ от величины магнитного поля при температурах 120 К 200 К

Вид кривых свидетельствует о существовании ферромагнитной фазы при температурах 120 и 200К. При этом, как видно, насыщение не достигается в полях до 2000 Э.

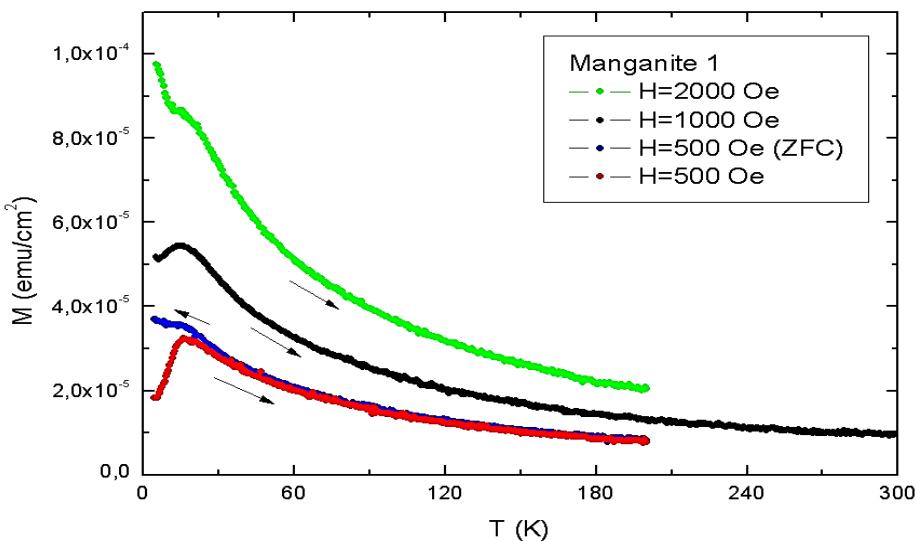


Рис. 4. Температурная зависимость магнитного момента (ед.площади) пленки $\text{La}_{0.6}\text{Sr}_{0.4}\text{MnO}_3$ от температуры для пленки

Кривые температурных зависимостей на рисунке 4 получены при различных условиях охлаждения и разных по величине магнитных полях. Наблюдаемая температурная зависимость может рассматриваться как суперпозиция ферромагнитной и антиферромагнитной фаз. Это часто наблюдается в разбавленных манганитах, что может быть связано с химическим разделением.

Список литературы

1. Кржижановский Р.Е. Теплофизические свойства неметаллических материалов / Р.Е. Кржижановский, З.Ю. Штерн. – Л.: Энергия, 1973. – 333 с.
2. Самойленко З.А. ЖТФ / З.А. Самойленко, В.Д. Окунев, Е.И. Пущенко [и д.]. – 2004. – Т. 74. – Вып. 4. – С. 58–65.
3. Преображенский А.А. Теория магнетизма, магнитные материалы и элементы. – М.: Высшая школа, 1972.
4. Рудская А.Г. ФТТ / А.Г. Рудская, Н.Б. Кофанова, Л.Е. Пустовая, Б.С. Кульбужев, М.Ф. Куприянов. – 2004. – Т. 46. – Вып 10. – С. 1856–1860.

5. Ефимов Н.Н. Спинtronика – новое направление в электронике / Н.Н. Ефимов, Л.А. Битюцкая [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pandia.ru/text/78/409/84623.php> (дата обращения: 27.02.2017).

Жижин Владимир Вячеславович – студент ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Россия, Красноярск.

ZHizhin Vladimir Vyacheslavovich – student of FSAEI of HE “Siberian Federal University”, Russia, Krasnoyarsk.

Колпаков Семён Владимирович – студент ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Россия, Красноярск.

Kolpakov Semyon Vladimirovich – student of FSAEI of HE “Siberian Federal University”, Russia, Krasnoyarsk.
