

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОВОДИМОСТИ КОМПОЗИТОВ $\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{-PbTiO}_3$ МЕТОДОМ ИМПЕДАНСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ**Абдулвахидов Б.К.¹, Садыков С.А.¹, Алиева Л.А.¹, Ли Ч.², Димитренко И.П.²**¹ Дагестанский государственный университет, Россия, Махачкала² Южный федеральный университет. Россия, Ростов-на-Дону

Потребность в новых материалах со свойствами, недоступными в однофазных материалах, или необходимость улучшения характеристик уже существующих материалов, привело к поиску твердотельных композитных материалов, обладающих специфическими свойствами. Шпинелевые ферриты в композиции с сегнетоэлектриками представляют собой гетерофазные системы. В качестве шпинелевых ферритов в композиции с сегнетоэлектриками в данной работе нами взяты составы $(1-x)(\text{CoFe}_2\text{O}_4) - x(\text{PbTiO}_3)$, где $x = 0, 0.1, 0.2, \dots, 0.9$ и представляет собой шаг изменения молярной концентрации второй компоненты. Его первая компонента CoFe_2O_4 представляет собой обращенную ферритовую шпинель.

Как было показано ранее, для CoFe_2O_4 характерны большие значения отрицательного коэффициента магнитострикции, механической твердости [1] и [2] и эффективной удельной электрической проводимости.

Импедансная спектроскопия относится к релаксационному методу и позволяет анализировать параметры нелинейных элементов электрической цепи, так как они измеряются при слабых внешних воздействиях. К таким параметрам относятся сопротивление и емкость границ и объема зерен керамических конденсаторов. Импеданс (Z^*) представляет собой полное сопротивление устройства протеканию переменного тока на заданной частоте, которое можно представить следующим образом:

$$Z^* = Z' - Z'' \quad (1)$$

где Z' – активная (действительная); Z'' – реактивная (мнимая) составляющие.

Среди многообразных методов получения CoFe_2O_4 [3-6] твердофазный метод синтеза является наиболее простым и менее затратным. Изученный в данной работе CoFe_2O_4 был получен нами этим методом. Для получения CoFe_2O_4 использовались порошки оксидов CoO и Fe_2O_3 чистоты $\geq 99.9\%$, которые взвешивались и смешались с учетом стехиометрической формулы. Полученная смесь перетиралась в агатовой ступке с добавлением этанола в течение 2 часов, после чего состав помещался в платиновый тигель, закрытый крышкой. Синтез проходил в высокотемпературной печи с термостабилизацией в течение 4 часов при температуре 1000°C в воздушной атмосфере, после чего печь выключалась и охлаждалась по инерции до комнатной температуры. После охлаждения синтезированный порошок CoFe_2O_4 перетирался в агатовой ступке течение 1 часа и проверялся методом рентгенофазового анализа на наличие примесных фаз.

PbTiO_3 был получен так же методом твердофазного синтеза. Для этой цели нами использовались порошки оксидов TiO_2 и PbO чистоты $\geq 99.9\%$, смешивались с учетом стехиометрической формулы. Далее полученная смесь перетиралась в течение одного часа в агатовой ступке с добавлением этанола, после чего смесь прессовывался в виде таблетки под давлением 200 МПа и помещался в платиновый тигель, закрытый крышкой. Синтез проходил при температуре 900°C с засыпкой из порошка PbZrO_3 . После выдержки в течение 2 часов, печь выключалась и охлаждалась по инерции до комнатной температуры. Далее

синтезированный PbTiO_3 перетирался в агатовой ступке в течение 0.5 часа и проводили фазовый анализ на дифрактометре.

Затем порошки CoFe_2O_4 и PbTiO_3 смешивались в соответствии со стехиометрической формулой $(1-x)(\text{CoFe}_2\text{O}_4) - x(\text{PbTiO}_3)$ с шагом $x = 0.1$ и перетирались до гомогенного состояния в присутствии этанола. Далее порошки были спрессованы в диски диаметром 6 мм и толщиной 1мм при давлении 120 МПа и подвергались спеканию при температуре 900 °С в течение 4 часов. Аналогичным образом были приготовлены и стартовые керамические образцы CoFe_2O_4 и PbTiO_3 .

