

УДК 541.64.537.3:546.56

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИ-*n*-КСИЛИЛЕНА С НАНОЧАСТИЦАМИ МЕДИ¹

© 2006 г. А. Ю. Хныков*, С. А. Завьялов**, Е. И. Григорьев**, С. Н. Чвалун**

*Институт синтетических полимерных материалов им. Н. С. Ениколопова
Российской академии наук
117393 Москва, Профсоюзная ул., 70

**Федеральное государственное унитарное предприятие
“Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л. Я. Карпова”
105064 Москва, ул. Воронцово поле, 10

Поступила в редакцию 14.02.2006 г.

Принята в печать 29.06.2006 г.

Методом вакуумного соосаждения на охлаждаемую подложку получены нанокомпозиты на основе поли-*n*-ксилилена с различным содержанием меди. По зависимости электропроводности от объемного содержания меди определено значение порога перколоции, равное 10% и совпадающее с величиной, найденной из концентрационной зависимости температурного коэффициента сопротивления. Электропроводность нанокомпозитов увеличивается с повышением влажности воздуха, и чувствительность к изменению влажности уменьшается с возрастанием содержания меди, начиная с концентрации 4%. Из анализа кинетических зависимостей сенсорного отклика для различной влажности показано, что емкостная структура образцов перестраивается при адсорбции воды. Согласно предложенной модели, величина сенсорного отклика определяется уменьшением высоты потенциального барьера между наночастицами и изменением фрактальных характеристик нанокомпозитов в результате адсорбции молекул воды.

В последнее время значительный интерес исследователей проявляется к новому типу материалов – полимерным нанокомпозитам, в которых полимерная матрица содержит включения нанометрового размера (наночастицы, нанопровода, нанопленки) другого вещества (металла, полупроводника, диэлектрика) [1]. Такие материалы проявляют необычные электрофизические, магнитные, каталитические и другие свойства [2]. Наночастицы по своим свойствам значительно отличаются от атомов, молекул, с одной стороны, и массивных образцов, с другой. Размерное квантование энергетических уровней в наночастицах [3], эффект кулоновской блокады [4], образование ансамбля взаимодействующих наночастиц, характеристики которого зависят от его структуры (распределения наночастиц по размерам и расстояниям между ними, их формы и упорядоченности размещения и т.п.) [5], а также влияние

химического типа матрицы и наночастицы на параметры разделяющей их границы [6], протяженность которой очень велика – эти и ряд других явлений определяют свойства полимерных нанокомпозитов.

В настоящее время разработано большое количество методов синтеза полимерных нанокомпозитов [7]. Одним из них является полимеризация из газовой фазы на поверхности [8, 9]. Данным методом получены нанокомпозиты на основе поли-*n*-ксилилена (**ППК**) с наночастицами различных металлов (палладия [10], серебра [11]) и полупроводников (оксидов свинца и меди). Эти материалы проявляют необычные каталитические, магниторезистивные, фотофизические свойства. Нанокомпозиты с частицами меди обладают высокой каталитической активностью в изомеризации 3,4-дихлорбутена-1 в *транс*-1,4-дихлорбутен-2, превышающей на два порядка значение для нанесенной высокодисперсной меди на неорганических носителях. Существует корреляция между электрофизическими параметрами и каталитической активностью, максимальную ак-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (коды проектов 06-03-32287 и 05-03-32896).

E-mail: hnykov@cc.nifhi.ac.ru (Хныков Алексей Юрьевич).

тивность имеют образцы с содержанием наполнителя, близким к порогу перколяции [12]. Нанокомпозиты железо–ППК демонстрируют значительный магниторезистивный эффект в отличие от композитов с наночастицами никеля, для которых он существенно меньше [13]. Электрическое сопротивление нанокомпозитов с частицами различных металлов изменяется до двух порядков при облучении их УФ-светом от ртутной лампы [14].

Такие нанокомпозиты обладают также сенсорными свойствами по отношению к присутствию различных газов и паров в окружающей атмосфере. Например, электропроводность композитов с наночастицами меди увеличивается до восьми порядков при адсорбции электронодонорных молекул (аммиака, спиртов, воды) и уменьшается при адсорбции электроноакцепторных молекул (молекулярного водорода, дихлорбутена, хлороформа) [12]. Электрическое сопротивление нанокомпозитов с частицами палладия [10] и серебра [11] может изменяться на два порядка при различной влажности воздуха. Для объяснения этих результатов был предложен механизм модификации межчастичных потенциальных барьеров и образования или исчезновения токопроводящих путей при адсорбции на наночастицах различных молекул.

