

На основании полученных данных можно заключить, что взаимодействие нового синтетического АМП 3967 медицинской пиявки *Hirudo Medicinalis* с нейтрофилами приводит к увеличению внутриклеточной концентрации свободных ионов кальция в цитозоле, а также вызывает изменение трансмембранного потенциала клеток, при этом природа наблюдаемой гиперполяризации может заключаться в токе ионов K^+ во внеклеточную среду, что требует дальнейшего уточнения. Данные результаты являются перспективными для разработки новых лекарственных соединений на основе АМП.

Список литературы

1. Medicinal leech antimicrobial peptides lacking toxicity represent a promising alternative strategy to combat antibiotic-resistant pathogens / E. N. Graftskaia [et al.] // Eur. J. Med. Chem. – 2019. – Vol. 180. – P. 143–153.
2. Влияние антимикробных пептидов медицинской пиявки *Hirudo medicinalis* на функциональную активность нейтрофилов / И. В. Горудко [и др.] // Современные проблемы медицинской биохимии. – 2022. – № 3. – С. 57–61.
3. Penna, A. Ca^{2+} -Dependent Hyperpolarization Enhances Intracellular Ca^{2+} Signaling Induced by fMLF in Differentiated U937 Cells / A. Penna, A. Stutzin // PLoS One. – 2015. – Vol. 10. – P. 1–13.
4. Petheo, G. L. Voltage- and NADPH-dependence of electron currents generated by the phagocytic NADPH oxidase / G. L. Petheo, N. Demareux // Biochem. – 2005. – Vol. 388. – P. 485–491.
5. Brechard, S. Regulation of superoxide production in neutrophils: role of calcium influx / S. Brechard, E. J. Tschirhart // J. of Leukocyte Biology. – 2008. – Vol. 84. – P. 1223–1231.

In this work we present that the interaction of a new synthetic antimicrobial peptide (AMP) 3967 of a medical leech with neutrophils leads to an increase in the intracellular concentration of free calcium ions in the cytosol, as well as to hyperpolarization of the plasma membrane of neutrophils. We made assumptions concerning the mechanism of AMP effects on neutrophil activity.

Живолковская Анастасия Дмитриевна, студентка 4 курса физического факультета Белорусского государственного университета, Минск, Республика Беларусь, anzh2204@gmail.com.

Григорьева Дарья Владимировна, кандидат биологических наук, доцент, Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь, dargr@tut.by.

Горудко Ирина Владимировна, кандидат биологических наук, доцент, Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь, irinagorudko@gmail.com.

Научные руководители – *Горудко Ирина Владимировна*, кандидат биологических наук, доцент, Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь, irinagorudko@gmail.com.

Григорьева Дарья Владимировна, кандидат биологических наук, доцент, Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь, dargr@tut.by.

УДК 544.22+537.31/.32

Я. Ю. ЖУРАВЛЁВА

ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА ДВОЙНЫХ ПЕРОВСКИТОВ



Керамическим методом получены твердые растворы $\text{NdBa}_{1-x}\text{Ca}_x\text{FeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$ ($0,00 \leq x \leq 0,40$), изучены их структура и электротранспортные свойства. Материалы являются полупроводниками p -типа, электропроводность которых уменьшается, а коэффициент термо-ЭДС возрастает с ростом x . Увеличение степени замещения бария кальцием приводит к уменьшению концентрации носителей заряда («дырок») и росту их подвижности в фазах $\text{NdBa}_{1-x}\text{Ca}_x\text{FeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$.

Слоистые кислороддефицитные двойные перовскиты $\text{LnBaMe}'\text{Me}''\text{O}_{5+\delta}$ ($\text{Ln}-\text{Y}$, редкоземельный элемент (РЗЭ), Me' , Me'' – $3d$ -металл) обладают комплексом уникальных свойств, включая высокие значения электропроводности и термо-ЭДС, и содержат в своей структуре лабильный (слабосвязанный) кислород, поэтому могут быть использованы в качестве функциональных материалов различного назначения: высокотемпературных оксидных термоэлектриков, электродных материалов для твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ), материалов для рабочих элементов полупроводниковых химических газовых сенсоров, катализаторов окисления углеводородов и др. [1, 2]. Электротранспортные характеристики керамики на основе слоистых перовскитов могут быть улучшены за счет частичного замещения ионов металлов в ее структуре. В данной работе изучено влияние частичного изовалентного замещения бария кальцием в $\text{NdBa}(\text{Fe}, \text{Co}, \text{Cu})_2\text{O}_{5+\delta}$ на электротранспортные свойства этой фазы.

