

НАНОФИЗИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

**Труды XXV Международного
симпозиума**

9–12 марта 2021 г., Нижний Новгород

Том 1

Секции 1, 2, 4, 5

Нижний Новгород
Издательство Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского
2021

Кинетические свойства пленок феррита висмута допированных кобальтом

О.Б. Романова^{1*}, С.С. Аплеснин^{1,2}, Л.В. Удод¹, В.В. Кретинин², К.И. Янушкевич³

¹Институт физики им. Л.В. Киренского ФИЦ КНЦ СО РАН, ул. Академгородок, 38 стр 50, Красноярск, 660036

²Сибирский государственный университет науки и технологий им. М.Ф. Решетова, пр. им. газеты Красноярский рабочий, 31, Красноярск, 682850.

³ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению», ул. П. Бровки, 19, Минск, 220072.

*rob@iph.krasn.ru

Пленки феррита висмута $\text{BiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ с $x=0.05$ и 0.2 получены методом вспышки. Проведены исследования морфологии поверхности пленок и влияние электронного допирования путем замещения трех валентного железа ионами кобальта на структурные, магнитные и кинетические свойства в интервале температур $77-600$ К в магнитных полях до 12 кЭ. Обнаружено отрицательное магнитосопротивление, значение, которого увеличивается с ростом концентрации. Установлена корреляция магнитных и кинетических свойств по температуре. Из холловских измерений найден тип носителей заряда, ответственный за знак магнитосопротивления.

Введение

Мультиферроики являются перспективными материалами с точки зрения прикладных задач современной техники для элементной базы микроэлектроники. Одним из самых популярных соединений, на основе которого создают новые магнитоэлектрические материалы, является феррит висмута (BFO) со структурой перовскита, доменные стенки которого обладают повышенной проводимостью. Изменение электрических свойств мультиферроика BFO происходит в результате легирования его такими элементами, как лантан (La), самарий (Sm), хром (Cr), марганец (Mn), свинец (Pb), титан (Ti), ниобий (Nb), Гольмий (Ho), стронций (Sr) и т. д. [1]. Легирование стронцием (Sr) приводит к качественному изменению проводимости на переменном токе. Выяснен механизм проводимости, обусловленный прыжками электронов по дефектам кислорода и найдена критическая концентрация перехода в металлическое состояние.

Цель данной работы заключалась в обнаружении влияния магнитного поля на кинетические свойства системы на основе мультиферроика феррита висмута путем электронного допирования ионами кобальта в тонкопленочном соединении $\text{BiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ ($x = 0.05$ и 0.2).

Эксперимент и обсуждение

Пленки твердых растворов феррита висмута получены напылением заранее синтезированных твердых растворов $\text{BiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ заданной концентрации на предметные стекла методом вспышки [2].

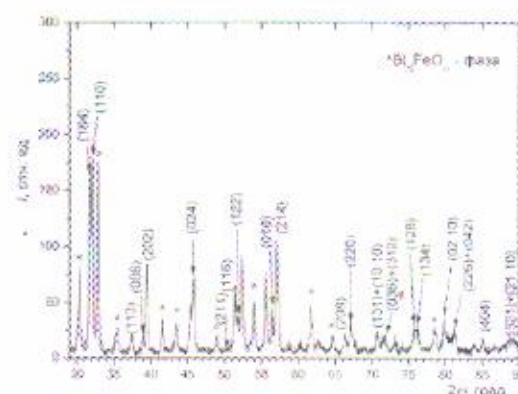


Рис. 1. Данные рентгеноструктурного анализа пленок $\text{BiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ ($x=0.2$) измеренные при $T=300$ К

Данные рентгеноструктурного анализа показали, что основной фазой синтезированных образцов является соединение $\text{BiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ (BFCO) с ромбоэдрической структурой пр.гр. $R3c$ (рис. 1). Кроме основной фазы BFCO на рентгенограмме присутствуют рефлексы $\text{Bi}_{25}\text{Fe}_{39}\text{O}_{59}$ со структурой шилленита больше 5%. (рефлексы этой фазы помечены*), который является парамагнетиком. Исследована морфология поверхности синтезированных пленок с помощью сканирующего электронного микроскопа Hitachi S5500. Для оценки толщины пленок ($d \sim 600$ нм) использовался просвечивающий электронный микроскоп Hitachi HT7700 в режиме съемки поперечного сечения (рис. 2а). На рис. 2б представлена дифракционная картина электронов локального участка диаметром 10 мкм. На основании анализа картин электронной дифракции и микрофотографии представленной на рис. 2в, следует, что структура синтезированных пленок является нанокристаллической.

