

УДК 541.64:537.22

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ КВАНТОВОГО ЭФФЕКТА В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДИСПЕРСИИ ПОЛИАЦЕНХИНОНА И ИХ СВЯЗЬ С ПЕРКОЛЯЦИОННОЙ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬЮ ПРЕССОВАННЫХ ОБРАЗЦОВ ПОЛИМЕРНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ

© 2002 г. Р. В. Афанасьева*, Т. Г. Ермакова*, А. А. Максимов*,
Л. Я. Царик**, М. Г. Воронков*

*Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского
Сибирского отделения Российской академии наук
664033 Иркутск, ул. Фаворского, 1

**Иркутский государственный университет
664033 Иркутск, ул. Лермонтова, 126

Поступила в редакцию 25.07.2001 г.
Принята в печать 30.07.2002 г.

Интерпретированы две области дисперсии в диэлектрических спектрах таблетированных образцов полиаценхиона, синтезированного поликонденсацией пирена с пиromеллитовым диангидридом, и композита на его основе. Для высокочастотной дисперсии наблюдается корреляция температурных зависимостей ее частотного положения и электропроводности полимера в интервале +20 ... –90°C. Особенность низкочастотной дисперсии – постоянство ее частотного положения при +20 ... –60°C и появление активационной зависимости при –90°C. Экспериментально обосновано предположение о связи необычного поведения областей дисперсии с надмолекулярной структурой полиаценхиона и явлением квантовой когерентности.

В настоящее время уделяют большое внимание изучению поверхности полимерных материалов и развитию представлений о межфазных слоях как особой пограничной зоне [1]. При этом вне поля зрения оказались нерастворимые и неплавкие аморфные полимерные полупроводники, электрические свойства которых в значительной мере определяются поверхностными явлениями. В связи с этим внимание привлекают полиаценхионаны (ПАХ), представляющие многочисленный класс таких полимеров. Их характеризуют высокие (до 10^5) значения диэлектрической проницаемости и нелинейность поляризации в слабых электрических полях [2–5]. Электропроводность ПАХ, измеренная в постоянном электрическом поле, достигает 10^{-3} (Ом см) $^{-1}$.

С целью исключить влияние поверхностных энергетических барьеров в прессованных образцах ПАХ на электрические свойства этого полимера ранее авторы цитированных работ применяли высокое механическое давление порядка 0.4 ГПа. Но именно эти барьеры (поверхностные области

пространственного заряда) представляют самостоятельный интерес при изучении реальной поверхности гранул полимерного полупроводника как слои, на которых распространяется возмущающее действие внешней среды. Очевидно, при такой постановке задачи высокое механическое давление следует отнести к экстремальным воздействиям на реальную поверхность ПАХ. Настоящая работа посвящена исследованию влияния температуры на электропроводность прессованных образцов ПАХ, и диэлектрический спектр композитов на его основе.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектами исследования служили ПАХ, полученные известным методом [2] – циклополиконденсацией пирена с пиромеллитовым диангидридом в присутствии хлорида цинка при 300°C в течение 5, 10 и 24 ч.

Поверхность гранул ПАХ изучали методом сканирующей электронной микроскопии. Для рентгенофазового анализа ПАХ применяли дифрактометр ДРОН-3М на CuK_{α} -излучении. Диэлектричес-

E-mail: khal@irioch.irk.ru (Ермакова Тамара Георгиевна).

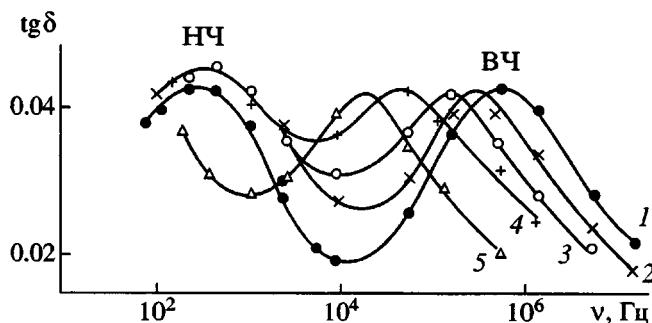


Рис. 1. Частотные зависимости $\text{tg}\delta$ композита, представляющего смесь гранул ПАХ с парафином, при $+20$ (1), 0 (2), -20 (3), -60 (4), и -90°C (5). [ПАХ] = 10%, толщина образца 242 мкм, диаметр электродов 15 мм.