Образцы твердых растворов $\text{NdBa}_{1-x}\text{Ca}_x\text{FeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$: $x = 0,00$; $0,05$, $0,10$, $0,40$ были получены по керамической технологии из Nd_2O_3 (НО-Л), BaCO_3 (ч.), CaCO_3 (ч.), Fe_2O_3 (ос.ч.), CuO (ч.д.а.), Co_3O_4 (ч.), которые смешивали в среде этилового спирта при помощи мельницы Pulverizette 6.0 (Fritsch), прессовали и отжигали на воздухе 40 ч при 1173 К. Спеченные образцы после повторного помола прессовали и спекали на воздухе при температуре 1273 К в течение 9 часов.

Идентификацию образцов проводили с помощью рентгенофазового анализа (РФА, дифрактометр Bruker D8 XRD Advance, $\text{CuK}\alpha$ -излучение) и ИК-спектроскопии поглощения (ИК-Фурье спектрометр Nexus, Thermo Scientific). Значения кажущейся плотности образцов определяли по их геометрическим размерам. Исследование термической стабильности производили на воздухе (300–1100 К, 5 °С/мин., термоаналитическая система TGA/DSC-1/1600 HF). Удельную электропроводность и коэффициент термо-ЭДС керамики определяли на воздухе в интервале температур 300–1100 К. До измерений электрических свойств на поверхности образцов формировали серебряные электроды путем вжигания серебряной пасты при 1100 К в течение 5 мин.

По результатам РФА установлено, что исследуемые образцы были однофазными и имели характерную для слоистых перовскитов тетрагональную структуру (пр. гр. симм. $P4/mmm$). Параметры элементарной ячейки фаз и энергии металл-кислородных взаимодействий в их структуре с ростом x изменялись незначительно. Согласно результатам термического анализа, выделение слабосвязанного кислорода (δ) из образцов начиналось при $T = 650\text{--}730$ К, причем величина потери массы уменьшалась с ростом x . Значения кажущейся плотности керамики были близки, за исключением состава $x = 0,05$, характеризующегося наибольшей пористостью (табл.).

Исследованные материалы представляют собой полупроводники p -типа, причем для составов $x = 0,00, 0,05$ характер проводимости при 725–735 К изменялся на металлический, что сопровождалось возрастанием коэффициента термо-ЭДС (рис. 1а, б) и было обусловлено выделением из образцов слабосвязанного кислорода. Максимум на зависимостях $S = f(T)$ для составов $x = 0,10, 0,40$ вблизи 410–415 К обусловлен, по всей видимости, изменением спинового состояния ионов кобальта в структуре этих фаз [3]. Увеличение степени замещения бария кальцием приводило к снижению удельной электропроводности и возрастанию коэффициента термо-ЭДС твердых растворов $\text{NdBa}_{1-x}\text{Ca}_x\text{FeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$ (рис. 1в, з).

Рассчитанные по уравнениям $\sigma_0 = (A/T) \cdot \exp(-E_\sigma/kT)$, $S = (k/e)(-E_S/kT + B)$ и $E_\sigma = E_S + E_m$ значения параметров электропереноса (E_σ , E_S , E_m) приведены в таблице.

Таблица – Значения кажущейся плотности ($\rho_{\text{каж}}$) и параметров электропереноса (E_σ , E_S , E_m , E_n) твёрдых растворов $\text{NdBa}_{1-x}\text{Ca}_x\text{FeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$

x	$\rho_{\text{каж}}$, Г/см ³	E_σ , эВ	E_S , эВ	E_m , эВ	E_n , эВ
0.00	6,17	0.254	0.048	0.206	0,348
0.05	4,96	0.213	0.049	0.164	0,306
0.10	6,20	0.194	0.042	0.152	0,388

