

**СИНТЕЗ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Павловский Н.С.,

**научные руководители канд. физ.-мат. наук Дубровский А.А., канд. физ.-
мат. наук Шайхутдинов К.А.**

Сибирский федеральный университет

В настоящее время для получения качественных монокристаллов в большинстве случаев используется два метода: метод раствора-расплава и метод бестигельной зонной плавки. Особенностью метода раствора-расплава является понижение температуры роста кристалла за счёт присутствия растворителя. Растворителями могут быть вода, многокомпонентные водные и неводные растворы, расплавы каких-либо химических соединений. Так как рост кристаллов осуществляется при температурах ниже температуры плавления, в выращенных такими методами кристаллах отсутствуют дефекты, характерные для кристаллов, выращенных методом Чохральского. К недостаткам можно отнести загрязнения монокристаллического образца элементами растворителя. К тому же при достижении высоких температур 1500-1700 °С начинает плавиться тигель, что тоже является недостатком данного метода.

Бестигельная зонная плавка - метод получения кристаллов из малого объёма расплава, формально не использующий тигля или иного контейнера. Одна из наиболее перспективных модификаций бестигельной зоной плавки – метод оптической зонной плавки. Суть метода оптической зонной плавки заключается в следующем: два стержня из поликристалла, состав которого соответствует составу выращиваемого соединения, закрепляются внутри трубы из оптического кварцевого стекла таким образом, что один стержень располагается прямо под другим. Вокруг стержней устанавливаются зеркала сферической формы для фокусировки луча на нижнем конце верхнего стержня. При его последующем плавлении образуется капля жидкости, которая удерживается между верхним и нижним стержнями силами поверхностного натяжения. Стержни одновременно вращаются в разные стороны для лучшего перемешивания капли расплава, а также для поддержания её температурной однородности. Луч, локально нагревающий верхний стержень постепенно поднимается выше, плавя его. При этом полученный ранее расплав постепенно кристаллизуется на нижнем стержне. Если использовать для изготовления стержней реактивы особой чистоты (ОСЧ), то при отсутствии неконтролируемых примесей возможно вырастить идеальный монокристалл.

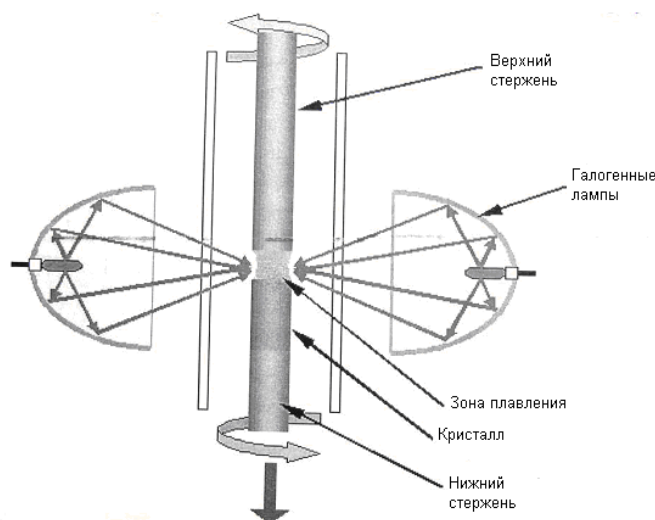


Рис.1.Метод оптической зонной плавки.

Используя четырехзеркальную печь оптической зонной плавки FZ – 4000-Н (Crystal system corporation, Japan), работающей в лаборатории СМП ИФ СО РАН, были синтезированы монокристаллические образцы следующих соединений: $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$, $\text{La}_{0.75}\text{Ca}_{0.25}\text{MnO}_3$, MnGeO_3 , $(\text{La}_{1-x}\text{Nd}_x)_{1.4}\text{Sr}_{1.6}\text{Mn}_2\text{O}_7$, $\text{Sr}_3\text{Fe}_2\text{O}_7$, а так же ряд других оксидных материалов. Особый интерес в данной работе представляет соединение $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ и серия $(\text{La}_{1-x}\text{Nd}_x)_{1.4}\text{Sr}_{1.6}\text{Mn}_2\text{O}_7$ с концентрациями $x=0, 0.1, 0.3, 0.5$, поскольку в них проявляется эффект колоссального магнитосопротивления.

