ТЕРМОЦИКЛИРОВАНИЕ СВОБОДНО СТОЯЩИХ ПЛЕНОК УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ СЕЛЕКТИВНОСТИ ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ НА ИХ ОСНОВЕ

Заманский К.К., Федоров Ф.С., Насибулин А.Г.

Сколковский институт науки и технологий, Москва, Россия

Однослойные углеродные нанотрубки (ОУНТ) активно изучаются в настоящее время в качестве газочувствительного материала [1], поскольку потребность в новых газовых сенсорах увеличивается с каждым годом [2]. Основные требования, предъявляемые к газовым сенсорам – высокие показатели чувствительности, селективности и стабильности [3]. Несмотря на крайне высокую газовую чувствительность углеродных материалов в общем (вплоть до определения единичных молекул) [4] и ОУНТ в частности [5], реальное применение сенсоров на основе углеродных нанотрубок ограничено. Одной из самых актуальных проблем сенсоров такого рода является их фундаментально низкая селективность [6]. Устройство одной из самых перспективных систем повышения селективности повторяет принципиальную схему работы обонятельной системы млекопитающих и заключается в использовании машинного обучения для распознавания паттернов сигнала, полученных на массиве слабоселективных газовых сенсоров [7].

Данная работа посвящена созданию газовых сенсоров с свободно стоящей архитектурой, обеспечивающей эффективный Джоулевый нагрев, и комбинированию циклической модуляции температуры (термоциклирования) сенсоров для генерации паттернов сенсорного отклика с использованием различных методов машинного обучения для селективного распознавания этих паттернов.

Термоциклируемое сенсорное устройство на основе тонкой пленки свободно стоящих одностенных углеродных нанотрубок позволяет различать примеси токсичных газов (NO_2 , H_2S , ацетон) в сухом воздухе в концентрациях на уровне десятков частиц на миллион (ppm) с точностью свыше 90% и определять абсолютные значения концентраций этих газов с точностью до ppm. Для распознавания газов были использованы метод главных компонент (PCA), метод ближайших соседей (kNN), метод на основе деревьев решений (Decision tree, CatBoost) и нейросети [8].

Библиографические ссылки

1. Schroeder V. et. al. / Chem. Rev. 2019. P. 599–663.
2. Mouly J., Damianos D., Delbos P. 2021.
3. Korotcenkov G. / Springer New York. 2013.
4. Jensen K., Kim K., Zettl A. / Nat. Nanotechnol. 2008. Vol. 3. 533–537.
5. Rigoni F. et. al. / Analyst. 2013. P. 7392–7399.
6. Llobet E. / Sensors Actuators B Chem. 2013. P. 32–45.
7. Schroeder V. et. al. / ACS Sensors 4. 2019. P. 2101–2108.
8. Dorogush A.V., Ershov V., Gulin A. / ArXiv Prepr. 2018.