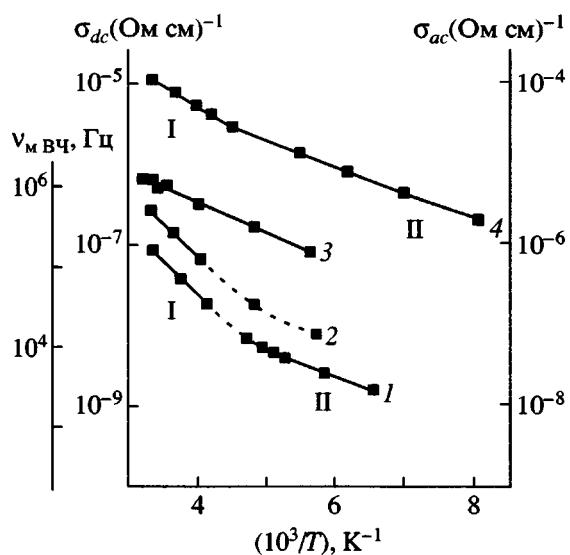


Рис. 2. Температурные зависимости электропроводности σ прессованного образца ПАХ (1, 3, 4) и v_m вЧ высокочастотного максимума $\text{tg}\delta(v)$ (2). 1 – σ_{dc} , давление на образец 2×10^{-5} ГПа, 1-I – $W = 0.16$ эВ, 1-II – $W = 0.05$ эВ; 2 – по данным рис. 1; 3 – σ_{ac} , давление на образец 2×10^{-5} ГПа, измерения на частоте 10 МГц, $W = 0.05$ эВ; 4 – σ_{dc} , давление на образец 10^{-3} ГПа, 4-I – $W = 0.09$ эВ, 4-II – $W = 0.06$ эВ. Толщина образца 375 мкм, диаметр электродов [Ag] 4.6 мм.

кие спектры ПАХ снимали в диапазоне частот 100 Гц–35 МГц на установке, состоящей из моста переменного тока Р-571, скомбинированного со звуковым генератором ГЗ-34 и измерителя добротности Е9-4. Амплитуда переменного напряжения в диапазоне звуковых частот составляла 0.01 В. Исследовали таблетки ПАХ, полученные прессованием при давлении 0.04 ГПа, а также композиты, представляющие смесь гранул ПАХ с парафином

(массовое соотношение 1 : 9). Давление на таблированные образцы при измерениях электрических характеристик составляло 2×10^{-5} ГПа. Вольтамперные характеристики ПАХ определяли с помощью микровольтамперметра ВК-2-20; источник постоянного напряжения – ТЕС-14 (0–30 В). Значения электропроводности получали по вольтамперным характеристикам, подчиняющимся закону Ома. В измеренные значения тангенса угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ вводили поправку на сквозную проводимость прессованных образцов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полиацениноны представляют собой конденсированную ароматическую систему; их макромолекулы содержат шестичленные циклы бензоидной и хиноидной структуры. Полученные ПАХ – аморфные, неплавкие и нерастворимые черные порошки с концентрацией парамагнитных центров 10^{19} – 10^{21} спин/г.

В диэлектрическом спектре композита, содержащего гранулы ПАХ, наблюдаются два максимума тангенса угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$: низкочастотный (**НЧ**) и высокочастотный (**ВЧ**) в диапазоне звуковых и радиочастот (рис. 1, кривая 1). В том же частотном диапазоне две области диэлектрической дисперсии характеризуют и спектр прессованных образцов (рис. 2а). Меньшая степень разрешения областей диэлектрического поглощения в этом случае представляет следствие технологического воздействия при прессовании образцов. Непосредственно после прессования всегда наблюдается только одна, вероятно, “совмещенная” область дисперсии как следствие соизмеримости времен НЧ- и ВЧ-процессов диэлектрической релаксации (рис. 2б) [6].