Из данных электронной микроскопии и элементного анализа можно утверждать, что совместный твердофазный синтез обращенной шпинели CoFe_2O_4 и сегнетоэлектрика PbTiO_3 сопровождается образованием, помимо композита, еще и дополнительных фаз в виде твердых растворов и гексаферрита свинца.

Импеданс измерялся на потенциостате PARSTAT 4000. Из всех концентраций составов $(1-x)\text{CoFe}_2\text{O}_4-x\text{PbTiO}_3$ достоверно измерить импеданс удалось только для концентраций $x = 0.1, 0.3, 0.5, 0.7$. Соответствующие графики приведены на рис.1. Из рисунка 1(*a, б, в*) видно, что зависимости Z' от температуры практически одинаковы для трех концентраций, зависимости Z'' от температуры асимметричны (см. рис. 1(*a', б', в'*)), за исключением состава с $x = 0.1$. Диаграммы в координатах Найквиста (см. рис.1(*a'', б'', в''*)) представляют собой эллиптические кривые, а характер релаксации проводимости - недебаевский.

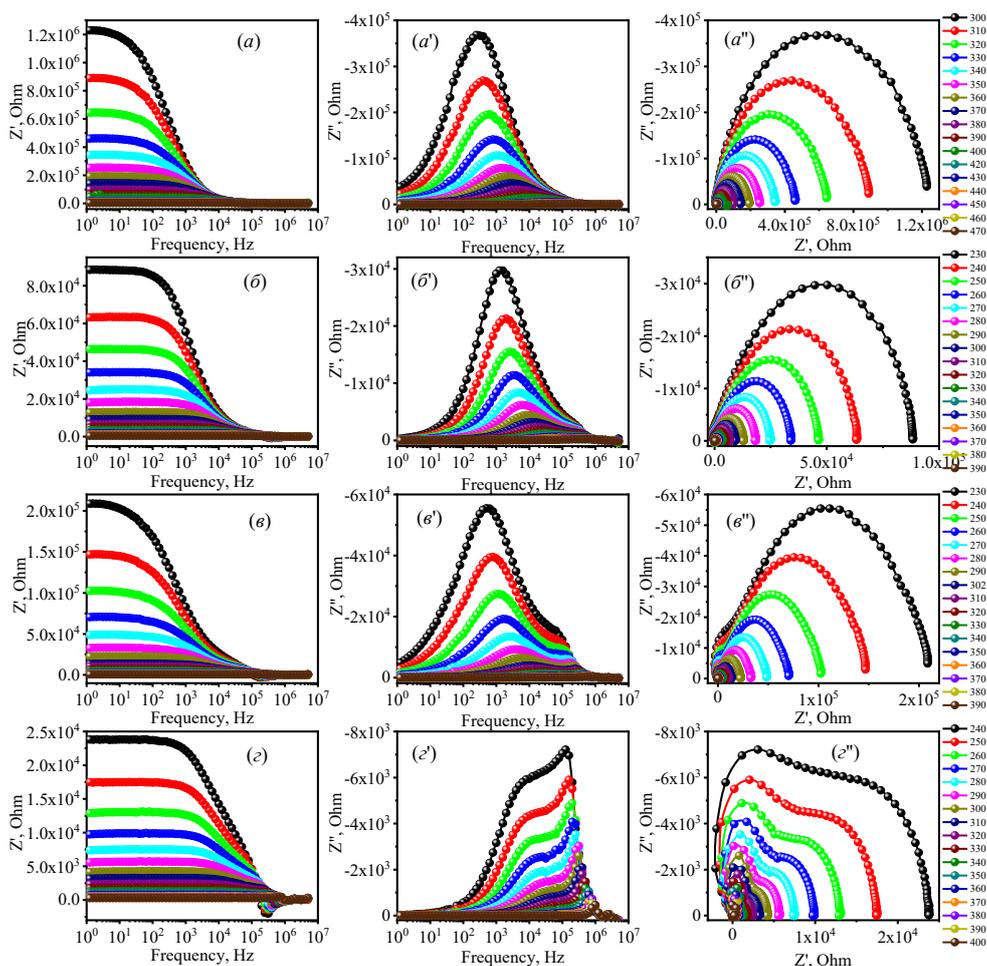


Рис. 1- Зависимости Z' и Z'' от температуры составов $(1-x)\text{CoFe}_2\text{O}_4-x\text{PbTiO}_3$ (*a, a', a''*) – $x = 0.1$; (*б, б', б''*) – $x = 0.3$, (*в, в', в''*) – $x = 0.5$, (*г, г', г''*) – $x = 0.7$

