

УДК 543

ГАЗОВЫЙ СЕНСОР НА ОСНОВЕ ПОЛИАНИЛИНА

С.С. Рясенский, И.И. Рыбаков, Б.А. Кустарев

Тверской государственный университет
Кафедра неорганической и аналитической химии

Показана возможность использования пленки полианилина для определения содержания диоксида азота и диоксида углерода в воздухе.

Ключевые слова: сенсор, полианилин, электропроводящий полимер.

В литературе описаны газовые сенсоры на основе полианилина (ПАНИ) и его аналогов [1]. В основном эти датчики предназначены для определения содержания аммиака и паров соляной кислоты.

На наш взгляд, представляет интерес определить возможность мониторинга других газов с помощью ПАНИ. Поэтому целью настоящей работы было оценить возможность определения двуокиси азота и двуокиси углерода в воздухе при помощи полианилинового сенсора.

Выбор в качестве аналитов диоксида азота и диоксида углерода обусловлен тем, что эти газы широко используются в технике. Диоксид азота и углекислый газ были получены обычным химическим способом [2].

Сенсор представляет собой подложку из полиметилметакрилата (ПММА), на которую были наклеены плоские золотые электроды в виде гребенки. При этом чётные электроды были объединены вместе и подключены к одному выводу датчика, а нечётные – к другому. Расстояние между электродами – 0.15 мм, ширина электродов – 0.4мм.

На поверхность электродов методом электрохимического окисления в режиме циклической вольтамперометрии (ЦВА) был нанесен тонкий слой ПАНИ [3]. После этого, в потенциостатическом режиме (при $E=200$ мВ) было продолжено наращивание слоя ПАНИ до замыкания межэлектродного пространства. После этого сенсор промывали водой и высушивали на воздухе. Общий вид сенсора изображён на рис. 1.

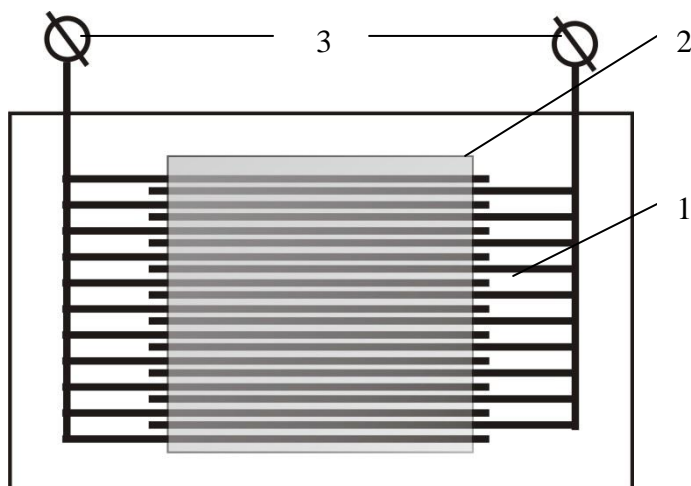


Рис. 1. Внешний вид газового сенсора. 1 – золотые электроды, 2 - плёнка ПАНИ, 3 - контакты для подключения к измерительному устройству

При измерениях использовали термостатированную газовую камеру, аналогичную [1]. Концентрацию аналитов в воздухе определяли методом кислотно-основного титрования и приводили её к нормальным условиям. Мониторинг электросопротивления датчика осуществляли при помощи электронного регистратора [4].

На рис. 2 представлен график отклика сенсора на углекислый газ с концентрацией 0.045 моль/л.