Цель настоящей работы – изучение сенсорных свойств композитов на основе ППК с наночастицами меди и олова по отношению к водяному пару. Исследованная кинетика сенсорного отклика, зависимость электропроводности от содержания наполнителя были проанализированы с помощью предложенной ранее модели [12].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Серию образцов нанокомпозитов с различным содержанием меди и олова готовили методом соконденсации металла и мономера на кварцевую подложку с платиновыми контактами, температура которой составляла 77 К. На подложку направляли потоки *n*-ксилилена и атомов металла. Для получения *n*-ксилилена сублимировали *n*-циклофан при температуре 80–120°C с последующим пиролизом при 650°C. Поток атомов меди и олова формировался электронно-лучевым испарением металлов из лодочки при напряжении 7 КВ и токах от 3.5 до 8 мА. Вакуумирование си-

стемы проводили магнито-разрядным и адсорбционным насосами так, что остаточное давление составляло 10⁻⁶ мм. рт. ст. После этого при нагревании полученной пленки до комнатной температуры происходила полимеризация *n*-ксилилена и агрегация атомов металла, в результате получался нанокомпозит ППК–наночастицы металла. Концентрацию меди и олова в образцах варьировали от 2 до 14 об. %, изменения поток мономера при постоянном потоке атомов металла в процессе синтеза. Содержание меди оценивали из отношения потоков. Подробно аппаратура и методика синтеза описана в работе [15].

Электрическое сопротивление образцов измеряли на постоянном токе прибором Щ-300 в процессе напыления соконденсата и формирования нанокомпозита. После определения температурной зависимости сопротивления в вакууме их подвергали воздействию атмосферы. Сопротивление образцов резко возрастало, возможно, вследствие окисления наночастиц.

Для измерения сенсорного отклика образцов с наночастицами меди и олова на влажность среды были получены их вольтамперные характеристики в атмосфере различной влажности при комнатной температуре. Перед этим пленки выдерживали при заданной влажности в течение времени, необходимого для установления адсорбционного равновесия между нанокомпозитом и окружающей его атмосферой. Были изучены зависимости тока от времени, прошедшего с момента подачи внешнего напряжения на образец, а также от времени, прошедшего после его переноса при постоянном напряжении в атмосферу с влажностью, отличной от первоначальной. Заданную влажность получали с помощью насыщенных растворов различных солей в воде [16]. Величину сенсорного отклика определяли по наклону вольтамперной характеристики, а чувствительность при различной влажности воздуха получали как производную относительной проводимости по влажности:

$$U = \frac{d(\sigma/\sigma_0)}{dh}, \quad (1)$$

где U – чувствительность, σ_0 – электропроводность при влажности 33%, h – влажность.

Топографию поверхности образцов измеряли на атомно-силовом микроскопе P47-SPM-MDT

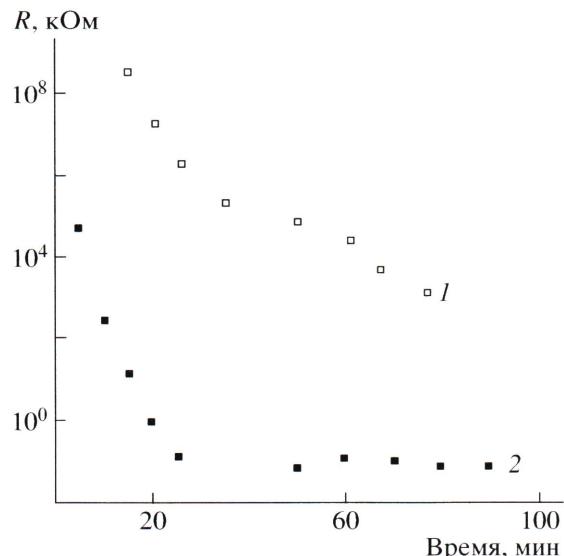


Рис. 1. Зависимость электрического сопротивления R нанокомпозитов от времени напыления.