Были получены микрофотографии данных образцов с помощью электронного микроскопа Hitachi 5500 (Центр коллективного пользования КНЦ СО РАН), подтверждающие их монокристаллическую структуру. Также проведен элементный анализ рентгено-флуоресцентным методом, подтвердивший состав образца $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$.

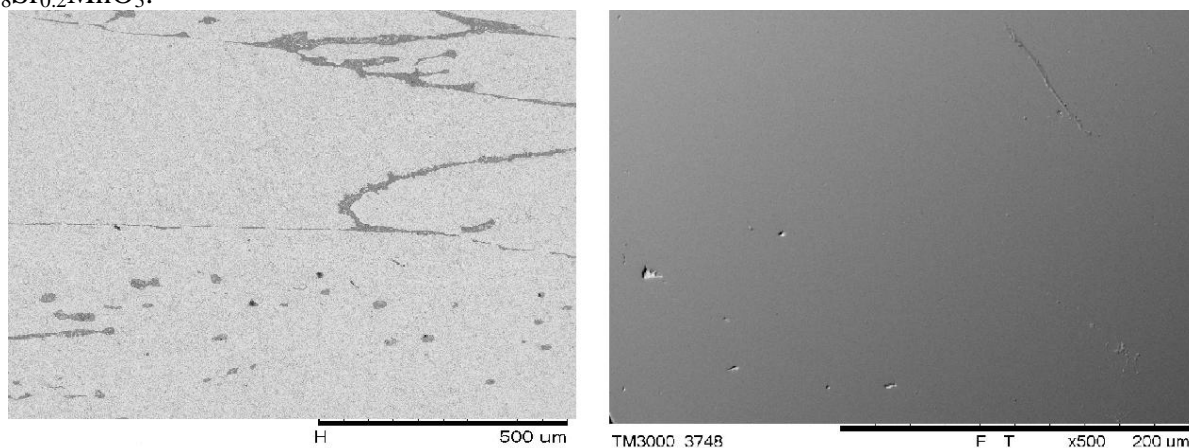


Рис. 2

Фотографии с электронного микроскопа:
 $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ – слева, $(\text{La}_{0.9}\text{Nd}_{0.1})_{1.4}\text{Sr}_{1.6}\text{Mn}_2\text{O}_7$ – справа.

Из полученных монокристаллов были вырезаны и обработаны образцы, на которых проводились измерения зависимостей электросопротивления от температуры $R(T)$ и электросопротивления от приложенного магнитного поля $R(H)$. Измерения проводились на установке СТ-1 лаборатории СМП Института физики им.

Л.В. Киренного в диапазоне температур от 77.4 К (температура жидкого азота) до 300 К.

На рис. 3 приведена зависимость удельного электросопротивления $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$ в нулевом приложенном магнитном поле и зависимости электросопротивления от приложенного магнитного поля при температурах равных 77.4, 245, 300 К. На этих графиках виден переход металл-диэлектрик в температуре ≈ 245 К, и эффект отрицательного магнитосопротивления в данной температуре перехода металл-диэлектрик.

