ВВЕДЕНИЕ

В последние годы интенсивно ведутся исследования в области разработки энергоустановок на основе твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) с мощностью несколько киловатт [1, 2]. Результаты, полученные в последние годы, показали, что эффективность преобразования энергии в этих устройствах, если их основой служат твердые оксидные проводники с ионной проводимостью, значительно выше, чем у существующих ныне средств производства электроэнергии. Так, КПД твердооксидного топливного элемента на природном топливе достигает 60 % при уровне мощности 1 кВт, что в полтора раза выше, чем у теплоэлектростанций мощностью сотни мегаватт. Так как в топливном элементе конечным продуктом сгорания водорода является вода, то они считаются наиболее чистыми с точки зрения влияния на окружающую среду. Поэтому ТОТЭ рассматриваются в качестве основы так называемой «распределенной энергетики», которая позволит не только сэкономить энергоресурсы и отодвинуть угрозу энергетического кризиса, но значительно снизить неблагоприятное воздействие на природу.

Высокая удельная мощность, высокая эффективность и топливная гибкость ТОТЭ вызвала большой интерес к разработке микро ТОТЭ (МТОТЭ) для следующего поколения переносных и мобильных автономных источников электроэнергии. Ожидается, что МТОТЭ позволят заменить батареи и аккумуляторы для источников питания небольшого электронного оборудования, такого как переносные телефоны, ноутбуки и электронные карманные компьютеры. Предсказывается, что батареи на основе МТОТЭ будут иметь в 3 – 4 раза более высокую емкость по сравнению с традиционными Ni-металл-гидридными и Li-ионными аккумуляторами. "Микро" имеет двойное значение: с одной стороны, это показывает, что размеры ячейки топливного элемента имеют микроразмеры, в отличие от традиционных ТОТЭ. С другой стороны, это подразумевает использование технологий характерных для микроэлектронного производства схемы.

Следует отметить, что разработка МТОТЭ находится все еще в ранней стадии из-за трудности изготовления. До настоящего времени все работы в области создания МТОТЭ направлены на отработку отдельных этапов создания функциональных элементов МТОТЭ, разработку технологий управляемого формирования тонкопленочных слоев с заданными свойствами. Это связано с тем, что уменьшение толщин слоев сопровождается изменением условий зародышеобразования и формирования наноразмерных пленок, ростом влияния различных структурных несовершенств на их физико-химические свойства. Это в свою очередь влияет на структуру, стехиометрию и фазовый состав наносимых пленок.

Однако из-за высокой перспективности МТОТЭ лаборатории многих университетов и институтов мира, таких как ETH Цюрих (Швейцария), Массачуссетский технологический институт (США), ARC (Канада), NIMS (Япония), сосредоточились на исследованиях в области разработки МТОТЭ.

Поэтому на данном этапе задачей является разработка методов формирования элементов МТОТЭ, исследование влияния условий нанесения на структуру, стехиометрию и фазовый состав наносимых пленок, получение многослойных структур с низкими внутренними напряжениями. Для этого необходимо провести комплекс научных исследований, направленных на установление влияния условий ионно-плазменного нанесения на электрические, физические, структурные, фазовые характеристики наноразмерных тонких пленок анодного, катодного электродов и твердого электролита, разработать методы формирования ячеек МТОТЭ и структуры МТОТЭ. При этом каждый этап создания МТОТЭ, т.е создание несущей ячейки, нанесение слоев анода, катода, твердого электролита, будет исследоваться и оптимизироваться индивидуально, что позволит в конечном счете выйти на этап создания реальной ячейки МТОТЭ для использования в качестве миниатюрных автономных источников электроэнергии портативной аппаратуры.

1. **ПОИСК НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

Для литературного обзора по теме дипломного проекты будет использована следующая научно-техническая литература:

1. Daroukh M.Al., Vashook V.V., Ullmann H., et al. Solid State Ionics.- 2003.- Vol. 158.- p. 141.

2. Prado F., Manthiram A., J. Solid State Chem.- 2001.- Vol. 158.- p. 307.

3. Singhal S.C., Kendall K. High temperature solid oxide fuel cells: fundamentals, design and applications.- 2002: Elsevier.- 405 p.

4. Fasching R., Huang H., Nakamura M., Prinz F., Satio Y., Su P. High-Performance ultrathin solid oxide fuel cells for low-temperature operation / Journal of the Electrochemical Society.- 2006.- Vol. 154.- p. B20-B24.

5. Bieberle-Hutter A., Beckel D., Infortuna A., Muecke U. P., е.а. A micro-solid oxide fuel cell system as battery replacement //Journal of Power Sources.- 2008.- Vol. 177.- p. 123–130.

6. Lee You-Kee, Park Jong-Wan Optical properties and stresses of RF magnetron sputtered yttria-stabilized zirconia thin film // J. of Mater. Sci. Letter.- 1996.- Vol. 15.- p.1513-1516.

7. Bae J.W., Park J.Y., Hwang S.W., Yeom G.Y., Kim K.D., Cho Y.A., Jeon J.S., Choi D. Characterization of yttria-stabilized zirconia thin films prepared by radio frequency magnetron sputtering for a combustion control oxygen sensor // Journal of The Electrochemical Society.- 2000.- Vol. 147, № 6.- p. 2380-2384.

8. Nakano J., Miyazaki H., Kimura T., Goto T., Zhang S. Thermal conductivity of yttria-stabilized zirconia thin films prepared by magnetron sputtering // J. of the Ceramic Society of Japan.- 2004.- Vol. 112, № 5.- p. S908-S911.

9. Horita S., Watanabe M., Umemoto S., Masuda A. Material properties of heteroepitaxial yttria-stabilized zirconia films with controlled yttria contents on Si prepared by reactive sputtering // Vacuum.- 1998.- Vol. 51, № 4.- p. 609-613.

10. M. Sillassen, P. Eklund, M. Sridharan, N. Pryds, N. Bonanos, J. Bøttiger Ionic conductivity and thermal stability of magnetron-sputtered nanocrystalline yttria-stabilized zirconia // JOURNAL OF APPLIED PHYSICS.- 2009.- Vol. 105.- p. 104907-1 – 6.

