

УДК 544.22+544.08

МАЛОМОЩНЫЕ СЕНСОРЫ ДИОКСИДА АЗОТА И ГОРЮЧИХ ГАЗОВ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИИ ОКСИДА ВОЛЬФРАМА И МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Ю. С. ГАЙДУК, А. А. САВИЦКИЙ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Минск, Беларусь

Предложен метод получения газочувствительной композиции, который заключается в ведении добавки многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ) в получаемый золь-гель методом оксид вольфрама. За счет добавки 2,1 % мас. МУНТ, обладающих высокими электропроводностью, каталитической активностью и специфической адсорбцией, происходит существенное увеличение чувствительности WO_3 к диоксиду азота и горючим газам.

Газовые сенсоры изготавливались по стандартной технологии. На подложке ($1,5 \times 1,5$ мм) анодированного (40 мкм) алюминия (производство ОАО «Минский НИИ радиоматериалов») путем фотолитографического процесса производилось формирование контуров рабочих электродов сенсора (две пары Г-образных электродов толщиной 20 мкм, расстояние между электродами 80 мкм) и нагревательного элемента. Затем на свободные от фоторезиста участки подложки наносили платину методом магнетронного распыления ($\sim 0,5$ мкм), затем производили травление подложки для разделения на отдельные элементы. Полученные «кристаллы» разваривали в корпус платиновой проволокой (диаметр 20 мкм). Чувствительные слои наносили на измерительные электроды капельным методом при помощи микродозатора из коллоидного раствора вольфрамовой кислоты и приготовленной по специально разработанной методике композиции вольфрамовой кислоты и МУНТ (2,1 % мас.). После отжига на подложках формировались нанокристаллические газочувствительные слои оксида вольфрама WO_3 или гетерогенной композиции WO_3 /МУНТ.

Сенсорный отклик S , %, определяли по формуле

$$S = R_{rg}/R_a \times 100 \% ,$$

где R_a и R_{rg} – электрическое сопротивление чувствительного слоя на воздухе и при воздействии газовой смеси, содержащих C_3H_8 и H_2 , и по формуле

$$S = R_{rg}/R_a \times 100 \%$$

при воздействии газовой смеси, содержащих NO_2 .

Датчики со слоями на основе WO_3 без добавки МУНТ показали определенную чувствительность к 4 ppm диоксида азота (122 % при токе нагре-

ва 61 мА) и 3,8 ppm пропана (128 % при токе нагрева 55 мА). Сенсорные отклики к газоздушным смесям, содержащим как пропан и диоксид азота, представлены на рис. 1.

Рост сенсорного отклика к указанным газам зависел от тока нагрева (температуры подложки) и был неодинаков для различных газов. Чувствительность к 3,6 ppm пропана была выше при низких токах нагрева и монотонно снижалась с увеличением тока нагрева (от 61 к 41 мА), в то время как чувствительность к 4 ppm диоксида азота с током нагрева возрастала, и выше 61 мА наблюдался $S > 1000$ % (рис. 1). Такая высокая чувствительность позволяет обнаружение примесей диоксида азота в воздухе в ppm-диапазоне. Изменение тока нагрева позволяет увеличивать селективность по отношению к тому или иному газу, изменяя режим работы сенсора.

Добавка МУНТ не оказала воздействия на чувствительность к водороду (токи нагрева 21–75 мА).

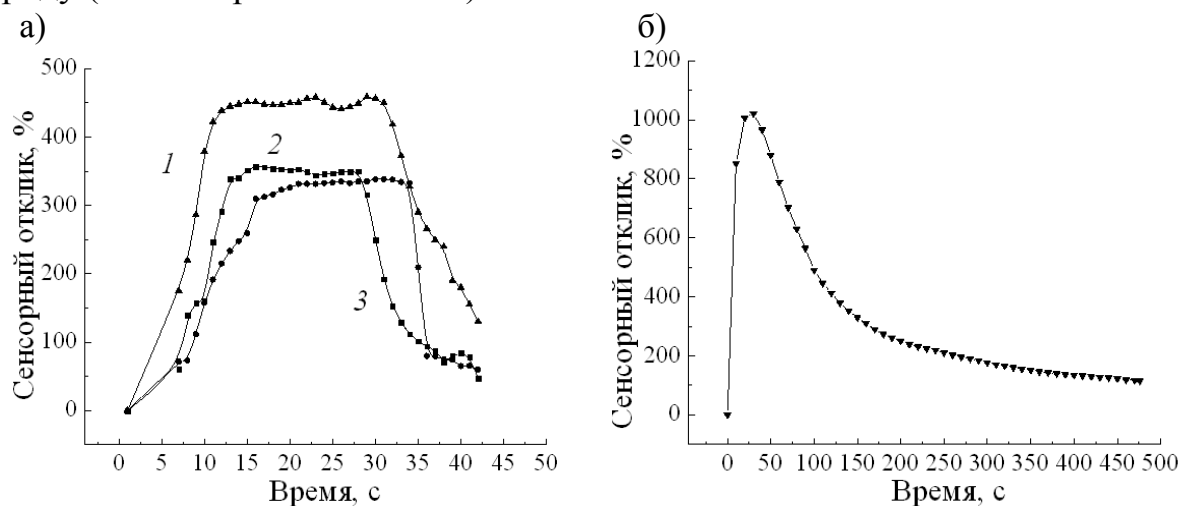


Рис. 1. Сенсорный отклик датчика, содержащего $WO_3 + 2,1$ % мас. МУНТ, к различным газоздушным смесям: а – 3,6 ppm C_3H_8 ; 1 – ток нагрева $I = 41$ мА; 2 – ток нагрева $I = 51$ мА; 3 – ток нагрева $I = 61$ мА; б – $WO_3 + 2,1$ % мас. МУНТ; 4 ppm NO_2 ; ток нагрева $I = 61$ мА

Высокая чувствительность позволяет использовать изготовленные датчики в составе приборов для экологического мониторинга воздуха, поскольку порог чувствительности изготовленных датчиков к NO_2 и горючим газам лежит ниже соответствующих предельно допустимых концентраций. Датчики обладали высокими скоростями срабатывания (8–10 с при токе нагрева 41 мА) и низким энергопотреблением (25 мВт при токе нагрева 41 мА, 85 мВт при токе нагрева 61 мА) [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Газовые датчики на основе композиции оксида вольфрама и многостенных углеродных нанотрубок / Ю. С. Гайдук [и др.] / Приборы и методы измерений. 2016. – Т. 7. – № 1. – С. 127–138.