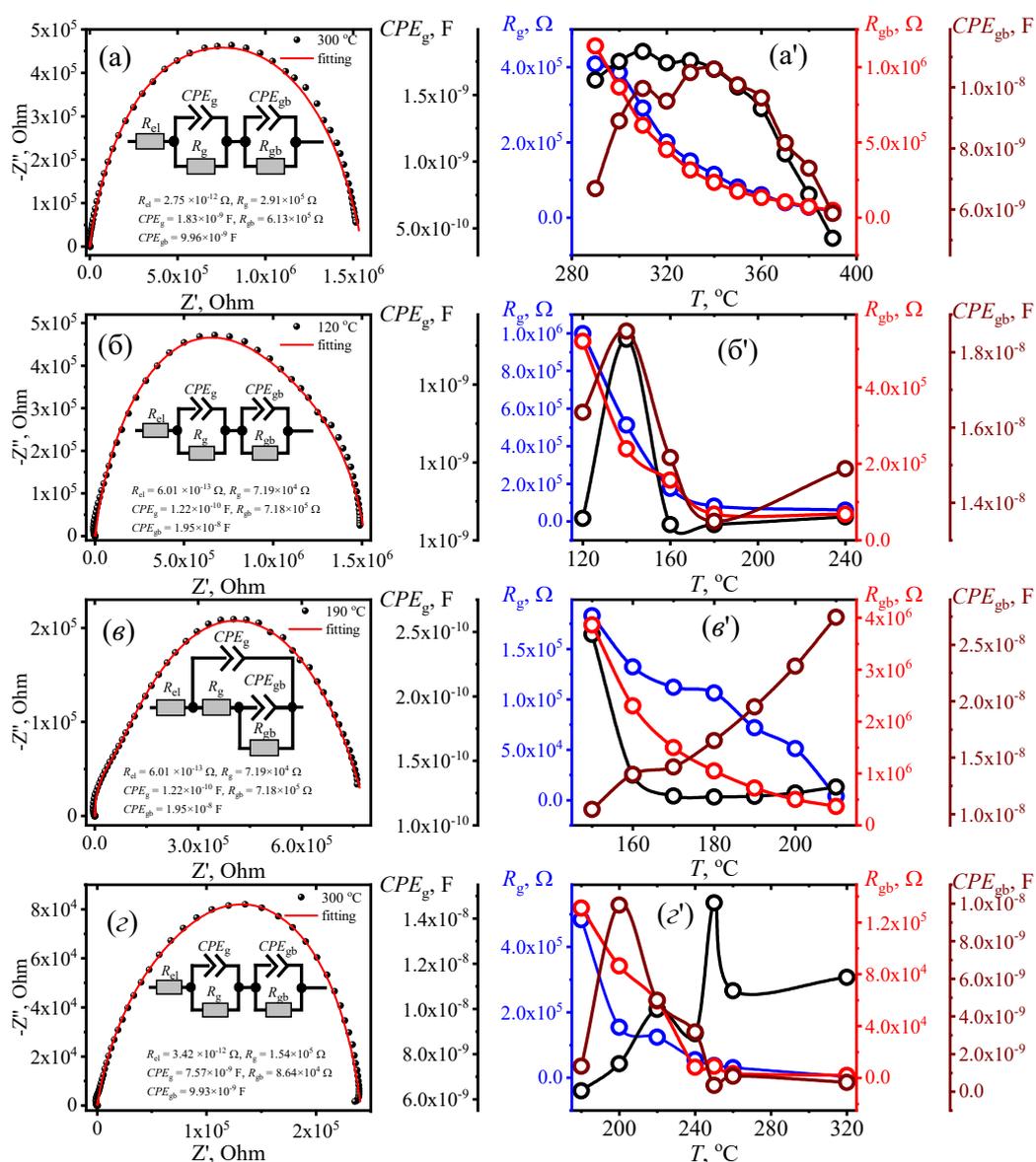


Рис. 2 - Теоретическая и экспериментальная кривые импеданса

(1-x)CoFe₂O₄-xPbTiO₃ (а) – x = 0.1, (б) – x = 0.3, (в) – x = 0.5, (г) – x = 0.7 и температурная зависимость параметров соответствующих эквивалентных схем – (а', б', в', г')

С увеличением концентрации PbTiO₃ реальная составляющая импеданса уменьшается и с ростом температуры она смещается влево. Эквивалентные схемы, соответствующие этим составам, приведены на рисунке 2.

