

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(51) МПК

[H01M 8/12 \(2006.01\)](#)

[G01N 21/65 \(2006.01\)](#)

(19) **RU** (11) **189 528** (13) **U1**

(12) **ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

Статус: действует (последнее изменение статуса: 27.05.2019)

Пошлина: учтена за 2 год с 14.03.2020 по 13.03.2021

(21)(22) Заявка: [2019107244](#), 13.03.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.03.2019

Дата регистрации:
27.05.2019

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 13.03.2019

(45) Опубликовано: [27.05.2019](#) Бюл. № 15

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 161095 U1, 10.04.2016. RU 165785
U1, 10.11.2016. US 2013309597 A1,

(72) Автор(ы):

**Бредихин Сергей Иванович (RU),
Агарков Дмитрий Александрович (RU),
Бурмистров Илья Николаевич (RU),
Елисеева Галина Максимовна (RU),
Соловьев Андрей Александрович (RU),
Ионов Игорь Вячеславович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт физики
твердого тела Российской академии наук
(ИФТТ РАН) (RU)**

21.11.2013. JP 2011210505 A, 20.10.2011. US
2006286423 A1, 21.12.2006.

Адрес для переписки:

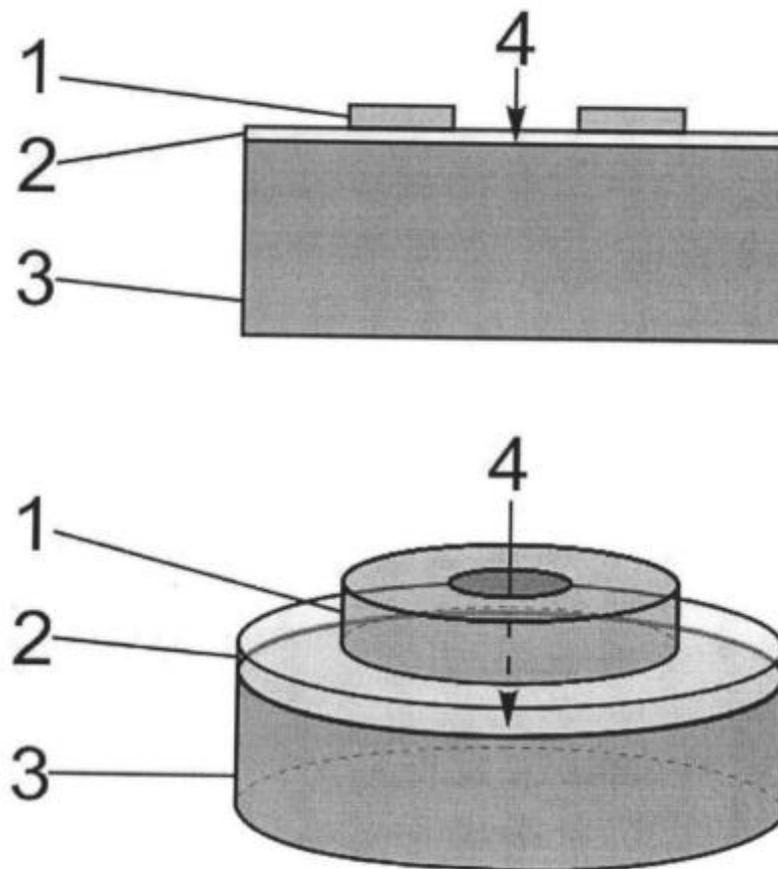
142432, Московская обл., г. Черноголовка,
ул. Академика Осипьяна, 2, ИФТТ РАН

(54) **Мембранно - электродный блок ТОТЭ** для оптических исследований с тонкопленочным электролитом

(57) Реферат:

Полезная модель относится к области in-situ измерений методом спектроскопии комбинационного рассеяния. Сущность новой конструкции МЭБ ТОТЭ состоит в том, что данная полезная модель позволяет снизить рабочую температуру (до 600-700°C) и расширить диапазон доступных токовых нагрузок (до 1 А/см²). Данный технический результат достигается за счет применения оптически прозрачных тонкопленочных мембран твердого электролита вместо монокристаллической, а также за счет специальной геометрии противоположного электрода, позволяющей проводить оптические измерения. Оба эти подхода позволяют накачиваемому лазерному излучению, а также рассеянному излучению, проходить через противоположный электрод, а также через оптически прозрачную мембрану. Несущим элементом выступает анодная подложка толщиной около 300-400 мкм, а тонкопленочная

мембрана твердого электролита может наноситься, например, при помощи магнетронного напыления.



Фиг. 1

Полезная модель относится к области высокотемпературных топливных элементов и может найти применение при комбинированных исследованиях токообразующих окислительно-восстановительных процессов в композиционных электродах твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) при помощи оптических и электрохимических методов исследования.