Примечательна неизменность частотного положения v_m НЧ-максимума $\text{tg}\delta(v)$ в интервале $+20 \dots -60^{\circ}\text{C}$ (рис. 1). В известной модели движения заряженной частицы в двухъядном потенциале этот экспериментальный факт указывает на тунNELНЫЙ механизм преодоления потенциального барьера, что представляет одно из основных проявлений квантовых систем. Особенностью релаксационного НЧ-процесса является туннелирование при комнатной температуре, что наиболее вероятно для электронов [7]. НЧ-процесс диэлектрической релаксации протекает во взаимосвязи с

ВЧ-процессом. Экспериментальным свидетельством этой взаимосвязи является общий температурный интервал, в котором наблюдаются как независимость $\nu_{\text{мНЧ}}(T)$, так и активационное смещение ВЧ-максимума $\text{tg}\delta(v)$ при понижении температуры (рис. 1, кривые 1–4). Об этом свидетельствует и “совместное” смещение обеих областей дисперсии в шкале частот в спектрах прессованных образцов ПАХ с различной электропроводностью [6]. Нетривиально также и смещение НЧ-максимума $\text{tg}\delta(v)$ к низким частотам при -90°C (рис. 1, кривая 5). Это указывает на переход от туннелирования к активационному поведению, но туннелирование наблюдается при температурах, более высоких по сравнению с соответствующей появлению активационной зависимости $\nu_{\text{мНЧ}}(T)$, что противоречит известным представлениям об изменении соотношения вероятностей надбарьерных и туннельных переходов при понижении температуры.

Для ВЧ-области диэлектрической дисперсии характерна корреляция температурных зависимостей ее частотного положения $\nu_{\text{мвЧ}}$ и электропроводности σ_{dc} ПАХ, измеренной в постоянном электрическом поле (рис. 2, кривые 1, 2). Нетривиален не только сам факт такой корреляции, но и то обстоятельство, что $\nu_{\text{мвЧ}}(T)$ характеризует спектр композита, а $\sigma_{dc}(T)$ измеряли для прессованных образцов.

Поляризационные явления в спектрах композитов объясняют обычно простым перераспределением свободных зарядов на границах раздела фаз и связывают с межфазной поляризацией [8]. Но ПАХ, по данным термо-ЭДС, является *p*-полупроводником [9, 10]. На основании анализа масс-спектров продуктов термодесорбции ПАХ [11] поверхностные явления для этого полимера и обусловленный ими комплекс электрических свойств можно объяснить адсорбцией атмосферного кислорода. Учет поверхностных явлений значительно усложняет задачу теоретического описания явления межфазной поляризации, особенно для концентрированных дисперсных систем [8]. Для полупроводников, кроме того, вклад в экранирование электрического поля обусловлен не только свободными, но и связанными в поверхностных состояниях носителями заряда. Поэтому совокупность указанных особенностей двойной диэлектрической дисперсии в спектре ПАХ не укладывается

ется в схемы существующих моделей межфазной поляризации, в которых поляризационный заряд формируется за счет объемной (в максвелл-вагнеровской трактовке) или поверхностной (в более поздних моделях) электропроводности частиц дисперсной фазы [8].

Основой модельных представлений о природе нетривиального поверхностного явления, связанного с двойной диэлектрической дисперсией в спектре ПАХ, может быть учет одного из наиболее важных свойств полисопряженных систем, определяющего возможность их допирования – склонности к комплексообразованию с сильными донорами или акцепторами [12].

