

ЗД-19. НАНОКОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ШИРОКОЗОННЫХ МЕТАЛЛООКСИДОВ С ФРАКТАЛЬНОЙ СТРУКТУРОЙ ДЛЯ АДсорбЦИОННЫХ СЕНСОРОВ ХЕМОРЕЗИСТИВНОГО ТИПА

И. А. Пронин¹, И. А. Аверин¹, Н. Д. Якушова¹, В. А. Мошников^{1,2}, Б. В. Донкова³,
Д. Ц. Димитров³, А. Ц. Георгиева⁴, С. С. Налимова², А. А. Карманов¹

¹ Пензенский государственный университет,
440026, Россия, Пенза, ул. Красная, 40

² Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»,
197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 5

³ Софийский университет им. Св. Климента Охридского,
1164, Болгария, София, бул. «Драган Цанков», 8

⁴ Университет Флориды, США, Гейнсвилл, FL 32611

E-mail: nano-micro@mail.ru

В настоящее время перспективным представляется использование нанокomпозитов на основе широкозонных металлооксидов (таких как $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2\text{-ZnO}$, $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2\text{-In}_2\text{O}_3$ и др.) в технологическом цикле изготовления адсорбционных сенсоров хеморезистивного типа. Применение данных наноматериалов, синтезируемых в рамках золь-гель технологии [1], позволяет решать ряд ключевых задач в этом направлении, таких как снижение рабочих температур газочувствительного слоя, повышение чувствительности и селективности. Однако модельные представления о механизмах газочувствительности нанокomпозитов в большинстве случаев основываются на классических законах физики твердого тела и описывают сенсорный отклик с точки зрения теории адсорбции на монокристаллических и/или поликристаллических системах, а следовательно, не учитывают фрактальную структуру реальных образцов. При взаимодействии с газами-окислителями и/или восстановителями в нанокomпозитах протекают сложные процессы адсорбции/десорбции, перезарядки поверхностных состояний, наблюдаются релаксационные явления на границах зерен и пор, катализ на поверхности слоев и в области контактов и др.

Используя экспериментальные данные изменения сопротивления чувствительных элементов адсорбционных сенсоров хеморезистивного типа при воздействии газов-восстановителей и/или окислителей, можно найти калибровочный параметр $D_i/L_{\text{пор}}^2$, где D_i – коэффициент диффузии (молекулярной или кнудсеновской соответственно), $L_{\text{пор}}$ – длина поры. При условии, что значение этого параметра, рассчитанное по экспериментальным данным, составляет порядка 10^5 c^{-1} , можно сделать вывод о преобладании диффузии Фика; если же величина калибровочного параметра составляет $\approx 10^8 \text{ c}^{-1}$, то преобладает кнудсеновская диффузия [2].

Определение величины $D_i/L_{\text{пор}}^2$ представляет собой достаточно сложную задачу, решение которой возможно путем предположения, что при воздействии анализируемого газа сенсорный отклик для одной поры и отклик для всего нанокomпозита прямо пропорциональны друг другу. Так, если в одной поре сенсорный отклик дает изменение сопротивления ΔR , то для N_p пор он даст изменение сопротивления, кратное $N_p \Delta R$.

В рамках проведенных исследований показано, что для нанокomпозитов на основе $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2\text{-ZnO}$ величина $D_i/L_{\text{пор}}^2 = 1,21 \cdot 10^8 \text{ c}^{-1}$; это указывает на преобладание кнудсеновской диффузии и характеризует их высокий сенсорный отклик к газам-восстановителям (парам этанола).

Библиографические ссылки

1. Structural Features of Silica Coating Obtained from Sol Cooled to the Temperature of Liquid Nitrogen / I. A. Pronin [et al.]// Arabian Journal for Science and Engineering. 2017. Vol. 42, № 10. P. 4299–4305.
2. Modeling gas flow through microchannels and nanopores / S. Roy [et al.] // J. Appl. Phys. 2003. Vol. 93. P. 4870–4879.