DOI: 10.17117/na.2015.08.1137

Поступила (Received): 13.08.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.08.1137.pdf>

Рахимбеков А.Ж., Нурбосынова Г.С, Садуакасова Р.А. Оксидный датчик кислорода

Rakhymbekov A.Zh., Nurbosynova G.S, Saduakasova R.A.
Oxidic sensor of oxygen

Создание на основе твердых оксидных суперионных проводников или твердоэлектролитных датчиков (первичных преобразователей) и систем контроля и автоматизации – одно из интенсивно развивающихся направлений прикладной физики твердого тела. Именно в этом направлении на сегодняшний день достигнут наиболее осязаемые практические результаты. Твердоэлектролитные датчики успешно конкурируют с другими типами первичных преобразователей и находят все более широкое практическое использование. Обусловлено это тем, что эти датчики обладают целым рядом преимуществ и часто позволяют решать такие практические задачи, которые другими средствами реально решить не удастся

Ключевые слова: твердый, ионный, датчик кислорода, катод, анод

Creation on the basis of firm oxidic superionic conductors or solid-electrolyte sensors (primary converters) and monitoring systems and automation – one of intensively developing directions of applied physics of a solid body. In this direction will reach the most tangible practical results today. Solid-electrolyte sensors successfully compete with other types of primary converters and find more and more wide practical use. It is caused by that these sensors possess a number of advantages and often allow to solve such practical problems which other means really don't manage to be solved

Key words: firm, ionic, oxygen sensor, cathode, anode

Рахымбеков Айтбай Жапарович

Кандидат физико-математических наук,
профессор, заведующий кафедрой
Жетысуский государственный университет им. И.
Жансугурова
г. Талдыкорган, ул. Жансугурова, 187 А

Rakhymbekov Aytbay Zhaparovich

Candidate of Physico-mathematical Sciences,
Professor, Head of Department
Zhetysusky state university named I. Zhansugurov
Taldykorgan, Zhansugurov st., 187 A

Нурбосынова Гульмира Сулейменовна

Магистр, старший преподаватель
Жетысуский государственный университет им. И.
Жансугурова
г. Талдыкорган, ул. Жансугурова, 187 А

Nurbosynova Gulmira Suleymenovna

Master, Senior teacher
Zhetysusky state university named I. Zhansugurov
Taldykorgan, Zhansugurov st., 187 A

Садуакасова Роза Абылкаковна

Магистр, старший преподаватель
Жетысуский государственный университет им. И.
Жансугурова
г. Талдыкорган, ул. Жансугурова, 187 А

Saduakasova Roza Abylkakovna

Master, Senior teacher
Zhetysusky state university named I. Zhansugurov
Taldykorgan, Zhansugurov st., 187 A

Современная техника физического эксперимента, а также технология полупроводниковых и других материалов заинтересованы в развитии методов дозирования кислорода [1].

В этом отношении перспективны материалы на основе оксидов IV В – примесные твердые оксидные ионные проводники (ТОИП), называемые также высокотемпературными или твердыми оксидными электролитами. Они отличаются исключительно кислородноионным переносом в широком диапазоне температур T , и парциальных давлений кислорода P . Высокотемпературную кубическую с решеткой флюорита модификацию диоксида циркония ZrO_2 стабилизируют во всем диапазоне температур добавлением катионов меньшей валентности. Недостаток заряда компенсируется активными вакансиями, по ним осуществляется перенос анионов кислорода O^{2-} .

Твердый раствор $ZrO_2 + 12 \text{ мол. \% CaO}$ при $T = 1000^\circ\text{C}$ имеет удельную электропроводность $\sigma = 5,5 \cdot 10^{-2} (\text{Ом см})^{-1}$ и сохраняет ионную долю электропроводности $t_{\text{и}} \geq 0,99$ вплоть до парциального давления кислорода $P = 10^{-20}$ атм. При меньших давлений P , часть кислорода покидает решетку, заряд компенсируется электронами, растет электронная составляющая проводимости, материал электролита деградирует «восстанавливается» [2].

На электродах перегородки из такого материала, разделяющий объемы с $P' > P_x$, существует электродвижущая сила (ЭДС) E :

$$E = \frac{RT}{4F} \cdot \ln \frac{P'}{P_x} \quad (1)$$

(здесь R – универсальная газовая постоянная, F – число Фарадея, T – температура окружающей среды, P' – парциальное давление кислорода в окружающей атмосфере равно $0,21 \cdot 10^5$ Па, P_x – искомое давление кислорода). Это явление используют в топливных элементах, термодинамических исследованиях, газовом анализе.

