Применение наноуглеродных материалов для молекулярно-электронных датчиков движения

Агафонов В.М. [1,2] , *Кирилловичев М.В.* [1] , *Левчук В.В.* [1]

agafonov.vm@mipt.ru
[1] МФТИ, Физтех
[2] ООО Р-сенсорс

Молекулярно-электронная технология измерения параметров движения нашла применение при создании широкополосных сейсмометров, акселерометров, датчиков угловых скоростей [1]. Основным элементом таких датчиков является электрохимическая ячейка, межэлектродный ток в которой изменяется при перемещении электролита под действием сил инерции, вызванных движением корпуса датчика. Доказанными для этой технологии являются уникально высокий коэффициент преобразования и широкий частотный диапазон измерений. Опыт практического применения в сейсморазведке [2] показал, что по чувствительности один такой датчик способен заменить группу стандартных геофонов, а широкополосные данные позволяют получить крайне ценный новый материал для геологической интерпретации результатов.

Полученные результаты побуждают исследователей искать новые технологические решения, ориентированные на массовое производство. В частности, в настоящее время, электроды чувствительных элементов производятся из платины. Недавно доказано [3], что в электрохимических датчиках вместо платины могут использоваться углеродные электроды, что резко снижает стоимость изделий.

Развитие этого технологического решения состоит в использовании углерода, модифицированного наноматериалами. В данной работе показано, что добавление графена уменьшает сопротивление электродов на 30%, позволяя сделать электроды меньше и разместить на единице поверхности подложки их большее количество. Модификация поверхности электродов нанотрубками увеличивает коэффициент преобразования на высоких частотах. Видимо, эффект связан с тем, что нанотрубки, ориентированные перпендикулярно поверхности, позволяют вовлечь в электрохимические реакции ионы, переносимые потоком жидкости на удалении от поверхности. Эффект аналогичен полученному в работе [4], однако выражен сильнее.

Полученные результаты представляют значительный интерес с точки зрения организации серийного производства недорогих высокочувствительных сейсмических датчиков нового поколения.

Авторы благодарны РНФ за поддержку проект # 22-19-00211.

Ссылки

1. V. Agafonov, A. Neeshpapa, and A. Shabalina, Electrochemical Seismometers of Linear and Angular Motion, in Encyclopedia of Earthquake Engineering SE, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2015, pp. 944–961.
2. Абдулвалиев М. Т., Тиссен А. П., Толкачев В. М., Первая отечественная нодальная бескабельная система «Открытие» с электронно-молекулярными датчиками, Приборы и системы разведочной геофизики, vol. 3(66), С. 46–51, 2020.
3. V. Agafonov, V. Agafonova, I. Egorov. Comparison of Electrochemical Motion Sensors With Platinum and Carbon Electrodes. IEEE Sensors Letters, Vol. 8, No 3, 2024.
4. B. Liu, J. Wang, J. Liu, N. Liu, R. Song and S. Song, "A MEMS-Based Electrochemical Angular Accelerometer Based on Planar Electrodes With Micropillar Array Structure," IEEE Sensors Journal, vol. 23, no. 16, pp. 18032-18041, 15 Aug.15, 2023.