

# CHEMICAL SENSORS

---

## ХІМІЧНІ СЕНСОРИ

---

---

УДК 621.315.592

### ЧУТЛИВІСТЬ ПЛІВОК ТІАКАЛІКСАРЕНІВ ДО РЯДУ АЛІФАТИЧНИХ СПИРТІВ

*І. А. Кошець<sup>1</sup>, З. І. Казанцева<sup>1</sup>, Т. В. Козлова<sup>1</sup>, В. І. Кальченко<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Інститут фізики напівпровідників НАН України  
Пр. Науки, 45, Київ-28, 03028, Україна, e-mail: koshets@isp.kiev.ua

<sup>2</sup>Інститут Органічної Хімії НАН України  
Вул. Мурманська 5, Київ-94, 02660, Україна

### ЧУТЛИВІСТЬ ПЛІВОК ТІАКАЛІКСАРЕНІВ ДО РЯДУ АЛІФАТИЧНИХ СПИРТІВ

*І. А. Кошець, З. І. Казанцева, Т. В. Козлова, В. І. Кальченко*

**Анотація.** Дана робота присвячена дослідженню адсорбційних властивостей плівок тіакалікс[4]аренів, модифікованих по нижньому та верхньому вінцю макроциклу, а також по місткових атомах сірки щодо аліфатичних спиртів. Вони використовувалися в якості чутливих покриттів для газових сенсорів на основі кварцового мікро балансу (КМ). Показано, що максимальну чутливість виявили плівки тіакаліксаренів з фосформісткими функціональними групами. Концентраційні залежності масиву сенсорів із вищезазначеними плівками каліксаренів показали непогану лінійність щодо ряду аліфатичних спиртів (від метанолу до пентанолу) у всьому діапазоні концентрацій, що досліджувалися. Пороги детектування сягали значень нижче 10 ppm для „важких” спиртів та 20-30 ppm для „легких”. Виявлено, що величина відгуку на лінійні „важкі” спирти (бутанол, пентанол) була більшою, ніж на їх ізомери.

**Ключові слова:** тіакаліксарени, хімічний сенсор, кварцовий мікробаланс (КМ), аліфатичні спирти

### SENSITIVITY OF TIACALIXARENE FILMS TOWARDS SET OF THE ALIPHATIC ALCOHOLS

*I. A. Koshets, Z. I. Kazantseva, T. V. Kozlova, V. I. Kalchenko*

**Abstract.** The manuscript presented is dedicated to the investigation of adsorption features of tiacalixarene films modified by lower and upper microcyclic rims as well as bridged sulfur atoms towards aliphatic alcohols. They were used as sensitive coating for gas sensors based on quartz crystal microbal-

ance (QCM). It was shown that tiacalixarene films with phosphorus containing functional groups possessed the best sensitivity amid all matter under study. Concentration dependencies of the sensors array with calixarene films mentioned above represented good linearity towards set of aliphatic alcohols (from methanol to pentanol) in the overall concentration range under study. Detection limits reached values as lower as 10 ppm for “heavy” alcohols and 20-30 ppm for “light” one. It turned out the response magnitude on linear “heavy” alcohols (butanol, pentanol) was higher than on their isomers.

**Keywords:** tiacalixarenes, chemosensor, quartz crystal microbalance (QCM), aliphatic alcohols

## ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПЛЕНОК ТИАКАЛИКСАРЕНОВ К РЯДУ АЛИФАТИЧЕСКИХ СПИРТОВ

*И. А. Кошец, З. И. Казанцева, Т. В. Козлова, В. И. Кальченко*

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию адсорбционных свойств пленок тиакаликс[4]аренов, модифицированных по нижнему и верхнему ободу макроцикла, а также по мостовых атомах серы, к алифатическим спиртам. Они использовались в качестве чувствительных слоев для газовых сенсоров на основе кварцевого микробаланса (КМ). Показано, что максимальную чувствительность выявили пленки тиакаликсаренов с фосфорсодержащими функциональными группами. Концентрационные зависимости массива сенсоров с вышеуказанными пленками каликсаренов показали неплохую линейность к ряду алифатических спиртов (от метанола к пентанолу) во всем диапазоне исследуемых концентраций. Пороги детектирования достигали значений ниже 10 ppm для „тяжелых” спиртов и 20-30 ppm для „легких”. Выявлено, что величина отклика на линейные „тяжелые” спирты (бутанол, пентанол) была больше, чем на их изомеры.

**Ключевые слова:** тиакаликсарены, химический сенсор, кварцевый микробаланс (КМ), алифатические спирты

### Вступ

Останнім часом все більша увага приділяється створенню ефективних, надійних, малогабаритних та швидкодіючих газоаналітичних систем, які могли б застосовуватися для контролю навколишнього середовища, в харчовій промисловості, парфумерії, медицині, тощо [1,2]. В них використовуються різні принципи реєстрації параметрів, що базуються на зміні провідності [3], оптичних характеристик [4-6], частоти (кварцовий микробаланс) [7,8], порогової напруги (газові польові транзистори) [9,10], та ін. Проте для всіх їх обов'язковим є наявність чутливої поверхні, на якій відбувається адсорбція молекул газу, що аналізується. Вимоги, що висуваються до чутливих шарів, різнопланові: з одного боку вони мають забезпечувати достатню амплітуду відгуку (висока чутливість), з другого – сенсори повинні швидко відновлюватись.

