

ТЕРМОЭДС УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР

**И. В. Золотухин, И. М. Голев, Д. А. Держнев, Ю. Е. Калинин,
А. В. Ситников**

Воронежский государственный технический университет
г. Воронеж, 394026, Россия,
E-mail: kalinin@ns1.vstu.ac.ru

Представлены результаты исследования термо-э.д.с. в структурах, сформированных из связок углеродных нанотрубок (УНТ), полученные авторами и другими исследователями. Транспортные свойства (коэффициент Зеебека S и эффективная электрическая проводимость s) изучались на углеродных нанотрубных структурах трех типов: (а) — скомпактированные УНТ диаметром 2–7 нм, длиной несколько мкм и зольностью (частицы углерода и катализатора) 11–14 масс. %; (б) — скомпактированные углеродные наносвязки диаметром 15 нм, состоящие из одностеночных углеродных нанотрубок (ОСУНТ) диаметром 1,4 нм. Наносвязки содержали 50–70 об. % ОСУНТ (образцы типа (а) и (б) готовились в виде матов размером $1 \times 2 \times 0,1$ мм³ путем легкого компактирования неупорядоченных УНТ и связок, соответственно); (в) — хлопьевидные клубки размером 15–20 мкм, состоящие из каркаса связанных между собой углеродных наносвязок диаметром 50–60 нм и длиной 0,5–2,0 мкм, покрытых слоем аморфного углерода толщиной 15–20 нм. Хлопьевидные клубки в виде непрерывного слоя толщиной 50–60 мкм получены на торцевой поверхности катода при распылении графитового анода в электрической дуге. При комнатной температуре для трех нанотрубных структур коэффициент Зеебека ра-

вен: (а) $S = -33$ мкВ/К, (б) $S = -40$ – 45 мкВ/К и (в) $S = 58$ – 60 мкВ/К. Полученные результаты показывают, что как в образцах в виде матов, так и хлопьевидных клубках доминирует электронная проводимость, характерная как для полупроводниковых, так и металлических УНТ, из которых формируется перколяционная проводящая система.

Удельная проводимость хлопьевидных структур при комнатной температуре составляет 600 См/м, т. е. является величиной одного порядка со значениями проводимости для матов, скомпактированных из МСУНТ толщиной 5–10 мкм.

Результаты по адсорбции газовых молекул N_2 , H_2 , O_2 , NH_3 и He на структурах типа (б) показывают, что при адсорбции N_2 , O_2 и He коэффициент Зеебека S уменьшается, тогда как при адсорбции H_2 и NH_3 S увеличивается. Такое различие обусловлено тем, что молекулы N_2 , O_2 и атомы гелия являются акцепторами, тогда как H_2 и NH_3 — донорами электронов. Таким образом, термоэлектрические свойства скомпактированных УНТ в виде связок очень чувствительны к адсорбированным молекулам O_2 , N_2 , NH_3 и H_2 и могут служить в качестве структурного материала для создания датчиков молекулярных газообразных веществ.

THERMO-ELECTROMOTIVE FORCE OF CARBON NANOSTRUCTURES

I. V. Zolotuhin, I. M. Golev, D. A. Derzhnev, Yu. E. Kalinin, A. V. Sitnikov

Voronezh State Technical University
Voronezh, 394026, Russia
E-mail: kalinin@ns1.vstu.ac.ru

Results of investigation of the thermo-electromotive force of structures formed from generated from bundle of carbon nanotubes (CNT), received by authors and other researchers, are presented. Transport properties (Zeebek factor — S and effective electric conductivity — σ) were studied in three types of carbon nanotube structures: (a) — compacted CNT in diameter of 2–7 nm, several microns in length and ash content (carbon and catalyst particles) of 11–14 weight %; (b) — compacted carbon bundles of 15 nm in diameter, consisting from monolayer carbon nanotubes (MLC-NNT) in diameter of 1,4 nm. The nanobundles contained 50–70 volume % of the MLCNT.

Samples of a-type and b-type were prepared as a matte with the size of $1 \times 2 \times 0,1 \text{ mm}^3$ by easy compacting of disorder CNT and the bundles, (c) — flaky clews in the size of 15–20 microns formed from a skeleton from connected among themselves carbon bundles in diameter of 50–60 nm and length of 0,5–2,0 microns, covered with a layer of amorphous carbon with thickness of 15–20 nm. The flaky clews as a continuous 50–60 microns thickness layer were formed on a face surface of the

cathode at dispersion of the graphite anode in an electric arch. At room temperature for these three nanotube structures Zeebek factors are equal: (a) — $S = -33 \mu\text{V/K}$, (b) — $S = -40\text{--}45 \mu\text{V/K}$ and (c) — $S = 58\text{--}60 \mu\text{V/K}$. The received results show that as in matte as well as in flaky clews the electronic conductivity which is typical for semi-conductor and metal CNT dominates.

Specific conductivity of flaky structures at room temperature is 600 Sm/m which is the same order as the conductivity of the matte compacted from MLCNT with thickness of 5–10 microns.

The experimental results on adsorption of N_2 , H_2 , O_2 , NH_3 and He gas molecules on a-type structures show, that Zeebek factor S decreases at adsorption of N_2 , O_2 , and He, whereas at adsorption of H_2 and NH_3 the S value rises. This difference is due to different roles which are played by different molecules: N_2 , O_2 and He atoms are acceptors whereas H_2 and NH_3 are donors. Thus, thermoelectric properties of compacted CNT as bundle are very sensitive to adsorbed molecules of O_2 , N_2 , NH_3 and H_2 and can be a material for creation of a new sensors of molecular gas substances.