

СВЧ – ПОГЛОЩЕНИЕ В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ $\text{BiFeO}_3/\text{PЗЭ}$ (Dy, Ho, Tb) С МОРФОТРОПНЫМИ ФАЗОВЫМИ ГРАНИЦАМИ

Абубакаров Абу Геланиевич, ассистент кафедры физики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Коноплин Николай Александрович, заведующий кафедрой физики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. Показано СВЧ-поглощение в твердых растворах $\text{Bi}_x\text{FeO}_3/\text{PЗЭ}$ (Dy, Ho, Tb). Установлено, что при величине поглощения 20 дБ значения СВЧ энергии уменьшаются на 99%, таким образом, обнаруженные в образцах с модификатором Dy и Tb величины L можно считать вполне приемлемыми, для использования в радиопоглощающих материалах.

Ключевые слова: мультиферроики, СВЧ поглощение, феррит висмута.

В последнее время отмечается стремительное возрастание интереса к обширному классу веществ - мультиферроикам на основе феррита висмута, в связи с сочетанием в них как магнитного, так и сегнетоэлектрического упорядочений [1]. Введение редкоземельных элементов (PЗЭ) в BiFeO_3 позволяет стабилизировать структуру феррита висмута, оптимизировать его свойства, а также усилить взаимодействие между магнитными и электрическими свойствами за счет подавления пространственно-модулированной магнитной структуры [2].

Однако на сегодняшний день не существует однофазных материалов этого класса, удовлетворяющих сразу всем перечисленным требованиям.

Объектами выступили керамики состава $\text{Bi}_{1-x}\text{PЗЭ}_x\text{FeO}_3$ (PЗЭ- Tb, Dy, Ho $x = 0.05-0.20$, $\Delta x = 0.05$). Образцы получены двухстадийным твердофазным синтезом при температурах из интервала $T_{1,2\text{синт}} = (1073-1173)$ К, $\tau_{1,2\text{синт}} = 4-6$ ч. (в зависимости от состава) с последующим спеканием по обычной керамической технологии при температурах, $T_{\text{сп}}$, равных 1203 К, $\tau_{\text{сп}} = 1,5$ ч [3].

Образцы помещаются в волновод и с двух закрывается пенопластом для фиксации измерительного образца в тракте измерительной линии. Проводятся измерения в широком диапазоне частот модуля и фазы, с помощью векторного анализатора цепей (P4M-18, Микран), S_{11} и S_{21} .

Для характеристики СВЧ-поглощения в материалах, воспользуемся матрицей рассеяния коэффициенты отражения (S_{11}) и передачи (S_{21}). При отсутствии в измерительной линии диссипативных потерь, закон сохранения энергии даёт следующую связь между модулями коэффициентов матрицы рассеяния: $S_{11}^2 + S_{21}^2 = 1$; $S_{12}^2 + S_{22}^2 = 1$. Далее производим расчёты по следующим формулам:

Пусть элементы матрицы измерительной линии без образца S_{ij}^0 , а элементы матрицы рассеяния измерительной линии с образцом S_{ij} ;

Поглощение измерительной линии без образца $L_0 = 1 - |S_{11}|^2 - |S_{21}|^2$;

Поглощение измерительной линии с образцом $L_1 = 1 - |S_{11}|^2 - |S_{21}|^2$;

СВЧ-поглощение образца рассчитывается следующим образом:

$$L=L_1-L_0.$$

Находим полное поглощение измеряемого образца: $1-L$.

Переводим значения L – СВЧ поглощение, в логарифмический масштаб с помощью формулы $|L|=10\lg L^2=20|L|(\text{dB})$ [4].

На рисунке 1 представлены спектры СВЧ – поглощения твердых растворов (ТР) $\text{BiFeO}_3/\text{PЗЭ}$ (Dy (а), Ho (б), Tb (в)), выраженные в линейном масштабе в диапазоне частот (4÷8 ГГц), для наглядности оценки СВЧ – поглощения, исследуемых материалов. Видно, что величина L для исследуемых образцов резонансного типа, во всем диапазоне частот, кроме как образец с модификатором $x = 0,05$, которая для всех модификаторов ведет себя плавно по возрастающей. Рисунки (а) и (в) имеют резонансный характер во всем диапазоне частот.

На рисунке 2 представлены спектры СВЧ – поглощения твердых растворов (ТР) $\text{BiFeO}_3/\text{PЗЭ}$ (Dy (а), Ho (б), Tb (в)), выраженные в логарифмическом масштабе в диапазоне частот (4÷8 ГГц). Наблюдаем, что величина L , для исследуемых образцов, является довольно высокой с пиковыми значениями. Качественное объяснение наблюдаемых особенностей в спектрах СВЧ – поглощения обусловлено рассеянием электрической и магнитной составляющей падающей электромагнитной волны.