Одними з найбільш привабливих сполук з цієї точки зору є каліксарени [11]. Це циклічні олігомери, що формують порожнини різного розміру та форми і мають властивість захоплювати в ці порожнини іони металів та органічні молекули (“хазяїн – гість” комплексоутворення). Крім того, введення різноманітних периферійних функціональних груп по верхньому та нижньому кільцю каліксарена відкриває широкі можливості по керуванню комплексоутворюючими властивостями каліксаренів, а отже і чутливістю та селективністю сенсоров. Оскільки каліксарени здатні до утворення комплексів типу “хазяїн-гість” з міжмолекулярними взаємодіями різного типу завдяки можливості цілеспрямованого синтезу сполук з різноманітною молекулярною структурою, ці сполуки широко використовуються в якості чутливих плівок сенсоров для газового середовища [12,13].

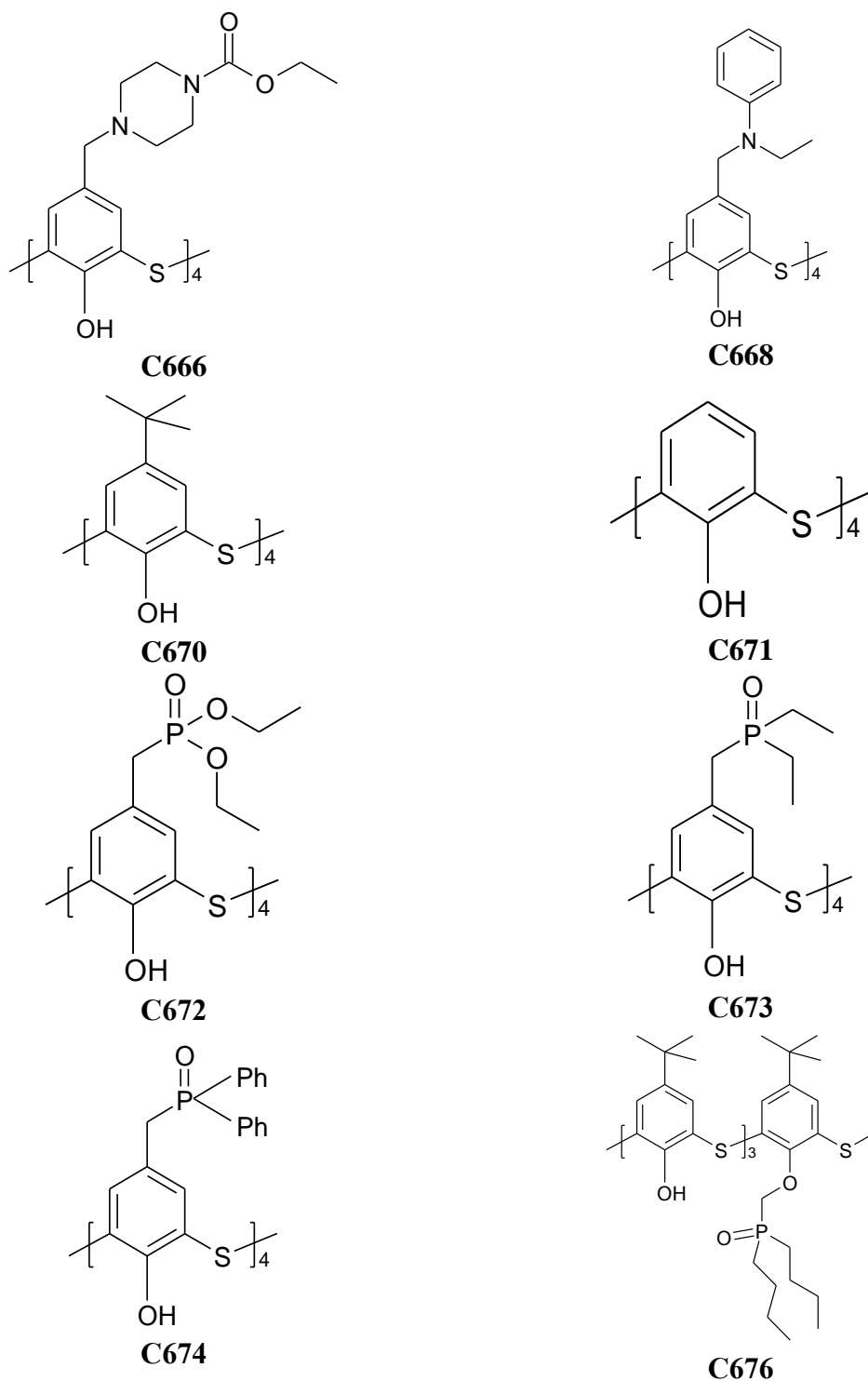


Рис. 1 Структурні формули сполук, що використовувались в якості чутливих шарів. Чисельні позначки (С666 - С676) відповідають нумерації ІОХ.

В даній роботі наведено результати досліджень спроможності серії нових каліксаренів ідентифікувати в повітрі ряд аліфатичних спиртів, а саме: метанол, етанол, ізопропанол,

бутанол, ізобутанол, пентанол та ізоаміловий спирт. Сполуки синтезовані в Інституті органічної хімії НАН України групою під керівництвом чл.-кор. НАНУ В.І.Кальченко.