(производства фирмы NT-MDT) в полуконтактном и контактном режимах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Закономерности формирования нанокомпозитов ППК–металл, получаемых методом полимеризации из газовой фазы, определяются процессами образования полимерной матрицы и агрегации атомов металлов. Возможность образования наночастиц на стадии осаждения соконденсата мономера (*n*-ксилилен) и металла, а также влияние полимеризации на структуру нанокомпозита зависят от концентрации металла и соотношения объемной и поверхностной свободной энергии наночастицы. Последняя определяется ее взаимодействием с матрицей. Значительное влияние на структуру пленки оказывает скорость и тепловой эффект полимеризации. На рис. 1 показаны зависимости электрического сопротивления нанокомпозитов с низким и высоким содержаниями меди от времени напыления. На графиках заметна тенденция к насыщению. Видно, что электропроводность имеет объемный характер. Для образования бесконечного кластера требуется достижение некоторой критической толщины образца, уменьшающейся при возрастании концентрации наполнителя. Таким образом, структура и свойства образца зависят от длительности процесса напыления.

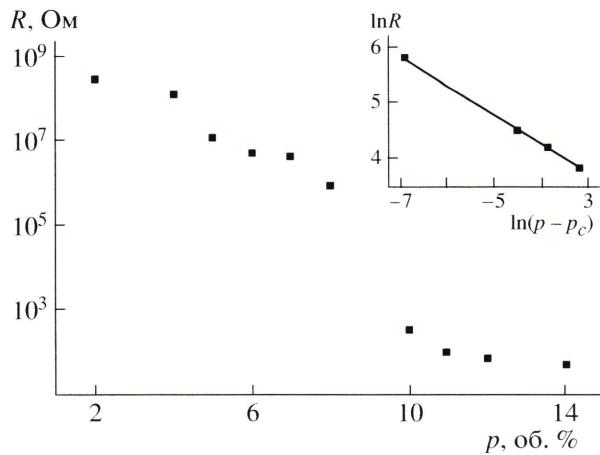


Рис. 2. Зависимость R образцов от содержания меди p в вакууме. На вставке в логарифмических координатах приведена зависимость сопротивления от разности между концентрацией меди в образце и пороговой концентрацией.

После полимеризации, происходящей при повышении температуры до комнатной, образцы снова охлаждали до температуры жидкого азота и сравнивали их электрическое сопротивление до и после полимеризации. При концентрации меди ниже порога перколяции сопротивление нанокомпозита при 77 К значительно выше сопротивления исходного соконденсата при той же температуре. Данный факт свидетельствует о влиянии полимеризации на агрегацию металла и формирование наночастиц. Выше порога перколяции эти величины одинаковы, что указывает на формирование системы наночастиц уже в соконденсате и на отсутствие влияния полимеризации на процесс их образования. Формирование наночастиц в таком случае определяется фазовым распадом пересыщенного раствора металла в *n*-ксилилене [17].

Зависимость электрического сопротивления медьсодержащих нанокомпозитов в вакууме при комнатной температуре от концентрации металла приведена на рис. 2. Видно, что электропроводность носит перколяционный характер, поскольку при достижении порога перколяции сопротивление образцов резко уменьшается. Как известно [18], в области концентрации металла ниже порога перколяции сопротивление композита выражается формулой

