

SYNTHESIS, CLASSIFICATION, FORMATION MECHANISMS AND TRANSPORT PROPERTIES OF CARBON NANOTUBE Y- AND T- JUNCTIONS

L.A. Chernozatonskii*

Institute of Biochemical Physics, Russian Academy of Sciences,
Kosygin str. 4, Moscow, 119991 Russia

Introduction

Carbon nanotubes (NT) are the most promising materials for the fabrication of nanodevices in the future. Considerable research efforts are focused on the investigation of their structure, mechanical and electric properties [1]. The NT junctions have recently emerged as excellent candidates for use as building blocks in the formation electronic devices. Connecting different NTs to form more than two terminal NT heterojunctions have been proposed recently [2–6]. Between them high-yield fabrication of Y junctions have been obtained by using template-based chemical vapor deposition (CVD) [7, 8], and pyrolysis of organometallic precursor [9], and electron beam welding [13]. The conductance measurements of these Y junctions have shown intrinsic nonlinear and asymmetric I-V behavior at room temperature [10].

Results and considerations

We consider:

- topological classifications of planar Y- (“fork”-, “slingshot”-, “bough”- types), and T-junctions which require the presence of topological defects in the form of pentagons, heptagons and octagons, the relationship between the number of defect rings and number of branches for an arbitrary nanotube junction;
- energy optimization different types of Y and T junctions (metal or semiconductor branches and stem, symmetric or asymmetric branches) using the molecular-dynamic methods [11, 12];
- the formation mechanism of Y-junctions in developing template-based CVD and pyrolysis techniques [7-9];
- coalescence of two or three nanotubes into T- and Y- junctions comparison with experiments[13].

Conclusions

Theoretical calculations of I-V characteristics [6] and formation conditions of T- and Y- junctions have supported the experimental findings.

References

1. R. Saito, G. Dresselhaus, M.S. Dresselhaus, *Physical Properties of Carbon Nanotubes*, (1998).
2. G.E. Scuseria, *Chem. Phys. Lett.* 195, 534 (1992).
3. L.A. Chernozatonskii, *Phys. Lett. A* 172, 173 (1992).
4. M. Menon, D. Srivastava, *Phys. Phys. Lett.* 79, 4453 (1997).
5. A.N. Andriotis, M. Menon, D. Srivastava, L. Chernozatonskii, *Phys. Rev. Lett.* 87, 066802 (2001).
6. A.N. Andriotis, M. Menon, D. Srivastava, and L. Chernozatonskii, *Phys. Rev. B* 65, 165416 (2002).
7. J. Li, C. Papadopoulos, and J. Xu, *Nature* 402, 253 (1999).
8. P. Nagy, et al. *Appl. Phys. A* 70, 481 (2000).
9. B.C. Satishkumar, et al., *Appl. Phys. Lett.* 77, 2530 (2000).
10. C. Papadopoulos, et al. *Phys. Phys. Lett* 85, 3476 (2000).
11. M. Menon, E. Richter, K.R. Subbaswamy, *Phys. Rev. B* 57, 4063 (1998).
12. D.W. Brenner, *Phys. Rev. B* 42, 9458 (1990).
13. M. Terrones, et al., *Phys. Rev. Lett.* 89, 075505 (2002).

* Fax: +7-(095)-137-4101 E-mail: cherno@sky.chph.ras.ru

СИНТЕЗ, КЛАССИФИКАЦИЯ, МЕХАНИЗМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА УГЛЕРОДНЫХ Y- И T-СОЕДИНЕНИЙ

Чернозатонский Л.А.*

Институт Биохимической физики РАН,
Ул. Косыгина 4, Москва, 119991 Россия

Введение

Углеродные нанотрубки (НТ) являются наиболее многообещающими материалами для изготовления наноразмерных устройств в будущем. Существенные исследовательские усилия сосредоточены на изучении их структуры, механических и электрических свойств [1]. В последнее время было обнаружено, что НТ-соединения являются отличными кандидатами для использования в качестве строительных блоков при создании устройств электроники. Недавно было предложено соединять различные НТ для создания более чем двухтерминальных НТ [2–6]. Между тем, производство с высоким выходом Y-соединений было налажено при использовании методов шаблонного химического осаждения из пара (template-based CVD) [7, 8], пиролиза органометаллических соединений [9] и сварки электронным пучком [13]. Измерения проводимости таких Y-соединений показали существенную нелинейность и асимметричность вольтамперной характеристики при комнатных температурах [10].

Результаты и обсуждение

Мы рассматривали:

- Топологическую классификацию плоских Y- (типов «вилка», «рогатка», «сук»), и T-соединения, которые требуют наличия топологических дефектов в форме пятиугольников и восьмиугольников, связь между числом дефектов и числом ветвей для произвольного нанотрубного соединения;
- Энергетическую оптимизацию различных типов Y- и T-соединений (металлические или полупроводниковые ветви и ствол, симметричные или асимметричные ветви) с использованием методов молекулярной динамики [11, 12];

- Механизм формирования Y-соединений при производстве методами template-based CVD и пиролиза [7–9];
- Слипание двух или трех нанотрубок в T- и Y-соединение в сравнении с экспериментом [13].

Заключение

Теоретические расчеты вольтамперных характеристик [6] и условий формирования T- и Y-соединений подтверждаются экспериментальными данными.

Литература

14. R. Saito, G. Dresselhaus, M.S. Dresselhaus, *Physical Properties of Carbon Nanotubes*, (1998).
15. G.E. Scuseria, *Chem. Phys. Lett.* 195, 534 (1992).
16. L.A. Chernozatonskii, *Phys. Lett. A* 172, 173 (1992).
17. M. Menon, D. Srivastava, *Phys. Phys. Lett.* 79, 4453 (1997).
18. A.N. Andriotis, M. Menon, D. Srivastava, L. Chernozatonskii, *Phys. Rev. Lett.* 87, 066802 (2001).
19. A.N. Andriotis, M. Menon, D. Srivastava, and L. Chernozatonskii, *Phys. Rev. B* 65, 165416 (2002).
20. J. Li, C. Papadopoulos, and J. Xu, *Nature* 402, 253 (1999).
21. P. Nagy, et al. *Appl. Phys. A* 70, 481 (2000).
22. B.C. Satishkumar, et al., *Appl. Phys. Lett.* 77, 2530 (2000).
23. C. Papadopoulos, et al. *Phys. Phys. Lett* 85, 3476 (2000).
24. M. Menon, E. Richter, K.R. Subbaswamy, *Phys. Rev. B* 57, 4063 (1998).
25. D.W. Brenner, *Phys. Rev. B* 42, 9458 (1990).
26. M. Terrones, et al., *Phys. Rev. Lett.* 89, 075505 (2002).

* Факс: +7-(095)-137-4101 E-mail: cherno@sky.chph.ras.ru