Стрейн-магнитооптика – новый физический механизм модуляции ИК-излучения в ферромагнитных шпинелях

А.В. Телегин, Ю.П. Сухоруков, В.Д. Бессонов, А.П. Носов, С.В. Наумов

Институт физики металлов им. М.Н.Михеева УрО РАН,

Екатеринбург, 620108, С. Ковалевской, 18

тел.: +7 (343) 374-0230, факс: +7 (343) 374-5244, эл. почта: telegin@imp.uran.ru

DOI 10.34077/RCSP2019-40

К настоящему времени в магнитных полупроводниках определены основные механизмы, формирующие спектры магнитоотражения (МО) и магнитопоглощения (МП) света в видимом и инфракрасном (ИК) диапазоне [1,2]. Важно, что магнитооптические (МО) эффекты в естественном свете в ИК-диапазоне могут быть даже больше гиротропных эффектов [2]. Известны механизмы модуляции поляризованного света в видимой области, связанные с магнитоупругими деформациями в магнетиках. В то же время, отсутствуют исследования влияния магнитоупругих деформаций на поглощение ИК-излучения в магнитострикционных материалах – объектах стрейнтроники [3].

В данной работе изучены ИК-спектры отражения и поглощения естественного света для ферромагнитной феррит-шпинели CoFe_2O_4 , обладающей гигантскими значениями магнитострикции ($\Delta l/l=650 \cdot 10^{-6}$) в магнитном поле. Монокристаллы CoFe_2O_4 ($T_C=812$ К) были выращены методом бестигельной зонной плавки с радиационным нагревом. Для измерений были использованы пластины с плоскостью (001) толщиной 200-400 мкм.

В результате исследований монокристаллов CoFe_2O_4 было обнаружено, что внешнее магнитное поле приводит к появлению заметных эффектов МО до 4 % и МП до 20 % в широкой спектральной области от 1 мкм до 30 мкм в поле 2-3 кЭ [4]. Величина эффектов и форма спектров зависит от взаимной ориентации магнитного поля и кристаллографических осей кристалла [5,6]. Впервые была получена корреляция температурных и полевых зависимостей МП и МО с магнитострикцией монокристалла CoFe_2O_4 . Оценка вкладов только магниторефрактивного эффекта и эффекта Фарадея не позволяет объяснить наблюдаемую величину МО эффектов. Наибольшей величины МП и МО достигают вблизи края поглощения ($E_g=1.18$ эВ) и в области примесных полос поглощения. Теоретические оценки показывают, что влияние магнитного поля на оптические свойства CoFe_2O_4 является непрямым: магнитное поле вследствие магнитострикции приводит к деформации решетки, а та, в свою очередь, приводит к изменению электронной структуры феррита и, как следствие, спектров отражения и пропускания света [5].

Таким образом, в работе обнаружен новый эффективный механизм модуляции ИК-излучения в феррите, связанный с деформационно-наведенными эффектами. Большая величина МО эффектов позволяет рекомендовать феррит для использования в качестве функционального материала при создании оптоэлектронных устройств. Новая область стрейнтроники, связанная с МО эффектами в магнитострикционных материалах, названа стрейн-магнитооптикой.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФАНО России (тема «Спин» № АААА-А18-118020290104-2), при частичной поддержке программы УрО РАН № 18-10-2-37.

Литература

- [1] Ю.П. Сухоруков и др. // ЖЭТФ. 2015. Т.148, вып.3. С.503-513.
- [2] A. Granovsky et al. Magnetophotonics: From Theory to Applications, Springer, 2013.
- [3] А.А. Бухараев и др. // УФН. 2018. Т. 188, вып.10. С.1288-1330.
- [4] Ю.П. Сухоруков и др. // Письма в ЖЭТФ. 2016. Т.104, вып.6. С.398-401.
- [5] Yu. Sukhorukov et al. // Solid State Comm. 2017. V.263, p.27-33.
- [6] Ю.П. Сухоруков и др. // ФММ. 2018. Т. 119, №12. С.1229-1235.