Таким образом, нами твердофазным методом были получены композитные составы CoFe₂O₄- PbTiO₃. Элементный анализ показал, что вместе с композитом также образуются гексаферрит свинца, а также примесные твердые растворы. Методом импедансной спектроскопии было установлено, что характер проводимости образцов – недебаевский.

Литература

1. Rajath, P.C. Magnetic properties of CoFe₂O₄ synthesized by solid state, citrate precursor and polymerized complex methods: A comparative study./ P.C. Rajath, R.S Manna, D. Banerjee, M.R. Varma K.G. Suresh, A.K. Nigam. //Journal of Alloys and Compounds 2008.- 453.- P.298-303.

2. Jing Wang, Comparative study on the preparation procedures of cobalt ferrites by aqueous processing at ambient temperatures./ Jing Wang ,Tong Deng, Yujie Dai. //Journal of Alloys and Compounds 2006.- 419.-P.155.

3. Cheng, F. Chemical synthesis and magnetic study of nanocrystalline thin films of cobalt spinel ferrites /F. Cheng, Z. Peng, C. Liao, Z. Xu, S. Gao, C. Yan, D. Wang, and J. Wang//Solid State Commun. 1998.-107.-P.471.

4. Pannaparayil, T. /T. Pannaparayil and S. Komarneni, //IEEE Trans. Magn. 1989.-25.-P. 4233.

5. Júnior, A. F. Magnetic properties of nanoparticles of $\text{Co}_x\text{Fe}_{(3-x)}\text{O}_4$ ($0.05 \leq x \leq 1.6$) prepared by combustion reaction /A. F. Júnior V. Zapf, and P. Egan, J. Appl. Phys. 2007.- 101.- 09M506.

6. Cote, L. J. Continuous hydrothermal synthesis of CoFe_2O_4 nanoparticles / L. J. Cote, A. S. Teja, A. P. Wilkinson, and Z. J. Zhang //Fluid Phase Equilib 2003.- 210.- P. 307.

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛЕНОК PbTe ПОД ВОЗДЕЙСТВИИ γ -ИЗЛУЧЕНИЯ

¹К.Э.Онаркулов, ²Ш.А.Махмудов, ¹Б.У.Омонов.

¹ Ферганский государственный университет.

²Институт ядерной физики Академии наук Республики Узбекистан.

Аннотация: Исследования физических свойств полупроводниковых пленок, включая PbTe , при облучении гамма-квантами выявили потенциал для управления их свойствами без использования классического легирования. Установлено, что скорость конденсации влияет на стойкость пленок к облучению, а уменьшение коэффициента термоэлектрической мощности связано с уменьшением электропроводности и подвижности носителей заряда, возможно из-за воздействия кислорода в атмосфере.

Ключевые слова: полупроводники, радиационная технология, термоэлектрическая добротность, пленки PbTe , гамма-облучение, интегральная доза облучения, электропроводность, подвижность носителей заряда, скорость конденсации, диффузия примесей, структурные исследования, неоднородные структуры, эффективное управление свойствами, термоэлектрический материал, коэффициент термоэлектрической мощности, излучение, эффекты радиационного воздействия, поликристаллическая структура, взаимодействие с кислородом.

Область применения твердотельных приборов постоянно расширяется, создаются принципиально новые приборы, стимулирующие развитие промышленности в новых направлениях, что требует исследования, направленные на установление управляемых способов стабилизации параметров полупроводниковых приборов.

Поведение материалов при облучении в значительной степени определяется природой и концентрацией примесей, взаимодействующих с первичными радиационными дефектами [1,2].

Исследование процессов взаимодействия излучений с твердым телом обнаружило возможности эффективного управления их свойствами и создания приборов без применения классических методов легирования. В последние годы в мировой практике для управления примесными дефектными состояниями в полупроводниковых кристаллах, наряду с другими технологическими способами, широко используются различные виды физических воздействий, одним из которых является радиационное излучение. Для успешной разработки