

Вольт-амперные характеристики углеродного наноструктурного композита

Жогаштиев Н.Т., Садыков Э., Ташполотов Ы.

Ошский государственный университет, Институт природных ресурсов ЮО
НАН КР

Исследованы вольт-амперные характеристики (ВАХ) нанопорошков углерода. Установлено, что электрическое поле может повлиять на ВАХ системы.

Комуртектин нанопорошокторунун вольт-ампердик муноздомолору (ВАМ) изилденди. Системанын ВАМына электр талаасынын таасир этуусунун мумкундугу такталды.

The current-voltage (I-V) nano carbon. Found that the electric field can affect the current-voltage characteristics of the system.

Одним из перспективных методов получения широкой гаммы порошков органических материалов является золь-гельтехнология, основанная на процессе получения коллоидного раствора и их дальнейшего распыления в виде аэрозолей [1]. В получаемых нано- и микрочастицах формируются размерные, структурные, фазовые, дефектные и другие энергетически насыщенные состояния [2]. Метод получения органического порошка на основе золь-гель технологии в атмосфере, содержащей кислород [1], позволяет получать частицы размером от 10 до 1000 нм и контролировать химический, фазовый состав и структуру получаемого порошка [3].

Вещество в коллоидном состоянии диспергировано до 1,0-100 нм, но превышающими по размерам отдельные молекулы [4]. Поэтому многие физико-химические свойства наноразмерных частиц значительно отличаются от таких же свойств того же вещества в виде более крупных (микро- и макроскопических) объектов. К числу этих свойств относятся: механические, теплофизические, электрические, магнитные оптические и химические характеристики. Подобные различия в настоящее время называются наноразмерными эффектами.

Как известно, вольт-амперные характеристики (ВАХ) нано- и микросистем являются, пожалуй, наиболее доступными для экспериментальных исследований и вместе с тем весьма информативными для определения особенностей генерации, рекомбинации и переноса носителей заряда в этих системах и построения теоретических моделей происходящих процессов наноструктурных системах.

В наших экспериментах получения микро- и наносуспензий, совмещался процесс фракционирования угольных частиц с дальнейшим процессом образования жидко-нанотвердофазной суспензии.

Нано- и микропоршки углерода с различными дисперсностями, полученные на основе гидроударного фракционирования спрессована нами [5] в цилиндрические таблетки диаметром 6 мм .и высотой 8мм. Образец подготовленный, таким образом, помещалась в предварительно нагретую до 800-900 С печь и выдерживалась в течение 1-3ч. После тепловой обработки при соответствующей температуре в печи таблетка медленно охлаждался до комнатной температуры.

Эксперименты по изучению влияния электрического поля на наноструктурный композит(таблетка) проводились в системе между электродами прикладывая электродам определенное напряжение через токовые контакты измерялось электрический ток.

Результаты измерений и их обсуждение.

Измерив напряжение на пластинах и силу тока, используя закон Ома для участка цепи определили сопротивление ($R=U/I$) композита. Далее используя формулу $\rho=RS/l$ определили удельное сопротивление наноструктурного композита из углерода. Тогда удельная проводимость определяется как $1/\rho$.

На рис.1 представлены вольт-амперные характеристики (ВАХ) наноструктурного композита. На ВАХ четко выделяются следующие участки: 1- резкий рост тока от напряжения; 2- сублинейная зависимость тока от напряжения; 3- квадратная зависимость тока от напряжения. Анализ экспериментальных данных показывают, что преимущественным механизмом в изменении тока является эффект размерного квантования.

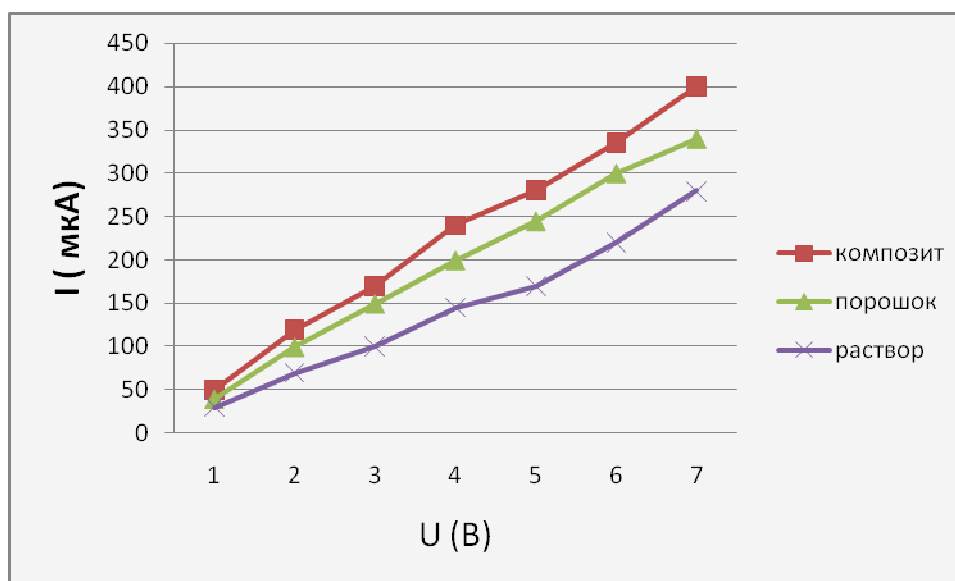


Рис.1. Зависимость тока от напряжения для композита, порошка и жидкого раствора с частицами углерода.

