

А.Д. Мурадов, А.А. Нурмаханбетова, К.Б. Сарсенбаева

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПОЛНИТЕЛЯ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ПОЛИДИМЕТИЛСИЛОКСАНА

Аннотация. В данной работе исследованы изменения электрических свойств полимерных композитных материалов с изменением концентрации наполнителя из углеродных нанотрубок. В качестве наполнителя использовались углеродные нанотрубки полученные методом СВД (Chemical vapor deposition). В емкость с полимером добавляли углеродные нанотрубки разной концентрации и мешали до однородного состояния. Согласно, микрофотографии полученном на сканирующем электронном микроскопе установлено, что протяженность углеродных нанотрубок не превышало 2 мкм. Это косвенно подтверждалось повышенной интенсивностью (узкой линией G в высокочастотной области) пика рамановского спектра, при $\nu = 1,65 \cdot 10^3 \text{ см}^{-1}$, указывая на вытянутую структуру макромолекул нанотрубок.

Электрические свойства образцов были определены методом Ван дер Пау. Установлено, что с увеличением концентрации нанотрубок удельное электросопротивление уменьшается по экспоненциальному закону. Была определена зависимость удельного электросопротивления от концентрации углеродных нанотрубок и рассчитан коэффициент λ , характеризующий зависимость электропроводности данного полимерного композитного материала от концентрации углеродных нанотрубок.

Ключевые слова: полимер, полидиметилсилоксан, углеродные нанотрубки, метод Ван дер Пау.

Введение

На сегодняшний день основным направлением развития исследований по высокомолекулярным соединениям является создания композита с заданными физическими свойствами [1]. Для успешного решения заданной проблемы используются полимеры разного класса. Нами был исследован полидиметилсилоксан, один из полимеров который, благодаря комплексу уникальных свойств, является одним из самых востребованных объектов полимерной химии. Он относится к группе полимерных кремнийорганических соединений, линейный полимер диметилсилоксана. У них в отличие от органических полимеров более прочные связи и хорошая проводимость.

Данная работа посвящена исследованию влияния концентрации нанонаполнителя из углеродных нанотрубок разной концентрации на физические свойства этих полимерных композиций. Углеродные нанотрубки в полимере выступают в качестве наполнителей, которые образуют своего рода арматуру.

Она придаёт совершенно не характерные для полимера свойства – изменяются электропроводность, теплопроводность, прочность, твёрдость [2].

Целью исследований в данной работе является изучение изменения электрических свойств полимерного композитного материала от концентрации нанотрубок и определение зависимости электропроводности от концентрации.

Качество, поверхностное условие и однородность углеродных нанотрубок определялись рамановской спектроскопией. На установке NT-MDT NTEGRA Spectra проводились измерения рамановского спектра, используя излучение лазера с длиной волны $\lambda = 473 \text{ нм}$ и диаметром пятна 2 мкм. Полный спектр КР/флуоресценции регистрировался

в выборочных точках исследуемого образца с последующей программной обработкой, время накопления сигнала 30 с.

Качественный и количественный анализ, используемых в работе углеродных нанотрубок, проводили на растровом электронном микроскопе Quanta 200i 3D.

Изучение электропроводности полученных образцов проводили методом Ван дер Пау, при комнатной температуре.

На боковой поверхности пластины толщиной d , помещались 4 тонких острозаточенных металлических зонда. Через диагональные зонды 1 и 3 пропускали электрический ток I от источника тока ИТ, а с противоположных диагональных зондов 2 и 4 определяли разность потенциалов [3]. После чего, определяли электрическое сопротивление $R_{13/24}$, используя закон Ома:

$$R_{13/24} = U_{24} / I_{13} \quad (1)$$

Затем определяли удельное электросопротивление, используя формулу [3]:

$$\rho = \pi R / \ln 2 \quad (2)$$

Экспериментальная часть

Нанесение углеродных нанотрубок на полимер производили следующим образом. В качестве полимера матрицы был использован полидиметилсилоксан. Это группа полимерных кремнийорганических соединений, линейный [полимер](#) диметилсилоксана.