Данные рентгенофазового анализа и сканирующей электронной микроскопии свидетельствуют о том, что основой надмолекулярной структуры ПАХ является наличие графитоподобных фрагментов [13]. Это позволяет предположить, что атмосферный кислород взаимодействует с этими фрагментами по механизму интеркаляции. Полной ясности в понимании этого механизма в настоящее время нет [14]. Как известно, специфические свойства интеркаляционных соединений обусловлены донорно-акцепторным взаимодействием интеркалянта со слоистой матрицей [15]. Сопоставление зависимостей $\epsilon''(\epsilon')$ для ПАХ и плоскостного полиароматического комплекса нафтилина с йодом [16] (рис. 3б, 3в) указывает на обоснованность предположения о переносе заряда между π -сопряженной системой полиароматических слоев, масштаб которых ограничен графитоподобными фрагментами строения поверхностного слоя ПАХ, и кислородом. Следовательно, постоянство $\nu_{\text{мНЧ}}(T)$ в интервале $-60 \dots +20^{\circ}\text{C}$ (рис. 1) можно интерпретировать как проявление индуцированных переменным электрическим полем туннельных переходов электрона в указанных донорно-акцепторных комплексах. В качестве простейшей структурной модели можно предположить, что интеркалированный кислород взаимодействует только с одним из смежных полиароматических слоев.

Переход от туннелирования к активационному смещению НЧ-максимума $\text{tg}\delta(v)$ (рис. 1, кривая 5) можно рассматривать как смену механизмов дипольного упорядочения в поверхностных слоях гранул ПАХ. Качественное представление о процессах, происходящих при этом в полиароматических комплексах с кислородом, можно получить,

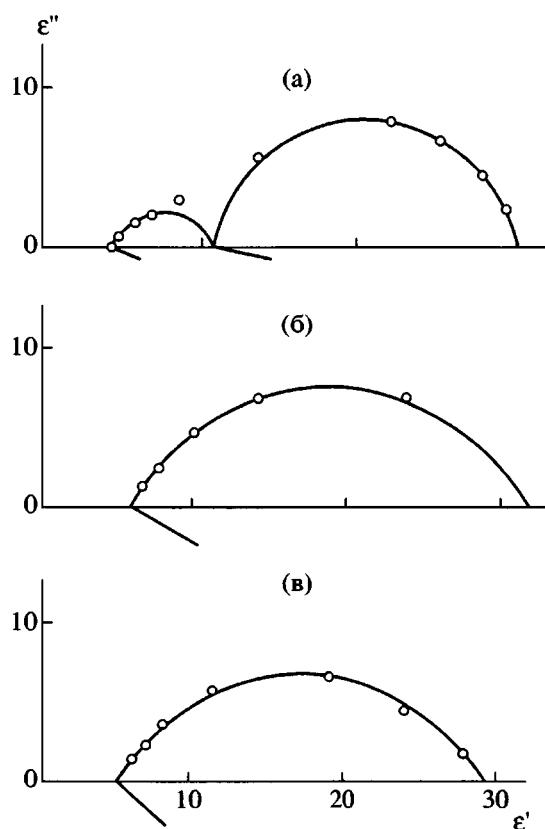


Рис. 3. Диаграммы Коула-Коула $\epsilon''(\epsilon')$ прессованных образцов ПАХ (а, б) и плоскостного полиароматического комплекса нафтилина с йодом (в) при комнатной температуре: а – длительность синтеза 5 ч, образец толщиной 183 мкм спрессован под давлением 0.01 ГПа, диаметр электродов [Ag] 8.9 мм, измерения проводили непосредственно после обратимого электрического пробоя, частота электрического поля 0.004; 0.006; 0.01; 0.02; 0.15; 0.5; 1.5; 5.0; 10; 30 МГц; б – длительность синтеза 5 ч, образец толщиной 250 мкм, диаметр электродов [Ag] 8.9 мм, измерения проводили непосредственно после прессования, частота электрического поля 0.15; 0.5; 1.5; 5 и 10 МГц; в – толщина образца 500 мкм, диаметр электродов [Ag] 1 см, измерения проводили непосредственно после прессования, частота электрического поля 0.01; 0.05; 0.15; 0.5; 1.5; 5 и 12 МГц.

