

УДК 541(14+64) : 537.3

© 1991 г. А. Ю. Крюков, А. А. Пахратдинов, А. В. Ванников,  
А. В. Аникеев, Л. И. Костенко

## ФОТОГЕНЕРАЦИЯ И ТРАНСПОРТ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ПОЛИГИДРОКСИАМИНОЭФИРАХ

Исследованы механизмы фотогенерации и транспорта носителей заряда в олигомерах на основе N,N'-дibenзил-4,4'-диаминодифенилметана и диглицидиловых эфиров дикарбоновых кислот электрофотографическим и времязпролетным методами. Исследованы спектральные и полевые зависимости эффективности фотогенерации дырок в слоях олигомера без добавок и с добавкой СBr<sub>4</sub>. Полевые зависимости интерпретируются в рамках модели Оизагера. Сверхлинейная зависимость времени пролета дырок от толщины образцов указывает на дисперсионный характер транспорта носителей заряда. Дрейфовая подвижность дырок составляет  $2 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ , а энергия активации подвижности 0,25 эВ при  $F=8 \cdot 10^7 \text{ В}/\text{м}$ .

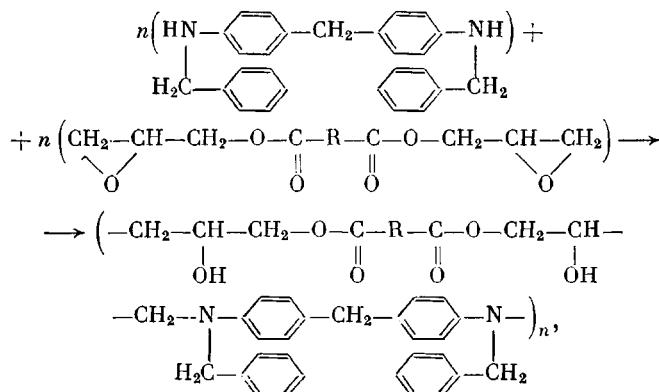
Исследование фотохимических и электрофизических свойств линейных полигидроксиаминоэфиров (АРН), синтезируемых путем взаимодействия диэпоксидов с ди- иmonoаминами [1, 2], представляет большой интерес в связи с возможностью разработки на их основе чувствительных к свету и ионизирующему излучению материалов, АРН благодаря фото проводниковым и прекрасным пленкообразующим свойствам перспективны для применения в электрофотографии [3–5].

Введение в пленки АРН галогенсодержащих акцепторов, например СBr<sub>4</sub>, позволяет получить ряд новых свойств и расширить возможности пленочных систем на основе АРН. В спектрах поглощения пленок АРН, содержащих СBr<sub>4</sub>, появляется новая полоса поглощения в области 300–480 нм, которая принадлежит комплексу с переносом заряда (КПЗ), формирующемуся между акцептором и электронодонорным аминным фрагментом макромолекул АРН [6]. При действии света в полосе поглощения КПЗ или ионизирующего излучения происходит окисление АРН и образование продуктов поликатионной природы АР<sup>+</sup> [6–9], обладающих интенсивным поглощением в видимой области спектра. Пленочные системы на основе АРН благодаря содержанию акцептора и возможности фотохимического или радиационно-химического образования АР<sup>+</sup> могут быть использованы в качестве высокочувствительных фото-, электроно- и рентгенорезистов [10, 11], электрофотографических или электрорентгенографических материалов, в которых реализуется эффект памяти [12, 13]. Такие системы позволяют осуществлять фотохимическую сенсибилизацию и получать электрофотографические материалы с регулируемой чувствительностью [6, 7, 14].

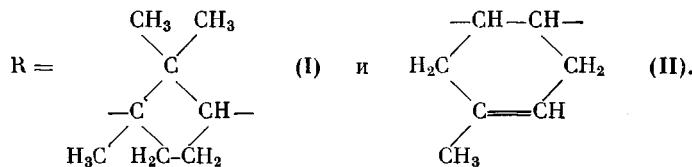
В цитированных работах подробно исследованы полигидроксиаминоэфиры, при синтезе которых в качестве аминных компонентов использовали широкий набор соединений, а в качестве диэпоксидных 2,2-бис-(4-[2,3-эпоксипропокси]-фенил)пропан. Вместе с тем представляет практический интерес синтез и исследование свойств таких полигидроксиаминоэфиров, структура макромолекул которых целенаправленно варьируется как по аминному, так и по эфирному фрагменту. Ранее при исследовании фотофизических свойств таких систем основное внимание было уделено транспорту носителей заряда, а механизм генерации не рассматривался. В настоящей работе изучены закономерности фотогенерации и транспор-

та носителей заряда в олигомерах на основе N,N'-дibenзил-4,4'-диамино-дифенилметана и диглицидиловых эфиров дикарбоновых кислот.