11. T. Tsai, S.A. Barnett, J. Vac. Sci. Technol., A 13 (1995) 1073–1077.

12. L.S. Wang, S.A. Barnett, Solid State Ionics 61 (1993) 273–276.

13. G.J. la O, J. Hertz, H. Tuller, Y. Shao-Horn, J. Electroceram. 13 (2004) 691–695.

В результате обзора данной литературы, интернет-источников и патентного поиска (рассматриваемого в пункте 5 данного отчета) будет сформирован раздел дипломного проекта «Формирование функциональных слоев микро-твердооксидных топливных элементов методом ионно-плазменного распыления»

1. **АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ**

Целью данного дипломного проекта является формирование функциональных слоев микро-твердооксидных топливных элементов методом ионно-плазменного распыления. Технические данные по проекту должны соответствовать приведенным ниже.

**Технические данные по проекту:**

* Метод нанесения – ионно-плазменное распыление;
* Мощность ВЧ разряда − до 125 Вт
* Материал мишени − стабилизированный диоксид циркония марки ЦрОИ-7 ТУ У 24.1-00201081:2005
* Материал подложки – поликоровые подложки и пластины монокристаллического кремния Si (100), покрытого слоем Si3N4;
* Диаметр мишени − 39 мм;
* Ширина мишени – 4мм;
* Расстояние мишень – подложка – 82 мм.
* Толщина слоя – 400 нм ± 10 %; .
* Рабочие газы − аргон, смесь аргона и кислорода (Ar, Ar/O2);
* Рабочее давление − 0.06 − 1.0 Па;
* Наносимые материалы – составы ZrO2+Y2O3, YSZ;
* Температура отжига 700 – 800 °С;

В ходе выполнения дипломного проекта будут воспроизведены методы формирования элементов МТОТЭ, проведены исследования влияния условий нанесения на структуру, стехиометрию и фазовый состав наносимых пленок, получение многослойных структур с низкими внутренними напряжениями. Для получения качественных плёнок необходимо как можно точнее выдержать стехиометрию состава. С этой точки зрения наилучшим методом будет ВЧ магнетронное распыление, поскольку этот метод позволяет распылять диэлектрические материалы и получать плёнки со стехиометрией мишени.

Для реализации процесса ионно-плазменного распыления мишеней необходимо будет провести комплекс работ по модернизации экспериментальной установки. Установка создана на базе вакуумного поста Leybold-Heraeus A550 VZK. Особенностью разработанной установки будет является использование для высоковакуумной откачки турбомолекулярного насоса TURBOVAC NT 200, что позволит исключить попадание паров масел в наносимые пленки. Схема и внешний вид экспериментальной установки нанесения функциональных слоев МТОТЭ методом ионно-плазменного распыления приведены на рисунке 2.1 и рисунке 2.2.

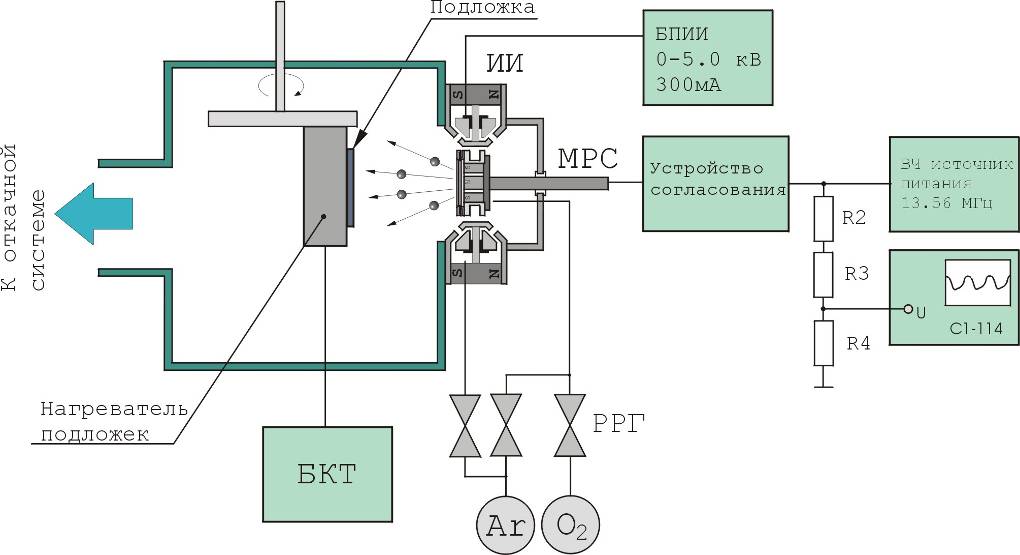


Рисунок 2.1 – Структурная схема экспериментальной установки для нанесения тонких пленок МТОТЭ: МРС – магнетронная распылительная система, ИИ – ионный источник, РРГ – автоматический регулятор расхода газа, БКТ – блок контроля температуры



Рисунок 2.2 – Общий вид экспериментальной установки нанесения функциональных слоев МТОТЭ методом ионно-плазменного распыления.

На основании полученных данных будет разработана технологическая инструкция на технологический процесс формирования функционльных слоев микро-твердооксидных топливных элементов . Будет произведён расчет затрат на проведение НИОКР по разработке ионно-плазменных методов нанесения и исследованию электрофизических характеристик функциональных слоев МТОТЭ методом ионно-плазменного распыления и сформулированы основные требования по охране труда и электробезопасности при проведении работ по нанесению микро-твердооксидных тонких плёнок методом ионно-плазменного распыления.

1. **РАЗРАБОТКА ДВУХ ОСНОВНЫХ РАЗДЕЛОВ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**
   1. **Технико-экономическое обоснование дипломного проекта.**
      1. **Краткая характеристика проекта**

Целью настоящей работы является исследование процесса формирования нанесения функциональных слоев МТОТЭ методом ионно-плазменного распыления. Сущность нововведения заключается в том, что на основе полученных результатов экспериментальных исследований установлена возможность разработки микро ТОТЭ с неразделенными электродными пространствами, функционирующих на смеси углеводородов и воздуха. Односторонняя структура микро ТОТЭ имеет наиболее простую конструкцию по сравнению с другими ТОТЭ и поэтому более проста в изготовлении. Возможные области применения микро ТОТЭ с неразделенными электродными пространствами пока не определены, но следует учитывать, что из-за невысокой степени использования углеводорода КПД по электрической энергии этих ТОТЭ будет составлять низкую величину, порядка 15 %. Выходящие из топливного элемента газы со значительным содержанием метана могут быть вовлечены в дальнейшую переработку, например, путем сжигания с целью получения тепла или конверсии в синтез-газ.

