

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА УГЛЕРОДНЫХ ПЛЕНОК, СОДЕРЖАЩИХ МНОГОСТЕННЫЕ НАНОТРУБКИ

*С. В. Антоненко**, *О. С. Малиновская*, *С. Н. Мальцев***

*Московский инженерно-физический институт (государственный университет)
115409, Москва, Россия*

Исследуемые углеродные пленки, содержащие многостенные нанотрубки, были синтезированы двумя способами: методом токового отжига графитовой бумаги и методом магнетронного распыления на постоянном токе. Измерены проводимость и температурная зависимость сопротивления образцов. Оценена тепловая проводимость системы пленка–подложка.

PACS: 61.46.Fg, 73.63.Fg

Углеродные нанотрубки, как и фуллерены, составляют одно из наиболее интересных направлений современного физического материаловедения. По своей структуре они представляют собой свернутую в цилиндр графитовую плоскость, которая выложена правильными шестиугольниками с атомами углерода в вершинах. Они обладают идеальной геометрией для эмиттеров — имеют атомарные размеры заостренных участков эмитирующей поверхности, обеспечивающие создание высоких электрических полей. К тому же они, как и графит, обладают высокой устойчивостью к агрессивным средам, высокой механической прочностью и, имея высокую температуру плавления, могут работать в условиях технического вакуума и использоваться в нанoeлектронике.

Углеродные пленки, содержащие многостенные нанотрубки, были получены методом токового отжига графитовой бумаги. Измерение проводимости проводилось четырехконтактным методом. Результаты измерений и показатели проводимости приведены в таблице.

Нанотрубки полученные при помощи Fe-катализатора, увеличили проводимость графитовой бумаги как минимум в два раза, нанотрубки с Ni-катализатором почти не изменили проводимость, а нанотрубки с Co-катализатором даже уменьшили ее.

Также измерялась температурная зависимость электросопротивления графитовой бумаги, график

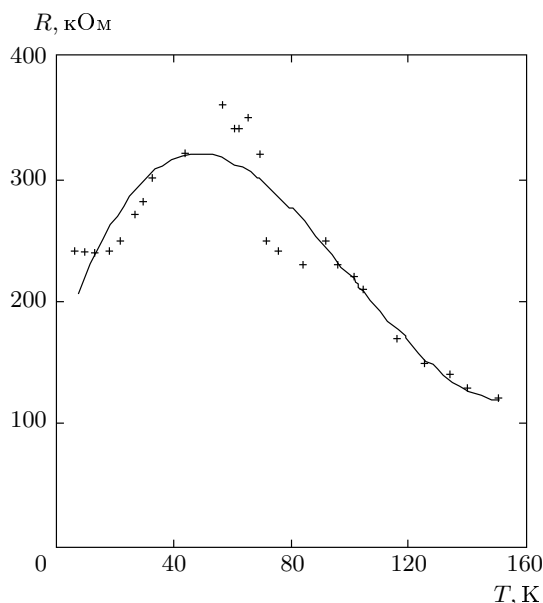


Рис. 1. График зависимости сопротивления от температуры модифицированной графитовой бумаги

которой представлен на рис. 1. Из рис. 1 видно, что температурные свойства сопротивления графитовой бумаги носят сложный характер: в интервале температур до 60 К обнаружена проводимость по типу металлической, при повышении температуры тип проводимости менялся на полупроводниковый. При сравнении графика рис. 1 с аналогичным графиком для углеродных пленок с нанотрубками на фторопласте (рис. 2), полученных методом магнетронного

*E-mail: SVAntonenko@EMAIL.MEPHI.RU

**E-mail: snm_work@mail.ru

Проводимость образцов графитовой бумаги до и после отжига

Образец	Ток I , мА	Напряжение U , мВ	Толщина d , мм	Длина a , мм	Ширина b , мм	Проводимость σ , 1/Ом·см
Графитовая бумага (до отжига)	30.1	0.52	0.55	3.5	5	740
Графитовая бумага с нанотрубками (Fe-катализатор)	29.5	0.35	0.35	4	5	1900
Графитовая бумага с нанотрубками (Ni-катализатор)	28.9	0.41	0.55	3.5	5.5	820
Графитовая бумага с нанотрубками (Co-катализатор)	31	1.3	0.35	4	5	550

