Характеристики углеродных нанотрубок металлического типа, выделенных из смеси УНТ с различным типом проводимости

Ефимов В.М., Есаев Д. Г., Закиров Е.Р.

ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

DOI 10.34077/Semicond2019-376

С самого начала масштабных исследований углеродных нанотрубок (УНТ), одной из важнейших стала задача разделения смеси одностенных УНТ, содержащей нанотрубки металлического и полупроводникового типов проводимости на отдельные компоненты (напр. обзор [1]). Известно, что содержание этих компонент в исходной смеси нанотрубок, получаемых разными способами, обычно соотносится как 1:2. При этом для решения разных задач нанoeлектроники желательно иметь чистые компоненты только одного типа. К настоящему времени задача разделения не слишком затратным способом, указанных двух типов нанотрубок, до конца так и не решена.

В данной работе описан простой метод выделения чистой компоненты УНТ металлического типа из исходной смеси углеродных нанотрубок, полученных CVD-методом в фирме OCSiAl (Новосибирск). Исходная смесь одностенных нанотрубок имела небольшую чистоту, по отношению к углеродной составляющей - 85%. Нами было обнаружено, что в парах растворителя, в котором растворена сложная смесь УНТ, можно, при комнатной температуре на определенный тип подложек, осуществить осаждение нанотрубок с очень высокой чистотой по типу проводимости. На Рис.1-а показана часть Рамановского спектра (Р-спектра) в диапазоне частот $150-250\text{ см}^{-1}$, который связывается, обычно, с радиальными модами колебаний атомов углерода в УНТ металлического типа (м-ОУНТ) для образца, полученного нашим методом (пунктирная линия) и исходной смеси (сплошная линия). Наблюдаемые пики в спектре однозначно связываются с м-ОУНТ [2]. Важно отметить, что при этом основной пик для выделенных м-ОУНТ на частоте 1600 см^{-1} (на рисунке не показан) на два порядка превышал соответствующий сигнал для исходной смеси.

На структурах со встречно-штыревыми Au электродами, с расстоянием между ними 20 мкм , снимались вольт-амперные характеристики сверхтонких слоев полученных м-ОУНТ. Пример ВАХ характерной для МДМ-структур, приведен на рис.1-б. Таким образом из смеси нанотрубок выделены ОУНТ очень высокой чистоты обладающие металлическими свойствами.

Авторы благодарят д.ф.-м.н Володина В. А. за проведение измерений по Рамановской спектроскопии.

Рис.1. Признаки принадлежности выделенных нанотрубок к металлическому типу проводимости: а) часть Рамановского спектра связанного с радиальными модами колебаний УНТ; б) вольт-амперная характеристика м-ОУНТ характерная для ВАХ МДМ-структур.

[1] A.E. Islam et al., *Adv.Mater.*, **27**, 7908 (2015).

[2] J. Maultzsch et al., *Phys.Rev. B*, **72**, 205438 (2005).