обратившись к данным [17] о низкотемпературном поведении химических реакций как туннельных систем с диссипацией. Известное теоретическое исследование [17] включает в круг рассматриваемых явлений также и перенос электрона, не сопровождающийся изменением химических связей. Эту теорию, учитывающую влияние среды на скорость туннелирования, можно считать достаточно близкой нашей интерпретации НЧ-дисперсии. В согласии с ранее предложенной моде-

лью [17] влияние среды не всегда ускоряет туннельную реакцию, а при $T \rightarrow 0$ квантовая частица может оказаться локализованной в потенциальной яме начального состояния. В соответствии с работой [17] это означает полную остановку туннельной реакции как следствие взаимодействия квантовой системы со средой. Если этот вывод использовать для интерпретации зависимости $v_{\text{мНЧ}}(T)$ (рис. 1), то смещение НЧ-максимума $\text{tg} \delta(v)$ при -90°C (рис. 1, кривая 5) следует связать (в указанной выше простейшей структурной модели) с локализацией электрона в потенциальной яме, ассоциируемой с π -сопряженной системой полиароматического слоя. В этом случае не исключена принципиальная возможность проявления в НЧ-дисперсии экситоноподобных поляризационных возбуждений, соответствующих электронно-дырочному спариванию в двумерных полиароматических слоях как специфической особенности некоторых диэлектрических состояний [18]. Но, независимо от природы низкотемпературного поляризованного состояния, его существенным признаком следует считать переход интеркалированного кислорода в молекулярную форму. Следовательно, переход от туннелирования к активации в зависимости $v_{\text{мНЧ}}(T)$ означает изменение типа межмолекулярных связей кислорода с полиароматическими слоями – донорно-акцепторное взаимодействие сменяется ван-дер-ваальсовым. Полиароматические слои графитоподобных фрагментов строения ПАХ могут в данном случае соответствовать представлению об изолированных потенциальных ямах с двумерным движением π -электронов (или поляризационных возбужденных состояний). Предложенная интерпретация зависимости $v_{\text{мНЧ}}(T)$ получает дополнительное обоснование, если учесть, что ни для одного класса органических полупроводников стерические факторы не существенны в той степени, как для комплексов с переносом заряда [9]. Поэтому локализацию электрона в полиароматическом слое при понижении температуры можно считать следствием “замораживания” степеней свободы тех групп конформационной подвижности, которые при температурах вблизи комнатной способствовали переносу заряда между π -сопряженной системой полиароматического слоя и кислородом.

Уменьшение степени разрешения НЧ- и ВЧ-максимумов зависимостей $\text{tg} \delta(v)$ в области

+20 ... –60°C (рис. 1, кривые 1–4), после чего они вновь разделяются (рис. 1, кривая 5), дает основание предположить существование критической температуры, при которой оба максимума $\operatorname{tg} \delta(v)$ могут оказаться совмещенными вследствие соизмеримости времен НЧ- и ВЧ-процессов диэлектрической релаксации. Как видно из сопоставления кривых 4 и 5 на рис. 1 и кривой 1 на рис. 3, это критическое значение температуры находится в интервале, соответствующем нелинейной зависимости $\sigma_{dc}(T)$ между двумя участками с различной энергией активации W . Следовательно, двум диэлектрическим состояниям поверхностного слоя изолированных парафином гранул ПАХ можно сопоставить два значения уровня протекания для переколяционной электропроводности прессованных образцов полимера. Это можно объяснить, допустив идентичность НЧ-процессов диэлектрической релаксации в спектрах композитов и прессованных образцов ПАХ (рис. 1, кривая 1 и рис. 2а). Таким образом, НЧ-процесс диэлектрической релаксации оказывается связанным как с элементарными событиями на квантовом уровне, так и с переколяционной электропроводностью прессованных образцов ПАХ.