Данные полученные таким образом показывают, что удельное сопротивление углеродного композита, оказалось почти одинаковым сопротивлением алюминиевого, медного проводников и графита, т.е. проводимость их оказалась почти одинаковой.

Плотность электрического тока в исследованных системах согласно полученным данным подчиняется закону Ома. Однако следует заметить, что зависимость удельной электропроводности для композита имеет более сложный характер, чем для проводников, поэтому законы применяемые для исследования композита носят иной характер.

В результате проведенных экспериментальных исследований было установлено, что зависимость $I=f(U)$ определяется генерацией электронов. При напряжениях менее 2В расчетные ВАХ несколько отличаются от экспериментальных. Поэтому моделирование ВАХ строили на основе предположения, что протекания тока определяется дрейфовой скоростью и концентрацией носителей заряда в наносистемном композите.

Двумерная модель ВАХ для плотности тока, предполагающая генерацию свободных носителей в локальные зоны, выражается зависимостью:

$$J = env_d, (1)$$

где e - заряд электрона; n – равновесная концентрация носителей заряда в зоне проводимости; v_d – дрейфовая скорость электрона.

Подобные исследования ранее не проводились и, следовательно, и результаты подобного вида никем ранее не представлялись.

По-видимому нам впервые удалось получив многофазные, гетероструктурные наносистемы на основе углеродных порошков. В этой связи глубокого обсуждения результатов вряд ли можно ожидать на данном этапе работы.

На основе полученных результатов была предложена уточненная ВАХ наносистем. В диапазоне напряжений 0 – 2В экспериментальные ВАХ несколько отличаются от расчетных. Одной из наиболее вероятных причин, приводящих к такой форме ВАХ может быть влияние размерного эффекта на движение электронов.

В начале эксперимент был проведен в слабом электрическом поле, что соответствует омическому участку ВАХ ($U = 2V$). Для изучения влияния электрического поля на динамику развития лавин было проведено детальное исследование статических ВАХ образцов. К особенностям поведения ВАХ относится существование электрической неустойчивости S-типа. Предпробойный участок ВАХ с возрастанием тока регистрируется при напряжениях $U_{max} \approx 20V$ для всех исследуемых образцов. При $U_{min} = 2V$ наблюдается омическое поведение. Таким образом, величины U_{max} и U_{min} определяют предпробойный и омический участки ВАХ. Отметим, что наблюдаемая в случае образцов УМН S-образная ВАХ типична для многослойных углеродных нанотрубок.

Далее образцу прикладывалось постоянное напряжение 1-100 В, которое соответствует напряженности электрического поля $60-3 \cdot 10^3$ В/см. Вслед за законом Ома на ВАХ структур проявляется ловушечный квадратичный участок ($I \sim U^2$). Для анализа ВАХ используется дифференциальный метод. Согласно этому методу,

$$S(U,I) = dLgI/dLgU = ULgI/ILgU$$

При этом характер изменения $S(U,I)$ с напряжением (током) является определяющим при идентификации различных физических механизмов электропроводности в зависимости от величины электрического поля. Особые точки на зависимости $S(U,I)$ позволяют определить основные параметры наноструктурной системы из углеродного порошка.

Установлено, что при напряжении $U_{\min}=0.65$ В $s_{\min}=0.76$, а при напряжении $U_{\max}=25$ В через максимум $s_{\min}=2,2$.

Таким образом, полученные результаты свидетельствует о том, что эффект электрического поля может наблюдаться при наличии в образце нанопорошков углерода.

ВАХ зависят от характера распределения локальных уровней и может иметь сложную структуру. Увеличение приложенного потенциала U от $-0,6$ до $0,8$ В приводит к возрастанию I и при значениях $U=0,3$ В I достигает максимального значения $40..45$ мкА. Дальнейшее увеличение U не приводит к заметному изменению как I . Вид ВАХ рабочего электрода показывает, что при значениях $U \geq 0,3$ Приложенный потенциал препятствует рекомбинации носителей заряда.

Установлено, что электрическое поле может повлиять на ВАХ системы.

Литература

1. Наноструктурные материалы. Перевод. с англ. А.А.Шустикова. Под.ред. Р.Ханника, А.Хилл, М.: Техносфера, 2009.-488с.
2. Суздальев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов.(Синергетика от прошлого к будущему). М.: КомКнига, 2006.-592с.
3. Лернер М.И. Образование наноразмерной фазы при электрическом взрыве проводников // Известия вузов. Физика. – 2006. – Т. 49. – № 6. – С. 91–95.
4. Кройт Г.Р. Наука о коллоидах. М.: Изд-во иностр. лит., 1955. Т.1. -538с.
5. Жогаштиев Н.Т., Абдалиев У.К., Ташполотов Ы. Получение суспензий низкоразмерных порошков угля с помощью метода гидроударного фракционирования //Перспективные технологии и материалы, 2012, №1, [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// www.es.rae.ru/islamidin](http://www.es.rae.ru/islamidin)