

УДК 538.958

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТОРЕФРАКТИВНОГО ЭФФЕКТА В МАНГАНИТАХ

Юрасов А.Н., к.ф.-м.н., доцент, МГТУ МИРЭА, Email: alexey_yurasov@mail.ru
Москва, Россия

Аннотация. Работа посвящена теоретическому исследованию магниторефрактивного эффекта (МРЭ) в манганитах. Показана связь данного эффекта с магнитосопротивлением, что позволяет использовать МРЭ как бесконтактный метод исследования функциональных материалов и элементов микроэлектроники.

Ключевые слова: магниторефрактивный эффект, манганиты, магнитосопротивление.

THEORETICAL INVESTIGATION OF THE MAGNETOREFRACTIVE EFFECT IN NAMOSTRUCTURES

Yurasov A.N., PhD., assoc. prof., MSTU MIREA, Email: alexey_yurasov@mail.ru
Moscow, Russia

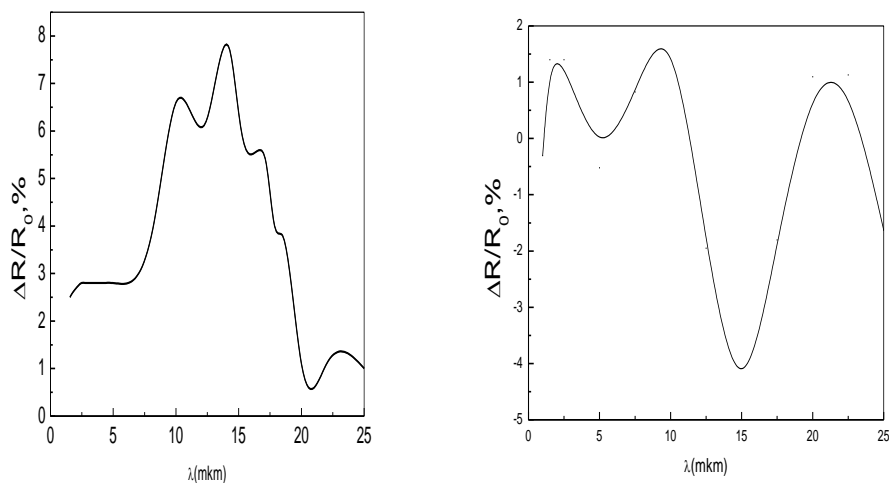
Abstract. We have theoretical investigated the magnetorefractive effect (MRE) in manganites. It has found the correlation between MRE and magnetoresistance. This fact is a possibility to use MRE as the contactless method of investigation functional materials and elements of electronics.

Keywords: magnetorefractive effect, manganites, magnetoresistance.

Данная работа посвящена теоретическому исследованию магниторефрактивного эффекта (МРЭ) в манганитах. Магниторефрактивный эффект представляет собой высокочастотный отклик магнитопроводимости и состоит в изменении коэффициентов отражения и прохождения электромагнитных волн для образцов с магнитосопротивлением при намагничивании [1-2]. Его важной особенностью является возможность его применения в качестве бесконтактного метода исследования различных функциональных материалов. В манганитах, которые являются перспективными функциональными материалами построена теория МРЭ [3-4].

При моделировании манганитов рассматривались тонкие пленки состава $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}$ и $\text{La}_{0.9}\text{K}_{0.1}\text{MnO}_3$. Изучались температурные и спектральные изменения эффектов на магнитоотражение и магнитопрохождение. Рассматривая манганиты, состоящими из низко- и высокорезистивной фазы с объемной концентрацией зависящей от величины, прикладываемого магнитного поля, расчеты проводились в рамках теории эффективной среды. Сравнительные спектры магниторефрактивного

эффекта на отражении для $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}$ и $\text{La}_{0.9}\text{K}_{0.1}\text{MnO}_3$ при $T=251$ К представлены на Рис.1.



a)

b)

Рис. 1 Рассчитанные спектры магниторефрактивного эффекта на отражении для тонких пленок: а) $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}$ и б) $\text{La}_{0.9}\text{K}_{0.1}\text{MnO}_3$ при $T=251$ К.