Реакцию полиприсоединения N,N'-дibenзил-4,4'-диамино-дифенилметана к диглицидиловому эфиру камфорной или метилтетрагидрофталевой кислоты проводили, выдерживая гомогенный расплав эквимолекулярной смеси реагентов при 110° в течение 16 ч



где



Далее расплав охлаждали до 60° и растворяли в хлороформе. Олигомерный продукт высаждали при интенсивном перемешивании путем медленного прибавления полученного раствора к смеси четыреххлористого углерода с гексаном (объемное соотношение 1 : 1). Затем маточный раствор деканттировали и продукт вакуумировали при комнатной температуре в течение 2–3 ч. Полученную губчатую массу измельчали и сушили до постоянного веса при 50–60° в вакууме 1–2 мм рт. ст. Важными условиями для осуществления линейного ступенчатого полиприсоединения диэпоксидов к бифункциональным нуклеофильным реагентам являются чистота исходных материалов и поддержание одинаковой молекулярной концентрации электрофильного и нуклеофильного компонентов. Очистку N,N'-дibenзил-4,4'-диамино-дифенилметана проводили последовательной кристаллизацией из этанола и смеси бензола с гексаном при объемном соотношении 1 : 1. Очистку диглицидиловых эфиров дикарбоновых кислот осуществляли с помощью кипячения в этаноле в присутствии угля и последующей сушки в вакууме.

$M_n$  синтезированных олигомеров составляла  $(1,2-2,0) \cdot 10^3$ , степень полимеризации  $n=2-3$ . Несмотря на низкие значения  $n$ , слои АРН отличаются высокими физико-механическими характеристиками.

Исследовали слои I и II без добавок и с добавкой различных концентраций СВг, нанесенные на лавсановую или стеклянную подложку с проводящими слоями Ni, SnO<sub>2</sub> или Al.

Эффективность фотогенерации  $\eta$  определяли в электрофотографическом режиме, заряжая слой до необходимого потенциала электризатором с управляющей сеткой. Потенциал измеряли динамическим электрометром ТР-84М. Слой освещали при помощи лампы ДРШ-250-3, монохроматора МСД-1 и фотоаппарата. Энергетическую освещенность измеряли измерителем ИМО-2Н. На начальном участке кривой фоторазряжения зависимость величины поверхностного потенциала  $U$  от времени облучения близка к линейной.  $\eta$  вычисляли по формуле

$$\eta = \frac{\Delta U \varepsilon \varepsilon_0 h \nu}{L e \Delta t P_\lambda (1 - 10^{-D})}, \quad (1)$$

где  $\varepsilon_0$  – электрическая постоянная,  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость,  $L$  – толщина слоя,  $\Delta U$  – изменение потенциала при фоторазряжении,  $\Delta t$  – время действия света,  $P_\lambda$  – интенсивность падающего света,  $D$  – оптическая плотность на длине волны действующего света.