Предложенная интерпретация зависимости $v_{m\text{НЧ}}(T)$ допускает экспериментальную проверку, если учесть, что в энергетической схеме, принятой в физике поверхности полупроводников, переход адсорбированного кислорода в молекулярную форму соответствует опустошению адсорбционных поверхностных состояний. Следовательно, можно ожидать близости значений W для $\sigma_{ac}(T)$, измеренной при достаточно высокой частоте (т.е., в условиях, когда адсорбционные поверхностные состояния заведомо не успевают перезаполняться вследствие инерционности релаксационного НЧ-процесса), и низкотемпературного линейного участка $\sigma_{dc}(T)$. Сопоставление кривых 1 и 3 на рис. 2, свидетельствует о том, что наклоны указанных зависимостей практически совпадают. Это означает, что при частоте 10 МГц “выключаются” те же группы конформационной подвижности, которые “замораживаются” при –90°C, создавая стерические затруднения для переноса заряда на интеркалированный кислород. Можно ожидать, что роль стерических факторов при увеличении давления будет аналогичной. Очевидно, с этим связана дополнительная возможность экспериментальной проверки предложенной интерпретации $v_{m\text{НЧ}}(T)$.

Действительно, при измерении σ прессованных образцов с увеличением давления до 10^{-3} ГПа, значение W на низкотемпературном участке $\sigma_{dc}(T)$ не изменяется (рис. 2, кривая 4). Заметное уменьшение W на высокотемпературном линейном участке этой зависимости позволяет предположить, что при дальнейшем увеличении давления во всем исследованном температурном интервале зависимость $\sigma_{dc}(T)$ будет аналогична $\sigma_{ac}(T)$, измеренной при частоте 10 МГц (рис. 2, кривая 3).

Если для НЧ-дисперсии характерно приближенное соответствие лишь температурных интервалов при изменении W для $\sigma_{dc}(T)$ и смене механизмов НЧ поляризованного состояния, то для ВЧ-максимума $\operatorname{tg} \delta(v)$ наблюдается корреляция температурных зависимостей $v_{m\text{ВЧ}}$ и σ_{dc} (рис. 2, кривые 1 и 2) во всем исследованном температурном интервале, несмотря на изменение W . Принято считать, что аналогичные факты свидетельствуют о подобии механизмов электропроводности и диэлектрической релаксации [19, 20]. В физике диэлектриков [18] при обсуждении степенного закона частотной зависимости проводимости также указывается, что тепловое движение различных заряженных частиц, условия локализации которых определяются набором потенциальных минимумов и барьеров, при прыжковом механизме переноса заряда приводит как к электропроводности среды, так и к ее поляризации. Поэтому, если поверхностная электропроводность гранул ПАХ превышает объемную для прыжкового переноса заряда, возможно представление о поверхностном слое полимерных гранул как об отличающейся от объема диэлектрической фазы со свойствами проводящей и поляризующейся среды. Это представление может быть основой нетрадиционного подхода к исследованию явления межфазной поляризации.

Используя понятия теории протекания [21–25], можно предположить, что релаксационный ВЧ-процесс определяет связность переколяционного кластера в прессованных образцах ПАХ. Это качественно соответствует введенному в работе [25] и зависящему от времени условию связности при теоретическом исследовании переколяционной электропроводности. Токовые траектории, формирующиеся в переколяционном кластере с участием ВЧ-процесса диэлектрической релаксации, должны быть локализованы в поверхностных сло-