Полидиметилсилоксан, предварительно рассчитанный по соотношению 1/10 (затвердитель, основатель), помещали в емкость. Затем в емкость с полимером добавляли углеродные нанотрубки требуемой концентрации. Емкость с композитом энергично мешали до равномерного распределения нанотрубок в полимере. Затем содержимое выливали тонким равномерным слоем толщиной 1 мм на плоскую стеклянную пластину и далее помещали в сушильный шкаф, в котором проводили сушку при температуре 110°C.

На рисунке 1 представлена микрофотография использованных углеродных нанотрубок полученных на электронном микроскопе. Видно, что длина углеродных нанотрубок составляет около 2 мкм.

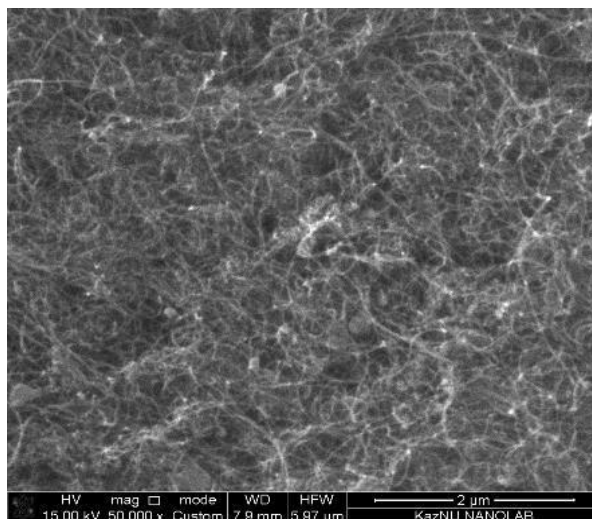


Рисунок 1. – Микрофотография углеродных нанотрубок.

На рисунке 2 представлен рамановский спектр этих углеродных нанотрубок. Повышенная интенсивность пика, при $\nu = 1,65 \cdot 10^3 \text{ см}^{-1}$, в спектре углеродных нанотрубок указывает на их вытянутую структуру.

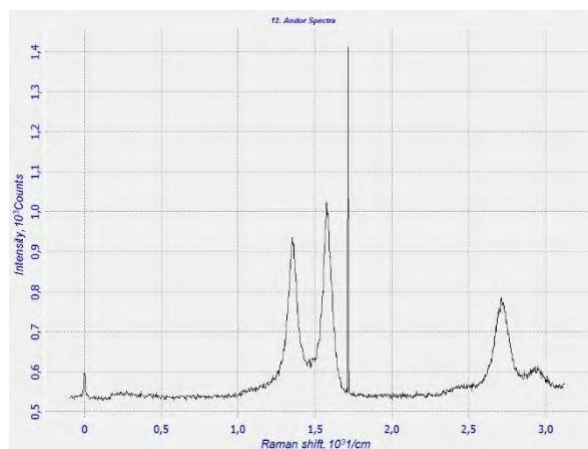


Рисунок 2. – Рамановский спектр углеродных нанотрубок.

В приложении на рисунке 3 приведена полученная зависимость удельного электросопротивления полимерного композитного материала от концентрации углеродных нанотрубок. Из рисунка видно, что с увеличением концентрации наполнителя наблюдается экспоненциальное уменьшение удельного сопротивления, что говорит нам об увеличении электропроводности композита.

Из графика 3 представленного в приложении была установлена экспериментальная зависимость удельного электросопротивления композитного материала от концентрации углеродных нанотрубок:

$$\rho = 3,7888e^{-0,809} \quad (3)$$

Величина достоверности аппроксимации составила:

$$R^2 = 0,9819 \quad (4)$$

Отсюда определим величину коэффициента λ :

$$\lambda = \chi / C \quad (5)$$

Заключение

1. Установлено влияние концентрации наполнителя из углеродных нанотрубок на электропроводность полимерного композитного материала из полидиметилсилоксана.