Электрофотографическую чувствительность  $S$  находили по формуле

$$S = \frac{1}{P_\lambda \Delta t} \quad (2)$$

При расчете  $S$  не учитывали темновой спад поверхностного потенциала. В фор-

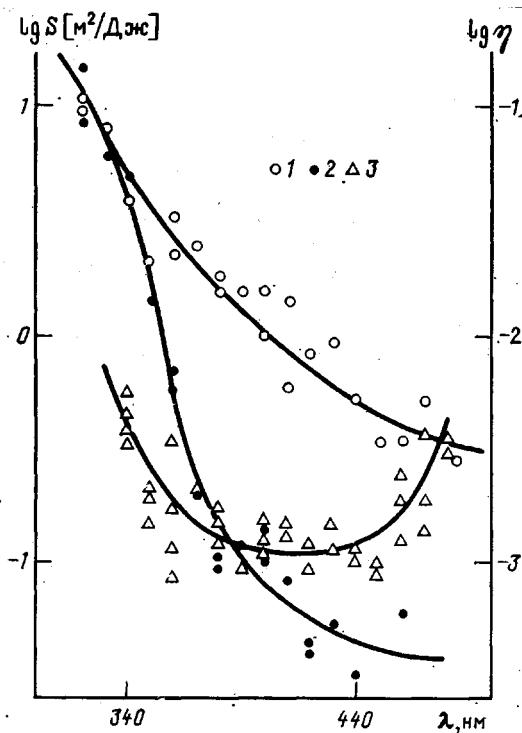


Рис. 1. Спектральные зависимости  $S$  (1, 2) и  $\eta$  (3) для слоев II с добавкой 32 мас.%  $\text{CBr}_4$  (1, 3) и без добавок (2). Толщина образцов 6,0–6,5 мкм

муах (1) и (2) использовали  $\Delta t$ , при котором  $\Delta U$  составляет 20% от начального потенциала заряжения  $U_0$ .

Исследовали кривые переходных токов с помощью времязадержки метода [15]. При этом образцы типа «сандвич» имели дополнительно полупрозрачный электрод из Au и генерационный слой Se, толщиной ~0,2 мкм, расположенный между Au-электродом и исследуемым слоем АРН. Из переходного тока определяли время пролета носителей через образец  $t_{\text{пр}}$  и по формуле

$$\mu = L/Ft_{\text{пр}} \quad (3)$$

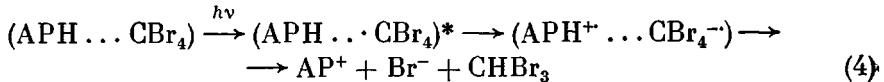
( $F$  – напряженность электрического поля) рассчитывали дрейфовую подвижность носителей заряда  $\mu$ .

Толщину слоев измеряли с помощью интерференционного микроскопа МИИ-4. Диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  определяли емкостным методом с помощью цифрового измерителя Е7-8.

Фотоэлектрические характеристики слоев I и II с одинаковыми  $M_n$  совпадают в пределах точности эксперимента, т. е. наличие ненасыщенных связей в диэфирном фрагменте макромолекул АРН не влияет на протекающие фотофизические процессы.

На рис. 1 приведены кривые спектральной чувствительности электрофотографических слоев II без добавок и с добавкой  $\text{CBr}_4$ , которые хорошо коррелируют со спектрами поглощения. Спектр поглощения композиции АРН и  $\text{CBr}_4$  в диапазоне длин волн 300–500 нм состоит из суперпозиции полос поглощения АРН и КПЗ (АРН... $\text{CBr}_4$ ) [6, 11]. При уменьшении длины волны увеличивается вклад полосы поглощения АРН в суммарный спектр. Из-за появления дополнительной полосы поглощения КПЗ на границе видимой и УФ-областей спектра кривая спектральной чувствительности слоя АРН с добавкой акцептора смешается в область больших длин волн. При  $\lambda=380$  нм более 90% света поглощается КПЗ. Как видно из рис. 1, значение  $\eta$  снижается при уменьшении энергии кванта  $h\nu$  до 3,1 эВ, т. е. в области смешанного поглощения АРН и КПЗ, а затем начинает расти при дальнейшем снижении  $h\nu$  от 2,7 эВ, т. е. в области преимущественного поглощения КПЗ. Наблюдаемая зависимость  $\eta$  от  $\lambda$  объясняет

ся протеканием при действии света конкурирующих процессов образования носителей заряда и фотолиза. Основным продуктом фотолиза АРН является соединение типа гидрола Михлера ( $\text{AP}^+$ ), которое образуется после возбуждения КПЗ по схеме



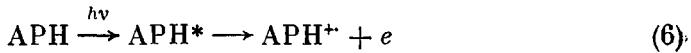
При поглощении света КПЗ носители заряда образуются по реакции



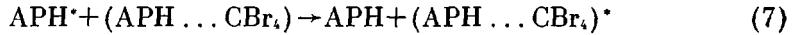
В работах [16–18] показано, что подвижными в рассматриваемой системе являются дырки, которые представляют собой катион-радикалы  $\text{APH}^+$  (заряд локализован на диаминном фрагменте). Вероятна миграция возбужденного состояния КПЗ после релаксации на нижний возбужденный уровень, так как вероятность диссоциации пары в области небольших  $h\nu$  невысока. Образование носителей заряда в этом случае происходит при взаимодействии возбужденного состояния с примесью.