В данной главе необходимо рассчитать смету затрат на НИОКР и её отпускную цену.

* + 1. **Расчёт себестоимости и отпускной цены НИОКР**
       1. **Расчёт по статье «Материалы и комплектующие изделия»**

В эту статью включается стоимость основных и вспомогательных материалов, необходимых для изготовления единицы продукции по установленным нормам и ценам их приобретения (оптовым) с учётом транспортно-заготовительных расходов, связанных с доставкой, разгрузкой на предприятии приобретённых ресурсов.

Расчётная формула следующая:

где Кмз− коэффициент транспортно-заготовительных расходов (его можно принять равным 1,1− 1,2);

n− номенклатура (перечень)применяемых материалов;

Нрi− норма расхода i-го вида материала на единицу продукции в натуральных единицах (кг, м, л и пр.);

Цi− оптовая цена i-го вида материала, тыс.руб.;

Оbi− возвратные отходы i-го вида материала в натуральных единицах;

Цоi − цена за единицу отходов материалов i-го вида, тыс.руб.

Расчёт затрат на материалы для изготовления опытных образцов при проведении опытно-конструкторских работ представлен в таблице 1.

Таблица 1 − Расчёт затрат на материалы

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование материала | Марка  профиль | Единица измере-ния | Норма расхода на единицу | Цена за единицу  i-го вида материа-ла, тыс.руб. | Сумма, тыс.  руб. |
| 1 Подложка | Si | шт | 5 | 220 | 1100 |
| 2 Мишень | Sr0.8Nd0.3Bi2.5Ta2O9+x | шт | 2 | 1500 | 3000 |
| 3 Газ | Ar технический | баллон | 1 | 70 | 70 |
| 4 Газ | O2 технический | баллон | 1 | 250 | 250 |
| 5 Спирт этиловый | 100 мл | шт | 1 | 10 | 10 |
| Итого |  |  |  |  | 4630 |
| Транспортно-  заготовитель-ные расходы (10%) |  |  |  |  | 463 |
| Всего с  транспортно-  заготовитель-ными  расходами |  |  |  |  | 5093 |

Всего по статье: Рм = 5093 тыс.руб.

* + - 1. **Расчёт по статье «Покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты»**

В эту статью включаются затраты на приобретение в порядке производственной кооперации готовых покупных изделий и полуфабрикатов, используемых на комплектование продукции данного предприятия (радиоэлементы, микросхемы и пр.) или подвергающихся дополнительной обработке на данном предприятии.

Расчётная формула следующая:

где Кmз − коэффициент транспортно-заготовительных расходов (он должен быть одинаковым и для материалов и для комплектующих на одном и том же предприятии);

m − перечень применяемых комплектующих изделий и полуфабрикатов;

Дkj − количество покупных комплектующих изделий или полуфабрикатов j-го вида, шт;

Цj − оптовая цена j-го вида комплектующих изделий или полуфабрикатов, ден.ед.

Расчёт затрат на приобретение готовых покупных изделий представлен в таблице 2.

Таблица 2 − Расчёт затрат на приобретение материальных ресурсов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование  покупных  материальных ресурсов | Количество на одно изделие, шт | Цена  единицу,  тыс.руб. | Сумма, тыс.руб. |
| 2 Бязь х/б отбеленная, м | 1 | 27 | 27 |
| 3 Бумага Ballet A4 | 1 | 58 | 58 |
| 4 Диск СD | 1 | 5 | 5 |
| Итого |  |  | 90 |

Продолжение таблицы 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Транспортно-  заготовительные расходы (10%) |  |  | 9 |
| Всего с транспортно-  заготовительными  расходами |  |  | 99 |
| Отходы  возвратные  (вычитаются) 1% |  |  | 0,99 |

Всего по статье: Рк = 99 – 0,99 = 98,01 тыс.руб.

Всего затрат на материалы и комплектующие изделия:

Поскольку в проекте осуществляется ОКР и изготовливается опытный образц, величину затрат по этой статье необходимо взять 120 − 150% от стоимости материалов и комплектующих изделий калькуляции единицы продукции.

* + - 1. **Расчёт по статье «Расходы на оплату труда»**

В статью затрат «Расходы на оплату труда» включается основная и дополнительная заработная плата научно-технического персонала, участвующего в выполнении конкретной темы.

Расчет основной заработной платы осуществляется по формуле:

где m – категория исполнителей;

Кпр − коэффициент премий за выполнение и перевыполнение установленных показателей (1,1−1,5);

Чi − количество исполнителей i-ой категории, чел;

Зднi− Заработная плата за 1 день работы, ден.ед;

tфi − время фактической работы работником i-ой категории, участвующей в НИОКР, дн.

Для определения среднедневной заработной платы используют следующую расчётную формулу:

где Зmi – месячный заработок i-го работника;

Дрм − количество рабочих дней в месяце.

Расчёт затрат на среднедневную заработную плату представлен в таблице 3.

Таблица 3 − Среднедневная заработная плата научно-технического персонала

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Категории  исполнителей | Месячный заработок, тыс.руб. | Количество рабочих дней в месяце | Среднедневная заработная плата, тыс.руб. |
| 1 Руководитель | 5700 | 22 | 259,1 |
| 2 Научный  сотрудник | 4500 | 22 | 204,5 |
| 3 Техник | 3500 | 22 | 159,1 |
| 4 Лаборант | 3000 | 22 | 136,4 |

Расчёт затрат на основную заработную плату научно-технического персонала представлен в таблице 4.

Таблица 4 − Расчёт основной зарплаты научно-технического персонала

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Категории  исполнителей | Количество  исполнителей | Трудозатраты,  чел.дн. | Заработная  плата за 1  день работы,  тыс.руб. | Cумма  тарифной  зарплаты,  тыс.руб. |
| 1 Руководитель | 1 | 10 | 259,1 | 2591 |
| 2 Научный  сотрудник | 1 | 40 | 204,5 | 8180 |
| 3 Техник | 1 | 85 | 159,1 | 13523,5 |
| 4 Лаборант | 1 | 85 | 136,4 | 11594 |
| Итого |  |  |  | 35888,5 |
| Премия 30 % |  |  |  | 10766,6 |
| Всего основная  зарплата |  |  |  | 46655,1 |

Дополнительная заработная плата научно-технического персонала определяется в процентах от основной заработной платы:

где Нд – норматив дополнительной зарплаты (12–20%).