$$R \propto (p_c - p)^\gamma, \quad (2)$$

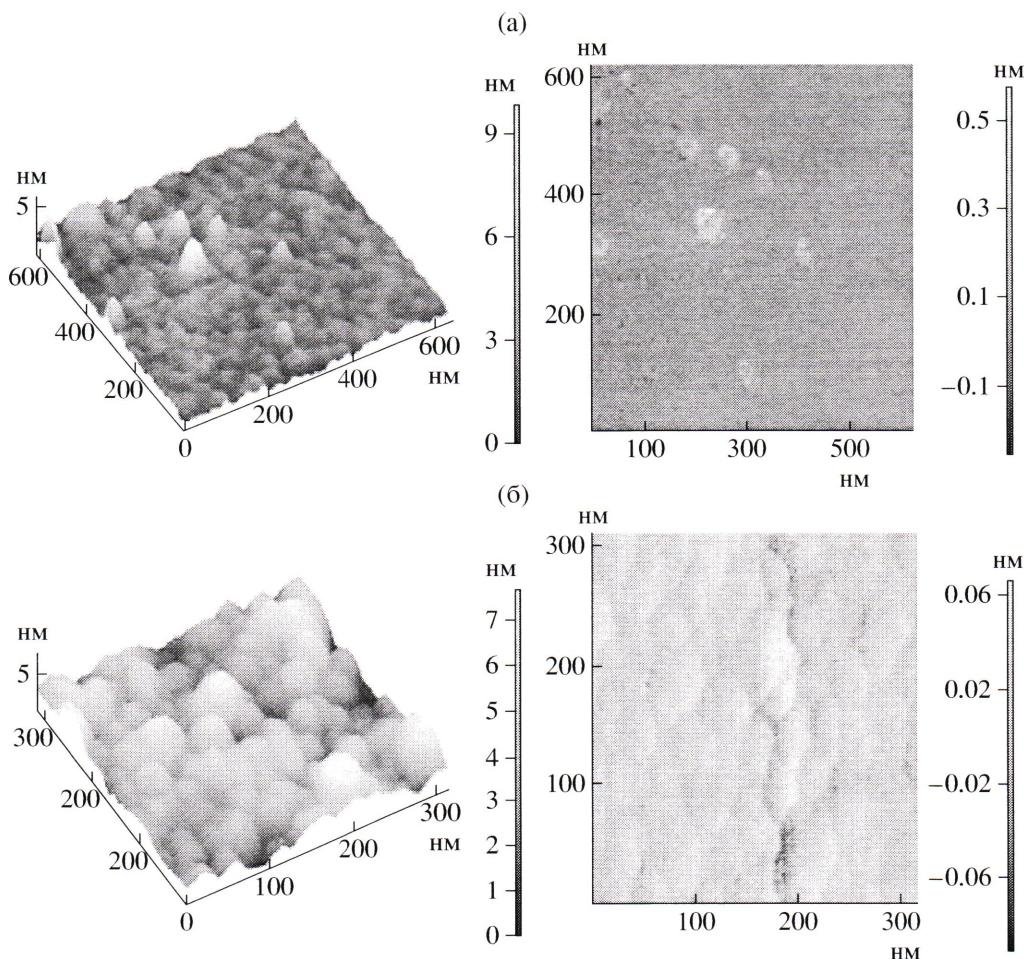


Рис. 3. Изображение поверхности нанокомпозитов с содержанием меди ниже (а) и выше (б) порога перколяции проводимости.

а в послеперколяционной области

$$R \propto (p - p_c)^v, \quad (3)$$

где p – концентрация металла (в объемных процентах), p_c – ее пороговое значение, критические параметры γ и v не зависят от концентрации. Методом регрессии определено значение p_c и критические параметры (рис. 2, вставка). Полученные величины $p_c = 9.9 \pm 0.4$ об. %, $\gamma = 4.1 \pm 0.9$, $v = 0.50 \pm 0.01$ отличаются от теоретических [19]. Так, пороговое значение концентрации наполнителя меньше, чем в классической теории перколяции для статистических композитов, что свидетельствует о частично упорядоченной структуре пленок, наночастицы в которых расположены преимущественно в межсферолитных областях и могут образовывать нити. Для композита с вытянутыми включениями порог перколяции пропор-

ционален характеристическому отношению длины к диаметру [20]. Оценка этого отношения на основании метода [21] для измеренного порога перколяции составляет 50. Предложенная модель подтверждается данными, полученными методом АСМ. Структуры наночастиц, образующих нанопровода, наблюдаются в образцах с высокой концентрацией меди (рис. 3б). В то же время при низкой концентрации (рис. 3а) наночастицы слабо связаны между собой.

Электропроводность нанокомпозитов в области концентраций меди ниже порога перколяции носит активационный характер, и энергия активации процесса переноса изменяется от 0.1 до 10^{-3} эВ при увеличении концентрации металла. Оценка размера наночастицы из величины энергии активации была сделана по формуле

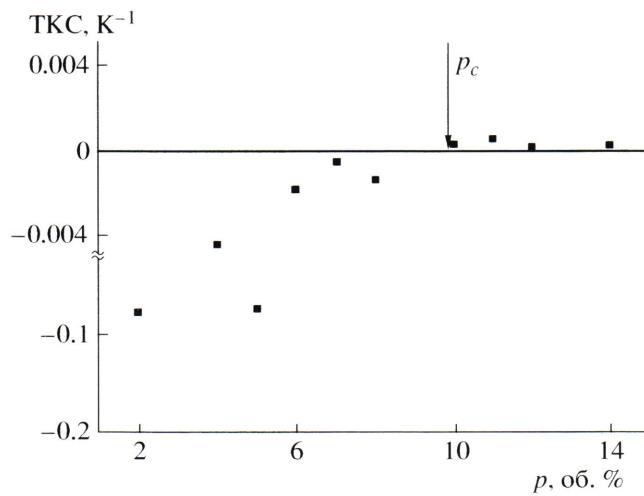


Рис. 4. Зависимость температурного коэффициента сопротивления (ТКС) нанокомпозита от содержания меди p (стрелкой показан порог перколяции).