По-видимому, энергетический уровень промежуточного состояния  $(\text{APH}^+ \dots \text{CBr}_4^-)$ , с которого идет диссоциация КПЗ и образование продуктов фотолиза лежит выше нижнего возбужденного уровня КПЗ. Таким образом, после возбуждения КПЗ процесс перехода в состояние, из которого идет фотолиз, и процесс образования носителей конкурируют между собой. При увеличении  $h\nu$  вероятность перехода в состояние  $(\text{APH}^+ \dots \text{CBr}_4^-)$  увеличивается, что, очевидно, снижает вероятность миграции возбуждения, образования носителей заряда и, следовательно,  $\eta$ .

Эффективность образования носителей заряда при поглощении света АРН выше, чем при возбуждении КПЗ из-за протекания конкурирующего процесса фотолиза. При поглощении света АРН носители заряда образуются по реакции



В таком случае фотолиз, по-видимому, менее вероятен, так как идет после передачи возбуждения на КПЗ



В связи с этим при увеличении энергии кванта или уменьшении  $\lambda$  происходит рост  $\eta$  (рис. 1, кривая 3) вследствие повышения доли поглощенного света молекулами АРН. Похожую зависимость  $\eta$  от  $\lambda$  наблюдали в работе [19] в пленках поливинилкарбазола. Несмотря на увеличение  $\eta$ , при  $\lambda > 400$  нм происходит снижение  $S$  (рис. 1), значения которой рассчитываются на падающий свет, из-за сильного снижения оптической плотности и, следовательно, доли поглощенного света.

Продукт фотолиза  $\text{AP}^+$ , имеющий полосу поглощения с  $\lambda_{\max} = 630$  нм, является эффективным электрофотографическим сенсибилизатором, причем кривая зависимости  $S$  от концентрации  $\text{AP}^+$  имеет максимум при  $[\text{AP}^+] \sim (3-5) \cdot 10^{-2}$  моль/л, что соответствует оптической плотности в максимуме полосы поглощения 0,6–1,0 (рис. 2) [5, 7, 17]. Присутствие в слое акцептора до концентрации 32 мас. % не влияет на форму кривой: экспериментальные точки для слоев I, содержащих 8 и 32 мас. %  $\text{CBr}_4$ , аппроксимируются одной кривой. Снижение чувствительности при больших концентрациях  $\text{AP}^+$  связано со снижением  $\eta$  в результате резкого возрастания концентрации электрон-дырочных пар [18] и увеличения вклада процесса объемной рекомбинации носителей заряда.

Наряду с процессом сенсибилизации при повышении концентрации  $\text{AP}^+$  происходит увеличение темновой электропроводности с слоев. Значение  $\sigma$  рассчитывали по выражению

$$\sigma = -\epsilon \epsilon_0 \frac{1}{U} \cdot \frac{dU}{dt} \quad (8)$$

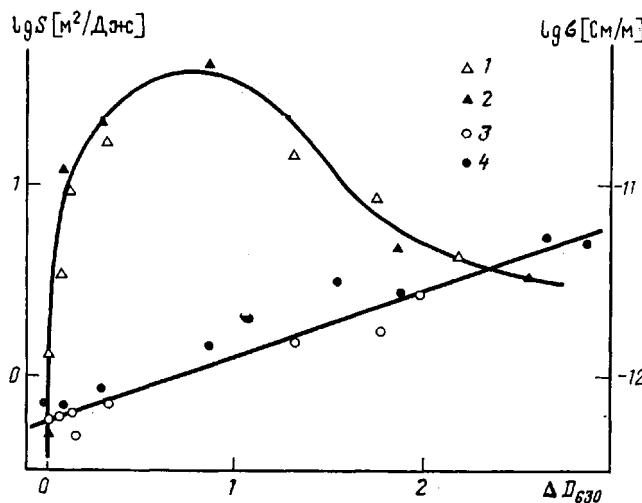


Рис. 2. Зависимость  $S$  (1, 2) и  $\sigma$  (3, 4) от оптической плотности в максимуме полосы поглощения  $AP^+$  для слоев I, содержащих 8 (1, 3) и 32 мас.%  $CBr_4$  (2, 4). Толщина образцов 1,5–2,0 мкм

