

Rhizobacteria (PGPR)-grass associations studies through proteomic and metabolomic approaches? *Frontiers in Sustainable Food Systems*. –2020. – V.4. – Article 607343.

3. Latkovic D., Maksimovic J., Dinic Z., Stanojkovic A., Stanojkovic-Sebic A. Article case study upon foliar application of biofertilizers affecting microbial biomass and enzyme activity in soil and yield related properties of maize and wheat grains. *Biology*. – 2020. – 9(12). – Article 452.

4. Васильченко С.А., Метлина Г.В., Лактионов Ю.В. Влияние применения биопрепаратов и микроэлементного удобрения Органомикс на урожайность зерна кукурузы на юге Ростовской области. *Зерновое хозяйство России*. – 2021. – № 5(77). – С. 81–85.

5. ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. [Электронный ресурс]. <http://docs.cntd.ru/document/1200023365> (дата обращения 09.10.2020).

УДК 621.318.1

СЕНСОРНЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Bi_{1-x}La_xFe_{1-x}Ga_xO_3$

А.А. Голикова,

А.А. Глинская, канд. хим. наук, ст. преподаватель

Г.С. Петров, канд. хим. наук, доцент

И.А. Великанова, канд. хим. наук, доцент

УО Белорусский государственный технологический университет

В настоящей работе твердофазным методом синтезированы твердые растворы $Bi_{1-x}La_xFe_{1-x}Ga_xO_3$ ($x = 0, 0.05, 0.1$). Сенсорные свойства полученных образцов исследовали на

содержание в воздухе этанола, бутанола, ацетона, диэтилового эфира, бензина АИ-92, аммиака. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования твердых растворов $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x\text{O}_3$ в качестве материалов для изготовления газовых сенсоров.

Введение. В последние годы усилился интерес к исследованию физико-химических свойств мультиферроиков на основе ферритов висмута BiFeO_3 , $\text{Bi}_2\text{Fe}_4\text{O}_9$ и др. Интерес к этим соединениям обусловлен наличием у них ценных магнитных, электрических, каталитических, сенсорных и других свойств. При этом феррит BiFeO_3 является одним из наиболее перспективных материалов, на основании которого разрабатывают новые магнитоэлектрические материалы, обладающие высокими значениями электрической поляризации и намагниченности при комнатной температуре. Связь между магнитной и электрической подсистемами, предоставляющая возможность с помощью электрического поля управлять магнитными свойствами материала и, наоборот, осуществлять модуляцию электрической поляризации магнитным полем, позволяет говорить о мультиферроиках как о возможных материалах для создания принципиально новых устройств в области информационных и энергосберегающих технологий, устройств магнитной памяти, сенсоров магнитного поля и др. приложений, а также для фундаментальных исследований [1–3].

Синтез и свойства феррита висмута BiFeO_3 исследованы достаточно широко, однако твердые растворы на его основе изучены в меньшей степени, хотя частичное замещение висмута и железа часто позволяет плавно регулировать свойства замещенных ферритов [4].

Целью настоящей работы является синтез и исследование сенсорных свойств твердых растворов состава $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x\text{O}_3$ ($x = 0, 0.05, 0.1$).

Методика исследований. Образцы синтезировали твердофазным методом из соответствующих оксидов высокой