На основании полученных значений удельной электропроводности и коэффициента термо-ЭДС по методике [4] были рассчитаны значения взвешенной подвижности носителей заряда (μ_v), а при помощи уравнения $\sigma = e \cdot n \cdot \mu_v$ (e – заряд электрона) – значения концентрации носителей заряда («дырок») (n) в фазах $\text{NdBa}_{1-x}\text{Ca}_x\text{FeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$. Установлено, что в интервале температур 400–1000 К значения μ_v изменялись в пределах 0,2–1,5 см²/(В·с), уменьшались при возрастании температуры и увеличивались при замещении бария кальцием (рис. 2а, в). Концентрация носителей заряда в $\text{NdBa}_{1-x}\text{Ca}_x\text{FeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$ в том же интервале температур изменялась в пределах $(6\text{--}270) \cdot 10^{19}$ см⁻³, возрастала при увеличении температуры и снижалась при увеличении степени замещения бария кальцием (рис. 2б, з). Рассчитанные из зависимостей $n = f(T)$ значения энергии активации носителей заряда (E_n) изменялись в пределах 0,306–0,388 эВ (табл.).

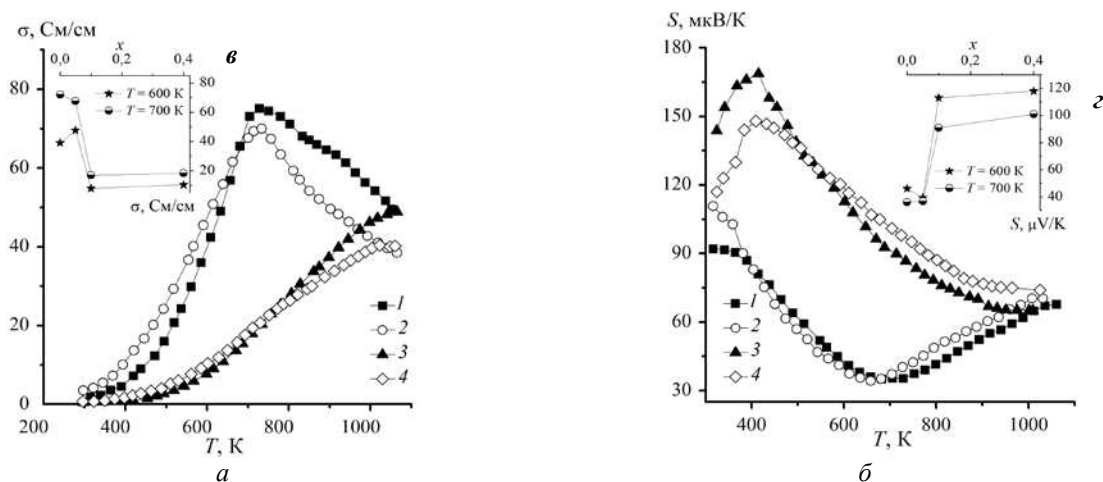


Рисунок 1 – Температурные (а, б) и концентрационные (в, з) зависимости удельной электропроводности (а, в) и коэффициента термо-ЭДС (б, з) керамики состава $\text{NdBa}_{1-x}\text{Ca}_x\text{FeCo}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$: $x = 0,00$ (1); $0,05$ (2); $0,20$ (3); $0,40$ (4)