## Експеримент

### Чутливі шари та методи їх нанесення.

Структурні формули сполук, що досліджувалися, представлені на Рис. 1. Вони були синтезовані у відповідності до процедури, що описана в [14,15] Позначки каліксаренів умовні, під такою нумерацією вони були отримані з вищезазначеного інституту.

Нанесення чутливих шарів на поверхні сенсорних елементів (кварцових резонаторів) відбувалося методом накупання розчинів відповідних каліксаренів у хлороформі (у співвідношенні 1мкг:10мл) та послідовний сушці в інертному середовищі (пари аргону) до повного випаровування розчинника.

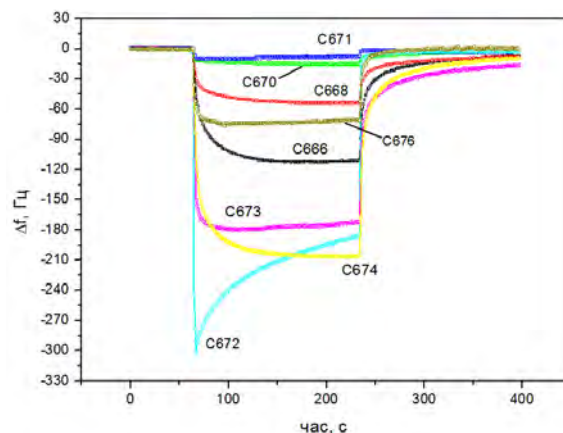
### Експериментальна установка, методика вимірів

З сенсорних елементів (кварцових резонаторів з базовою частотою 10 МГц, АТ-зріз), покритих чутливими шарами, було сформовано 8-ми каналний сенсорний масив. Сенсорний масив вмонтовано в хемосенсорну систему типу ЕН на основі кварцового мікробалансу [16], розроблену авторами в Інституті напівпровідників і детально описану в [17]. Всі експерименти проводилися із застосуванням даної системи при нормальних умовах (20°C, 760 мм рт. ст.). Попередньо всі сенсори були протестовані на одно-канальній сенсорній системі, призначеній для експрес контролю робото спроможності кожного сенсора та визначення „ефективні товщини” чутливих покриттів. „Ефективна товщина” (тобто зсув фундаментальної частоти внаслідок іммобілізації чутливого шару) склала  $4500 \pm 500$  Гц для всіх сенсорних елементів. Товщина шару чутливого покриття та його однорідність додатково контролювалися методом еліпсометрії на кремнієвих супутниках.

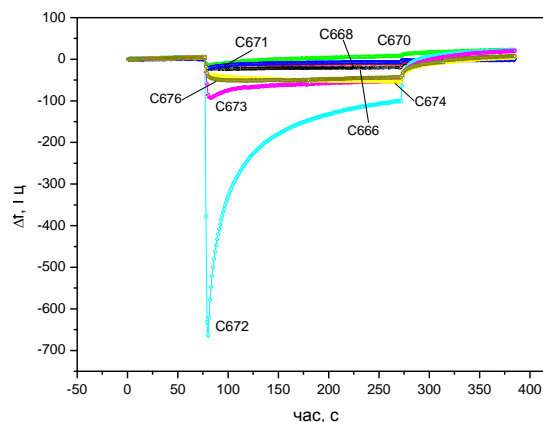
В якості аналітів використовувалися пари аліфатичних спиртів градації хімічної чистоти „ч.д.а.” або „х.ч.”. Необхідна концентрація аналітів була отримана за допомогою генератора газових сумішей (ГГС), створеного в Інституті напівпровідників на основі принципу дифузійної труби [18].

## Результати і обговорення

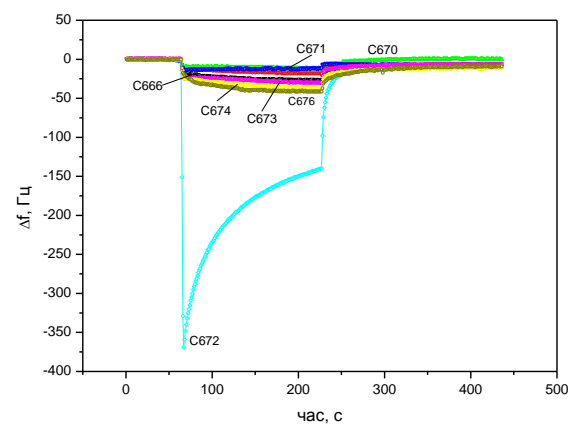
Типові залежності відгуків сенсорного масиву на інжекцію в робочу камеру парів аналітів з високими (близькими до насичених) концентраціями, а саме етанолу, бутанолу та ізобутанолу, приведені на Рис.2.



(а)



(б)



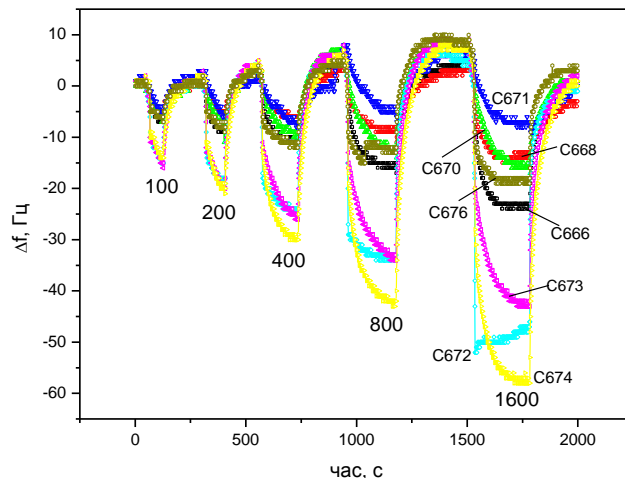
(в)

Рис. 2. Кінетичні залежності відгуків сенсорного масиву на інжекцію високих концентрацій етанолу (а), бутанолу (б) та ізобутанолу (в).