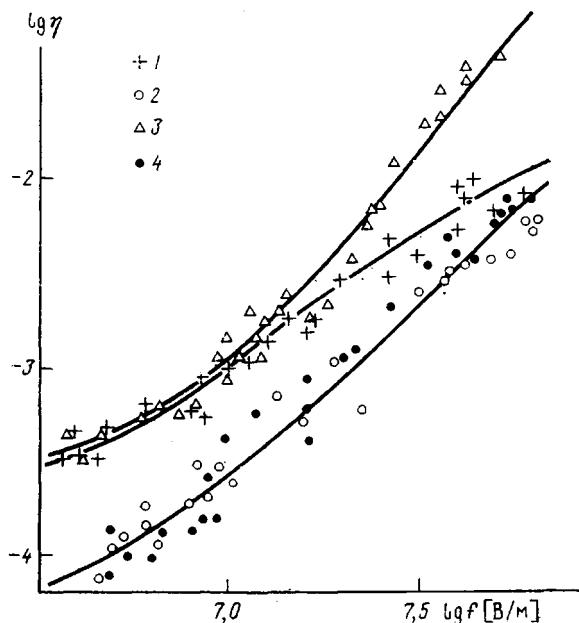
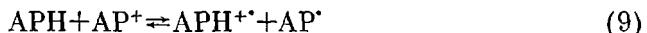


Рис. 3. Зависимости  $\eta$  от напряженности электрического поля при фотогенерации дырок светом с  $\lambda=380$  (1, 2, 4) и 630 нм (3) в слоях АРН, без добавок (1); в слоях АРН, содержащих 32 мас.%  $CBr_4$  (2–4); в слоях АРН, содержащих 32 мас.%  $CBr_4$  и  $AP^+$  ( $D=0,85$  при  $\lambda=630$  нм) (3, 4)

из кривых темнового разряжения в электрофотографическом режиме. Увеличение  $\sigma$  в этом случае происходит вследствие генерации дырок по реакции



При увеличении концентрации  $AP^+$ , очевидно, растет равновесная концентрация  $APH^{+*}$ . В работе [6] показано, что АРН реагирует с катионом феррицинина или неорганическими катионами ( $Fe^{3+}$ ) с образованием  $APH^{+*}$ .

На рис. 3 приведены зависимости  $\eta$  от  $F$  при действии света с  $\lambda=630$  и 380 нм. В первом случае свет поглощается  $AP^+$ , а во втором — в основном КПЗ и в малой степени АРН.

Процесс фотогенерации носителей заряда в фотопроводниковых системах обычно рассматривается в рамках теории Онаагера [19–21]. По этой теории после поглощения света с квантовым выходом  $\eta_0$ , не зависящим от  $F$ , образуются связанные термолизованные пары, которые затем диссоциируют на свободные носители заряда, причем на этот процесс влияет электрическое поле. Полевая зависимость  $\eta$  описывается выражением

$$\eta(r_0, F) = \eta_0 \left[ 1 - \left( \frac{kT}{eFr_0} \right) \sum_{j=0}^{\infty} I_j \left( \frac{e}{ekTr_0} \right) I_j \left( \frac{eFr_0}{kT} \right) \right], \quad (10)$$

где  $I_j(x) = I_{j-1}(x) - \frac{x^j \exp(-x)}{j!}$ ;  $I_0(x) = 1 - \exp(-x)$   $j=1, 2, 3$ ;

$\eta_0$  — квантовый выход образования термолизованных пар;  $r_0$  — расстояния разделения термолизованных пар.