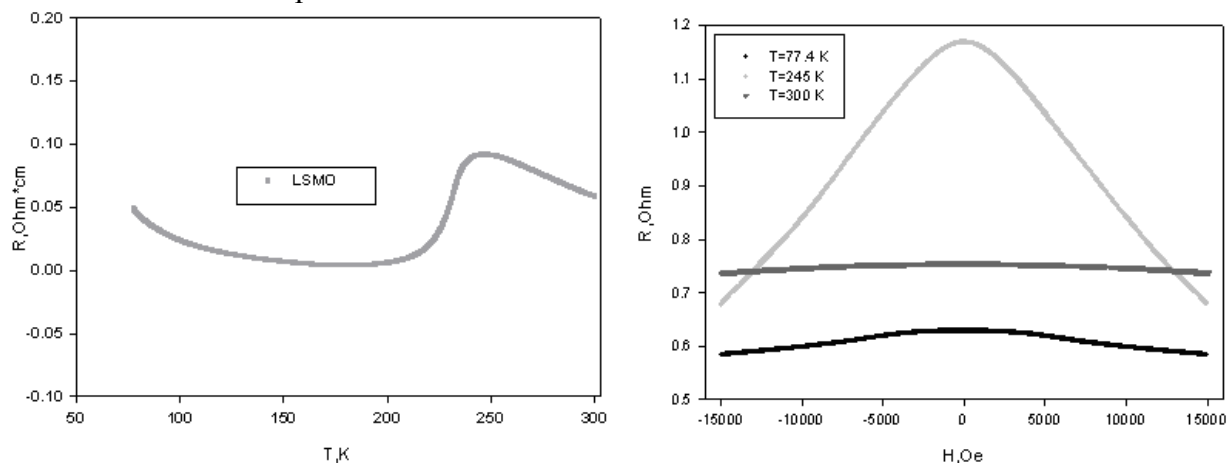


Рис.3 $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$
Зависимости $R(T)$ – слева, $R(H)$ – справа.

На рис. 4 приведены зависимости удельного электросопротивления вдоль c – оси всех четырёх образцов серии $(\text{La}_{1-x}\text{Nd}_x)_{1.4}\text{Sr}_{1.6}\text{Mn}_2\text{O}_7$ в приложенных магнитных полях 0 и 10 кОе. Из этих графиков можно сделать вывод о сильном влиянии неодима на физические свойства образцов. В концентрациях $x=0, 0.1$ явно виден максимум сопротивления, тогда как в концентрациях $x=0.3, 0.5$ при понижении температуры сопротивление резко возрастает до неизвестного предела.

