

УДК 543.554.6

ПЬЕЗОКВАРЦЕВЫЙ ГАЗОВЫЙ СЕНСОР С ОТКЛИКОМ НА НЕКОТОРЫЕ УГЛЕВОДОРОДЫ

С.С. Рясенский, Н.В. Мельников

Тверской государственный университет
Кафедра неорганической и аналитической химии

Представлена конструкция газового сенсора на основе кварцевого резонатора. Продемонстрирована вероятность использования кварцевого резонатора для определения содержания гексана и изооктана в воздухе.

Ключевые слова: *сенсор, кварцевый резонатор, кварцевое микровзвешивание.*

В настоящее время в ряде работ описаны газовые сенсоры на основе кварцевых резонаторов [1–6]. Аналитический отклик этих сенсоров обусловлен изменением резонансной частоты колебаний кварцевого кристалла при адсорбции аналита на поверхность активированного кварцевого резонатора. Поскольку резонансная частота последнего в значительной степени зависит от массы адсорбированного вещества, подобный метод иногда называют кварцевым микровзвешиванием. Поиск активаторов для повышения чувствительности и селективности кварцевых газовых сенсоров является актуальной задачей. Поэтому цель настоящей работы – проанализировать возможность применения для активации поверхности кварцевых сенсоров некоторых веществ, используемых в качестве неподвижных фаз в газожидкостной хроматографии.

Экспериментальная часть

В настоящей работе в качестве аналитов мы выбрали углеводороды гексан и изооктан как имеющие большое практическое значение.

Для изготовления газовых сенсоров использовали кварцевые резонаторы с частотой резонанса 6-8 МГц (срез АТ) отечественного производства. Для возбуждения колебаний резонаторов применяли классическую электрическую схему, описанную в [6]. Частоту резонанса измеряли при помощи частотомера ЧЗ-54. Для активации поверхности резонаторов применяли широко используемую неподвижную фазу газожидкостной хроматографии полиэтиленгликоль (ПЭГ–2000). Адсорбционные свойства этого вещества по отношению к различным классам химических соединений хорошо изучены.

Все измерения проводили в герметичной камере известного объёма (рис.1). В камере имелось специальное устройство для введения необходимого количества исследуемой газовой смеси. Все измерения проводились при 20 °С.

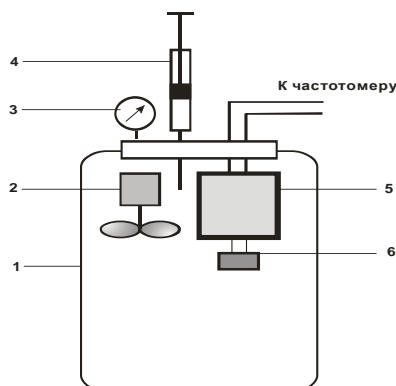


Рис. 1. Установка для исследования параметров газовых сенсоров: 1– герметичная камера; 2 – вентилятор; 3 – манометр; 4 – устройство ввода пробы; 5 – генератор; 6 – кварцевый сенсор

Результаты и их обсуждение

Как следует из литературных источников, чем больше количество активатора нанесено на кварцевый резонатор, тем выше чувствительность газового сенсора. Однако чрезмерно большое количество активатора срывает колебания кварцевого резонатора. Поэтому количество нанесённого активатора мы подбирали экспериментально. Для упрощения нанесения активатора мы использовали 0.1–1% растворы ПЭГ–2000 в легко испаряющемся растворителе – ацетоне. Количество нанесённого активатора (в пересчёте на ПЭГ–2000) находилось в интервале 0.02–0.14 мкл. Предварительные эксперименты показали, что срыв колебаний наблюдался при нанесении более 0,13 мкл на кристалл резонатора.