Чем меньше  $r_0$ , тем сильнее зависимость  $\eta$  от  $F$ . Используя значения  $\varepsilon = -3,0$  и  $T = 296$  К и подбирая параметры  $r_0$  и  $\eta_0$ , по уравнению (10) строили расчетные кривые, которые даны сплошными линиями на рис. 3. Экспериментальные точки, полученные для слоев с СВг<sub>4</sub> без АР<sup>+</sup> и содержащих АР<sup>+</sup> при фотогенерации излучением с  $\lambda = 380$  нм ложатся на одну кривую. Значения  $r_0$  составляют 35, 25 и 20 Å для слоев АРН без добавок, слоев АРН с СВг<sub>4</sub> ( $\lambda = 380$  нм) и слоев АРН с СВг<sub>4</sub> и с АР<sup>+</sup> ( $\lambda = 630$  нм) соответственно. Значения  $\eta_0$  равны 0,025; 0,05 и 1,0 соответственно. Полученные данные показывают, что присутствие сенсибилизатора АР<sup>+</sup> не влияет на процесс фотогенерации при освещении в коротковолновой области спектра (380 нм) в полосе поглощения КПЗ или собственной полосе поглощения АРН. В то же время  $\eta$  возрастает при переходе от освещения в полосе поглощения КПЗ (380 нм) к освещению в полосе поглощения АР<sup>+</sup> (630 нм). Особенно сильно это проявляется в области сильных полей ( $F > 2 \cdot 10^7$  В/м). При этом значение  $\eta_0$  увеличивается в 40 раз, достигая единицы. Для слоев без добавок кривая зависимости  $\eta$  от  $F$  смешена в область больших значений  $\eta$  (рис. 3), что находится в соответствии с данными, представленными на рис. 1 (кривая 3). При поглощении света АРН эффективность фотогенерации выше, чем при поглощении света КПЗ.

Облучение сильно поглощающимся импульсом N<sub>2</sub>-лазера ( $\tau = 10$  нс,  $\lambda = 337$  нм) образцов АРН, помещенных между двумя электродами, к которым приложена разность потенциалов, приводит к появлению переходного тока. Кривая переходного тока представлена на рис. 4. Экспериментальные точки на рис. 4 получены в шести опытах при различных интервалах времени. После быстрого спада тока в генерационном слое Se при  $t < t_{np}$  наблюдается участок, где ток  $I$  мало меняется во времени. В то же время при  $t < t_{np}$  кривую переходного тока в значительном временном интервале удается аппроксимировать выражением  $I \sim t^{-0,1}$  (рис. 4). При  $t > t_{np}$  следует затянутый спад, где зависимость  $I$  от  $t$  меняется по закону  $I \sim t^{-(1+\alpha)}$  ( $\alpha$  — дисперсионный параметр, равный  $0,5 \pm 0,2$ );  $t_{np}$ , как и для других, рассмотренных ранее АРН [16], сверхлинейно зависит от  $L$  ( $t \sim L^{1,7}$ ), что однозначно указывает на дисперсионный характер транспорта дырок (рис. 5, кривая 4). Физическая природа дисперсионного транспорта заключается в том, что статистические величины (в первую очередь расстояние между транспортными центрами), определяющие транспорт, имеют широкое распределение. Зависимости  $t_{np}$  от напряженности электрического поля для слоев АРН различной толщины линеаризуются в координатах  $\lg t_{np} - F$  при больших  $F$  ( $> 3 \cdot 10^7$  В/м) (рис. 5, кривые 1–3). Наблюдается хорошее согласие экспериментальных полевых и толщинных зависимостей  $t_{np}$  с известным для прижкового транспорта [22] выражением

$$t_{np} \sim L^{1/\alpha} \exp(\Delta_0/kT) \exp\left(-\frac{e\rho F}{2\alpha kT}\right), \quad (11)$$

где  $\rho$  — расстояние между транспортными центрами;  $\Delta_0$  — энергия акти-

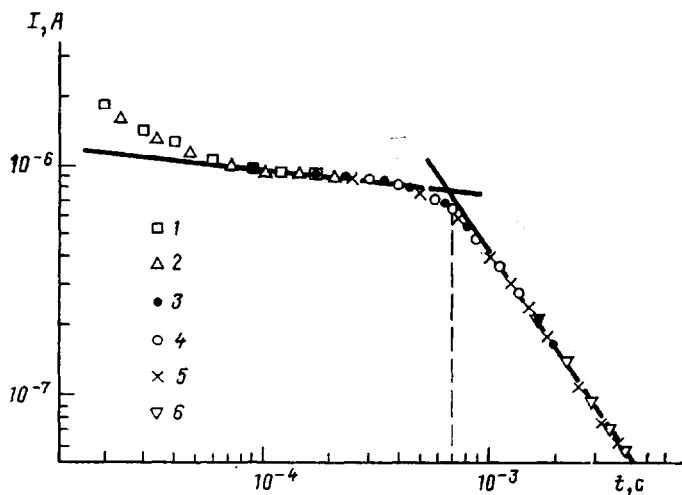


Рис. 4. Кривая переходного тока в слое I ( $M_n=1900$ ,  $L=3,5$  мкм,  $18^\circ$ ,  $F=6 \cdot 10^7$  В/м). Данные осциллограмм при временной развертке 0,02 (1); 0,05 (2); 0,1 (3); 0,2 (4); 0,5 (5) и 1,0 мс/делений (6)