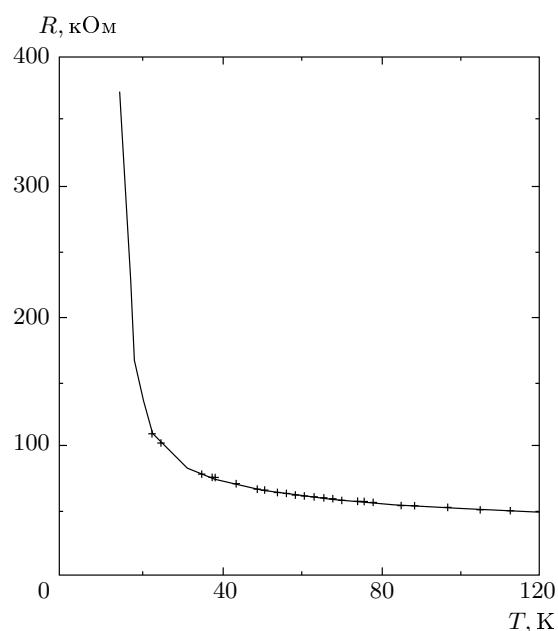


Рис. 2. График зависимости сопротивления от температуры углеродной пленки с многостенными нанотрубками на фторопласте

распыления на постоянном токе [1], обнаруживается температурный участок с проводимостью металлического типа, характерный только для образцов из графитовой бумаги. Сопротивление пленок, полученных магнетронным распылением без металлических катализаторов и отожженных при температуре 600–700 °С, при комнатной температуре имело значение около 10 кОм, с катализаторами — около

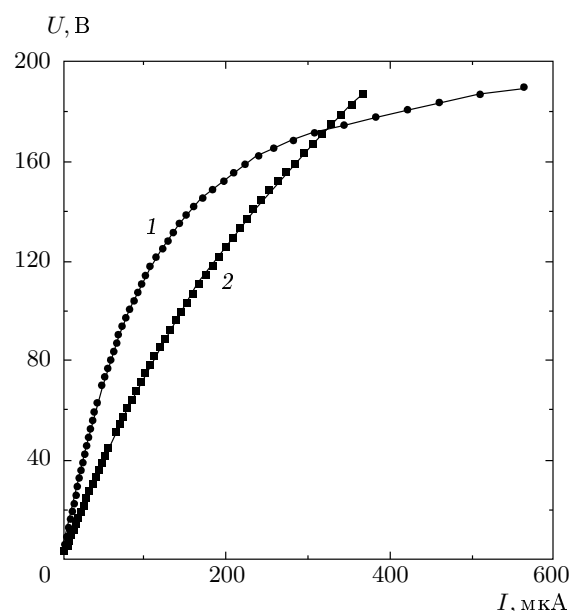


Рис. 3. Семейство ВАХ углеродной пленки при разнице температур $\Delta T = 1.8$ К, ВАХ получены при 11 К (1), 12.8 К (2)

0.3 кОм. Аппроксимация графика зависимости логарифма удельного сопротивления углеродной пленки от обратной температуры прямой линией позволила вычислить ширину запрещенной зоны полученного материала, которая составила 0.07 эВ. Таким образом, в зависимости от выбранной методики синтеза возможна реализация разных типов проводимости в графитовых образцах с нанотрубками.

Одной из важных характеристик пленочных материалов, используемых в электронике и различных детекторах, является их тепловая проводимость. Основные трудности при измерении энергетических и временных характеристик приемников ИК-излучения связаны с обеспечением высокой точности и воспроизводимости сигналов, поэтому тепловая проводимость между пленкой и теплостоком имеет большое значение. Тепловая проводимость, вычисленная по формуле $G = \Delta P / \Delta T$, где ΔP — разность в джоулевом тепловыделении в точках ВАХ (рис. 3) с равным сопротивлением при тем-

пературе теплостока, отличающейся на ΔT , оказалась равной $1.2 \cdot 10^{-2}$ Вт/К. Значения этой величины для ВТСП-боллометров находятся в диапазоне $5 \cdot 10^{-6}$ – 10^{-2} Вт/К. Сравнение этих данных говорит о возможности использования углеродных пленок в качестве болометрических датчиков излучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. В. Антоненко, С. Н. Мальцев, Патент РФ № RU 2218299 C1, 17.07.2002, Бюллетень изобретений № 34, с. 479.