Отчисления в фонд социальной защиты и по обязательному страхованию от несчастных случаев на производстве определяется от фонда оплаты по труду (основной и дополнительной зарплаты научно-технического персонала):

где Нсоц – установленные законодательно нормативы отчисления на социальные нужды (34%).

К статье «Командировочные расходы» относятся расходы на все виды служебных командировок сотрудников, занятых выполнением конкретной НИОКР. Они могут быть определены по смете командировочных расходов. Для упрощения расчетов их можно принять в процентном соотношении от основной заработной платы научно-технического персонала:

где Нком − норматив командировочных расходов, 10 − 20%.

В статье «Услуги сторонних организаций» отражаются расходы по выполнению отдельных видов работ на основе заключенных договоров другими организациями. Эти суммы отражены в договорах.

Прочие прямые расходы, включающие различные денежные выплаты (аренда, лизинг и пр.) могут быть определены в процентном соотношении к основной заработной плате:

где Нпр – процент прочих расходов (5−10%).

В статью «Накладные расходы» включаются расходы по управлению и хозяйственному обслуживанию. Они определяются в процентном соотношении к основной заработной плате:

где Ннакл – процент накладных расходов (100−200%).

Путем суммирования всех статей определяется полная себестоимость НИОКР:

Определяем плановую прибыль НИОКР:

где Ред – уровень рентабельности НИОКР (15-20%).

Оптовая цена НИОКР рассчитывается как:

Налог на добавленную стоимость рассчитывается как:

где Ндс – ставка налога на добавленную стоимость, 20%.

Отпускная цена НИОКР рассчитывается как:

Итоговые значения всех статей для расчёта полной себестоимости и отпускной цена НИОКР, представлены в таблице 5.

Таблица 5 − Расчет себестоимости и отпускной цены НИОКР

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование статьи затрат | Условное  обозначе-ние | Значение, | Примечание |
| 1 Материалы за вычетом  отходов, комплектующие  изделия и полуфабрикаты |  | 6229,21 | форм. 7.3, 7.4 |
| 2 Расходы на оплату труда научно-технического персонала  всего |  | 54119,92 |  |
| в том числе: |  |  |  |
| 2.1 Основная зарплата |  | 46655,10 | таблица 3 |
| 2.2 Дополнительная зарплата |  | 7464,82 |  |
| 3 Отчисления на социальные  нужды |  | 18400,77 |  |
| 4 Командировочные расходы |  | 6998,27 | по смете либо |
| 5 Услуги сторонних организаций |  | − | по смете |
| 6 Прочие расходы |  | 3732,41 |  |
| 7 Накладные расходы |  | 69982,65 |  |
| Полная себестоимость НИОКР |  | 159463,22 |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Плановая прибыль |  | 27108,75 |  |
| Оптовая цена |  | 186571,97 |  |
| Налог на добавленную стоимость |  | 37314,39 |  |
| Отпускная цена НИОКР |  | 223886,36 |  |

Таким образом, отпускная цена НИОКР составляет 223886,36 тыс. руб., её можно считать обоснованной в условиях продолжительного периода исследований и актуальной в свете цен на материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты.

* 1. **Охрана труда. Обеспечение безопасности проведения процесса ионно-плазменного распыления для формирования функциональных пленок мискро-твердооксидных топливных элементов**

Целью дипломного проекта является исследование процессов формирования тонких плёнок МТОТЭ, исследование их свойств. В настоящем разделе рассматриваются вопросы, связанные с обеспечением безопасности проведения процесса ионно-плазменного распыления.

Технология процесса формирования тонкопленочных покрытий реализована при помощи экспериментальной ионно-плазменной распылительной системы, представленной на рисунке 3.2.1.

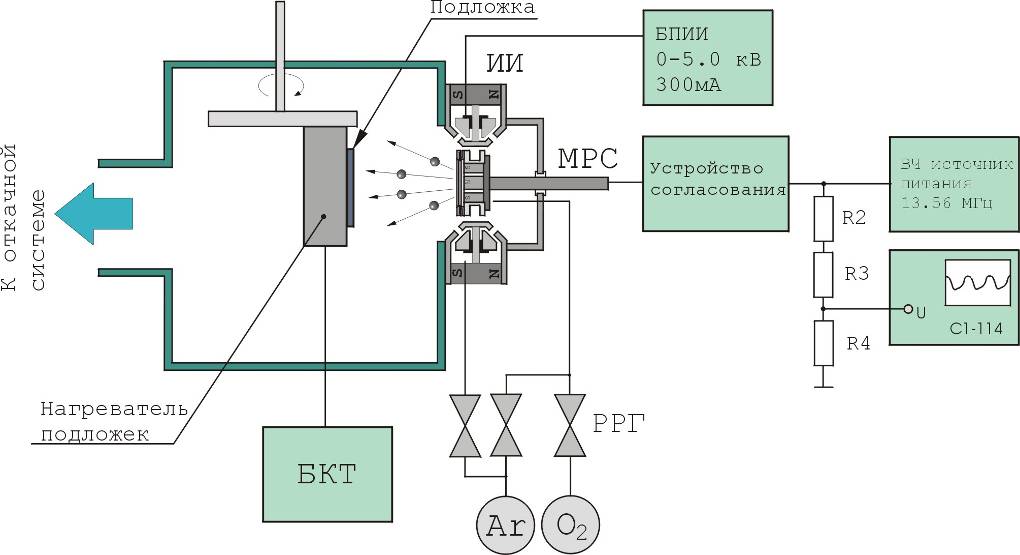


Рисунок 3.2.1 – Структурная схема экспериментальной установки для нанесения тонких плёнок МТОТЭ методом ионно-плазменного распыления: МРС – магнетронная распылительная система, ИИ – ионный источник, РРГ – автоматический регулятор расхода газа, БКТ – блок контроля температуры

Процесс формирования тонких пленок включает в себя:

* подготовку оборудования;
* очистку поверхности подложек;
* Ионно-плазменное распыление;
* контроль качества.