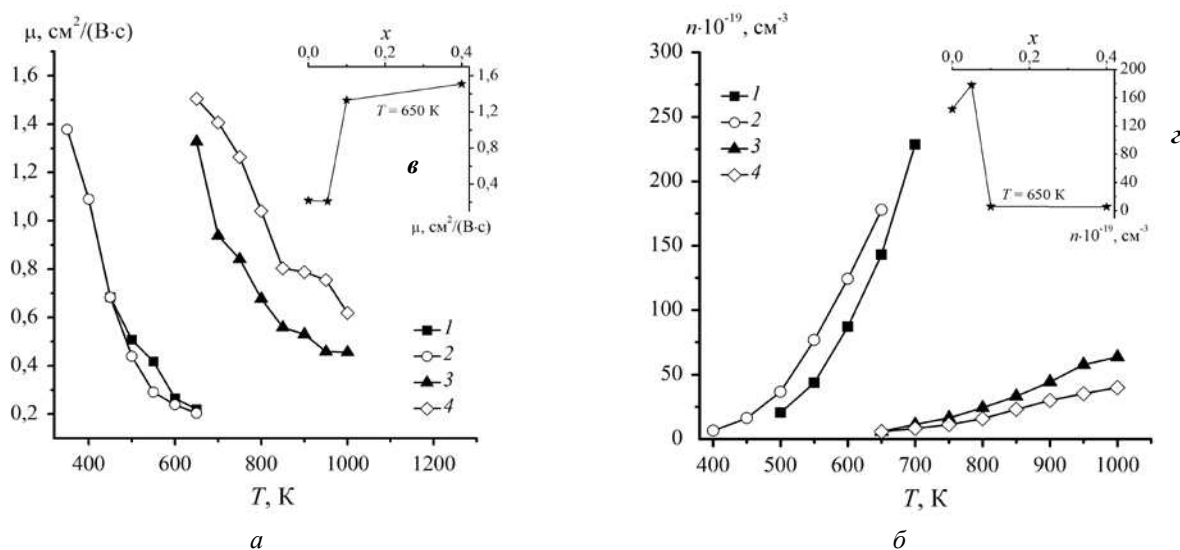


Рисунок 2 – Температурные (а, б) и концентрационные (в, з) зависимости взвешенной подвижности (а, в) и концентрации носителей заряда (б, з) керамики состава $\text{NdBa}_{1-x}\text{Ca}_x\text{FeCo}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$: $x = 0,00$ (1); $0,05$ (2), $0,10$ (3), $0,40$ (4)

Список литературы

1. Klyndyuk, A. I. Layered Oxygen-Deficient Double Perovskites as Promising Cathode Materials for Solid Oxide Fuel Cells / A. I. Klyndyuk, E. A. Chizhova, D. S. Kharytonau, D. A. Medvedev // *Materials*. – 2022. – Vol. 15, № 1. – P. 141.
2. Сенсорные и каталитические свойства твердых растворов на основе YBaCuFeO_5 / Е. А. Чижова [и др.] // *Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 26–28 нояб. 2003 г.* – Минск: БГТУ, 2003. – С. 317–319.
3. Клындюк, А. И. Синтез и свойства $\text{LnBaFeCoO}_{5+\delta}$ (Ln – Nd, Sm, Gd) / А. И. Клындюк, Е. А. Чижова // *Неорганические материалы*. – 2013. – Т. 49, № 3. – С. 326–332.
4. Weighted Mobility / G. J. Snyder [et al.] // *Adv. Mater.* – 2020. – Vol. 35. – P. 200153.

$\text{NdBa}_{1-x}\text{Ca}_x\text{FeCo}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$ ($0,00 \leq x \leq 0,40$) solid solutions were synthesized using ceramic method, their structure and electrotransport properties were studied. The synthesized materials were *p*-type semiconductors, which electrical conductivity decreased, but thermo-EMF coefficient increased with *x* increasing. An increase of substitution degree of barium by calcium lead to a decrease in the concentration of charge carriers («holes») and an increase in their mobility in $\text{NdBa}_{1-x}\text{Ca}_x\text{FeCo}_{0,5}\text{Co}_{0,5}\text{O}_{5+\delta}$ double perovskites.

Журавлёва Яна Юрьевна, магистрант, Белорусский государственный технологический университет, Минск, Республика Беларусь, ya.yu.zhuravleva@mail.ru.

Научный руководитель – Клындюк Андрей Иванович, кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры физической, коллоидной и аналитической химии Белорусского государственного технологического университета, Минск, Республика Беларусь, klyndyuk@belstu.by.

УДК 37.016:53

М. Д. ЗАВАДСКИЙ

ДИДАКТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕРАКТИВНОЙ ПРЕЗЕНТАЦИИ В ПРОЦЕССЕ РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Раскрыто понятие презентации, мультимедийной презентации, интерактивной презентации. Описаны дидактические возможности использования интерактивной презентации в процессе решения физических задач. На примере решения задачи по разделу «Электростатика» показаны преимущества и особенности использования интерактивной презентации при объяснении способа расчета результирующей силы, действующей на заряд со стороны системы зарядов.

В процессе обучения физике важное место занимает решение задач. Решение задач позволяет формировать у обучающихся глубокое понимание сущности физических понятий и явлений, формировать умения и навыки применять физические законы к описанным в задаче ситуациям, а также развивать аналитическое мышление [1]. Эффективным средством обучения решению физических задач может выступить интерактивная презентация. Несмотря на осознание методической значимости использования презентаций в