ях гранул ПАХ. Очевидно, особое состояние этих слоев, определяющих проводящую структуру переколяционного кластера, обусловлено наличием в них квантовых туннельных систем, проявляющихся в НЧ-дисперсии. Корреляция $v_{\text{мвч}}(T)$ и $\sigma_{dc}(T)$ с этой точки зрения должна отражать процессы, характерные для этого состояния. Чтобы получить представление о нем, нужно выйти за пределы полуклассического приближения работы [17], использованной для интерпретации $v_{\text{мнч}}(T)$. Для этого необходимо учесть, что влияние диссипативных процессов в среде на кинетику туннелирования можно рассматривать и как разрушение когерентности в квантовой системе [26]. Постоянство $v_{\text{мнч}}(T)$ (рис. 1) представляет в этом случае (в нашей интерпретации) макроскопическое проявление когерентной суперпозиции [27, 28] двух состояний, различающихся локализацией электрона в поверхностных полиароматических комплексах с кислородом. Переход на квантовый уровень описания вносит принципиально новый элемент в модель туннельной системы с диссипацией, отсутствующий в полуклассическом приближении. Это связано с необходимостью учета квантовых корреляционных связей [28, 29]. Их принципиальное отличие от классических корреляций обусловлено квантовой нелокальностью [28]. Таким образом, с учетом современных представлений [27–29], поверхностный слой гранул ПАХ является естественной квантово-коррелированной электронной системой. С этой точки зрения все указанные особенности НЧ- и ВЧ-процессов диэлектрической релаксации должны быть прямым следствием квантовых корреляционных связей в поверхностном слое гранул ПАХ, а явление квантовой когерентности, с которым мы связываем НЧ-дисперсию, следует считать причиной их возникновения. Это указывает на возможную связь механизма поверхностной электропроводности ПАХ с поляризационными возбужденными состояниями. Когерентность таких состояний сохраняется, по-видимому, в пределах графитоподобных фрагментов надмолекулярной структуры и соответствует представлению об их повышенной проводимости. Связность системы таких проводящих областей должна определяться квантовыми корреляциями.

Изложенные результаты можно рассматривать как экспериментальное обоснование связи графитоподобных фрагментов строения ПАХ с явлением квантовой когерентности. Это явление в

настоящее время интенсивно исследуют в связи с проблемой технической реализации квантовых вычислений [30]. Квантовый эффект в неорганических гетероструктурах с двумерным распределением потенциала реализуют средствами нанотехнологии и представляют альтернативу традиционным приборам твердотельной микроэлектроники [31, 32]. Между тем, не исключено, что в диэлектрическом спектре ПАХ проявляются аналогичные квантовые эффекты, определяемые их структурой, т.е. условиями синтеза.

Авторы выражают благодарность А.А. Матнишину за предоставленный полимерный комплекс нафталина с йодом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выгодский Я.С., Папков В.С. // Гранты РФФИ. Результаты и анализ исследований / Под ред. Алфимова М.В., Новикова В.Д. М.: Янус, 2001. С. 126.
2. Pohl H.A., Engelhardt E.H. // J. Phys. Chem. 1962. V. 66. № 11. P. 2085.
3. Pollak M., Pohl H.A. // J. Chem. Phys. 1975. V. 63. P. 2980.
4. Qingquan L., Yong F., Shufa S. // Solid State Commun. 1991. V. 79. № 11. P. 995.
5. Афанасьев Н.В., Афанасьева Р.В., Ермакова Т.Г., Лопырев В.А. // Высокомолек. соед. А. 1979. Т. 21. № 2. С. 413.
6. Афанасьева Р.В., Воронков М.Г., Ермакова Т.Г. // Докл. РАН. 1999. Т. 369. № 3. С. 329.
7. Гольданский В.И., Трахтенберг Л.И., Флеров В.Н. Туннельные явления в химической физике. М.: Наука, 1986.
8. Духин С.С., Шилов В.Н. Диэлектрические явления и двойной слой в дисперсных системах и полимерах. Киев: Наукова думка, 1972.
9. Гутман Ф., Лайонс Л. Органические полупроводники. М.: Мир, 1970.
10. Органические полупроводники / Под ред. Каргиной В.А. М.: Наука, 1968.
11. Colson R., Nagels R. P. // Philosoph. Mag. B. 1978. V. 38. № 5. P. 503.
12. Кобринский В.М. // Высокомолек. соед. Б. 1994. Т. 36. № 5. С. 881.
13. Ермакова Т.Г., Максимов А.А., Царик Л.Я., Белоногова Л.Н., Вакульская Т.И., Гаврилова Г.А.,