Физика процесса ионно-плазменного распыления в вакууме связана с зажиганием плазмы в объеме низкого давления, что приводит к возникновению высоких температур внутри объема камеры (до 400С°), а также на всех ее элементах, узлах и деталях. При таких температурах происходит окисление поверхности подложки и испарение материала деталей конструкции, что приводит к значительному ухудшению чистоты получаемых пленок. Поэтому в процесс распыления необходимо эффективное охлаждение подложки и элементов конструкции, находящиеся внутри объема камеры. Охлаждение осуществляется проточной водой принудительной конвекцией (без попадания воды в рабочий объем камеры).

Подготовка оборудования заключается в: подаче холодной воды и в проверке наличия ее протока; включение вакуумных насосов и вывод установки в рабочий режим (давление 1⋅10-3 Па); запуск рабочего газ (Ar, O2); прогрев камеры.

Для очистки подложек используется бязь, смоченная в спирте. Очищенные подложки устанавливаются на подложкодержатель и через специальные шлюзовые камеры попадают внутрь камеры.

После помещения подложек в камеру проводят дополнительную откачку, напуск рабочего газа и устанавливается давление порядка 10-1 Па. Включают питание магнетрона и его охлаждение, при этом ток разряда 240 мА, а напряжение примерно 300−400В, далее проводят напыление тонкопленочных покрытий в течении заданного времени (5-10 мин), затем выключают источник питания и охлаждают магнетрон. Осуществляется напуск воздуха в камеру и прогрев камеры. После чего открывают дверь камеры и извлекают подложки с подложкодержателя.

Для завершения работы выключают вакуумные насосы, отключают питание вакуумной установки, закрывают вентили воды и баллона с аргоном и с кислородом.

При выполнении процесса напыления могут возникнуть следующие опасности и вредные факторы:

* разгерметизация камеры или баллонов и попадание в воздушную среду

рабочих газов (аргон, кислород);

* опасность поражения электрическим током;
* пожароопасность;
* опасность теплового ожога;
* шумы;
* вибрации.

Для создания вакуума при ионно-плазменном распылении используются вакуумные насосы. Основным недостатком, с точки зрения безопасности жизнедеятельности человека, являются появление вибрации и шума. Основными источниками вибрации являются электрические приводы насосов, вращающиеся лопасти насосов, подшипники и зубчатые колеса. Возникновение шума связано с теми же причинами, а также при пульсации и движения воздуха (газа) в трубопроводах и каналах.

Защита персонала от вибрации проводится путем снижения вибрации на путях её распространения применением виброизоляции. Виброизоляция достигается введением в колебательную систему установки упругой связи, препятствующей передаче вибраций от машин к основанию, смежным элементам конструкции или к человеку. Для защиты от шума источники помещены в специальный корпус, а на пути распространения шума установлены звукоизолирующие перегородки.

Для обеспечения безопасности труда персонала при работе с вакуумной установкой необходимо предусмотреть:

* надежное зануление электрооборудования, схема которого показана на

рисунке 7.2;

* соблюдение требований технической документации, выполнение правил

техники безопасности (ПТБ) при эксплуатации электроустановок;

* выхлопные патрубки механических насосов должны быть подключены к

вытяжной системе;

* механические насосы должны устанавливаться на виброизоляторы;
* отключение электроники блоков питания и управления вакуумной

установки при нарушении целостности конструкции (проникновении оператора электронапряжённые участки установки);

* вытяжку пыли осаждаемых веществ, вредных для здоровья оператора,

при разгерметизации вакуумной камеры, производить вытяжной вентиляцией.

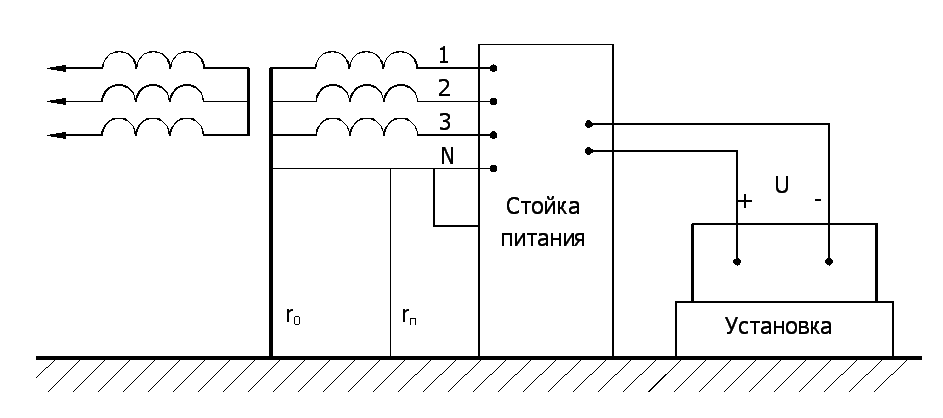


Рисунок 7.2 – Схема зануления установки

Рабочими газами при напылении являются аргон и кислород, их характеристики:

Рабочие газы транспортируются и хранятся в баллонах для сжатых газов емкостью 50 л и с давлением 15 МПа. Сосуды, работающие под давлением, относятся к оборудованию с повышенной опасностью. Конструкция сосудов должна быть надежной, обеспечивающей безопасность при эксплуатации, и доступной для осмотра, очистки, промывки, продувки и ремонта. Для обеспечения безопасных условий эксплуатации сосуды снабжают приборами измерения давления и температуры среды, предохранительными клапанами, запорной арматурой. Содержимое сосуда, выходящее из предохранительного клапана, отводится в безопасное место. На каждый сосуд составляют паспорт, а также инструкцию по эксплуатации, которую вывешивают на рабочих местах и выдают обслуживающему персоналу.

При проведении эксперимента, концентрация веществ внутри вакуумной камеры ничтожно мала и нет никакой опасности для организма человека. Но в случае аварии, например при разгерметизации камеры или баллонов, поступление этих веществ в камеру может значительно увеличиться из-за резкого изменения давления. На этот случай предусмотрены защитные клапаны, которые перекроют пути поступления опасных веществ, но за время их срабатывания какая-то часть вредных веществ успеет поступить в окружающую среду.