чистоты. Сенсорные свойства определяли на толсто пленочных образцах с использованием серебряных контактов. Из синтезированных порошков ферритов висмута методом трафаретной печати получали толстые пленки соответствующего состава, нанесенные на подложки из титаната-цирконата лантана-кальция, который имел сходный коэффициент термического линейного расширения с наносимыми материалами. Подбор подложек со сходным коэффициентом термического линейного расширения необходим для предотвращения растрескивания и разрушения пленки вследствие разного теплового расширения пленки и подложки. Из порошков ферритов висмута, тщательно растертых в этаноле, готовили массу, которую наносили на подложки. Затем подложки высушивали на воздухе при комнатной температуре и далее спекали на воздухе при 1123 K в течение 2 часов. На полученные пленки наносили серебряные контакты (из взвеси серебра в изоамилацетате). Газочувствительный элемент (слой) датчика обычно имел ширину 5-7 мм, длину 10-12 мм. Его толщина не превышала 0,5 мм. Объем измерительной ячейки составлял порядка 140 см^3 , ячейку помещали в трубчатую печь сопротивлений. Сенсорные свойства оценивали по величине разницы электрических сопротивлений толстых пленок, измеренных на воздухе ($R_{\text{воздух}}$) и в воздушной среде, содержащей определенное количество паров соответствующих веществ ($R_{\text{газ}}$): $S = ((R_{\text{газ}} - R_{\text{воздух}}) / R_{\text{воздух}}) \cdot 100\%$. Были исследованы сенсорные свойства полученных образцов на содержание в воздухе паров этанола, бутанола, ацетона, диэтилового эфира, бензина АИ-92, аммиака.

Результаты исследований. Полученные температурные зависимости величины отклика на содержание паров в воздухе проходят через четко выраженный максимум. Максимальные значения откликов на присутствие в воздухе паров различных жидкостей для толстой пленки $Bi_{0,95}La_{0,05}Fe_{0,95}Ga_{0,05}O_3$ (рис.1) находятся в интервале значений $650 - 750\text{ K}$, что близко к температуре Нееля ($T_N = 628\text{ K}$) для этого же состава [4], которая

соответствует переходу антиферромагнитной фазы в парамагнитную.

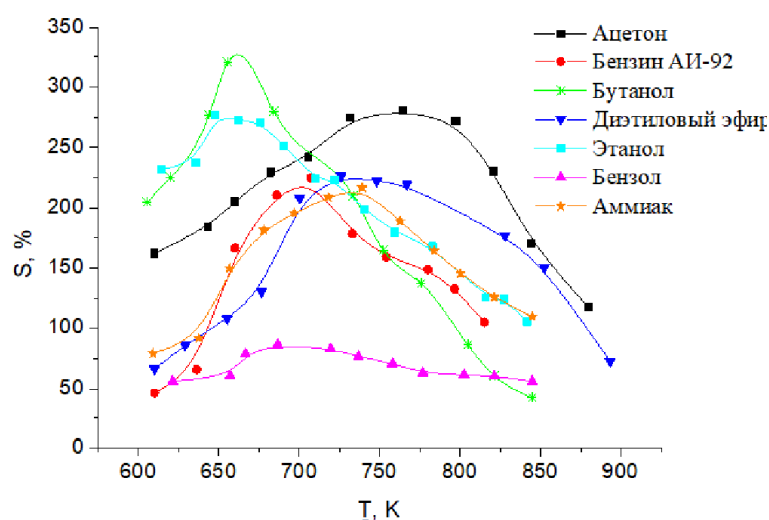


Рис. 1. Зависимость величины отклика толстой пленки на основе $Bi_{0,95}La_{0,05}Fe_{0,95}Ga_{0,05}O_3$ от температуры на пары различных веществ

Чувствительность толстой пленки на основе $BiFeO_3$ была незначительной по сравнению с толстой пленкой на основе феррита-галлата висмута, лантана $Bi_{0,95}La_{0,05}Fe_{0,95}Ga_{0,05}O_3$. Это, вероятно, связано с тем, что феррит $BiFeO_3$ обладал большим сопротивлением по сравнению с ферритом-галлата висмута, лантана (измерения удалось провести, начиная с $T > 740 K$), а максимальные отклики, вероятно, были при более низких температурах. В таблице представлены величины откликов толстой пленки $BiFeO_3$ на содержание различных паров жидкостей в воздухе.

Были проведены также исследования влияния концентрации паров различных жидкостей на величину отклика при температурах, соответствующих максимумам и близким к максимумам на зависимостях $S = f(T)$. При небольших концентрациях паров жидкостей зависимость $S = f(C)$ является почти прямолинейной, а величина отклика сильно увеличивается с ростом концентрации паров. При более высоких концентрациях паров рост величины отклика замедляется.