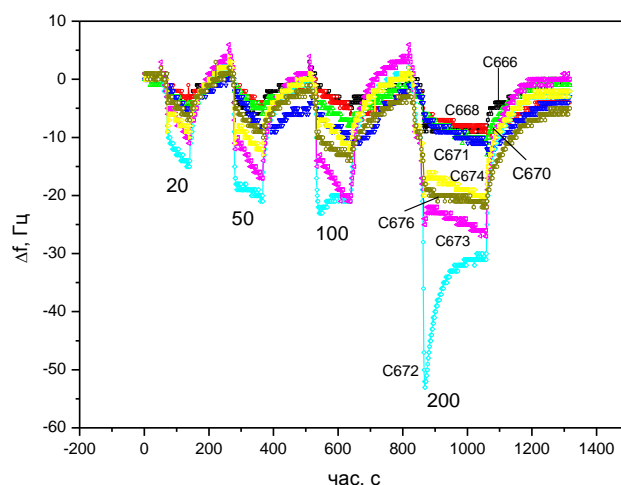
Аналіз відгуків сенсорів з чутливими покриттями різних каліксаренів чітко вказує на залежність адсорбційної здатності сполук від їх хімічної структури. Видно, що КА С670 та С671 практично не чутливі відносно спиртів. Зауважимо, що в їх структурі відсутні функціональні групи, здатні утворювати водневі зв'язки. Незначна чутливість до спиртів характерна для КА С666 та С668 з азот місткими функціональними групами. Тобто, з восьми сенсорних елементів, розміщених в камері, найбільш чутливими виявились сенсори з покриттями каліксаренами С672, С673, С674. В структурі цих сполук у верхньому вінці присутня полярна група  $O=P$ , яка здатна утворювати водневі зв'язки зі спиртами. Як бачимо, кінетика відгуку цих трьох сполук різна. Найвні два типи відгуків: поступове зростання сигналу з виходом на полицку та швидке (практично миттєве) зростання відгуку з максимумом та послідовним спадом кривої (сенсор С672 на всіх графіках та С673 на Рис.2, б). Така поведінка відгуків сенсорів пояснюється фізико-хімічними властивостями чутливих шарів та непроточним режимом роботи сенсорної системи. Тобто після миттєвої інжекції аналіту в робочу камеру вона відсікається від атмосфери і всі адсорбційно-десорбційні процеси йдуть у замкненому об'ємі. Докладно, із чисельним моделюванням на основі теорії адсорбції Ленгмюра, особливості кінетики відгуків описані в [17,19]. В даній роботі ми більше приділимо увагу саме адсорбційним властивостям чутливих плівок. Найбільші за амплітудою відгуки та швидка кінетика з чітко вираженим максимумом наявна у КА С672. Така поведінка, напевно, пояснюється наявністю в структурі С672 крім груп  $O=P$  фрагментів  $(OEt)_2$ , які забезпечують додаткову взаємодію з відповідними групами спиртів, тобто забезпечують більшу порівняно з іншими КА концентрацію центрів адсорбції, але з меншою енергією зв'язку.

Серед особливостей відгуків сенсорного масиву на „легкі” спирти (метанол, етанол) слід відзначити високу чутливість сполуки С673 та С674. Починаючи з ізопропанолу значно домінують над іншими відгуки сенсора з чутливою плівкою С672.

Характеристики кінетики відгуків сенсорів на послідовну інжекцію парів етанолу та пентанолу з різною концентрацією (рис. 3) є характерними для взаємодії з „легкими” та „важкими” спиртами.



(а)



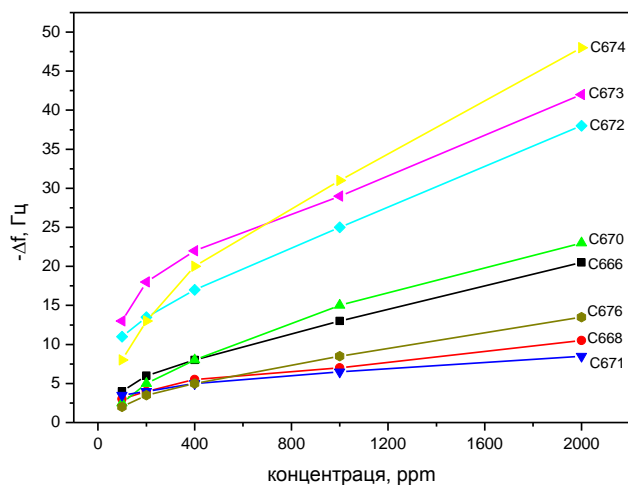
(б)

**Рис. 3** Кінетичні залежності відгуків сенсорного масиву на послідовну інжекцію , етанолу (а), та пентанолу (б) в робочу камеру. Числовими позначками на графіках показана концентрація відповідного аналіту в ppm.