Данные спектры рассчитаны по обобщенным формулам Френеля в рамках теории эффективной среды для низко- и высокорезистивной фаз. Частотно-зависимая проводимость двухфазных образцов в магнитном поле из уравнений теории эффективной среды может быть записана как:

$$\sigma(\omega, H) = \left[\frac{(1-y)\sigma_2 + y\sigma_1 - L(\sigma_1 + \sigma_2)}{2(1-L)} \right] \left[1 + \left(1 + \frac{4\sigma_1\sigma_2(1-L)}{(1-y)\sigma_2 + y\sigma_1 - L(\sigma_1 + \sigma_2)} \right)^{1/2} \right], \quad (1)$$

где σ_2 and σ_1 проводимости низко- и высокорезистивной фазы, соответственно, y объемная доля высокопроводящей фазы в намагниченных образцах, L -форм-фактор, его значение в данной работе $L=0.33$ (сферические частицы эффективной среды). Если обозначить за x объемную долю высокопроводящей фазы в отсутствие магнитного поля, тогда:

$$\sigma_2 = \frac{\sigma(\omega, 0)[L(\sigma_1 - \sigma(\omega, 0)) - \sigma_1 x + \sigma(\omega, 0)]}{L(\sigma_1 - \sigma(\omega, 0)) + \sigma(\omega, 0)[1-x]}. \quad (2)$$

Из Рис. 1 видно, что МРЭ на отражении может менять знак и сильно отличаться для различных составов манганитов, достигая значения вплоть до десяти процентов, что во многом связано с интерференционными эффектами в тонких пленках манганитов.

На Рис.2 представлены рассчитанные спектры магниторефрактивного эффекта на отражении и прохождении в зависимости от объемной высокорезистивной фазы в

магнитном поле для тонкой пленки $\text{La}_{0.9}\text{K}_{0.1}\text{MnO}_3$ (толщина 100нм) для длины волны 6 мкм. Различные значения y соответствуют различным температурам.

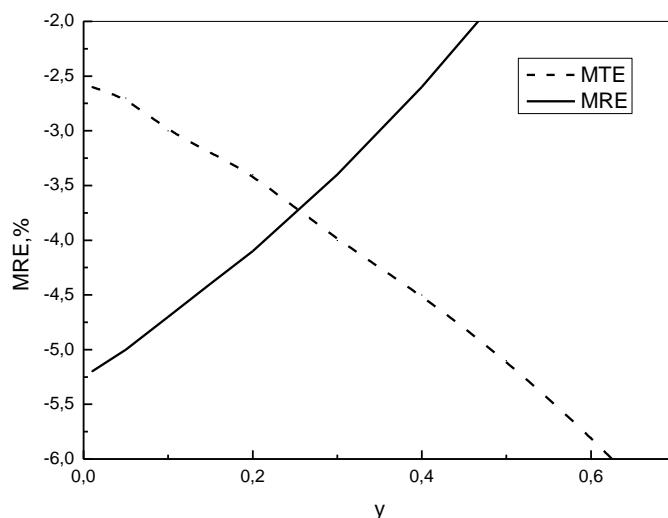


Рис. 2 Рассчитанные спектры магниторефрактивного эффекта на отражении-сплошная линия и прохождении-пунктир в зависимости от объема высокопроводящей фазы в магнитном поле для $\text{La}_{0.9}\text{K}_{0.1}\text{MnO}_3$

Из графика видно, что при увеличении концентрации высокопроводящей фазы y растут (по абсолютной величине) значения магнитопроекции и уменьшается величина магнитоотражения. Таким образом, изменение объемной концентрации высокопроводящей фазы y в магнитном поле сильно влияет на величину МРЭ. Полученные результаты хорошо согласуются с экспериментальными спектрами.

Список литературы

1. Грановский А.Б., Ганьшина Е.А., Юрасов А.Н. и др. Магниторефрактивный эффект в наноструктурах, манганитах и магнитофотонных кристаллах// Радиотехника и электроника. 2007. т. 52. №9. С. 1152-1159.
2. Грановский А., Быков И., Ганьшина Е., Гуцин В., Козлов А., Юрасов А., Калинин Ю., Инуе М. Магниторефрактивный эффект в магнитных нанокompозитах// ЖЭТФ. 2003. т.123. вып. 6. С. 1256-1265.
3. Юрасов А.Н. Магниторефрактивный эффект, как бесконтактный метод исследования функциональных материалов// Материаловедение. 2014. №6. С. 32-38.
4. Sukhorukov Yu.P., Telegin A.V., Bessonov V.D., Gan'shina E.A., Kaul' A.R., Korsakov I.E., Perov N.S., Fetisov L.Yu., Yurasov A.N. Magnetorefractive effect in the $\text{La}_{1-x}\text{K}_x\text{MnO}_3$ thin films grown by MOCVD//Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2014. V.367. P. 53-59.