

*Л.В. Ляшок, к.т.н., профессор, НТУ“ХПИ”,
А.В. Васильченко, к.т.н., доцент, НУГЗУ,
И.А. Афонина, Т.В. Орехова, НТУ“ХПИ”,*

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ДЕТЕКТОР ОПАСНОСТИ ВОЗГОРАНИЯ

(представлено д-ром техн. наук Куценко Л.М.)

Представлены результаты исследования и показана возможность применения электрохимического детектора на основе полианилина с иммобилизованными наночастицами палладия для газового амперометрического сенсора малых концентраций водорода и извещателя опасности возгорания.

Ключевые слова: раннее обнаружение пожара, газовый электрохимический сенсор, водород, палладий, полианилин.

Постановка проблемы. Существующие пожарные извещатели (световые, тепловые, дымовые) способны регистрировать возгорание как свершившийся факт, поскольку работа их датчиков основана на таких физических принципах, как детектирование света, тепловыделения или задымленности. Гораздо более эффективным способом предотвращения пожара может быть регистрация явлений, предшествующих возгоранию. Сделать это можно только установив постоянный контроль над газодинамическим составом воздушной среды помещений. Такой контроль позволит принять адекватные меры по предупреждению пожара и его ликвидации в зародыше.

Достоверный способ предупреждения пожара на ранней стадии, предшествующей возгоранию, – это контроль химического состава воздуха, который резко изменяется из-за термического разложения перегретых или начинающих тлеть горючих материалов.

Известно, что на стадии тления в процессе пиролиза древесины, бумаги, пластмассы и других углеводородных материалов выделяется водород. При этом его концентрация, даже на значительном расстоянии от места возгорания, может достигать 10-100 ppm (фоновое содержание водорода в воздухе около 0,5 ppm). Вследствие высокой скорости диффузии водород очень быстро распространяется даже из закрытых помещений. Таким образом, на основании детектирования низких концентраций водорода можно создать датчик, способный регистрировать угрозу возникновения пожара задолго до стадии открытого огня [1].

Анализ последних достижений и публикаций. Из литературных данных известно, что выпускаемые сегодня промышленные течейскаатели водорода и существующие средства газоанализа экологической направленности (в том числе на электрохимических, термокаталитических и других сенсорах) слишком дороги или громоздки для

использования в качестве пожарных извещателей [2].

Снизить стоимость газовых детекторов удалось с внедрением пожарных извещателей на основе полупроводниковых химических сенсоров. В настоящее время разработаны малогабаритные полупроводниковые сенсоры двух типов металлооксидные (на основе оксида алюминия) и структурные (на основе кремниевых структур МДП и диодов Шотки). Они способны определять концентрацию водорода в воздухе в интервале от 0,001 % до единиц процентов и при этом требуют электрическую мощность 150...500 мВт. Особенностью полупроводниковых химических датчиков является действие с периодичностью 6...10 с, связанное с необходимостью нагрева сенсора до 120...500 °С [1, 2].

Уменьшить габариты и снизить стоимость пожарных извещателей можно также за счет использования электрохимических датчиков, в основу которых положено взаимодействие водорода с благородным металлом – палладием. Известно, что удобным способом приготовления каталитически активного электрода является иммобилизация палладия в проводящую полимерную матрицу. Включение металла в матрицу проводящего полимера создает оптимальные условия, при которых палладий находится в высокодисперсном состоянии, а полимерная матрица обеспечивает хорошую электронную и ионную проводимость. Благодаря высокой пористости через неё легко диффундирует водород. При этом расход благородного металла резко снижается, а в качестве токоотводящих слоев можно использовать подложки из неблагородных металлов, стеклоуглерода и графитизированных материалов [3]. Преимущество такого датчика состоит в линейной зависимости величины измеряемого тока от концентрации водорода и возможности работы при нормальной температуре.

Постановка задачи и ее решение. Задачей данной работы является проверка возможности использования электродной системы на основе электропроводящего органического полимера полианилина (Пан) с иммобилизованными наночастицами палладия для детектирования малых концентраций газообразного водорода.