Твердооксидные топливные элементы - это высокоэффективные электрохимические устройства для прямого преобразования химической энергии окисления топлива (водорода или газообразных углеводородов) в электрическую и тепловую энергию. Ключевой элемент любой батареи или энергоустановки на базе ТОТЭ - единичные мембранно-электродные блоки (МЭБ) ТОТЭ. Они, в свою очередь,

состоят из твердого электролита - анионного проводника, - а также катодного и анодного электродов. Твердый электролит при высокой рабочей температуре (600-900°C) обладает высоким значением анионной проводимости по анионам кислорода (O^{2-}), а также крайне низкими значениями электронной проводимости. В процессе работы ТОТЭ в составе батареи или энергоустановки на катодный электрод подается окислительный газ (например, воздух) и происходит диссоциация газообразного молекулярного кислорода до анионов кислорода, а на анодный электрод подается топливная смесь (чистый водород или сингаз, состоящий из водорода и угарного газа, полученный в результате риформинга газообразных углеводородов). Под действием разности химических потенциалов анионы кислорода проходят через мембрану твердого электролита от катода к аноду, окисляют водород до воды, а угарный газ - до углекислого. При этом компенсирующие заряд электроны проходят через внешнюю цепь, совершая полезную работу - выделяется электрическая энергия. Высокопотенциальная тепловая энергия выделяется за счет высокой рабочей температуры устройства, продиктованной необходимостью высокой анионной проводимости у мембраны твердого электролита.

Таким образом, для функционирования ТОТЭ требуются разделенные окислительный и топливный газовые объемы, а также высокая рабочая температура, в процессе через элемент протекает токовая нагрузка с высокой плотностью. Указанные выше факторы существенно затрудняют применение in-situ методик исследования электродных процессов, такие исследования требуются для понимания механизмов и кинетики данных процессов с целью минимизации полного внутреннего сопротивления элемента для максимизации плотности, снимаемой с него мощности. Наиболее перспективная методика, совместимая с данными осложняющими работу факторами, - спектроскопия комбинационного рассеяния света (КРС). Данная методика является неинвазивной, то есть не оказывает воздействие на объект исследования при измерениях, а также дистанционной, то есть позволяет проводить исследования на расстоянии без прямого контакта с объектом и рабочими условиями, в которых он находится. При использовании спектроскопии комбинационного рассеяния света накачивающее лазерное излучение используется для возбуждения рассеянного излучения, а оптическая система - для его регистрации. Устройство для проведения таких комбинированных исследований описано в патенте №165785 «Устройство для исследования электрохимических и оптических характеристик ТОТЭ», опубликован 10.11.2016, Бюл. №31.

В данной заявке описывается мембранно-электродный блок ТОТЭ для оптических исследований с тонкопленочным электролитом. Наиболее близким устройством является мембранно-электродный блок ТОТЭ, описанный в патенте №161095 «Мембранно-электродный блок ТОТЭ», опубликован: 10.04.2016, Бюл. №10., принятый за прототип. Устройство представляет собой МЭБ на базе оптически

прозрачной монокристаллической мембраны твердого электролита, один из электродов имеет кольцевую форму. Данная геометрия позволяет пропускать накачивающее излучение и регистрировать рассеянное непосредственно с внутреннего интерфейса электролита и катода за счет оптической прозрачности мембраны и отверстия в противоэлектроде.

В устройстве-прототипе мембрана твердого электролита имеет толщину 250-500 мкм, поскольку именно она несет основные механические нагрузки. Высокая толщина электролита определяет высокие потери на транспорт ионного тока, около половины внутреннего сопротивления элемента приходится на мембрану. При использовании данного устройства, исследователи вынуждены использовать высокие рабочие температуры - выше 800°C, поскольку при понижении температуры резко растет сопротивление ионному транспорту через мембрану, что приводит к росту общего сопротивления и значительному падению максимальных доступных токовых нагрузок (ниже 0.2 А/см²). Таким образом, конструкция МЭБ устройства-прототипа не позволяет эффективно проводить исследования электродных процессов методом спектроскопии комбинационного рассеяния света при температурах ниже 800°C при токовых нагрузках выше 0.2 А/см².

Технический результат, на достижение которого направлена заявляемая полезная модель, состоит в возможности проведения исследований ТОТЭ методом спектроскопии комбинационного рассеяния света (КРС) при температурах ниже 800°C с возможностью повышения токовых нагрузок выше 0.2 А/см². Результат может выражаться, в частности, в снижении рабочей температуры до 600-700°C и повышении максимальной доступной токовой нагрузки до 1 А/см². Снижение рабочей температуры приводит к снижению негативного влияния теплового излучения, экспоненциальному замедлению деградиационных процессов. Повышение максимальной доступной токовой нагрузки позволяет повысить информативность исследований за счет расширения исследуемого диапазона рабочих точек.

Для достижения указанного технического результата мембранно-электродный блок ТОТЭ содержит мембрану твердого электролита, катодный и анодный электроды, при этом мембрана твердого электролита является тонкопленочной прозрачной с толщиной 5 мкм, катод имеет специальную форму с отверстием, а анод представляет собой несущую подложку толщиной 300-400 мкм.