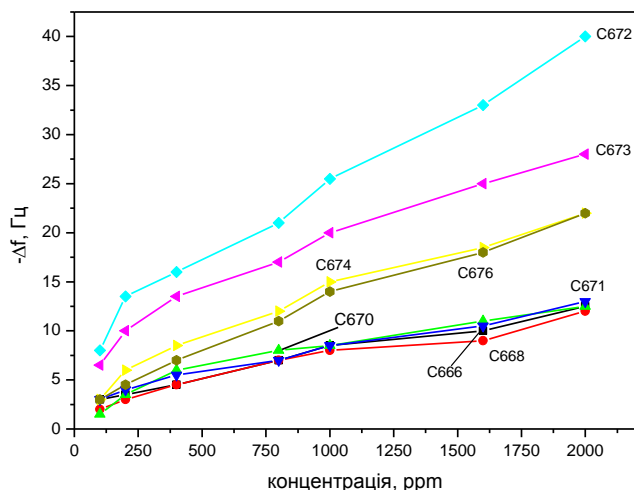
Як бачимо, при невисоких концентраціях більш чутливі до „легких” спиртів є сполуки С672, С673, С674, в той час як для „важких” домінує сполука С672. Як і при високих концентраціях для С672 характерним (принаймні, для більш високих концентрацій – від 100 ppm та вище) є швидкий ріст з максимумом та подальшим спадом сигналу, тобто відбува-

ється десорбція з центрів з меншою енергією зв'язку, при цьому залишаються більш стійкі комплекси. Повне відновлення всіх сенсорів відбувається за кілька хвилин при кімнатній температурі в режимі очистки нейтральним газом-носієм (сухе чисте повітря, азот, тощо). КА С676 можна кваліфікувати як „помірковано” чутливий. У нижньому вінці його структури, як і в сполуках С672, С673, С674, присутня група Р=О, але вона одна в молекулі, на відміну від С672, С673, С674, де таких груп по чотири. Можливо саме цим пояснюється менша адсорбційна здатність щодо спиртів.

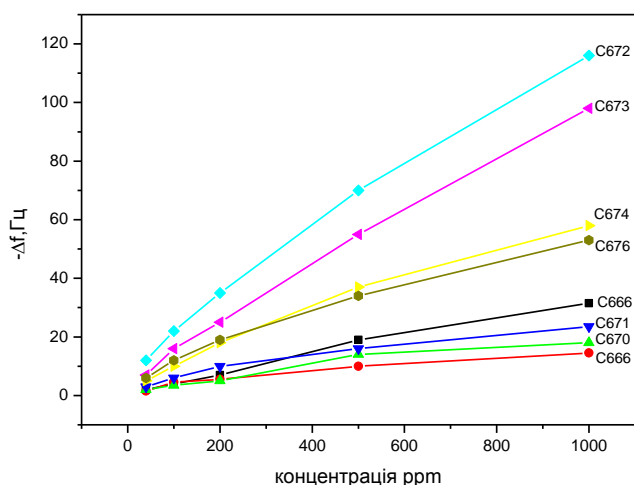
Концентраційні залежності отримані для концентрацій починаючи від межі чутливості демонструють непогану лінійність, як видно з Рис. 4.



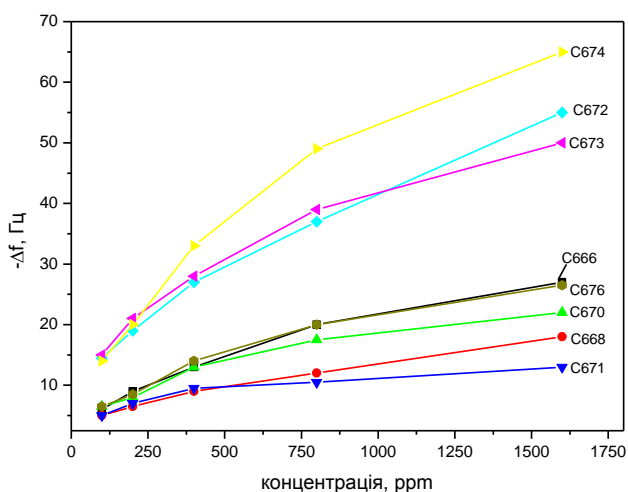
(a)



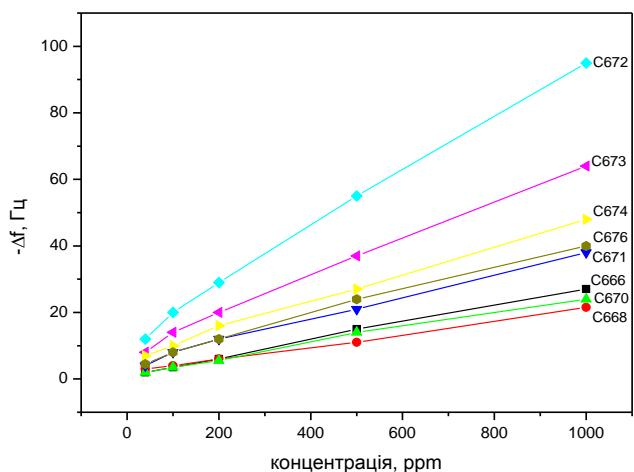
(b)