Исследования электрокаталитических свойств такого электрода в модели датчика показали, что при изменении концентрации H_2 происходит изменение концентрации водорода на поверхности металла-катализатора (Pd) и линейное изменение тока электрохимической реакции в пределах от 0,1 до 30 % H_2 об. Линейная зависимость тока также прослеживается при варьировании количества наночастиц металла-катализатора в электроде (рис. 1).

Работа композитного объемно-пористого Пан+Pd-электрода исследовалась в сравнении с компактным палладиевым электродом (рис. 2) в реакции ионизации водорода после пропускания через систему газовой смеси постоянного состава.

Как видно из рис. 2, ток ионизации на объемно-пористом электроде выше, чем на компактном палладиевом электроде. Это значит, что объемно-пористый электрод активнее, чем компактный палладиевый.

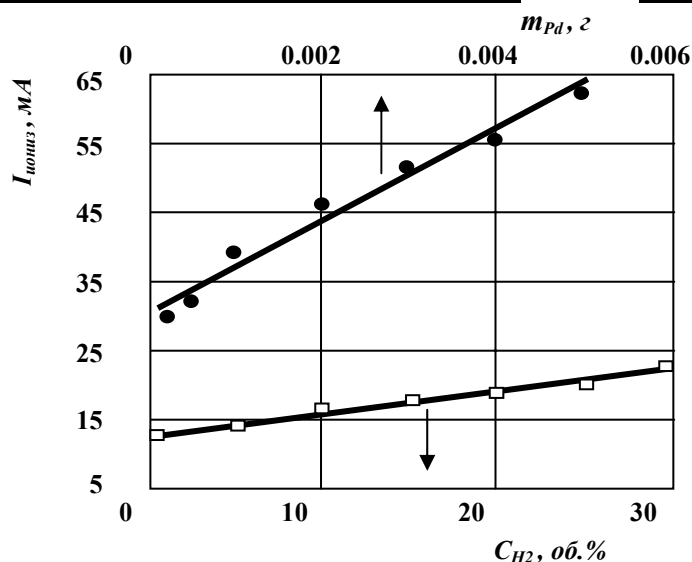


Рис. 1 – Изменение тока ионизации от количества иммобилизованного Pd в полимерную матрицу и концентрации водорода

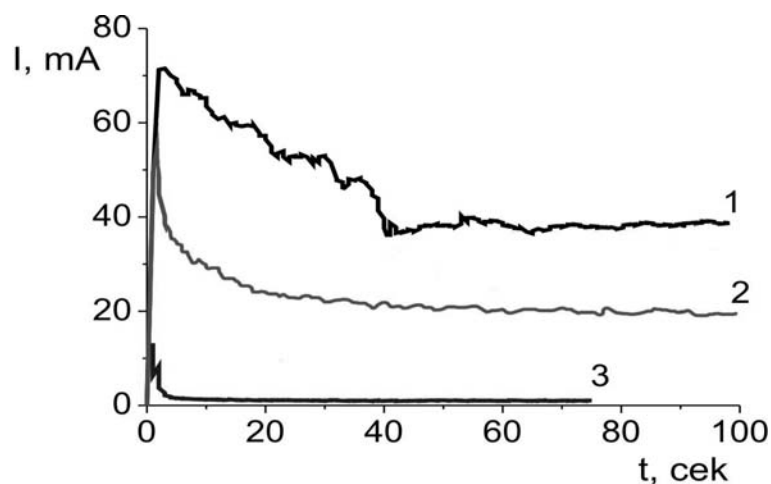


Рис. 2 – Изменение тока ионизации водорода на электродах: 1 – объемно-пористый ПАН+Pd-электрод, 2 – компактный палладиевый электрод; 3 – ток фона