2. По данным сканирующей электронной микроскопии и рамановской спектроскопии наполнители из углеродных нанотрубок были многостенными и имели вытянутость структуры до 2 мкм.

3. Установлено, что изменение электропроводности данного композитного материала происходит по экспоненциальному закону.

Коэффициент λ , характеризующий изменение электропроводности данного композитного полимерного материала от концентрации наполнителя из углеродных нанотрубок составляет 1,4

Список литературы

1. Семчиков У.Д. Высокомолекулярные соединения: Учеб. для вузов – Н. Новгород: Издательство Нижегородского государственного университета им. Н.И.Лобачевского; М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 368 с.
2. Vid sboku na «les» uglirodnyh nanotrubok. N.G. Chechenin et al Appl. Surf. Sci. (2013) v. 275, p. 217-221
3. Павлов Л.П. Методы измерения параметров полупроводниковых материалов. – М.: Высшая школа, 1987. – 248 с.

Принято в печать 18.02.2015

Приложение

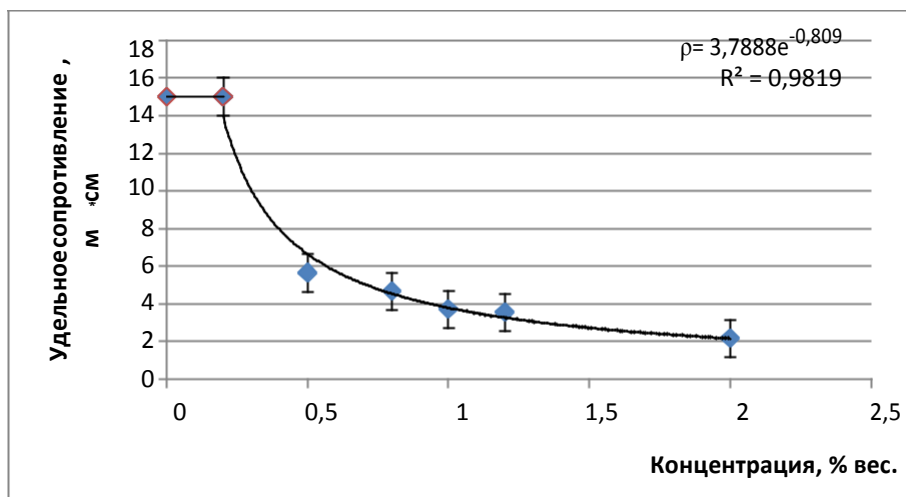


Рисунок 3. – Зависимость удельного сопротивления полимерного композитного материала от концентрации нанотрубок.

А.Д. Мурадов, А.А. Нурмаханбетова, К.Б. Сарсенбаева

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПОЛНИТЕЛЯ ИЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ ПОЛИДИМЕТИЛСИЛОКСАНА

Аннотация. В данной работе исследованы изменения электрических свойств полимерных композитных материалов с изменением концентрации наполнителя из углеродных нанотрубок. В качестве наполнителя использовались углеродные нанотрубки полученные методом СВД (Chemical vapor deposition). В емкость с полимером добавляли углеродные нанотрубки разной концентрации и мешали до однородного состояния. Согласно, микрофотографии полученной на сканирующем электронном микроскопе установлено, что протяженность углеродных нанотрубок не превышало 2 мкм. Это косвенно подтверждалось повышенной интенсивностью (узкой линией G в высокочастотной области) пика рамановского спектра, при $\nu = 1,65 \cdot 10^3 \text{ см}^{-1}$, указывая на вытянутую структуру макромолекул нанотрубок.