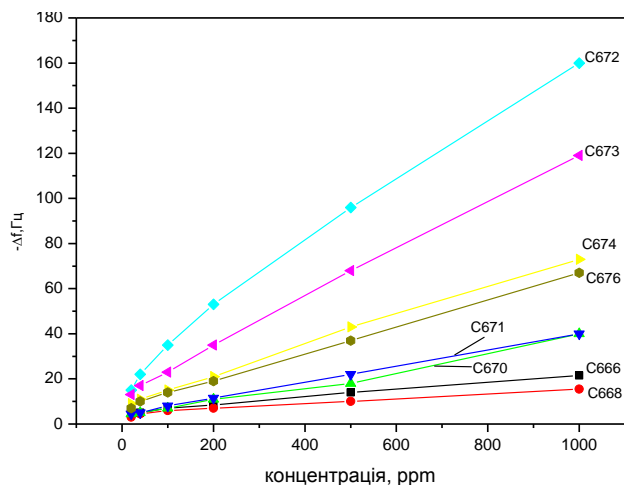
(г)



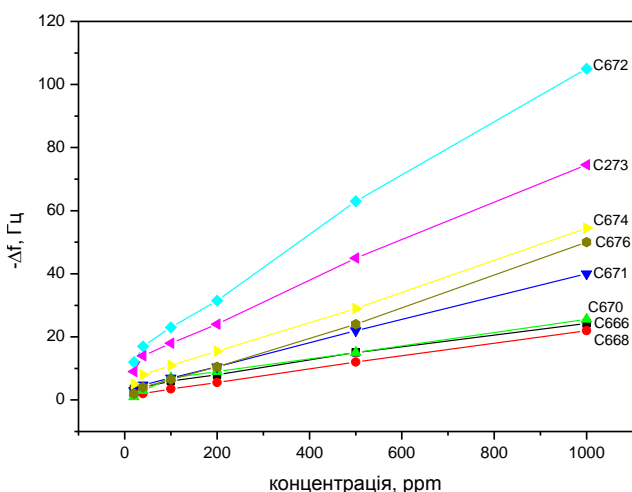
(б)



(д)



(e)



(e)

Рис. 4. Концентраційні залежності відповідних сенсорів масиву до метанолу (а), етанолу (б), ізопропанолу (в), бутанолу (г), ізобутанолу (д), пентанолу (е) та ізоамілового спирту (є).

Модифікація структури фосфорильних груп в С672 та С673 суттєво вплинула на адсорбційні властивості. Виходячи з межі чутливості (табл. 1), вони однаково чутливі до спиртів, але спостерігається значно сильніша концентраційна залежність у С672, особливо для „важких” спиртів. Видно, що „важкі” спирти можуть бути надійно детектовані починаючи з концентрацій, менших 10 ppm.

Табл. 1.

**Мінімальні концентрації спиртів (у ppm), що реєструються сенсорами, покритими відповідними чутливими шарами.**

Чутливий Шар \ Аналіг	C666	C668	C670	C671	C672	C673	C674	C676
метанол	150	400	200	400	30	20	40	500
етанол	80	100	80	100	25	30	25	80
ізопропанол	600	600	400	500	70	80	150	300
бутанол	100	200	250	100	<10	20	40	40
ізобутанол	200	200	250	60	10	25	50	70
пентанол	100	150	100	100	<10	<10	<10	10
ізоаміловий спирт	100	200	70	200	20	10	20	25

З метою кращого сприйняття загальної картини щодо селективності відгуки масиву сенсорів на 1000ppm всіх спиртів зведені в гістограмі на Рис. 5. Аналізуючи гістограму, можна помітити, що відгуки сенсорів (принаймні з плівками КА С672-С676) показують більші значення на лінійні „важкі” спирти ніж на їх ізомери. Такий саме ефект спостерігається і для відгуків на насичені пари (Рис. 2 б, в).

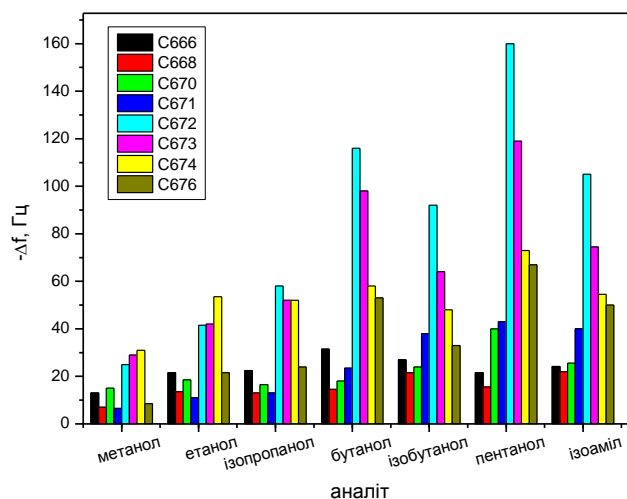


Рис. 5. Гістограми відгуків сенсорів масиву на 1000 ppm кожного спирту, що досліджувався.

Враховуючи, що молекулярна вага пар бутанол-ізобутанол, пентанол- ізоаміловий спирт однакова, а тиск насичених парів для ізомерів навіть більший, є очевидним, що афінність лінійних „важких” спиртів є більшою ніж ізомерів. Одним з можливих пояснень цього фено-

мену може бути ван-дер-ваальсова взаємодія порівняно довгих аліфатичних фрагментів лінійних „важких” спиртів із алькільними радикалами тіакаліксаренів. Енергія зв’язку такої взаємодії порівняно із водневим зв’язком невелика і десорбція відбувається досить легко при кімнатній температурі. Це опосередковано підтверджується сильним спадом відгуку після максимуму, особливо виразного для С672 та меншою мірою для С673 (Рис.2 б).