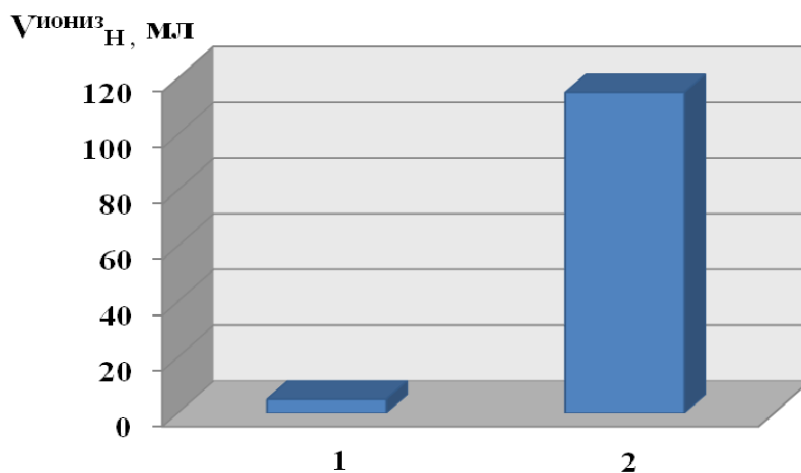


Рис. 3 – Количество водорода, который поглощают электроды: 1 – компактный палладиевый электрод, 2 – объемно-пористый ПАН+Pd-электрод

При этом следует заметить, что в ПАн+Pd-электроде содержалось на порядок меньше металла-катализатора, чем в компактном палладиевом электроде. Полученный эффект объясняется развитой рабочей поверхностью ПАн+Pd-электрода, которую обеспечивает полимерная матрица.

Более эффективную работу объемно-пористого ПАн+Pd-электрода также иллюстрирует диаграмма (рис. 3), в которой объем ионизированного водорода пересчитан на 1 г содержащегося в электродах Pd.

Выводы. Таким образом, в результате экспериментального исследования модели датчика показано, что композитный объемно-пористый ПАн+Pd-электрод обладает максимальной каталитической активностью.

Полученная линейная зависимость измеряемого тока от концентрации водорода указывает на то, что на основе пористого ПАн+Pd-электрода можно создать индикаторный электрод для газового амперометрического сенсора, способного регистрировать наличие малых концентраций водорода при нормальной температуре и быть датчиком извещателя опасности возгорания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антоненко В.И. Раннее обнаружение пожара. Полупроводниковые газовые сенсоры / В.И.Антоненко, А.А.Васильев, И.М.Олихов // <http://daily.sec.ru/dailypblshow.cfm?rid=6&pid=5603>.

2. Гусев А.Л. Датчики водорода и водородсодержащих молекул / А.Л. Гусев, И. В. Золотухин, Ю. Е. Калинин, А. В. Ситников // Водородная энергетика. – 2005. – №5. – С. 23-31.

3. Байрачний Б.І. Імобілізація наночасток Pd в полімерну матрицю / Б.І. Байрачний, Л.В. Ляшок, І.О. Афоніна, Т.В. Орехова, В.О. Черановський // Вісник НТУ “ХПИ”. – 2010. – № 30. – С. 57-61.

Л.В. Ляшок, О.В. Васильченко, І.О. Афоніна, Т.В. Орехова

Електрохімічний детектор небезпеки займання

Представлені результати дослідження і показана можливість застосування електрохімічного детектора на основі поліаніліна з іммобілізованими наночастками паладію для газового амперометричного сенсора малих концентрацій водню та сповіщувача небезпеки займання.

Ключові слова: раннє виявлення пожежі, газовий електрохімічний сенсор, водень, паладій, поліанілін.

L.V. Lyashok, A.V. Vasilchenko, I.O. Afonina, T.V. Orekhova

Electrochemical detector of risk of fire

Research results of electrochemical detector on the basis of polyaniline with immobilized palladium for the gas amperometric touch-control of small concentrations of hydrogen are represented. Possibility of application of this detector for indicator of risk of fire is showed.

Keywords: risk fire detector, gas electrochemical touch-control, hydrogen, palladium, polyaniline.