Изготовление верхнего электрода для наногенератора на основе легированных азотом углеродных нанотрубок

Полывянова М.Р. [1] , *Ильин О.И.* [1] , *Ильина М.В.* [1]

polyvianova@sfedu.ru
[1] ЮФУ, ИНЭП, Таганрог, Россия

В настоящее время основным подходом к питанию мобильной и портативной электроники является использование накопителей энергии, таких как батареи и конденсаторы. Однако из-за ограниченного срока службы или необходимости подзарядки они не могут обеспечивать устойчивое функционирование электроники. В качестве альтернативы для питания маломощных устройств были разработаны наногенераторы, способные за счет пьезоэлектрического эффекта в наноразмерных структурах преобразовывать повсеместную окружающую механическую энергию в электрическую [1,2] . Легированные азотом углеродные нанотрубки (N-УНТ) являются перспективным функциональным материалом для создания пьезоэлектрического наногенераторов, так как обладают аномальными пьезоэлектрическими свойствами и высокими механическими параметрами [3] . Целью данной работы является создание макета наногенератора на основе массива вертикально ориентированных N-УНТ. При этом основной задачей на данном этапе является создание верхнего электрода, способного эффективно собирать пьезоэлектрический потенциал и при этом обеспечить подвижность вершин N-УНТ для высокой чувствительности к внешним механическим воздействиям.

Конструкция разработанного нами наногенератора на основе N-УНТ состоит из двух частей [4]: нижний электрод, на котором выращен чувствительный элемент – вертикально ориентированные N-УНТ высотой 5 мкм, и профилированный в виде пирамид верхний контактный электрод. Верхний профилированный электрод изготавливался на основе подложки кремния (100) n-типа, на которой методом плазмохимического осаждения из газовой фазы формировался изолирующий слой SiO_x толщиной 3 – 4 мкм. Далее методом фотолитографии с последующим жидкостным травлением в плавиковой кислоте вскрывалось окно до подложки. Открытая область кремния подвергалась анизотропному травлению в растворе 2% KOH+IPA в течение 10 минут, что приводило к образованию профилированной поверхности Si в виде пирамидок. Далее сформированный профилированный электрод покрывался проводящим слоем металла алюминия. Средняя высота пирамидок составляла около 1,25 мкм.

После совмещения верхнего и нижнего электрода был изготовлен макет пьезоэлектрического наногенератора на основе N-УНТ, чувствительный к амплитуде и частоте внешнего механического воздействия. Величина генерируемого макетом потенциала составляла десятки микровольт.

Работа выполнена за счет гранта РНФ № 22-79-10163.

Ссылки

1. Kwon J., Sharma B.K., Ahn J.-H. Journal of Low Power Electronics and Applications. 2013. Vol. 52, № 6S. P. 06GA02.
2. Wang Z.L., Song J. Science. 2006. Vol. 312, № 5771. P. 242–246.
3. Il'ina M. V. Soboleva, O. I., Khubezov, S. A., Smirnov V. A.,Il'in, O. I. // Journal of Low Power Electronics and Applications, 2023. Vol. 13, № 1. P. 11.
4. М.В. Ильина, О.И. Осотова. Наногенератор на основе вертикально ориентированных углеродных нанотрубок // Патент на полезную модель №211606, 15.06.2022.