$$r = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0\epsilon\delta E}, \quad (4)$$

где e – заряд электрона, δE – энергия активации электропроводности, ϵ_0 – диэлектрическая постоянная, ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость матрицы [22], и составила 90 Å, что не плохо соответствует результатам АСМ. При концентрации меди выше порогового значения электропроводность носит металлический характер. Температурный коэффициент сопротивления нанокомпозита значительно ниже соответствующего значения 4.3×10^{-3} K⁻¹ для объемного образца [23], что объясняется увеличением рассеяния электронов на поверхности нанопроводов. Оценка радиуса нити из температурного коэффициента сопротивления пленки и массивного материала, согласно работе [24], дает величину 37 Å. Радиус нити меньше радиуса частицы, оцененного из энергии активации нанокомпозита. По-видимому, частицы соединены мостиками, которые определяют проводимость образца. Зависимость температурного коэффициента сопротивления от содержания меди представлена на рис. 4. Стрелкой показан порог перколяции электропроводности нанокомпозитов, определенный из концентрационной зависимости сопротивления (рис. 2). Видно, что полученные значения пороговой концентрации хорошо согласуются между собой.

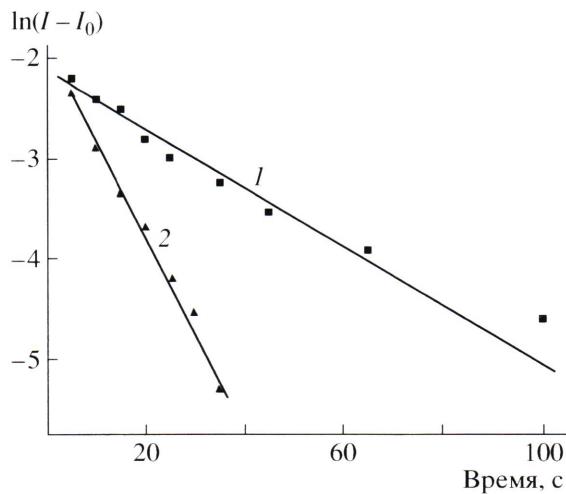


Рис. 5. Зависимость логарифма тока I от времени, прошедшего с момента подачи напряжения (1) и с момента переноса образца из воздуха с влажностью 93% в воздух с влажностью 55% (2). Содержание меди в образце 4%.

При контакте образцов с атмосферой их сопротивление резко увеличивается, вероятно, вследствие окисления наночастиц. Следует отметить, что металлический характер электропроводности нанокомпозитов с концентрацией меди выше порога перколяции сохраняется. Это свидетельствует о неполном окислении и формировании структуры ядро–оксидная оболочка. Аналогичное поведение наблюдали для наночастиц различных металлов [25–27], в том числе для меди [12, 28].

Для полученных нанокомпозитов характерна высокая чувствительность к влажности окружающей атмосферы. Была исследована кинетика изменения электропроводности образцов при подаче на них ступеньки напряжения при разном давлении паров воды и при переносе пленок в атмосферу с другой влажностью. После приложения постоянного напряжения к пленке, находящейся в атмосфере с различной влажностью, ток быстро (за время, определяемое инерционностью регистрирующей системы, т.е. за доли секунды) достигал максимальной величины, после чего медленно уменьшался, принимая стационарное значение. Уменьшение тока происходило по экспоненциальному закону с характерными временами порядка десятков секунд (рис. 5). Такое поведение характерно для барьерно-неупорядоченных систем и определяется величиной разброса барьеров между наночастицами по высоте V_0 [29].

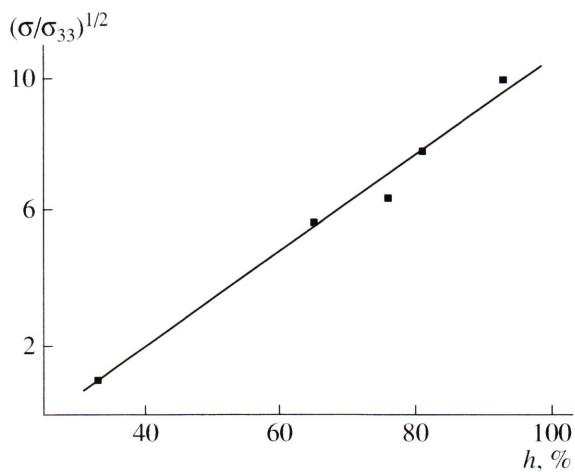


Рис. 6. Зависимость квадратного корня относительной проводимости $(\sigma/\sigma_{33})^{1/2}$ от влажности воздуха h для образца с концентрацией меди 4%.