Задачей защиты воздушной среды от вредных выбросов и выделений является обеспечение концентраций вредных веществ в воздухе рабочей зоны не выше предельно допустимых концентраций.

Эта цель достигается применением следующих методов и средств:

* рациональное размещение источников вредных выбросов по отношению

к удалению вредных выделений от источника их образования посредством местной или общеобменной вытяжной вентиляции;

* применение средств очистки воздуха от вредных веществ;
* применение индивидуальных средств защиты органов дыхания человека.

Для того чтобы уменьшить загрязнение рабочей зоны выбросы загрязненного воздуха, удаляемого вентиляцией, осуществляют через высокие трубы с целью их лучшего рассеивания в атмосфере и снижения концентрации вредных веществ.

Рациональное размещение предусматривает максимально возможное удаление источников загрязнения воздуха химическими и биологическими веществами от рабочих мест, локализация источников вредных выделений в отдельных производственных помещениях.

Удаление вредных выделений, образующихся в технологическом процессе, осуществляется с использованием средств вентиляции.

Индивидуальные средства защиты органов дыхания человека должны быть в исправном состоянии и количестве, необходимом для обеспечения всего обслуживающего персонала.

В результате выполнения раздела ДП по охране труда, обеспечению безопасности проведения процесса ВЧ магнетронного распыления проанализированы и изучены операции и стадии данных технологических процессов, а также выявлены возможные опасные и вредные факторы способные негативно отразиться на здоровья обслуживающего персонала. Проведена оценка поражающих факторов при возможной разгерметизации баллонов с рабочими газами, и как результат, предложены меры и технические средства предотвращающие утечку рабочих газов. Разработаны рекомендации способствующие улучшению климата в технологическом помещении, а также очищение воздушной среды [2,3,4].

Таким образом изложенные выше предложения обеспечат безопасность проведения процесса ВЧ магнетронного распыления.

1. **ПЛАН-ПРОСПЕКТ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

**Введение**

В данном разделе рассматривается актуальность темы дипломного проекта, тенденции развития микроэлектроники на гибких подложках. Перспективность применения сегнетоэлектрических тонких плёнок в различных устройствах электроники.

**1 Анализ структур, составов и требований к функциональным слоям микро твердооксидных топливных элементов**

**1.1 Твердооксидные топливные элементы**

Твердооксидные топливные элементы, их свойства, классификация (на основе каких материалов создаются).

**1.2 Применение микро-твердооксиддных топливных элементов**

Область применения (где применяется в настоящее время и перспективы применения). Микроэлектроника на гибких подложках. Цель – получение пленок проводящих оксидов без нагрева подложки. Проблемы получения TCO без нагрева.

**1.3 Анализ методов получения функциональных слоев микротвердооксидных топливнх элементов.**

В данном разделе рассматриваются методы получения тонких пленок микро твердооксидных топливных элементов, их достоинства и недостатки.

**1.4 Ионно-плазменное нанесение функциональных слоев микро-твердооксидных топливных элементов**

Рассматриваются методы получения тонких пленок микро-твердооксидных топливных элементов методом ионно-плазменного распыления.

**1.5 Патентный поиск**

В данном разделе приводятся результаты патентного поиска по теме дипломного проекта

**2. Анализ технического задания**

В данном разделе проводится анализ технических требований к методу нанесения тонкопленочных слоев и свойствам наносимых слоев. Формулируются задачи, которые необходимо решить при выполнении дипломного проекта и определяются методы их решения

* 1. **Технические данные по проекту**

1. Метод нанесения – ионно-плазменное распыление;
2. Мощность ВЧ разряда − до 125 Вт
3. Материал мишени − стабилизированный диоксид циркония марки ЦрОИ-7 ТУ У 24.1-00201081:2005
4. Материал подложки – поликоровые подложки и пластины монокристаллического кремния Si (100), покрытого слоем Si3N4;
5. Диаметр мишени − 39 мм;
6. Ширина мишени – 4мм;
7. Расстояние мишень – подложка – 82 мм.
8. Толщина слоя – 400 нм ± 10 %; .
9. Рабочие газы − аргон, смесь аргона и кислорода (Ar, Ar/O2);
10. Рабочее давление − 0.06 − 1.0 Па;
11. Наносимые материалы – составы ZrO2+Y2O3, YSZ;
12. Температура отжига 700 – 800 °С;

**3 Разработка конструкции ионнраспылительной системы для нанесения СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТОКИХ ПЛЕНОК**

**3.1 Расчет параметров ВЧ магнетронной распылительной системы для нанесения сегнетоэлектрических тонких пленок**

Приводится методика расчета магнетронных распылительных систем. Производятся расчеты электрических и магнитных полей системы, тепловой расчет системы охлаждения магнетрона, равномерность распределения наносимых слоев, определяется компоновочная схема магнетрона.

Приводятся результаты оптимизации компоновочной схемы ВЧ магнетронной распылительной системы с точки зрения предварительных расчетов магнитной системы МРС и распределения электрических полей.

**4 Исследование характеристик** **ТОКИХ ПЛЕНОК** **МТОТЭ**

**4.1 Разработка экспериментальной установки для нанесения тонких пленок микро-твердооксидных топливных элементов.**

В данном разделе разрабатывается и описывается экспериментальная установка для нанесения тонких пленок микро-твердооксидных топливных элементов методом ионно-плазменного распыления.

**4.2 Разработка методики проведения экспериментов и исследований характеристик тонких пленок микро ТОТЭ**

В данном разделе описываются используемые методики проведения экспериментов по нанесению тонких пленок микро-твердооксидных топливныхэлементов, оборудование и методики измерения электрофизических характеристик, нанесенных слоев.

**4.3 Результаты экспериментальных исследований**

В данном разделе приводятся результаты экспериментальных исследований оптических и электрических характеристик нанесенных сегнетоэлектрических тонких пленок.

**5 Разработка технологической инструкции**

В данном разделе описывается технологическая инструкция на технологический процесс нанесения тонких пленок микро-твердооксидных топливных элементов методом ионно-плазменного распыления.

**6 Технико-экономическое обоснование**

В данном разделе производится расчёт затрат на проведение НИР по разработке ионно-плазменных методов нанесения и исследованию электрофизических характеристик функциональных слоев микро-твердооксидных топливных элементов.

