

ПРОЯВЛЕНИЕ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ В НЕСТЕХИОМЕТРИЧЕСКИХ ПЛЕНКАХ НЕЛЕГИРОВАННОГО $\text{SnO}_{2-\delta}$

^aДоросинец В.А., ^aСамарина М.А., ^aКсенович В.К., ^{a,b}Адамчук Д.В., ^cДорошкевич А.С.

^aБелорусский государственный университет, Минск, Беларусь

^bНИУ «Институт ядерных проблем» БГУ, Минск, Беларусь

^cОбъединенный институт ядерных исследований, Дубна, Российская Федерация

Важным направлением для развития спинтроники является получение полупроводниковых материалов, обладающих магнитными свойствами. Диоксид олова (SnO_2) является одним из перспективным материалов, позволяющим реализовать данную задачу. Как правило пленки SnO_2 проявляют диамагнитные свойства. Ферромагнетизм вплоть до комнатной температуры был обнаружен в нанокристаллитах SnO_2 , полученных золь-гель методом [1]. Однако для создания элементов спинтроники использование физических вакуумных технологических методов синтеза тонких пленок является более перспективным.

В данной работе приводятся результаты по исследованию магнитных свойств тонких пленок нестехиометрического диоксида олова $\text{SnO}_{2-\delta}$, полученных методом магнетронного напыления олова в плазме аргона. На первой стадии отжига пленки нагревались до температуры 200 °С и выдерживались при этой температуре в течение 2 часов. Затем на второй стадии проводился медленный нагрев пленок до температуры 375 °С с последующим изотермическим отжигом в течение 1 часа.

Для исследования структурных свойств полученных пленок использовались методы рентгеноструктурного анализа и спектроскопии комбинационного рассеяния света. Обнаружено, что на рентгенограммах пленок присутствуют рефлексы, характерные как для фазы SnO_2 , так и для фазы SnO . В спектрах комбинационного рассеяния света пленок не обнаружено узких линий, зарегистрированы только две широкие полосы в диапазоне около 50–200 и 400–700 см^{-1} , что обычно связывают с разупорядочением поверхности наноразмерных зерен.

Измерения намагниченности пленок SnO_2 были проведены с использованием вибрационного магнитометра, входящего в состав гелиевого криостата с замкнутым циклом охлаждения *Cryogenics Ltd.*, в температурном интервале 2–300 К в магнитных полях от 0 до 8 Тл. При построении кривых производилось вычитание диэлектрического вклада от стеклянной подложки. Для температур 10 К и выше для пленок характерно диамагнитное поведение, свойственное типичным металл-оксидным материалам. При дальнейшем понижении температуры при малых значения индукции магнитного поля B наблюдается ферромагнитное поведение, сменяющееся диамагнитным при увеличении индукции магнитного поля. Значение B_0 , при котором наблюдается переход от ферромагнитного к диамагнитному поведению, увеличивается при понижении температуры и составляет 1,83 и 2,23 Тл при температурах 4 и 2 К, соответственно. Кривые намагничивания пленок имеют безгистерезисный вид, что является характерной чертой d^0 -ферромагнетиков. Ферромагнитное поведение пленок $\text{SnO}_{2-\delta}$ можно связать с высокой концентрацией кислородных вакансий на границе нанокристаллитов SnO_2 и интерфейса SnO_2/SnO . Согласно теории [2] при образовании примесной зоны электронных состояний за счет вакансий кислорода возможно спиновое расщепление с образованием магнитных поляронов.

Библиографические ссылки

1. Morozov Ju.G. et. al. / Solid State Sciences. 2019. Vol. 126. P. 106854(31).
2. Coey J.M.D. / Nature Materials. 2019. Vol. 18. P. 652–656.