Отличительными признаками предлагаемых МЭБ от указанных выше известных, наиболее близких к ним, являются использование тонкопленочной прозрачной мембраны твердого электролита вместо монокристаллической, а также анода, представляющего собой несущую подложку.

Благодаря наличию этих признаков накачивающее лазерное излучение, а также рассеянное излучение, проходят через катод благодаря его специальной форме, а

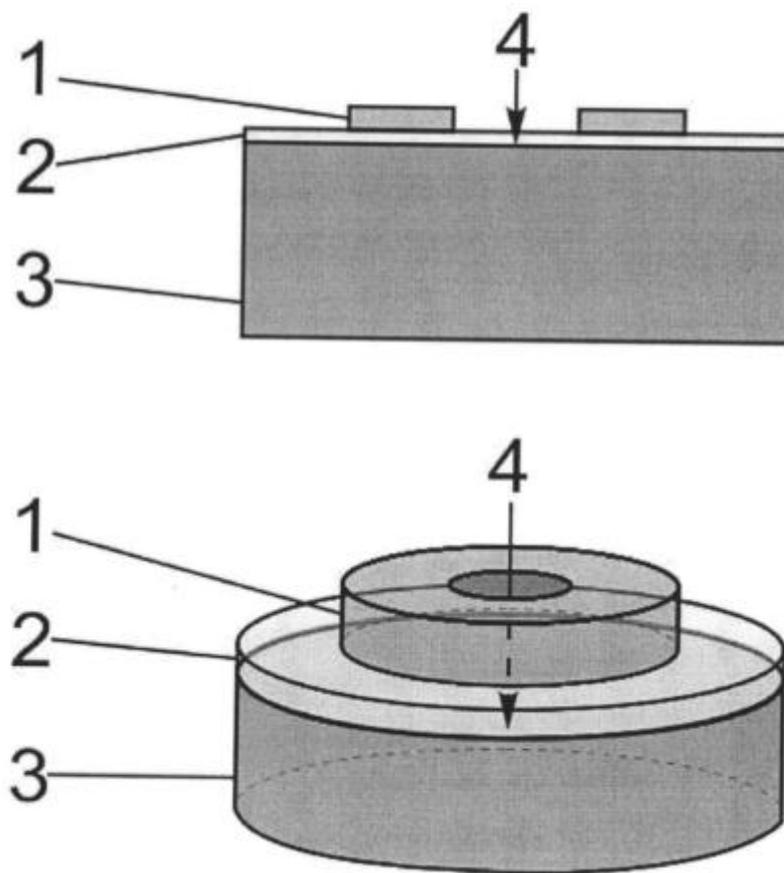
также через тонкопленочную мембрану твердого электролита благодаря ее оптической прозрачности. Это позволяет получать результирующий сигнал спектроскопии комбинационного рассеяния света непосредственно с границы «мембрана твердого электролита/электрод», при этом низкая толщина мембраны твердого электролита приводит к снижению сопротивления, расширению диапазона доступных рабочих температур до 600-700°C и диапазона доступных токовых нагрузок до 1 А/см².

Предлагаемая конструкция представлена на фиг. 1. В предлагаемой конструкции присутствуют катод (1), мембрана твердого электролита (2) и анод (3). Катод имеет специальную форму для пропускания накачивающего и рассеянного излучения. Мембрана - оптически прозрачная тонкопленочная толщиной 5 мкм, вместо монокристаллической толщиной 250-500 мкм, что позволяет снизить ее вклад в сопротивление и общее сопротивление элемента.

На фиг. 1 показана геометрия исследований при использовании предлагаемой конструкции МЭБ. Лазерный луч (4) накачки заводится со стороны катода (1). Специальная геометрия катода и тонкопленочный электролит толщиной 5 мкм позволяет лазерному излучению беспрепятственно проходить до границы электролита и анода (подложка толщиной 300-400 мкм). На фиг. 1 показан один из примеров реализации данной геометрии катода - кольцевая геометрия. При использовании данной конструкции рассеянное излучение регистрируется с области на границе «анод (3)/электролит (2)». Толстая анодная подложка позволяет переложить на нее механические нагрузки на образце, а тонкопленочный прозрачный электролит вносит существенно меньший вклад в сопротивление образца. Это позволяет существенно снизить рабочую температуру (до 600-700°C) и доступных токовых нагрузок (до 1 А/см²).

Формула полезной модели

Мембранно-электродный блок ТОТЭ для оптических исследований, содержащий мембрану твердого электролита, катодный электрод с отверстием и анодный электрод, отличающийся тем, что мембрана твердого электролита является тонкопленочной прозрачной с толщиной 3-5 мкм, а анод представляет собой несущую подложку толщиной 300-400 мкм.



Фиг. 1