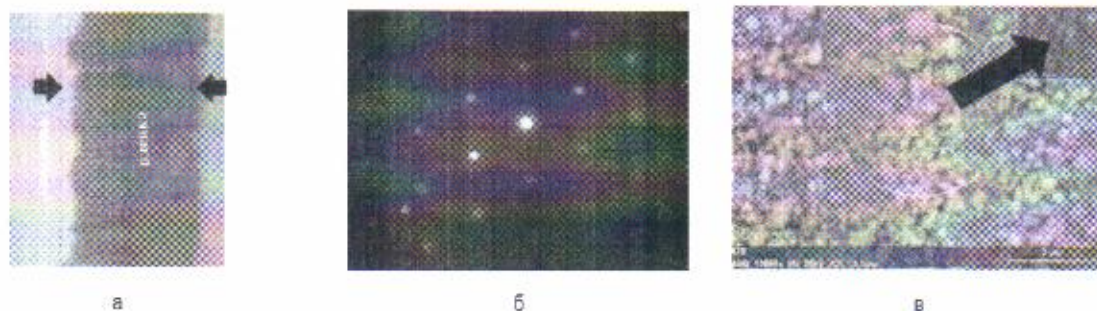


Рис. 2. а – поперечное изображение пленки $\text{BiFe}_{0.95}\text{Co}_{0.05}\text{O}_3$. б – Дифракционная картина локального участка пленки $\text{BiFe}_{0.95}\text{Co}_{0.05}\text{O}_3$. в – микрофотография локального участка пленки $\text{BiFe}_{0.95}\text{Co}_{0.05}\text{O}_3$ с разрешением $10000\times$; 20к .

Ход зависимостей проводимости $\sigma(T)$ указывает, что с ростом концентрации от $X=0.05$ до 0.2 наблюдается изменение проводимости на несколько порядков (рис. 3).

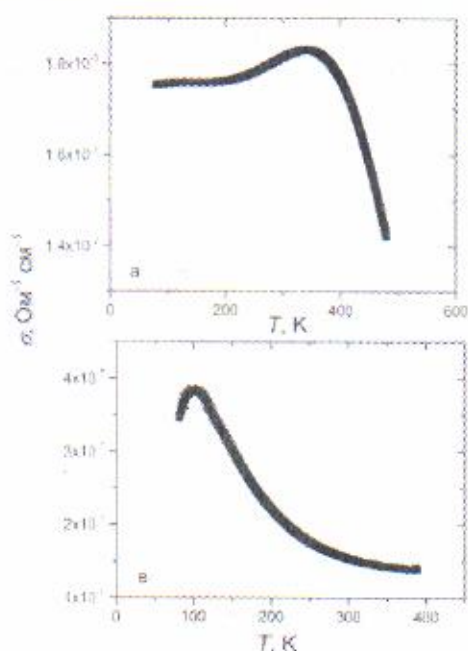


Рис. 3. Температурные зависимости проводимости пленок $\text{BiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ с $X=0.05$ (а) и $X=0.2$ (б)

Электрошное дозирование мультиферритика ВГО при замещении железа кобальтом в тонкопленочных соединениях $\text{BiFe}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ с концентрацией замещения $X = 0.05$ и 0.2 приводит уменьшению электросопротивления в магнитном поле. Величина магнитосопротивления определена по формуле $\delta_H = (R(H) - R(0))/R(0) \cdot 100\%$ где $R(H)$ – удельное электросопротивление в магнитном поле, а $R(0)$ – без поля. Малые концентрации замещения $X = 0.05$ приводят к возникновению отрицательного магнитосопротивления

в области аномального поведения намагниченности, которое с ростом температуры уменьшается от (-0.003%) при $T = 300\text{К}$ до (-0.04%) при $T = 380\text{К}$. Для объяснения полученных экспериментальных результатов была использована модель суперпарамагнитных кластеров со случайной ориентацией оси анизотропии и орбитальных моментов. Рост концентрации замещения до критической концентрации ($X_{кр}=0.2$) и увеличение внешнего электрического поля на два порядка приводит к значительному уменьшению магнитосопротивления по абсолютной величине в результате роста делокализации носителей тока. Величина магнитосопротивления изменяется от (-0.11%) при $T=300\text{К}$ до (-0.38%) при $T=390\text{К}$. Установлена корреляция температур максимумов магнитосопротивления и намагниченности. В этой области температур сопротивление увеличивается в магнитном поле и это изменение обусловлено конкуренцией вкладов вызванных перескоковым механизмом электронов и их локализацией с образованием уровней Ландау.

Из холловских измерений установлены типы носителей тока доминирующие в эффекте магнитосопротивления и ответственные за его знак.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и БРФФИ в рамках научного проекта № 20-52-00005

Литература

1. Miao Ju Hong, Fang Tsung-Tse, Chung Han-Yang, et al. // J. Am. Ceram. Soc. V. 92, 2762 (2009).
2. Romanova O.B., Aplesnin S.S., Sitnikov M.N., et al. // J. Mater. Sci.: Mater. Electron. V. 31, 7946 (2020)