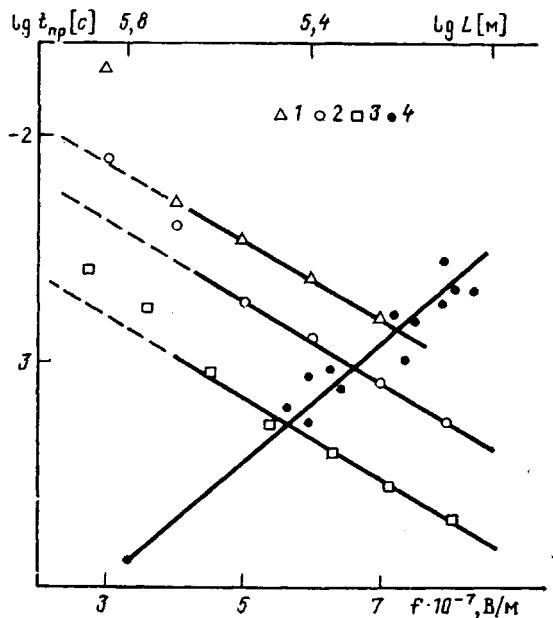


Рис. 5. Зависимости  $t_{np}$  от напряженности электрического поля для слоев I при  $L=8,1$  (1); 6,5 (2) и 3,0 мкм (3). Показана также зависимость  $t_{np}$  от  $L$  для слоев I при  $F=6 \cdot 10^7$  В/м (4). Температура  $24^\circ$   
Значение  $L$  составляет 2,5–9 мкм

вации при  $F=0$ ,  $T$  – температура. Из формулы (11) следует выражение для энергии активации подвижности  $\Delta$

$$\Delta = \Delta_0 - e\rho F / 2\alpha \quad (12)$$

Зависимость  $\mu$  от температуры линеаризуется в координатах Аррениуса, а значения  $\Delta$  линейно уменьшаются при увеличении  $F$  (таблица). Используя экспериментальное значение  $\alpha=0,5$  (рис. 4), из зависимости  $\Delta$  от  $F$  по данным таблицы и уравнению (12) определили значение  $\rho$ , которое составляет 8 Å для слоев I ( $M_n=1900$ ) и хорошо сочетается со значением  $\rho=8,3$  Å, рассчитанным из концентрации транспортных центров:  $\rho=(N)^{-1}$ , где  $N$  – объемная концентрация аминогрупп. В расчетах принимали, что  $d=1$  г/см<sup>3</sup>. Близкое значение  $\rho=9,2$  дает расчет из полевых зависимостей  $t_{np}$  по выражению (11). Следует отметить, что в работе [22]

**Характеристики слоев I и II**  
( $L=4$  мкм,  $T=23^\circ$ )

Слой	Добавка	$M_n$	$F \cdot 10^{-7}$ , В/м	$\mu \cdot 10^{11}$ , м <sup>2</sup> /В·с	$\Delta$ , эВ
I	-	$1900 \pm 400$	3	4,4	0,66
			4	8,0	0,61
			5	9,4	0,57
			6	12,8	0,45
			7	14,3	0,33
			8	20,0	0,25
I	-	$1400 \pm 200$	8	20,0	0,45
II	-	$1200 \pm 200$	8	18,0	0,46
I	I+5% o-ДНБ *	$1400 \pm 200$	8	10,0	0,76

\* Динитробензол.

выражение (11) получено для модели транспорта, в которой зависимость  $I$  от  $t$  при  $t < t_{\text{пр}}$  должна иметь вид  $I \sim t^{-(1-\alpha)}$ . В таблице приведены значения  $\mu$  и  $\Delta$  в слоях, содержащих o-ДНБ. Введение полярного o-ДНБ приводит к увеличению диэлектрической проницаемости  $\epsilon$  среды. Для слоев I и II без добавки  $\epsilon = 3,0 - 3,3$ . При введении 5 мас.% o-ДНБ значение  $\epsilon$  увеличивается до 4,4. Повышение  $\Delta$  и снижение  $\mu$  (таблица) при возрастании  $\epsilon$  связано с увеличением энергии реорганизации в соответствии с теорией Маркуса [23] и согласуется с ранее опубликованными данными [16, 18].