**7. Рекомендации по технике безопасности и охране труда**

В данном разделе формулируются основные требования по технике безопасности, охране труда и электробезопасности при проведении работ по нанесению функциональных слоев микро-твердооксидных топливных элементов методом ионно-плазменного распыления.

**Выводы**

В данном разделе дается анализ полученных в ходе выполнения дипломного проекта результатов, соответствие полученных результатов требованиям, указанным в техническом задании к дипломному проекту, указывается область применения результатов дипломного проекта.

**Литература**

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)**

Сборочный чертеж мионно-плазменной распылительной системы – формат А3, лист 1;

Чертежи деталей ионно-плазменной распылительной системы – формат А3, листов 1;

Графические материалы − форматА1, листов 3.

1. **ПРОВЕДЕНИЕ ПАТЕНТНОГО ПОИСКА**

В ходе выполнения патентного поиска были проанализированы патентные базы СНГ, Европы, США и Японии, глубина поиска с 2007 по 2013 год, в качестве источников информации использовался фонд описания изобретения.

Результаты поиска и выявленные аналоги их существенные признаки сведены в приложение А.

1. **ИЗУЧЕННЫЕ НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ**

В ходе преддипломной практики были изучены следующие нормативно-технические документы.

СТП01–2010 - Стандарт предприятия ДИПЛОМНЫЕ ПРОЕКТЫ (РАБОТЫ) ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

ГОСТ 29137-91. Формовка выводов и установка изделий электронной техники на печатные платы.

СТБ 1014-95. Изделия машиностроения. Детали. Общие технические условия.

СТБ 1022-96. Изделия машиностроения. Сборочные единицы. Общие технические условия.

ГОСТ 2.104-88 ЕСКД – Общие требования и выполнения конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.

ГОСТ 2.104-68 ЕСКД – Основные подписи.

ГОСТ 2.106-68 ЕСКД – Текстовые документы.

ГОСТ 2.109-73 ЕСКД – Основные требования к чертежам.

ГОСТ 2.301-68 ЕСКД – Форматы.

ГОСТ 2.304-81 ЕСКД – Шрифты чертежей.

ГОСТ 2.316-68 ЕСКД – Обозначение буквенное.

ГОСТ 8.417-81 ГИС – Единицы физической величины.

Р 21.1101-92 СПДС – Основные требования к рабочей документации.

ГОСТ 2.105—95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам

ГОСТ 6.38—90 Унифицированные системы документации. Система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов

ГОСТ 15.011—82 Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок проведения патентных исследований.

1. **РАЗРАБОТКА ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА**

Одним из разделов дипломного проекта является «Разработка **э**кспериментальной установки ионнно-плазменного распыления для нанесения тонких пленок». В данном пункте модернизируется конструкция ВЧ магнетронного распыления согласно ранее разработанной компоновочной схеме. Приведено подетальное описание конструкции МРС и её графическое изображение для процессов формирования функциональных слоев микро-твердооксидных топливных элементов, а также алгоритм исследований.

Графический материал приведен в приложении Б.

1. **АДАПТАЦИЯ К ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Преддипломная практика проходила в УО Белорусский Государственный Дворец Детей и Молодежи.

При прохождении практики происходило:

* ознакомление со структурой предприятия;
* экскурс по производственным цехам;
* изучение основных стандартов предприятия;
* ознакомление с основными разработками отдела.

Основными достижениями являлись:

* изучение основных программ используемых для разработок изделий: P-CAD, Altium Desinger, AutoCAD Mechanical, Autodesk Inventor Professional;
* разработка 3d элементов в программе SolidWorks 2011;
* участие в разработке конструкторской документации;
* поиск информации по теме дипломного проекта;

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате прохождения преддипломной практики были произведены следующие работы:

- изучение САПР SolidWorks 2011;

- исследование процесса формирования функциональных слоев микро-твердооксидных топливных элементов методом ионно-плазменного распыления, а также модернизация МРС и последующая разработка конструкторской документации на неё;

- изучение научно-технической литературы по теме ДП;

- разработка плана-проспекта ДП;

- анализ технического задания на ДП;

- произведён анализ современных способов ВЧ магнетронного нанесения тонких плёнок;

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

[1] Поплавко, Ю.М. Физика активных диэлектриков / Ростов-на-Дону, ЮФУ, 2009.-С.480

[2] Девисилов, В. А. Охрана труда: учебник. / В. А. Девисилов. 2-е изд. испр. и доп. – М. : Форум, ИНФРА – М., 2006.

[3] Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / С. В. Белов [и др.]. – М. : Высш. шк., 1999.

[4] Михнюк, Т. Ф. Охрана труда и основы экологии : учеб. пособие / Т. Ф. Мих-нюк – Минск : Выш. шк., 2007.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра электронной техники и технологий

С П Р А В К А

ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ПАТЕНТНОЙ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

**ФОРМИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЛОЕВ МИКРО-ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДОМ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО РАСПЫЛЕНИЯ**

Выполнила\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ / Маркова М.В. /

Руководитель темы\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ / Голосов Д. А. /

Минск 2014 г.

1. **ПАТЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Таблица 1 – Патентные исследования

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Основные технические данные для поиска | Страны | Класс МКИ  или УДК | Что и за какой  период  просмотрено |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Формирование функциональных слоев микро-твердооксидных топливных элементов методом ионно-плазменного распыления. | Беларусь | C23C14/35  C23C14/08 | Не обнаружено |
| --//-- | Корея | H01L27/105 | http://www.worldwide.  espacenet.com |
| --//-- | Россия | G01J05/00  C23C14/35  C23C14/08  G02F01/135  G02F01/137  C01B25/14  C01B17/00  C07C53/10  C07C51/41 | С патента № 2361332  от 12.12.2007 г.  по патент №2470867  от 27.12.2012 г. |
| --//-- | США | C23C18/1216  C23C18/1241  C23C14/08  C23C14/34  C23C14/00  H01L41/00  H01H37/52  C23C18/127 | С патента  № US2010221415A1  от 02.09.2010 г.  по патент  № US2013015391A1  от 17.01.2013 г. |