Электрические свойства образцов были определены методом Ван дер Пау. Установлено, что с увеличением концентрации нанотрубок удельное электросопротивление уменьшается по экспоненциальному закону. Была определена зависимость удельного электросопротивления от концентрации углеродных нанотрубок и рассчитан коэффициент λ , характеризующий зависимость электропроводности данного полимерного композитного материала от концентрации углеродных нанотрубок.

Ключевые слова: полимер, полидиметилсилоксан, углеродные нанотрубки, метод Ван дер Пау.

A.D. Muradov, A.A. Nurmakhanbetova, K.B. Sarsenbayeva

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

aisha03.12.91@mail.ru

RESEARCH EFFECT OF FILLER CONCENTRATION FROM CARBON NANOTUBES ON THE ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF POLYDIMETHYLSILOXANE

Abstract: In this article we investigated changes in the electrical properties of polymer composite materials with the concentration of carbon nanotube filler. The filler used carbon nanotubes obtained by the SVD (Chemical vapor deposition). In a container of polymer added different concentration of carbon nanotubes and prevented until homogeneous. According, micrographs obtained by a scanning electron microscope revealed that the length of the carbon nanotubes does not exceed 2 microns. This was confirmed indirectly increased intensity (narrow line G in the high-frequency region) of the peak of the Raman spectrum at $\nu = 1,65 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-1}$, indicating the extended structure of macromolecules nanotubes.

The electrical properties of the samples were determined by van der Pauw method. It was found that an increase in blacks with nanotubes resistivity decreases exponentially. Was determined the dependence of the electrical resistivity of blacks with carbon nanotubes and calculated the coefficient λ , characterizing the dependence of the electrical conductivity of the polymer composite material of the concentration of carbon nanotubes.

Keywords: polymer, polydimethylsiloxane, carbon nanotubes, Van der Pauw method.

А.Д.Мурадов, А.А. Нурмаханбетова, К.Б. Сарсенбаева

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы қ., Қазақстан;

aisha03.12.91@mail.ru

КӘМІРТЕКТІ НАНОТҮТІКШЕДЕН ҚҰРАЛҒАН НАНОТОЛТЫРҒЫШТЫҢ КОНЦЕНТРАЦИЯСЫНЫҢ ПОЛИДИМЕТИЛСИЛОКСАННЫҢ ЭЛЕКТРЛІК ҚАСИЕТІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ.

Адапта. Берілген жұмыста әртүрлі концентрацияға ие, кәміртекті нанотүтікшелерден құралған нанотолтырғыштың концентрациясының полимерлі композитті материалға әсері қарастырылған. Нанотолтырғыштар түрінде СВД (Chemical vapor deposition) әдісімен алынған, кәміртекті нанотүтікшелер қолданылған. Ыдысқа полимер мен түрлі коцентрацияға ие кәміртекті түтікшелерді қосып, біртекті күйге дейін араластырылған. Сканерлейтін электронды микроскопта алынған кәміртекті түтікшелердің микросуретінен олардың ұзындығы 2 мкм. Бұл раман спектрі пикінің жоғары интенсивтілігімен (жоғары жиілікті аймақта жіңішке G сызығымен), $\nu = 1,65 \cdot 10^3 \text{ см}^{-1}$ кезінде, нанотрубка макромолекулаларының созыңқы құрылысына кәрсетіп, дәлелденді.

Сонымен бірге, үлгілердің электрикалық қасиеттері Ван дер пау әдісімен әлшенген. Алынған мәліметтер бойынша, кәміртекті нанотүтікшелердің әсуімен меншікті кедергі экспоненциалды заң бойынша төмендейтіні анықталды. Полимерлі материалдың электрлігінің кәміртекті нанотүтікшелерден тәуелділік формуласы қорытылып шығарылды ж/е берілген полимерлі композитті материалдың кәміртекті нанотрубкалардың концентрациясынан тәуелділігін сипаттайтын коэффициент λ есептелді.

Маңызды сәздер: полимер, полидиметилсилоксан, кәміртекті нанотүтікше, Ван дер Пау әдісі.