

нения, тем самым предотвращая его проникновение в функциональные материалы ТОТЭ. В настоящее время известны защитные покрытия на основе оксидов редкоземельных и 3d-металлов со структурой шпинели и перовскита.

В данной работе разработана методика нанесения электропроводящего оксидного защитного покрытия путем электроосаждения слоя La и 3d-металлов Mn, Co, Cu, Ni из неводных растворов с последующей термообработкой при 950-1100 °С в воздушной среде [1]. Выбор компонентов, способных защитить поверхность стали-интерконнектора, был основан на термодинамическом расчете в программе HSC Chemistry 9.

Исследование микроструктуры, сплошности и толщины получаемых покрытий было проведено методом растровой электронной микроскопии при помощи автоэмиссионного электронного микроскопа TESCAN MIRA 3 LMU (TESCAN, Чехия). Толщина получаемого покрытия составляет 1-10 мкм.

Фазовый состав покрытий исследован методом рентгенофазового анализа.

Измерение удельного сопротивления образцов стали (с покрытием и без покрытия) проводили 4-зондовым методом с помощью цифрового мультиметра Agilent Keysight 34401A (Keysight Technologies, США). Показано, что наносимые покрытия обладают высокой электропроводностью и стабильностью.

1. Заявка на патент № 2016139988 Российская Федерация. Электрохимический способ нанесения электропроводящего оксидного защитного покрытия интерконнектора / Ананьев М.В., Еремин В.А., Солянкин А.А. и др. Дата приоритета 12.10.2016.

## **ОСОБЕННОСТИ РАСТВОРЕНИЯ ВОДОРОДА В ПРОТОНПРОВОДЯЩИХ ОКСИДАХ СО СТРУКТУРОЙ ПЕРОВСКИТА**

*Фарленков А.С.<sup>(1,2)</sup>, Ананьев М.В.<sup>(1,2)</sup>, Поротникова Н.М.<sup>(1,2)</sup>,  
Тропин Е.С.<sup>(1,2)</sup>, Кузьмин А.В.<sup>(1,2)</sup>, Курумчин Э.Х.<sup>(1)</sup>*

<sup>(1)</sup> Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН

620137, г. Екатеринбург, ул. Академическая, д. 20

<sup>(2)</sup> Уральский федеральный университет

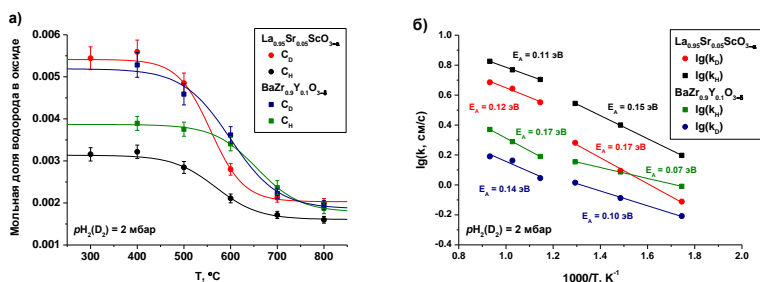
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

Оксидные протонпроводящие электролиты являются перспективными функциональными материалами для электрохимических

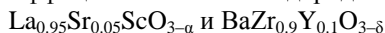
устройств распределенной и водородной энергетики. При контакте с водородсодержащей газовой фазой протонпроводящие оксидные материалы растворяют водород (и/или воду), в результате чего в них появляется протонная проводимость. Использование протонных электролитов позволит повысить энергоэффективность электрохимических устройств.

Известно, что наиболее высокой протонной проводимостью обладают материалы со структурой перовскита, к которым относятся оксиды на основе  $\text{LaScO}_3$  и  $\text{BaZrO}_3$ . В работе методом изотопного обмена водорода исследована кинетика обмена водорода с данными протонпроводящими оксидными материалами в температурном диапазоне 300–800 °С и давлении водорода  $p_{\text{H}_2(\text{D}_2)} = 2\text{--}20$  мбар.

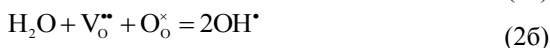
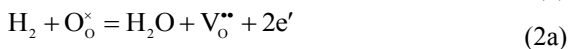
Рассчитаны концентрации изотопов водорода в оксидах  $\text{La}_{0,95}\text{Sr}_{0,05}\text{ScO}_{3-\alpha}$  и  $\text{BaZr}_{0,9}\text{Y}_{0,1}\text{O}_{3-\delta}$ , рисунок 1а, и коэффициенты обмена изотопов водорода с поверхностью исследуемых соединений, рисунок 1б. Обнаружены термодинамические и кинетические изотопные эффекты растворимости водорода (см. рисунок).



Температурные зависимости (а) мольной доли протия и дейтерия и (б) коэффициентов обмена водорода оксидов



Для оксида  $\text{BaZr}_{0,9}\text{Y}_{0,1}\text{O}_{3-\delta}$  установлено существование двух механизмов инкорпорирования протонов и дейтеронов: один процесс протекает при инкорпорировании "сухого" водорода  $\text{H}_2$  ( $\text{D}_2$ ), уравнение (1); второй – по "классическому" механизму инкорпорирования через стадию образования  $\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{D}_2\text{O}$ ), уравнения (2а) и (2б). В случае с  $\text{La}_{0,95}\text{Sr}_{0,05}\text{ScO}_{3-\alpha}$  реализуется механизм, согласно уравнению (1).



Вопросы электронной компенсации заряда, согласно уравнениям (1) и (2а), на данный момент остаются открытыми и требуют отдельного рассмотрения с привлечением физических методов исследования.

*Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ (проект № 16-13-00053) и РФФИ (проект № 16-08-01139) с использованием оборудования ЦКП «Состав вещества».*

## **ЛОКАЛЬНАЯ СТРУКТУРА И ПРОЦЕССЫ ГИДРАТАЦИИ ГАЛОГЕН-ЗАМЕЩЕННЫХ ПЕРОВСКИТОВ НА ОСНОВЕ НИОБАТА БАРИЯ – КАЛЬЦИЯ**

*Галишева А.О., Тарасова Н.А., Анимица И.Е.*

Уральский федеральный университет  
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

В последние годы активно исследуются высокотемпературные протонные проводники, имеющие перспективы использования в электрохимических приборах, таких, как газовые сенсоры или топливные элементы. Примером таких проводников с достаточно высокими значениями электропроводности могут служить соединения со структурой перовскита или производной от неё. Наличие в данных фазах вакансий кислорода обуславливает возможность взаимодействия с парами воды, что приводит к появлению протонной проводимости.

В настоящее время наиболее изученными ионными проводниками являются перовскитоподобные оксиды, такие как цераты и цирконаты щелочноземельных металлов, где некомплектность кислородной подрешетки задается введением акцепторного допанта. Существует другой тип протонных проводников – сложные оксиды с природной некомплектностью подрешетки кислорода (фазы со структурной разупорядоченностью). Одним из примеров протонных проводников данного типа является ниобат бария-кальция, характеризующийся кубической структурой двойного перовскита. В сухой атмосфере фаза проявляет преимущественно кислородно-ионную проводимость, а во влажной атмосфере при температуре ниже 500°C – протонную проводимость. Научный интерес представляет модифицирование данной матрицы с целью оптимизации его транспортных свойств.

В работе методом твердофазного синтеза получены галоген-замещенные сложные оксиды на основе  $\text{Ba}_2\text{CaNbO}_{5.5}[\text{VO}]_{0.5}$ . Проведена их рентгенографическая аттестация, выполнен анализ особенностей локальной структуры. Методами термогравиметрии доказана способность