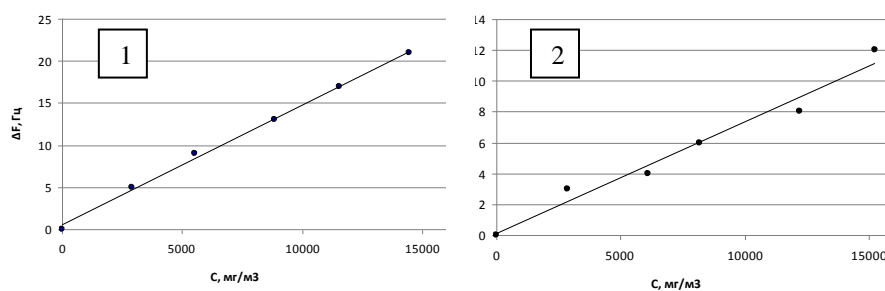
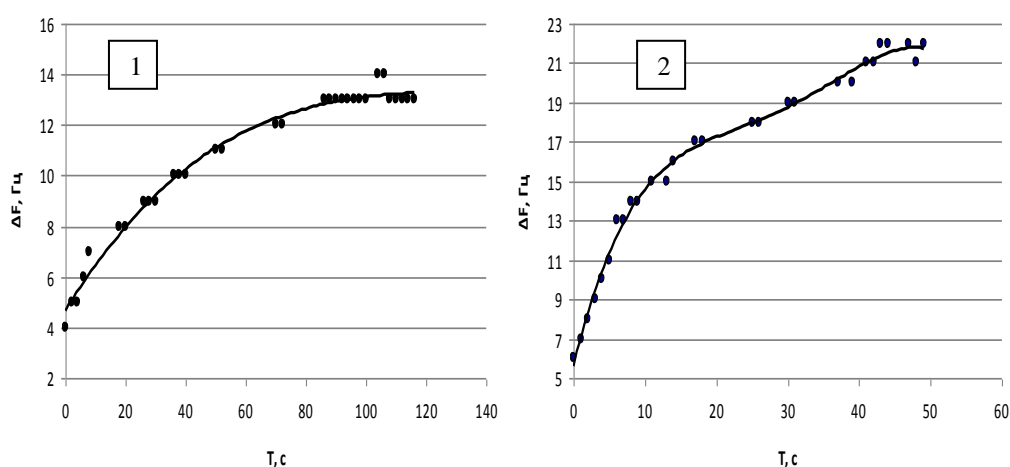


Рис. 2. Зависимость изменения резонансной частоты газовых сенсоров от содержания в воздухе аналитов: 1 – гексан; 2 – изооктан

На рис.2 представлен отклик газовых сенсоров на изменение концентрации аналитов в воздухе.

Как видно из рисунка, отклик сенсоров хорошо описывается уравнением прямой в исследуемом диапазоне концентраций. Судя по углу наклона этих прямых можно сказать, что чувствительность по отношению к изооктану выше, чем к гексану. Это хорошо согласуется с адсорбционными свойствами систем с участием указанных углеводородов и ПЭГ-2000.

Важной характеристикой газовых сенсоров является время отклика и время релаксации. На рис. 3 приведены графические зависимости изменения отклика сенсора при введении аналитов в измерительную камеру.



Р и с . 3. Время отклика сенсора: 1 – гексан; 2 – изооктан

Из рис. 3 видно, что стабильные показания устанавливаются через 60 с для гексана и 50 с для изооктана. Меньшее время отклика для изооктана, вероятно, можно объяснить большей скоростью адсорбции этого аналита.

Для практических целей необходимо знать не только время отклика, но и время релаксации сенсоров. На рис. 4 представлены зависимости изменения отклика сенсоров при перенесения их после контакта с аналитами в среду с чистым воздухом.

Как видно из рисунка, полная релаксация, а следовательно, и десорбция аналитов наблюдается через 100 – 120 секунд. Причём для гексана это время немного меньше, чем для изооктана.

Для выяснения максимального количества активатора и влияния его на чувствительность сенсоров был проведён соответствующий эксперимент, который заключался в измерении отклика сенсора при одном и том же содержании в воздухе аналита, но с разными

количества нанесённого активатора. Результаты исследований приведены на рис. 5.