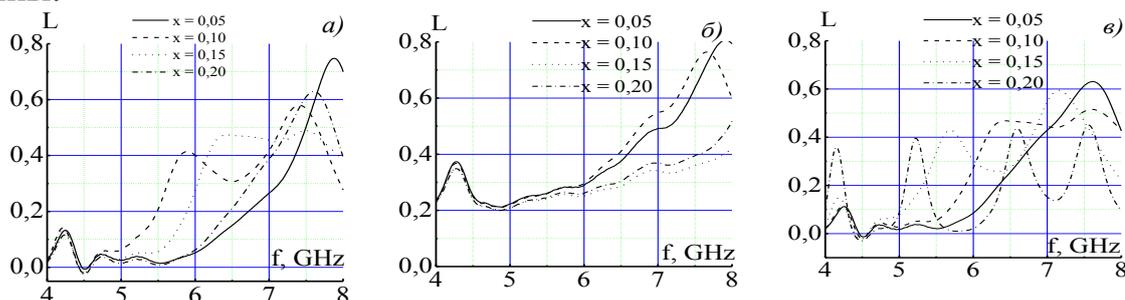


Рисунок 1 – Спектры СВЧ-поглощения ТР $\text{BiFeO}_3/\text{PЗЭ}$ (Dy (а), Ho (б), Tb (в))

СВЧ – поглощение может вызвано только резонансными явлениями в исследуемом диапазоне частот (4÷8 ГГц), что подтверждается видом спектра СВЧ – поглощения.

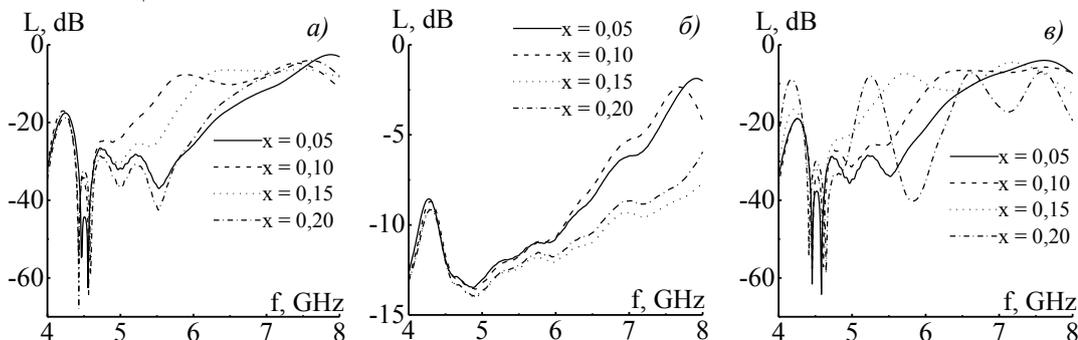


Рисунок 2 – Спектры СВЧ-поглощения ТР $\text{BiFeO}_3/\text{PЗЭ}$ (Dy (а), Ho (б), Tb (в))

Отметим, что при величине поглощения 20 дБ значения СВЧ энергии уменьшаются на 99%, таким образом, обнаруженные в образцах с модификатором Dy и Tb (Рис. 2 (а) и (в)) величины L можно считать вполне приемлемыми, для использования в радиопоглощающих материалах. Таким образом, показано, что исследуемые ТР являются эффективными поглотителями электромагнитного излучения.

Библиографический список

1. Смоленский, Г.А. Сегнетомагнетики / Г.А Смоленский, И.Е. Чупис // УФН. – 1982. – С. 137, С. 415.
2. Концентрационный переход спин-модулированной структуры в однородное антиферромагнитное состояние в системе $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{FeO}_3$ по данным ЯМР на ядрах ^{57}Fe / А.В. Залесский, А.А. Фролов, Т.А. Химич, А.А. Буш // ФТТ. – 45 – 2003. - С. 134.
3. Высокотемпературные сегнетомагнетики на основе феррита висмута: история исследования и современность (обзор) / А.Г. Абубакаров, А.А. Павелко, С.В. Хасбулатов, Л.А. Резниченко, // Конструкции из композиционных материалов. - № 3. - 2018. - С. 54-65.
4. Method of experimental determining of the microwave absorbing properties of composite materials / A.G. Abubakarov, J.A. Reyzenkind, A.V. Pavlenko et al. // Springer Proceedings in Physics. V. "Advanced Materials - Techniques, Physics, Mechanics and Applications" - 2017. - С. 205 - 218.

УДК 378.147.88:372.853

РАЗНОМАСШТАБНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ В МАЛЫХ ГРУППАХ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ В СЕЛЬХОЗВУЗАХ

Рассказов Андрей Васильевич, старший преподаватель кафедры физики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Попов Александр Иванович, доцент кафедры физики, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Аннотация. Проведен анализ индивидуальной самосознательной работы студента на отдельном дистанционном занятии по дисциплине «Физика» в сельхозвузах, по сравнению, с работой в малой группе. Обсуждается модель разномасштабного подхода в образовании.

Ключевые слова: разномасштабный анализ, самосознательный подход, работа в малой группе, мультимедийная лабораторная работа, интерактивная технология, информационная модель.