Таблица. Величина отклика S толстой пленки на основе $BiFeO_3$ на присутствие паров различных жидкостей в воздухе при температуре 740 К

Жидкость	Эта- нол	Ацетон	Бензин	Бутанол	Диэтиловый эфир
Отклик S , %	50	105	111	60	90
Концентрация паров, C , ppm	2680	10140	1235	330	2300

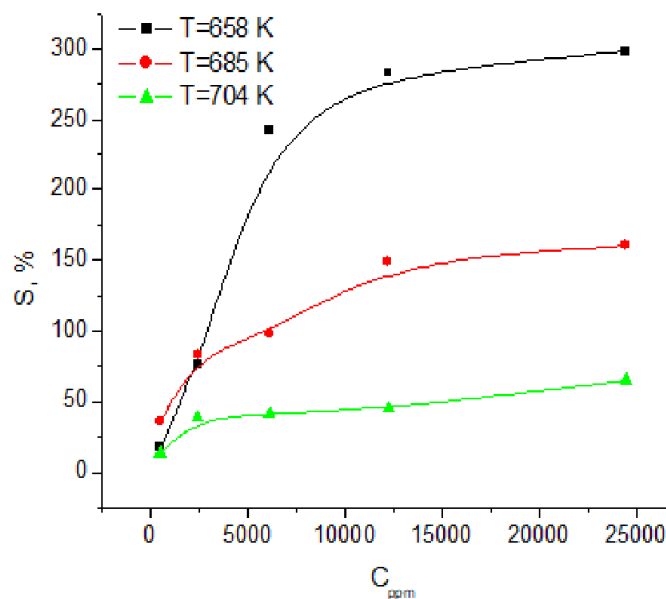


Рис. 2. Зависимость величины отклика толстой пленки на основе $Bi_{0,9}La_{0,1}Fe_{0,9}Ga_{0,1}O_3$ от концентрации паров бензина в воздухе

Выводы. На основании полученных данных можно сделать вывод, что все образцы обладали заметной сенсорной чувствительностью, особенно феррит-галлат висмута, лантана $Bi_{0,95}La_{0,05}Fe_{0,95}Ga_{0,05}O_3$, даже при концентрациях паров в воздухе существенно ниже нижнего концентрационного предела воспламенения, что позволит их использовать в качестве материалов, пригодных для изготовления химических сенсоров газов. Сенсоры на основе этих ферритов висмута могут устанавливаться в промышленных помещениях для обнаружения присутствия в них опасных концентраций исследованных паров жидкостей.

Следует заметить, что исследованные ферриты висмута обладают хорошими сенсорными свойствами даже без катализаторов, введение которых, вероятно, сможет повысить сенсорную чувствительность данных материалов. Заметим также, что максимум на температурных зависимостях сенсорных свойств всех исследованных ферритов висмута проявляется именно в области температур перехода из антиферромагнитной фазы в парамагнитную, т.е. около температуры Нееля.

Библиографический список

1. Catalan G., Scott J.F. // Adv. Mater. – 2009. – V. 21. – P. 2463–2485.

2. Звездин А.К., Пятаков А.П. Фазовые переходы и гигантский магнитоэлектрический эффект в мультиферроиках // Успехи физических наук. 2004. – Т. 174. – № 4. – С. 465–470.

3. Пятаков А.П., Звездин А.К. Магнитоэлектрические материалы и мультиферроики // Успехи физических наук. 2012. – Т. 182. – № 6. – С. 593–620.

4. Затюпо А.А. Физико-химические свойства твердых растворов на основе феррита висмута и кобальтитов, галлатов лантана, самария со структурой перовскита: дис. ... канд. хим. наук: 02.00.21, 02.00.04. Минск, 2013. –190 с.

УДК 665.585.52

РАЗРАБОТКА СУХОГО ШАМПУНЯ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

А.В. Головчиц,

Е.А. Флюрик, канд. биол. наук, доцент

УО «Белорусский государственный технологический университет»

Очевидно, что здоровая кожа головы является предпосылкой для здоровых и красивых волос. Поэтому важным направлением является разработка новой рецептуры сухого