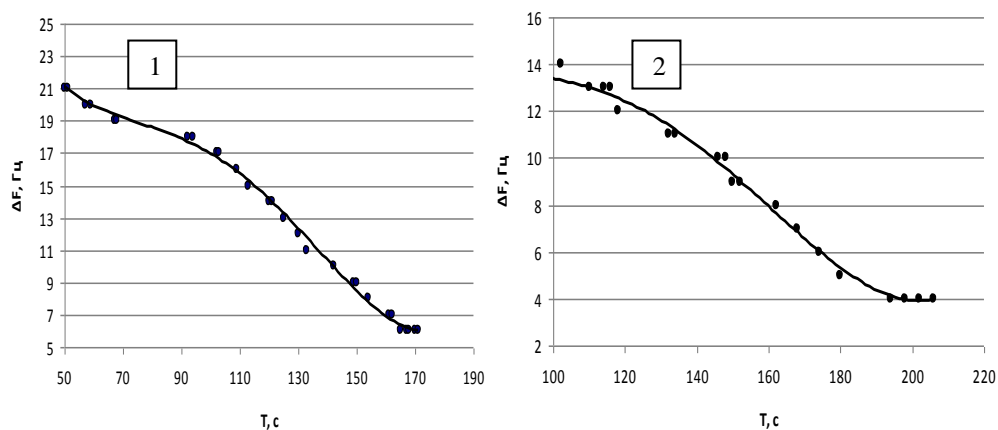


Рис. 4. Время релаксации сенсора: 1 – гексан 2 – изооктан

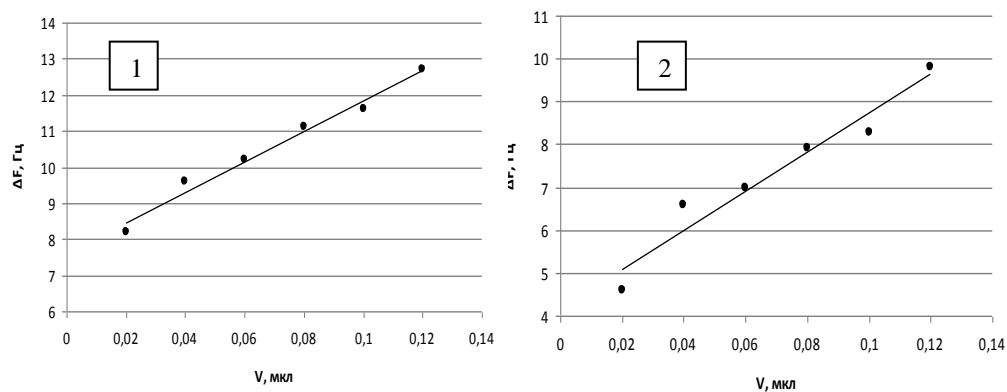


Рис.5. Влияние количества адсорбента на характеристики сенсора: 1 – гексан; 2 – изооктан

Как видно из рисунка, увеличение количества активатора увеличивает отклик сенсора, что хорошо согласуется с литературными данными. Однако увеличение количества активатора более 0.13 мкл (в пересчёте на ПЭГ–2000) приводит к невозможности возбуждения резонансных колебаний. Ряд авторов объясняет это явление увеличением потерь энергии механических колебаний.

Представленные результаты могут быть основой для разработки газовых сенсоров для определения содержания углеводородов в воздухе.

Список литературы

1. Kreutz C., Lorgen J., Graewe B., Bargon J., Yoshida M., Fresco Z., Frechet J. // *Sensors*. 2006. V. 6. P. 335–340.
2. Michalzik M., Wilke R., Buttgenbach S. // *Sensors and Actuators*. 2005. № 111–112. P. 410–415.
3. Muramatsu H., Kim J. M., Chang S. M. // *Anal Bioanal Chem*. 2002. V. 372. P. 314–321.
4. Haupt K., Noworyta K., Kutner W. // *Anal. Commun*. 1999. V. 36. P. 391–393.
5. King W. H. // *Analytical chemistry*. 1964. V. 36. P. 1735–1739
6. Рясенский С. С., Горбачёва Н. А. Пьезокварцевый газовый сенсор // *Вестник ТвГУ. Серия: «Химия»*. 2014. № 2. С. 9–12.

PIEZOQUARTZ GAS SENSOR RESPONSE TO SOME HYDROCARBONS

S.S. Ryasenskii, N.V. Melnikov

Tver state University
Chair of inorganic and analytical chemistry

Proposed the design of the gas sensor based on quartz resonator. Shows the possibility of using it for defining the content of isooctane and hexane in the air.

Keywords: *sensor, resonator, quartz micro balances.*

Об авторах:

РЯСЕНСКИЙ Сергей Станиславович – доцент, кандидат химических наук, декан химико-технологического факультета, Тверской государственной университет, e-mail:p000199@mail.ru

МЕЛЬНИКОВ Никита Валерьевич – студент 2 курса магистратуры химико-технологического факультета, Тверской государственной университет, e-mail:nikitka.melnikov.1991@mail.ru