### Висновки

Отже, було показано, що похідні тіакаліксаренів, модифіковані по нижньому та верхньому вінцю макроциклу, а також по місткових атомах сірки є перспективними матеріалами, які можуть бути застосовані для створення високочутливих і селективних покриттів для газових сенсорів на основі КМ. Концентраційні залежності масиву сенсорів із вищезазначеними плівками каліксаренів в якості чутливих шарів показали непогану лінійність щодо ряду аліфатичних спиртів (від метанолу до пентанолу) у всьому діапазоні концентрацій, що досліджувалися. Пороги детектування сягали значень нижче 10 ppm для „важких” спиртів та 20-30 ppm для „легких”. Також необхідно відзначити більшу величину відгуку на лінійні „важкі” спирти (бутанол, пентанол) ніж на їх ізомери.

**Подяка.** Ця робота була виконана в рамках Проекту N 0113U002849 НАН України.

### Список використаної літератури

[1]. J. W. Gardner, P. N. Bartlett. *Electronic Noses: Principles and Application*. Oxford University Press, Oxford, UK, P. 245 (1999).

[2]. S. Chen, Y. Wang, S. Choi, *Applications and technology of electronic nose for clinical diagnosis // Open J. Appl. Biosens.*, 2. pp. 39–50 (2013).

[3]. M. C. Burl, B. J. Doleman, A. Schaffer, N. S. Lewis. *Assessing the ability to predict human precept of odor quantity from detector responses of a conducting polymer-composite based electronic nose // Sensors and Actuators, B-* 72, pp. 149–159 (2001).

[4]. Y. M. Shirshov, V. Y. Khoruzhenko, E. V.

Kostyukevych, R. V. Khristosenko, I. A. Samoylova, A. S. Pavluchenko, A. V. Samoylov, Y. V. Ushenin. *Analysis of some alcohol molecules based on the change of RGB components of interferentially colored calixarene films // Sensors and Actuators, B* 122 (2), pp. 427–436 (2007).

[5]. K. V. Kostyukevych, R. V. Khristosenko, Y. M. Shirshov, S. A. Kostyukevych, A. V. Samoylov, V. I. Kalchenko. *Multi-element gas sensor based on surface plasmon resonance: recognition of alcohols by using calixarene films // Semicond. Phys. Quant. Electron. Optoelectron.* 14 (3), pp. 313–320 (2011).

[6]. A. A. Egorov, M. A. Egorov, R. B. Smoliakov, T. K. Chekhlova, *Study of the integrated-optical concentration sensor for gaseous substances // Laser Phys.*, 17, pp. 50–53 (2007).

[7]. I. A. Koshets, Z. I. Kazantseva, Y. M. Shirshov, S. A. Cherenok, V. I. Kalchenko, *Calixarene films as sensitive coatings for QCM-based gas sensors // Sensors and Actuators, B –* 106, pp. 177–181 (2005).

[8]. M. Harbek, D. D. Erbahar, I. Gurol, E. Musluoglu, V. Ahsen, Z. Z. Ozturka, *Phthalocyanines as sensitive coatings for QCM sensors: comparison of gas and liquid sensing properties // Sensors and Actuators, B –* 155, pp. 298–303 (2011).

[9]. R. C. C. Li, Ph. C. H. Chan, P. W. Cheung, *Analysis of a MOS integrated gas sensor using a surface chemistry based model // Sensors and Actuators, B-* 28, pp. 233–242 (1995)

[10]. T. Eklov, P. Martensson, I. Lundstrom. *Enhanced selectivity of MOSFET gas sensors by systematical analysis of transient parameters // Anal. Ch. Acta.*, 353, pp. 291–300 (1997)

[11]. C. D. Gutsche, *Calixarenes: an introduction*, Monographs in supramolecular chemistry. Royal Society of Chemistry, Cambridge, 276 p., (2008)

[12]. R. Pinalli, M. Suman, E. Dalcanale, *Cavitands at work: from molecular recognition to supramolecular sensors // Eur. J. Org. Chem.*, 3, pp. 451–462 (2004).

[13]. M. Ozmen, Z. Ozbek, M. Bayrakci, S. Ertul, *Preparation and gas sensing properties of Langmuir–Blodgett thin films of calix[n]arenes: investigation of cavity effect // Sensors and Actuators, B* 195, pp. 156–164 (2014).

[14]. S. Kharchenko, A. Drapailo, S. Shishkina, O. Shishkin, M. Karavan, I. Smirnov, A.



Ryabitskii, V. Kalchenko, Dibutylphosphinoyl-methoxythiacalix[4]arenes. Synthesis, structure, americium, europium and technetium extraction // *Supramolecular Chemistry*, 26 (10-12), pp. 864-872. (2014)

[15]. O. Kasyan, D. Swierczynski, A. Drapailo, K. Suwinska, J. Lipkowski, V. Kalchenko, Upper rim substituted thiacalix[4]arenes // *Tetrahedron Letters*. 44 (38), pp. 7167-7170 (2003).