Оценка V_0 составила ~ 0.7 эВ (согласно работе [30]), что указывает на значительную вариацию взаимодействия наночастиц с полимерной матрицей. Различная величина хим. сдвига вакуумных уровней на границе наночастица–полимерная матрица [31] для разных наночастиц определяет разброс потенциальных барьера между ними и, таким образом, закономерности протекания тока.

После переноса образца под напряжением из атмосферы с одной влажностью в среду с другой влажностью разность текущего и установившегося значений тока уменьшается со временем также по закону, близкому к экспонциальному, с константой времени порядка десятков секунд (рис. 5). Если считать, что адсорбция (или десорбция) воды проходит за время порядка секунд, то из соотношений образцов и констант времени релаксации можно сделать вывод, что емкостная структура композитов подвергается существенной перестройке при адсорбции воды на наночастицах. Так, емкость образца с наночастицами олова меняется от 16 нФ при влажности 55% до 6 мкФ при 93% влажности, т.е. больше, чем на два порядка. Значительные величины удельных емкостей наблюдались в системе $\text{SnO}_2-\text{TiO}_2$ нанокомпозитов в водной среде [32], где зарядка нанокомпозитов, по мнению авторов, происходит из-за квазиобратимых редокс-превращений на границе наночастица–матрица.

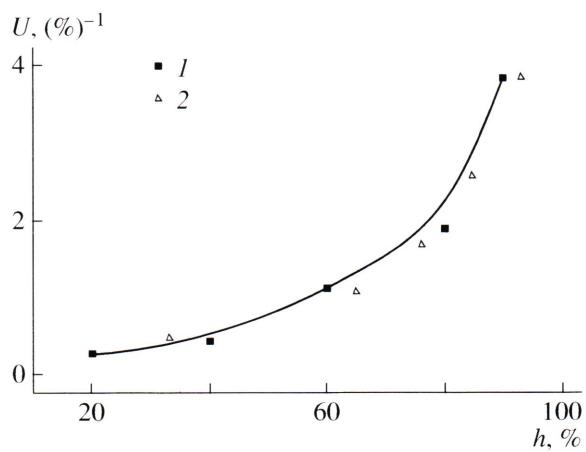


Рис. 7. Зависимость чувствительности образцов и к парам воды от влажности воздуха h для нанокомпозитов с содержанием олова 4% (1) и меди 4% (2).

При повышении влажности электропроводность образцов увеличивалась (рис. 6). Это, по нашему мнению, является следствием уменьшения величины потенциального барьера между наночастицами в результате адсорбции молекул воды. Аналогичные результаты были получены для поли-*n*-ксиленовых нанокомпозитов, содержащих свинец, сформированных одновременным [33] и последовательным [34] осаждениями паров мономера и металла, и нанокомпозитов ППК-Pd [10] и ППК-Ag [11].

Чувствительность образцов ППК-Си увеличивалась с повышением влажности (рис. 7). На этом же рисунке приведена зависимость чувствительности от влажности для образца с наночастицами олова. Такая зависимость чувствительности от влажности определяется гидрофобностью ППК (абсорбция воды не превышает 0.1% [35]). Для гидрофильных систем (например, Al_2O_3) их чувствительность повышается при снижении влажности [36]. Значительное увеличение чувствительности при росте влажности можно интерпретировать на основе динамической переколяционной модели проводимости нанокомпозита [37]. Проводимость растет не только из-за уменьшения высоты потенциального барьера между наночастицами при адсорбции молекул воды, а еще и в результате возникновения новых токопроводящих путей, т.е. одновременного изменения фрактальных характеристик нанокомпозитов.

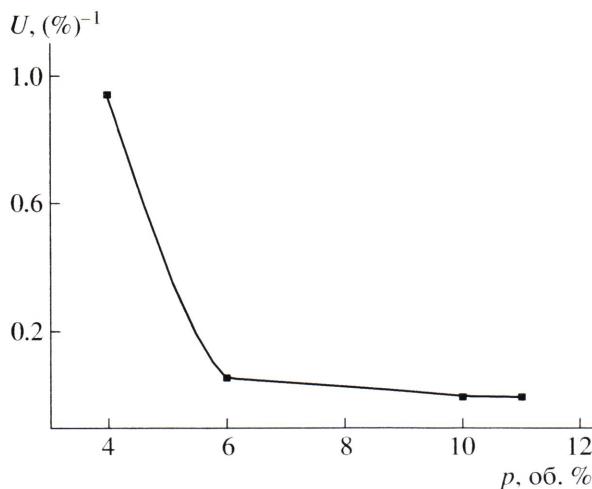


Рис. 8. Зависимость чувствительности образцов и к парам воды от концентрации меди p при влажности воздуха 60%.