Таблица 2 – Выявленные аналоги

|  |  |
| --- | --- |
| №, названия выявленных аналогов | Анализ технических решений, темы. Выводы и рекомендации |
| 1 | 2 |
| Корея. Патент  № KR20090105590А  от 07.10.2009  Микро-твердооксидный топливный элемент  MULTI-BIT | Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано для изготовления батареи топливных элементов с твердым полимерным электролитом, предназначенной как для портативных мобильных электронных устройств, так и для изготовления зарядного устройства на основе батарей топливных элементов. Зарядное устройство предназначено для мобильных телефонов и переносных компьютеров. Согласно изобретению два топливных элемента (2) и (3) устанавливают в батарее (1) таким образом, что электроды топливных элементов (5) и (5'), которые предназначены для окисления топлива, устанавливают друг против друга. Затем между ними по всему периметру размещают диэлектрическую прокладку (10), которую приклеивают к поверхности токоотводов (8) электродов (5) и (5'). В результате получают камеру (4), предназначенную для топлива. В качестве топлива применяют метанол. Камера (4) оборудована каналами (11) и (12) для поступления топлива и отвода из камеры отработанных продуктов. Электроды (6) и (6') топливных элементов (2) и (3) предназначены для восстановления окислителя, обращены к кислороду в составе воздуха. Топливные элементы (2) и (3) соединены между собой в последовательную электрическую цепь проводником (13). Напряжение батареи равно 1-1,2 В, размеры батареи топливных элементов равны 50,5×27,6×2,4 мм. Вес батареи топливных элементов равен 3,11 г, объем 3,4 см3. Техническим результатом является уменьшение толщины и увеличение удельной мощности батареи топливных элементов, упрощение ее конструкции. Возможность изготовления батареи топливных элементов на простом оборудовании в процессе массового производства. 1 з.п. ф-лы, 3 ил. |
| Россия. Патент  № 2361332  от 12.12.2007  Топливный элемент | Изобретение относится к области топливных элементов и может быть использовано для создания источников тока в различных отраслях промышленности. Технический результат состоит в упрощении процесса получения исходных материалов для формирования ячейки топливного элемента, в улучшении их качества, в упрощении формирования индивидуальной ячейки топливного элемента, в уменьшении толщины электролитного слоя, в увеличении мощности топливного элемента и стабильности его работы при приемлемых условиях. Согласно изобретению в топливном элементе, состоящем из катода, анода и электролита, каждый из которых содержит сложные оксиды металлов, причем пористый анод представляет собой кермет, в состав которого входит никель и стабилизированный иттрием сложный оксид циркония, допированный гадолинием оксид церия или допированный самарием оксид церия, а материал электролита содержит сложные оксиды того же типа, что и анод, катод состоит из сложного оксида LixNiO 2, где х=0,1÷0,5, преимущественно 0,3-0,45, в состав электролита добавлены щелочные или карбонатные соединения в количестве, составляющем от 30 до 50% от массы электролита, сложные оксиды анода, катода и электролита получены в результате пиролиза полимерно-солевых композиций, пористость анода составляет не менее 30-40%, а удельная поверхность проводящих кислород твердых оксидов, входящих в состав анода, катода и электролита, составляет не менее 50 м2 /г. 3 ил. |
| Россия. Патент  № 2407113  от 23.11.2009  Способ и устройство для эксплуатации установки топливного элемента на твердом оксиде | Изобретение относится к области высокотемпературных топливных элементов, в особенности к способу и устройству для эксплуатации установки топливного элемента на твердом оксиде (SOFC). Согласно изобретению способ для эксплуатации установки SOFC включает стадии подачи метансодержащего потока к аноду(-ам) топливного(-ых) элемента(-ов) на основе твердого оксида, подачи кислородсодержащего газа к катоду(-ам) указанного топливного(-ых) элемента(-ов) на основе твердого оксида и превращения указанного метансодержащего потока в электричество, где указанный метансодержащий поток получают предварительным каталитическим превращением в метан при адиабатических условиях подаваемого потока, включающего этанол. Техническим результатом является повышение электрической производительности. |
| Россия. Патент  № 2430393  от 11.03.2010  СБОРКА КАТОД-ЭЛЕКТРОЛИТ-АНОД ДЛЯ ТВЕРДООКСИДНОГО ТОПЛИВНОГО ЭЛЕМЕНТА | Изобретение относится к твердооксидным топливным элементам. Техническим результатом изобретения является снижение омического сопротивления сборки. Сборка катод-электролит-анод (КЭА) для твердооксидного топливного элемента содержит на своей задней стороне электроды, используемые для установления контакта между плоской соединительной пластиной и выступающей структурой, которая выполнена таким образом, что вместе с указанной пластиной она формирует каналы для циркуляции газа. Сборка КЭА и соединительные пластины могут иметь отверстия для создания внутренних трубок для входа и выхода газа. Граница раздела электролит/электрод может также быть выполнена в виде выступающей структуры, увеличивающей отношение площади поверхности в целом к площади ее проекции. |
| США. Патент  № 5256499 (Allied Signal Aerospace)  от 02.09.2010  Solid-oxide fuel cells — SOFC | зобретение относится к твердооксидным топливным элементам (ТОТЭ), содержащим металлическую подложку. Согласно изобретению ТОТЭ содержит металлическую подложку (1); активный анодный слой (2), состоящий из катализатора крекинга углеводородов; слой (3) электролита; активный катодный слой (5); переходный слой (6) на катодный токосъемник (7); средства предотвращения диффузии между материалом металлической подложки (1) и активным анодным слоем (2). Техническим результатом является повышенная механическая прочность и окислительно-восстановительная стабильность. 26 з.п. ф-лы, 5 ил. |

1. **НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ**

<http://belgospatent.org.by>. − сервер Национального центра интеллектуальной собственности РБ.

<http://findpatent.ru> − сервер патентного ведомства РФ.

<http://worldwide.espacenet.com> – сервер патентной БД Европейской патентной организации.

<http://jpo.go.jp> – сервер реферативной патентной БД Японии.

<http://uspto.gov> – сервер патентной БД Департамента комерцииправительства США (агентство по патентам и товарным знакам).

Поиск проводился по фондам РНТБ, Internet

Достоверность сведений подтверждаю

Руководитель    Д. А. Голосов

« » 2013г.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б