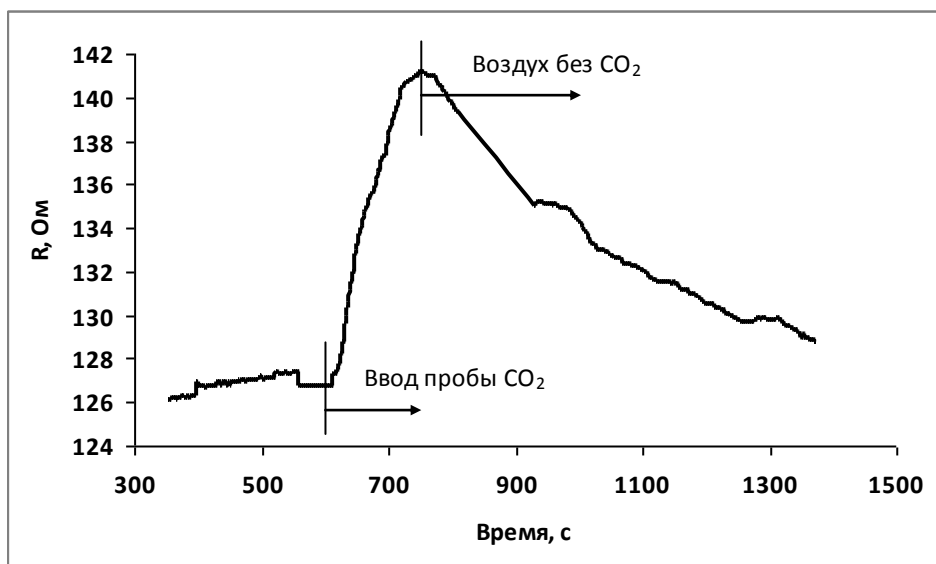


Рис. 2. Отклик сенсора на концентрацию двуокиси углерода в воздухе (температура 25 °С)

Как и следовало ожидать, воздействие углекислого газа на плёнку ПАНИ вызывает уменьшение её электросопротивления. Вероятно, это связано с изменением степени допирования ПАНИ. После помещения датчика в среду чистого воздуха наступает быстрый возврат к исходным значениям электросопротивления. Это связано с тем, что, несмотря на то, что углекислый газ имеет кислотную природу, кислотные свойства выражены слабо и поэтому десорбция наступает быстро. В целом чувствительность изготовленного сенсора к углекислому газу оказалась низкой. Поэтому данный сенсор можно использовать для определения углекислого газа при значительных концентрациях его в воздухе.

Несмотря на кислотную природу диоксида азота, его взаимодействие с ПАНИ вызывает увеличение электросопротивления. В то же время практически все газы кислотной природы способствуют уменьшению сопротивления плёнки ПАНИ. Этот эффект требует дополнительного изучения. В качестве рабочей гипотезы, объясняющей механизм этого явления, мы предложили следующую. Двуокись азота обладает не только кислотными свойствами, но также может являться и окислителем. Поэтому, при взаимодействии ее с ПАНИ, могут происходить два процесса: допирование, приводящее к уменьшению электросопротивления, и окисление, которое способствует увеличению электросопротивления. Каждый из этих процессов будет изменять электросопротивление в разных направлениях.

Известно, что наименьшее электросопротивление имеет ПАНИ со средней степенью окисления, именно в такой степени окисления мы использовали полианилин для изготовления сенсора. Поэтому воздействие окислителя будет способствовать увеличению степени окисления, а следовательно, увеличению электросопротивления. Именно этот эффект мы наблюдали на практике. На рис. 3 представлен график изменения электросопротивления от концентрации двуокиси азота в воздухе.

Как видно из рисунка, величина отклика меняется по нелинейному закону. Время отклика составляет не более двух минут. Релаксация после помещения в среду чистого воздуха практически не происходит. То есть данный сенсор можно рассматривать как регистрирующий максимальные значения концентрации и обладающий эффектом «памяти».

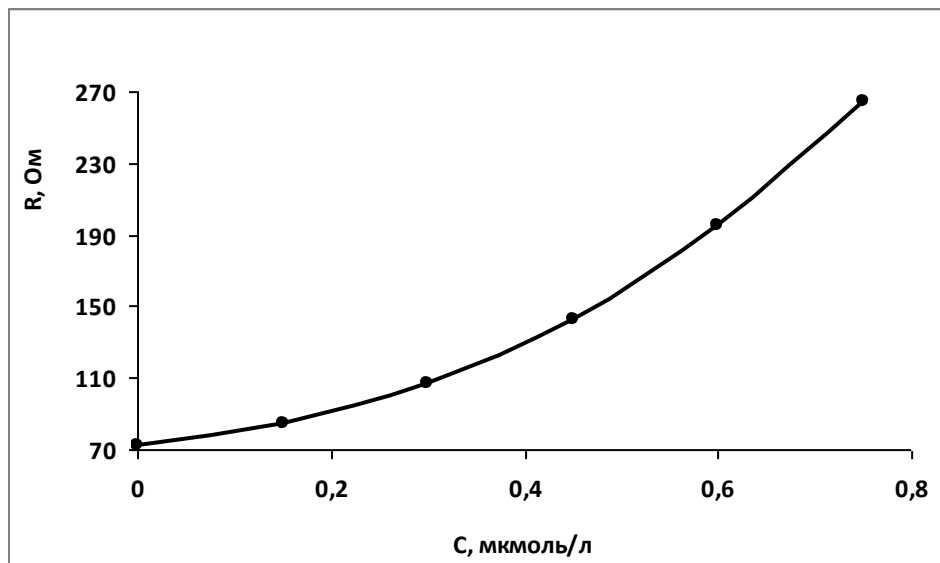


Рис. 3. Отклик сенсора на концентрацию диоксида азота в воздухе ($t^{\circ} = 25^{\circ} \text{C}$)

Интересно было проверить влияние температуры на отклик сенсора. Для этого были произведены измерения при 25, 30, 35, и 40 °С. Результаты исследования представлены на рис. 4.