Чувствительность нанокомпозитов ППК-Си к влажности воздуха резко уменьшается при повышении содержания меди и становится незначительной при достижении концентрации меди, соответствующей порогу перколяции (рис. 8). Подобное поведение также подтверждает предложенную модель адсорбционного отклика исследованных нанокомпозитов для электронодонорных молекул. Оно заметно отличает синтезированные системы от других, например, нанокомпозитов CuS-поливинилацетат, для которых адсорбционный отклик определяется изменением диэлектрической постоянной матрицы в результате адсорбции полярных молекул воды. Для них максимальную чувствительность наблюдали при концентрации наполнителя, соответствующей порогу перколяции проводимости композита [38].

Таким образом, установлено, что синтезированные нанокомпозиты ППК-Си и ППК-Sn проявляют высокую чувствительность к влажности. Их электрофизические свойства определяются структурой наночастиц и матрицы, распределением наночастиц по размерам и расстояниям между ними, а также их взаимодействием между собой.

Авторы выражают признательность Р. Гайнутдинову (Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН) за измерения методом атомно-силовой микроскопии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nanotechnology Research Directions: IWGN Workshop Report. Vision for Nanotechnology R and D in the Next Decade / Ed. by Roco M.C., Williams R.S., Alivisatos A.P. Dordrecht; Boston; London: Kluwer Acad. Publ., 2000.
2. Чвалун С.Н. // Природа. 2000. № 7. С. 22.
3. Alivisatos A.P. // Science. 1996. V. 271. № 5251. P. 933.
4. Kastner M.A. // Rev. Mod. Phys. 1992. V. 64. № 3. P. 849.
5. Zavyalov S.A., Timofeev A.A., Pivkina A.N., Shoonman J. Nanostructured Materials: Selected Synthesis Methods, Properties and Applications / Ed. by Knauth P., Shoonman J. Boston: Kluwer Acad. Publ., 2002. P. 97.
6. Ishii H., Sugiyama K., Ito E., Seki K. // Adv. Mater. 1999. V. 11. № 8. P. 605.
7. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. М.: Химия, 2000. С. 672.
8. Трахтенберг Л.И., Герасимов Г.Н., Григорьев Е.И. // Журн. физ. химии. 1999. Т. 73. № 2. С. 283.
9. Сергеев Г.Б. Нанохимия. М.: МГУ, 2003. С. 287.
10. Хников А.Ю., Завьялов С.А., Чвалун С.Н. // Высокомолек. соед. Б. 2002. Т. 44. № 10. С. 1858.
11. Озерин С.А., Завьялов С.А., Чвалун С.Н. // Высокомолек. соед. А. 2001. Т. 43. № 11. С. 1993.
12. Воронцов П.С., Григорьев Е.И., Завьялов С.А., Завьялова Л.М., Ростовщикова Т.Н., Загорская О.В. // Хим. физика. 2002. Т. 21. № 2. С. 45.
13. Завьялов С.А., Григорьев Е.И., Чвалун С.Н. // Высокомолек. соед. А. 2003. Т. 45. № 8. С. 1308.
14. Герасимов Г.Н., Григорьев А.Е., Григорьев Е.И., Воронцов П.С., Завьялов С.А., Трахтенберг Л.И. // Хим. физика. 1998. Т. 17. № 6. С. 180.
15. Nikolaeva E.V., Ozerin S.A., Grigoriev A.E., Grigoriev E.I., Chvalun S.N., Gerasimov G.N., Trakhtenberg L.I. // Mater. Sci. Eng. C. 1999. V. 8–9. № 1–2. P. 217.
16. Казарновский Д.М., Тареев Б.М. Испытания электроизоляционных материалов. М.; Л.: Госэнергиздат, 1963. С. 314.
17. Лишинец И.М., Слезов В.В. // Журнал эксперим. и теорет. физики. 1958. Т. 35. № 2. С. 479.