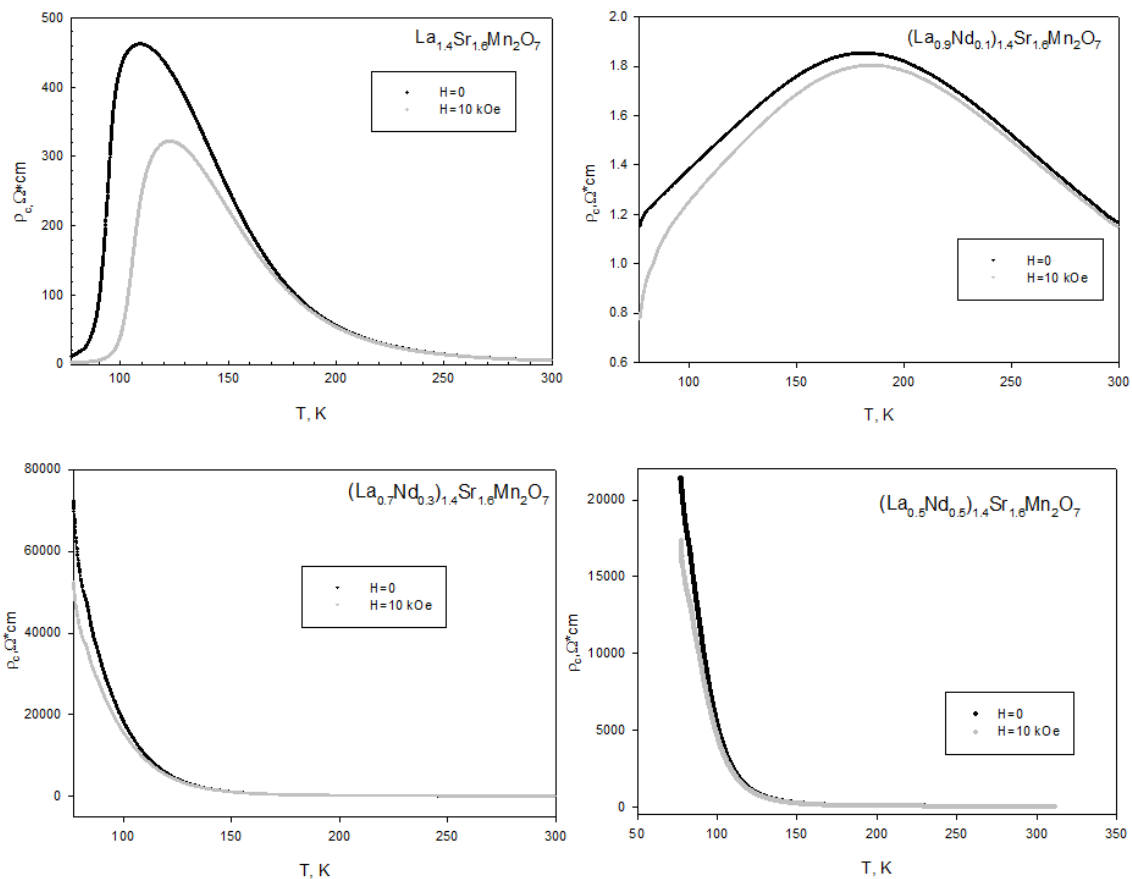


Рис.4
Зависимости $R(T)$ образцов серии $(La_{1-x}Nd_x)_{1.4}Sr_{1.6}Mn_2O_7$

На рис. 5 показаны зависимости электросопротивления от приложенного магнитного поля при температурах равных 77,4, 245, 300 К. На этих графиках видна сильная зависимость сопротивления от приложенного магнитного поля.

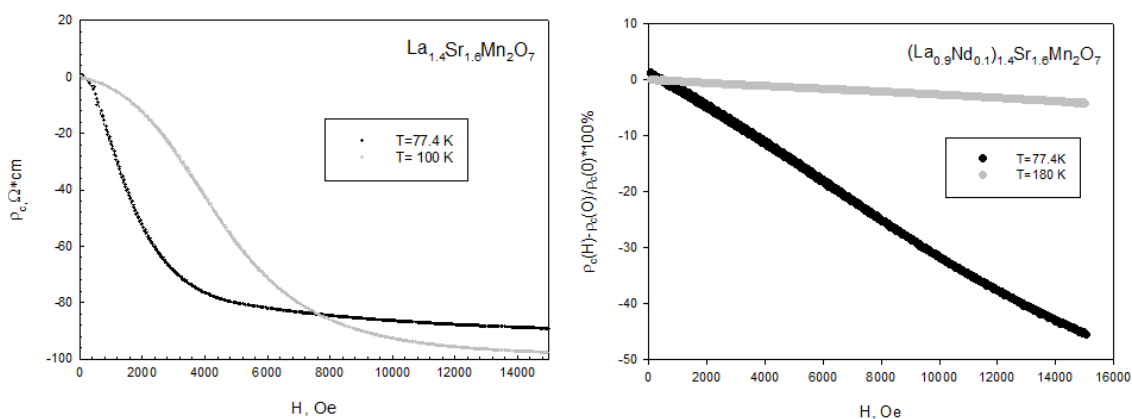


Рис.5
Зависимости $R(H)$ образцов $(La_{1-x}Nd_x)_{1.4}Sr_{1.6}Mn_2O_7$

В ходе данной работы были выращены, подготовлены и исследованы образцы вышеперечисленных оксидных материалов. На основе полученных экспериментальных данных можно сделать вывод о хорошем качестве монокристаллов, выращенных методом оптической зонной плавки.