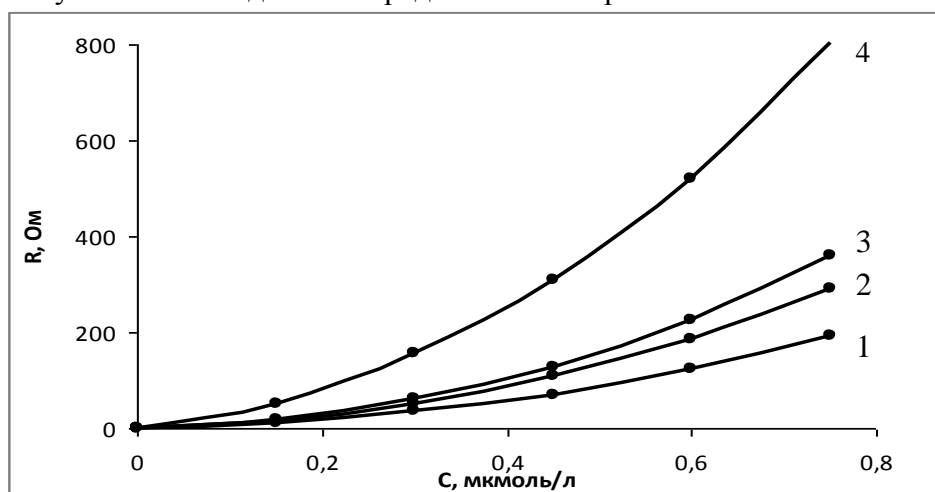


Рис. 4. Отклик сенсора на концентрацию диоксида азота при разных температурах: 1 – 25 °С, 2 – 30 °С, 3 – 35 °С, 4 – 40 °С

Как видно из рис. 4, увеличение температуры приводит к увеличению отклика. Причём время отклика с увеличением температуры существенно сокращается. Эта закономерность соответствует, на наш взгляд, предложенному механизму отклика.

Изготовленный сенсор позволяет определять концентрацию диоксида азота ниже значения ПДК, поэтому он может найти практическое применение.

Поскольку сенсор обладает эффектом «памяти», процесс «записи» информации о концентрации диоксида азота и процесс «считывания» могут быть разделены. То есть датчики могут быть размещены в необходимых местах без подключения их к измерительному устройству. После необходимой экспозиции, они могут быть подключены к измерительному устройству, при помощи которого будет «считано» информация о максимальной концентрации двуокиси азота в воздухе.

Список литературы

1. Рясенский С.С., Лившиц Е.С. // Вестник ТвГУ Серия: Химия 2009. № 9. С. 35–40.
2. Карякин Ю.В., Ангелов И.И. Чистые химические вещества. М.: Химия, 1974. 407 с.
3. Рясенский С.С., Рыбаков И.И., Кустарев Б.А. // Вестник ТвГУ. Серия: Химия 2014. № 2. С. 5–9.
4. Рясенский С.С. // Вестник ТвГУ Серия: Химия 2009. № 9. С. 41

THE GAS SENSOR BASED ON POLYANILINE

S.S. Ryasenskii , I.I. Rybakov, B.A. Kustarev

Tver State University

Department of inorganic and analytical chemistry

The possibility of the use of polyaniline films for determination of the content of nitrogen dioxide and carbon dioxide in the air.

Keywords: *sensor, polyaniline, conductive polymer*

Об авторах:

РЯСЕНСКИЙ Сергей Станиславович – кандидат химических наук, доцент кафедры неорганической и аналитической химии Тверского государственного университета, mail: p000199@tversu.ru

РЫБАКОВ Илья Игоревич – студент химико-технологического факультета Тверского государственного университета, mail: ilua.igorevich@gmail.com

КУСТАРЕВ Борис Александрович – студент химико-технологического факультета Тверского государственного университета, mail: hkrec_gtmr@bk.ru