18. Шкловский Б.И., Эфрос А.Л. Электронные свойства легированных полупроводников. М.: Наука, 1979.
19. Kirkpatrick S. // Rev. Mod. Phys. 1973. V. 45. № 4. P. 574.
20. Lagarkov A.N., Sarychev A.K. // Phys. Rev. B. 1996. V. 53. № 10. P. 6318.
21. Электрофизические свойства перколоционных систем / Под ред. Лагарькова А.Н. М.: Институт высоких температур АН СССР, 1990.
22. Morris J.E., Coutts T.J. // Thin Solid Films. 1977. V. 47. № 1. P. 3.
23. Физические величины. Справочник / Под ред. Григорьева И.С., Мейлихова Е.З. М.: Энергоатомиздат, 1999.
24. Мейксин З.Г. Несплошные и керметные пленки. Физика тонких пленок. М.: Мир, 1978. Т. 8.
25. Kuhn L.T., Bojesen A., Timmermann L., Meedom Nielsen M., Morup S. // J. Phys. C. 2002. V. 14. № 49. P. 13551.
26. Phung X., Groza J., Stach E.A., Williams L.N., Ritchey S.B. // Mat. Sci. Eng. A. 2003. V. 359. № 1–2. P. 261.
27. Zavyalov S.A., Pivkina A.N., Schoonman J. // Solid State Ionics. 2002. V. 147. № 3–4. P. 415.
28. Кожевин В.М., Явсин Д.А., Смирнова И.Д., Кулагина М.М., Гуревич С.А. // Физика твердого тела. 2003. Т. 45. № 10. С. 1895.
29. Сухарев В.Я., Мясников И.А. // Физика твердого тела. 1985. Т. 27. № 3. С. 705.
30. Винников А.Я., Мещиков А.М., Савушкин В.Н. // Физика твердого тела. 1980. Т. 22. № 10. С. 2989.
31. Григорьев Е.И., Завьялов С.А., Чвалун С.Н. // Письма в ЖТФ. 2004. Т. 30. № 8. С. 40.
32. Цирлина Г.А., Рогинская Ю.Е., Постовалова Г.Г., Васильев С.Ю. // Электрохимия. 1999. Т. 35. № 11. С. 1380.
33. Воронцов П.С., Григорьев Е.И., Завьялов С.А., Чвалун С.Н. // Письма в ЖТФ. 2002. Т. 28. № 20. С. 15.
34. Bochenkov V.T., Stephan N., Brehmo L., Zagorskii V.V., Sergeev S.V. // Colloids and Surfaces. A. 2002. V. 198–200. P. 911.
35. Beach W.F., Lee C., Bassett D.R., Austin T.M., Olson R. // Encyclopedia of Polymer Science and Engineering. New York.: Wiley, 1989. V. 17. P. 990.
36. Salah A. Makhlof, Kamal M.S. Khalil // Solid State Ionics. 2003. V. 164. № 1–2. P. 97.
37. Gefen Y., Shin W.H., Leibovitz R.L., Viggiano J.M. // Phys. Rev. Lett. 1986. V. 57. № 33. P. 3097.
38. Godovsky D., Volkov A., Sukharev V., Moskina M. // Analyst. 1994. V. 118. № 8. P. 997.

Electrophysical Properties of Nanocomposites Based on Poly(*p*-xylylene) and Copper Nanoparticles

A. Yu. Khnykov^a, S. A. Zav'yaylov^b, E. I. Grigor'ev^b, and S. N. Chvalun^b

^aEnikolopov Institute of Synthetic Polymeric Materials, Russian Academy of Sciences,
ul. Profsoyuznaya 70, Moscow, 117393 Russia

^bFederal State Unitary Enterprise, Karpov Institute of Physical Chemistry,
ul. Vorontsovo pole 10, Moscow, 105064 Russia

e-mail: hnykov@cc.nifhi.ac.ru

Abstract—Poly(*p*-xylylene)-based nanocomposites containing various amounts of copper have been prepared by vacuum codeposition on a cooled substrate. On the basis of the relationship between the electrical conductivity of composites and the volume content of copper, the percolation threshold has been estimated as 10%. This value coincides with the corresponding parameter derived from the concentration dependence of the electrical resistance temperature coefficient. It has been shown that the conductivity of the nanocomposites increases with the moisture content and their moisture sensitivity decreases with an increase in the content of copper from a concentration of 4%. An analysis of the kinetics of the sensor response measured for various moisture contents has shown that the capacity structure of the samples rearranges during adsorption of water. According to the advanced model, the value of the sensor response is determined by a reduction in the height of the potential barrier between nanoparticles and a change in the fractal characteristics of nanocomposites that results from the adsorption of water molecules.