

Для анализа полной мощности мы используем следующие параметры задачи:  $k_{\omega} a = 0,1$ ;  $\sigma_1 = 1$ ;  $\sigma_2 = -0,5$ ;  $\varphi_{in}^{(1)} = 0,5$  рад;  $\varphi_{in}^{(2)} = 0,5$  рад, при этом варьируя  $\gamma$  и  $\eta$  ( $|\eta|$  и  $\arg \eta$ ). Для исследования влияния свободных параметров на поведение функции  $W_{2\omega}$  построим графики  $W_{2\omega}(\gamma, |\eta|)$  и  $W_{2\omega}(|\eta|, \arg \eta)$  отдельно для нескольких значений третьего изменяемого параметра. Это позволит выявить тенденцию влияния каждой из трех переменных в отдельности. Аналогичный анализ проведем для различных видов тензора диэлектрической восприимчивости  $\chi_{ijk}^{(2)}$ .

## Литература

1 Толкачёв, А. И. Оптимизация эффективности генерации второй гармоники–суммарной частоты в тонком сферическом слое / А. И. Толкачёв, В. Н. Капшай, А. А. Шамына // V Международная научная конф., посвященная академику Б. В. Бокутю, Гомель, 14–16 ноября 2018 г. / ГГУ имени Ф. Скорины; редкол.: Д. Л. Коваленко [и др.]. – Гомель, 2018. – Ч. 1. – С. 126–132.

2 Толкачёв, А. И. Генерация второй гармоники от тонкого сферического слоя при наличии двух источников / А. И. Толкачёв, В. Н. Капшай // Актуальные вопросы физики и техники: Материалы VII Респ. научной конф. студентов, магистрантов и аспирантов, Гомель, 25 апреля 2018 г. / ГГУ имени Ф. Скорины; редкол.: Д. Л. Коваленко [и др.]. – Гомель, 2018. – Ч. 1. – С. 287–290.

**А. А. Шкаль**

*Науч. рук. А. В. Семченко*

*канд. физ.-мат. наук, доцент*

## СИНТЕЗ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ ПОРОШКОВ И ПЛЕНОК СОСТАВА $\text{BiFeO}_3$

Необходимость получения функциональных материалов, обладающих контролируемыми характеристиками, является причиной исследовательского интереса, проявляемого к сложным оксидам переходных металлов с перовскитоподобной структурой. Известно, что ферроики обладают уникальными свойствами, такими как усиление намагничивания и связи между ферромагнитными и сегнетоэлектрическими параметрами вблизи границ фаз [1]. Контролируемость функциональных параметров может быть достигнута, в частности, за счет использования золь-гель метода, обеспечивающего требуемые свойства путем изменения химического состава, структурных параметров и управления дефектностью и стехиометрией соединений.  $\text{BiFeO}_3$  со структурой перовскита представляет интерес для последующего создания устройств записи информации высокой плотности (MRAM), магнитных сенсоров, электрически переключаемых постоянных магнитов и др. Известно, что  $\text{BiFeO}_3$  (BFO) имеет ромбоэдрическую структуру перовскита, описываемую пространственной группой  $R_{3c}$ . BFO характеризуется сегнетоэлектрическим упорядочением при высокой температуре Кюри (1103 К) и антиферромагнитным упорядочением G-типа с температурой магнитного перехода 643 К. Керамика состава BFO была исследована авторами [2–3]. Электрические свойства ромбоэдрической фазы BFO определяются высокой проводимостью, которая связана с высокой плотностью дефектов [3–5]. Известно [6], что введение небольшой примеси (до 10 %) редкоземельного иона в состав BFO облегчает образование перовскитной фазы и, следовательно, приводит к увеличению антиферромагнитных свойств  $\text{Bi}_{0,9}\text{La}_{0,1}\text{FeO}_3$  в сравнении с  $\text{BiFeO}_3$ .

Химические методы являются перспективными для получения тонких пленок и гомогенных порошков оксидов. Для получения материалов состава  $\text{BiFeO}_3$  и  $\text{Bi}_{0,9}\text{La}_{0,1}\text{FeO}_3$  предлагается использовать золь-гель метод.

### Литература

1 Damjanovic, D. A morphotropic phase boundary system based on polarization rotation and polarization extension [Electronic resource] / D. Damjanovic // Appl J., Phys. Lett. – 2010. Vol.97. – Mode of access: <https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.3479479>. – Date of access: 04.03.2019.

2 Karpinsky, I. O., Phase coexistence in  $\text{Bi}_{1-x}\text{Pr}_x\text{FeO}_3$  ceramics / I. O. Karpinsky [et. al] // J. of Materials Science. – 2014. – Vol. 49, №20. – P. 6937–6943.

3 Arnold, D. Composition-driven structural phase transitions in rare-earth-doped  $\text{BiFeO}_3$  ceramics: a review. / D. Arnold // IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control. – 2015. – Vol. 62, №1. – P. 62–82.

4 Karpinsky, I. O., Structural and magnetic phase transitions in  $\text{Bi}_{1-x}\text{Ca}_x\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$  multiferroics / I. O. Karpinsky [et al.] // Journal of Alloys and Compounds. – 2016. – Vol. 692. – P. 955.

5 Suastiyanti, D. ARPN Synthesis of  $\text{BiFeO}_3$  nanoparticle and single phase by sol-gel process for multiferroic material / D. Suastiyanti, M. Wijaya // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2016. – Vol. 11. – P. 901–905.

6 Xu, B. Finite-Temperature Properties of Ra-re-Earth-Substituted  $\text{BiFeO}_3$  Multiferroic Solid Solutions / Xu B. [et. al] // Advanced Functional Materials. – 2014. – Vol. 25, №4 – P 552.