- Афанасьев Н.В., Мухаева Л.В., Воронков М.Г. // Высокомолек. соед. А. 2002. Т. 44. № 4. С. 551.*
14. *Макарова Т.Л. // Физика и техника полупроводников. 2001. Т. 35. № 3. С. 257.*
15. *Уббелоде А.Р., Льюис Ф.М. Графит и его кристаллические соединения. М.: Мир, 1965.*
16. *Матншян А.А., Арутюнян И.Л., Григорян Л.С., Овчинников А.А. // Докл. АН СССР. 1984. Т. 277. № 5. С. 1149.*
17. *Дахновский Ю.И., Овчинников А.А., Семенов М.Б. // Журн. эксперим. и теорет. физики. 1987. Т. 92. № 3. С. 955.*
18. *Поплавко Ю.М. Физика диэлектриков. Киев: Вища школа, 1980.*
19. *Mansingh A., Reyes J. M., Sayer M. // J. Non-Cryst. Solids. 1972. V. 7. № 1. P. 12.*
20. *Sayer M., Mansingh A. // Phys. Rev. B. 1972. V. 6. № 12. P. 4629.*
21. *Звягин И.П. Кинетические явления в неупорядоченных проводниках. М.: МГУ, 1984.*
22. *Эфрос А.Л. Физика и геометрия беспорядка. М.: Наука, 1982.*
23. *Винников А.Я., Мешков А.М. // Физика твердого тела. 1980. Т. 22. № 10. С. 2989.*
24. *Винников А.Я., Мешков А.М., Савушкин В.Н. // Физика твердого тела. 1982. Т. 24. № 5. С. 1352.*
25. *Винников А.Я., Мешков А.М. // Физика твердого тела. 1985. Т. 27. № 7. С. 1929.*
26. *Заикин А.Д., Панюков С.В. // Журн. эксперим. и теорет. физики. 1986. Т. 91. № 5(11). С. 1677.*
27. *Менский М.Б. Квантовые измерения и декогеренция. М.: Физматлит, 2001.*
28. *Кадомцев Б.Б. Динамика и информация. М.: Редакция журнала "Успехи физических наук", 1997.*
29. *Баргатин И.В., Гришанин Б.А., Зайцев В.Н. // Успехи физ. наук. 2001. Т. 171. № 6. С. 625.*
30. *Фейгельман М.В., Рязанов В.В., Тимофеев В.Б. // Успехи физ. наук. 2001. Т. 171. № 10. С. 1099.*
31. *Бирюлин П.И., Горбацевич А.А., Канаев В.В., Коняев Ю.В., Трофимов В.Т. // Физика и техника полупроводников. 2001. Т. 35. № 11. С. 1356.*
32. *Берашевич Ю.А., Данилюк А.Л., Холод А.Н., Борисенко В.Е. // Физика и техника полупроводников. 2001. Т. 35. № 1. С. 110.*

The Specifics of Manifestation of the Quantum Effect in Dielectric Dispersion of Polyacenequinone and Their Relation to Percolation Conductivity of Pressed Polymer Semiconductor Specimens

R. V. Afanas'eva*, T. G. Ermakova*, A. A. Maksimov*,
L. Ya. Tsarik**, and M. G. Voronkov*

*Favorsky Institute of Chemistry, Siberian Division, Russian Academy of Sciences,
ul. Favorskogo 1, Irkutsk, 664033 Russia

**Irkutsk State University,
ul. Lermontova 126, Irkutsk, 664033 Russia

Abstract—Two regions of dispersion in dielectric spectra of granulated specimens of polyacenequinone, which was prepared via condensation of pyrene with pyromellitic dianhydride, and a polyacenequinone-based composite were interpreted. For the high-frequency dispersion, the temperature dependences of its frequency position and the polymer conductivity were found to correlate in the range of +20 to -90°C. A specific feature of the low-frequency dispersion is the invariability of its frequency position in the range of +20 to -90°C and the appearance of activation dependence at -90°C. The assumption that the unusual behavior of the dispersion regions is associated with the supermolecular structure of polyacenequinone and the quantum coherence effect was experimentally substantiated.