[16]. G. Sauerbrey. The use of quartz oscillator for weighing thin layers and for microweighing, // *Z. Phys.* 155, pp. 206-222 (1959)

[17]. V. Kalchenko, I. A. Koshets, E. P. Mat-sas, O. N. Kopylov, A. Solovyov, Z. I. Kazant-

seva, Y. M. Shirshov. Calixarene based QCM sensors array and its response to volatile organic vapors // *Mater. Sci.* 20 (3), pp. 73–88 (2002).

[18]. J. M. McKelvey and H. E. Hoelscher. Apparatus for preparation of very dilute gas mixtures // *Analytical chemistry*, 29 (1), pp. 123-124 (1957).

[19]. Yu. V. Shirshov, I. A. Koshets, O. N. Kopylov. Vliyanie gazodinamicheskikh parametrov na otklik gazodinamicheskoy sensornoj sistemy // *Optoelektronika i poluprovodnikovaya tehnika*, N 37, c. 153-168 (2002) (in Russian).

Стаття надійшла до редакції 29.06.2016 р.

UDC 621.315.592

## SENSITIVITY OF TIACALIXARENE FILMS TOWARDS SET OF THE ALIPHATIC ALCOHOLS

*I. A. Koshets<sup>1</sup>, Z. I. Kazantseva<sup>1</sup>, T. V. Kozlova<sup>1</sup>, V. I. Kalchenko<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Institute of Semiconductor Physics, NAS of Ukraine,  
41, Prospekt Nauki, Kiyv-28, 03028, Ukraine, e-mail: koshets@isp.kiev.ua

<sup>2</sup>Institute of Organic Chemistry, NAS of Ukraine,  
5, Murmanska str., Kiyv-94, 02660, Ukraine

### Summary

The manuscript presented is dedicated to the investigation of adsorption features of tiacalixarene films modified by lower and upper microcyclic rims as well as bridged sulfur atoms towards aliphatic alcohols. They were used as sensitive coating for gas sensors based on quartz crystal microbalance (QCM). Experiments were carried out with 8-channel chemosensory system of “Electronic Nose” (EN) type that had been developed and created in our Institute. Sensitive layers on the sensory elements (QCM resonators) have been deposited by means of dropping technique (small amount of an appropriate calixarene dissolved in chloroform was dropped on the sensor surface) with the following drying in the inert (argon vapor) media until total evaporation of solvent. Kinetics of sensor responses on high concentration level (close to saturated vapor pressure) as well as on consequent injection of analytes in the concentration range 10 – 1600 ppm have been obtained. It was shown that tiacalixarene films with phosphorus containing functional groups possessed the best sensitivity amid all matter under study. Concentration dependencies of the sensors array with calixarene films mentioned above represented good linearity towards set of aliphatic alcohols (from methanol to pentanol) in the overall concentration range under study. Detection limits reached values as lower as 10 ppm for “heavy” alcohols and

20-30 ppm for “light” one. It turned out the response magnitude on linear “heavy” alcohols (butanol, pentanol) was higher than on their isomers.

**Keywords:** tiacalixarenes, chemosensor, quartz crystal microbalance (QCM), aliphatic alcohols

УДК 621.315.592

## ЧУТЛИВІСТЬ ПЛІВОК ТІАКАЛІКСАРЕНІВ ДО РЯДУ АЛІФАТИЧНИХ СПИРТІВ

*І. А. Кошець<sup>1</sup>, З. І. Казанцева<sup>1</sup>, Т. В. Козлова<sup>1</sup>, В. І. Кальченко<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Інститут фізики напівпровідників НАН України  
Пр. Науки, 45, Київ-28, 03028, Україна, e-mail: koshets@isp.kiev.ua

<sup>2</sup>Інститут Органічної Хімії НАН України  
Вул. Мурманська 5, Київ-94, 02660, Україна

### Реферат

Дана робота присвячена дослідженню адсорбційних властивостей плівок тіакалікс[4]аренів, модифікованих по нижньому та верхньому вінцю макроциклу, а також по місткових атомах сірки щодо аліфатичних спиртів. Вони використовувалися в якості чутливих покриттів для газових сенсорів на основі кварцового мікро балансу (КМ). Дослідження проводились із застосуванням 8-ми каналної хемосенсорної системи типу „Електронний ніс” (ЕН), що була розроблена та виготовлена в нашому Інституті. Чутливі шари на поверхні сенсорних елементів (кварцових резонаторів) наносилися методом накапування розчинів відповідних каліксаренів у хлороформі та послідуєчий сушці в інертному середовищі (пари аргону) до повного випаровування розчинника. Отримані кінетичні залежності відгуків масиву сенсорів щодо високих (близьких до насичених парів) концентрацій, а також на послідовну інжекцію аналітів в діапазоні концентрацій 10 – 1600 ppm. Показано, що максимальну чутливість виявили плівки тіакаліксаренів з фосформісткими функціональними групами. Концентраційні залежності масиву сенсорів із вищезазначеними плівками каліксаренів показали непогану лінійність щодо ряду аліфатичних спиртів (від метанолу до пентанолу) у всьому діапазоні концентрацій, що досліджувалися. Пороги детектування сягали значень нижче 10 ppm для „важких” спиртів та 20-30 ppm для „легких”. Виявлено, що величина відгуку на лінійні „важкі” спирти (бутанол, пентанол) була більшою, ніж на їх ізомери.

**Ключові слова:** тіакаліксарени, хімічний сенсор, кварцовий мікробаланс (КМ), аліфатичні спирти