Развитие получил кислородный насос (КН) – устройство дозирования кислорода в газовом потоке (рис.1). Пропуская через такую перегородку ток от внешнего источника, дозируют кислород в одном из объемов. В этом состоит принцип кислородного насоса. В случае дозирования кислорода в газовом потоке перегородкой служит стенка трубки, которая с одной парой электродов образует качающую КС, с другой – измерительную секцию (КС и ИС). По трубке со скоростью v пропускают инертный газ с концентрацией кислорода P' . Значение P на выходе кислородного насоса (КН) зависит от величины тока I в цепи КС:

$$I = \frac{RT}{r4F} \cdot \ln \frac{P'}{P_x} \quad (2)$$

где r – сопротивление перегородки или стенки трубки кислородного насоса.

Рис. 1

Определяют P_0 по величине E , измеряемой на электродах измерительной секции ИС:

$$P_0 = P^I \exp(-4FE / RT) \quad (3)$$

(здесь P^I – концентрация, или парциальное давление кислорода вне трубки равное $0.21 \cdot 10^5 \text{ Па}$) [3].

Исследована теоретическая входная характеристика (ВХ) идеализированного устройства в предположении, что ТОСП сохраняет исключительно кислородно-ионную проводимость при всех условиях, в том числе при сколь угодно малых концентрациях кислорода в газе. В области глубокой откачки она кончается вертикальным участком при токе насыщения когда носители поставляемые входным газовым потоком, полностью израсходованы, дальнейшее увеличение тока через КС невозможно.

$$I_H = \lim_{p \rightarrow 0} I = p_0 \vartheta(4F / RT) \quad (4)$$

Создание на основе твердых оксидных суперионных проводников или твердоэлектролитных датчиков (первичных преобразователей) и систем контроля и автоматизации – одно из интенсивно развивающихся направлений прикладной физики твердого тела. Именно в этом направлении на сегодняшний день достигнут наиболее осязаемые практические результаты.

Твердоэлектролитные датчики успешно конкурируют с другими типами первичных преобразователей и находят все более широкое практическое использование. Обусловлено это тем, что эти датчики обладают целым рядом преимуществ и часто позволяют решать такие практические задачи, которые другими средствами реально решить не удастся.

Наиболее широко используются датчики двух типов: потенциометрические и кулонометрические. Однако, предложены и начинают находить применение и датчики, в которых использованы другие принципы работы.

До недавнего времени внимание исследователей и разработчиков было сосредоточено, в основном, на высокотемпературных датчиках с оксидным электролитом, предназначенных для определения содержания кислорода или кислородного потенциала в газообразных и жидких средах, а также так называемого кислородного коэффициента твердых оксидов переменного состава [4].

Принципиальные возможности твердоэлектролитных датчиков весьма широки. Так, например датчики с кислородпроводящим оксидным электролитом типа стабилизированного диоксида циркония, позволяют определять парциальное давление кислорода в газовых средах от нескольких десятков атмосфер до 10^{-26} атм.

Однако при практическом их использовании необходимо принимать во внимание, что ошибки измерений будут зависеть от реальных условий применения датчика: интервала концентраций компонента, мешающих примесей, температуры и т.п. В случае потенциометрических датчиков особое внимание необходимо обратить на создание условий, обеспечивающих равновесие на электродах по отношению к измеряемому компоненту, на возможность диффузии компонентов в электролите.

Список используемых источников:

1. Chandra S. *Superionic Sol.* North-Holland, 1981. 885 p.
2. Salamon M.B. *Phys., Superionic Conductors.* Springer – Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1979. 364 p.
3. Укше Е.А., Букун Н.Г. *Твердые электролиты.* М.: Наука, 1977. 146 с.
4. Чеботин В.Н., Перфильев М.В. *Электрохимия твердых электролитов.* М.: Химия, 1978. 345 с.

© 2015, Рахымбеков А.Ж., Нурбосынова Г.С.,
Садуакасова Р.А.
Оксидный датчик кислорода

© 2015, Rakhymbekov A.Zh., Nurbosynova G.S.,
Saduakasova R.A.
Oxidic sensor of oxygen