Таким образом, показано, что продукт фотоокисления АРН ( $\text{AP}^+$ ) является эффективным электрофотографическим сенсибилизатором. Сравнение полученных результатов и данных опубликованных работ показывает, что структура диэфирного фрагмента заметно не влияет на фотоэлектрические характеристики АРН. По таким характеристикам, как  $S$ ,  $\eta$ ,  $\mu$ , электрофотографические материалы на основе АРН не уступают широко известным материалам на основе полизэпоксипропилкарбазола или поливинилкарбазола. В то же время новые АРН имеют лучшие пленкообразующие свойства, а в сочетании с галогенсодержащими акцепторами обладают комплексом новых уникальных свойств.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Horhold H.-H., Klee J., Bellstedt K. // Z. Chemie. 1982. B. 22. № 5. S. 166.
2. Хёрхольд Г.-Г., Опферманн И., Раабе Д., Рэте Х., Клее И. // Изв. АН КазССР. Сер. хим. 1981. № 6. С. 23.
3. Opfermann J., Horhold H.-H., Markiewitz N., Pietsch H. // J. Inform. Rec. Mater. 1987. V. 15. № 4. P. 277.
4. Stolle Th., Pietsch H., Ebert I. // Acta Polymerica. 1987. B. 38. № 6. S. 340.
5. Vannikov A. V., Kryukov A. Yu. // J. Inform. Rec. Mater. 1990. V. 18. № 5. P. 345.
6. Крюков А. Ю., Ваников А. В., Маркевич Н. Н., Пост М. // Журн. науч. и прикл. фото- и кинематографии. 1989. Т. 34. № 5. С. 361.
7. Markiewitz N., Pietsch H., Bilkic W.-D., Post M., Wannikow A. W., Kryukow A. Ju. // Acta Polymerica. 1987. B. 38. № 6. S. 347.
8. Ткачев В. А., Мальцев Е. И., Ваников А. В., Крюков А. Ю. // Высокомолек. соед. Б. 1989. Т. 31. № 11. С. 837.
9. Колотилкин А. С., Ткачев В. А., Мальцев Е. И., Ваников А. В., Крюков А. Ю. // Химия высоких энергий. 1991. Т. 25. № 4.
10. Markiewitz N., Post M., Abraham H. W., Mheliss G., Rabe C., Hörrhold H.-H., Kryukow A., Vannikov A. V., Tkachev V. Pat. 277537 DDR. 1990.
11. Крюков А. Ю., Ткачев В. А., Ваников А. В., Маркевич Н. Н., Пост М., Хёрхольд Х.-Х. // Высокомолек. соед. Б. 1990. Т. 32. № 7. С. 548.
12. Тамеев А. Р., Крюков А. Ю., Карапов А. Л., Ваников А. В. // Тез. докл. II Всесоюз. конф. по теоретической и прикладной радиационной химии. Обнинск, 1990. С. 274.
13. Крюков А. Ю., Тамеев А. Р., Карапов А. Л., Ваников А. В. // Журн. науч. и прикл. фото- и кинематографии. 1991. Т. 36. № 1. С. 60.
14. Markiewitz N., Post M., Kampfrat G., Wannikow A. W., Kryukow A. Yu., Turrin A. G., Hörrhold H.-H., Opfermann J. // Pat. 262293 DDR. 1988.

15. Гольданский В. И., Трахтенберг Л. И., Флеров В. И. // Тунельные явления в химической физике. М., 1984. 295 с.
16. Крюков А. Ю., Пахратдинов А. А., Хайлова Е. Б., Ваников А. В., Херхольд Х.-Х., Штолле Т. // Высокомолек. соед. А. 1991. Т. 33, № 2. С. 399.
17. Тюрин А. Г., Крюков А. Ю., Журавлева Т. С., Ваников А. В. // Журн. науч. и прикл. фото- и кинематографии. 1988. Т. 33. № 6. С. 418.
18. Крюков А. Ю., Ваников А. В. // Успехи науч. фотографии. 1991. Т. 26. С. 102.
19. Мыльников В. С. // Фотопроводимость полимеров. Л., 1990. 240 с.
20. Melz P. J. // J. Chem. Phys. 1972. V. 57. № 4. P. 1694.
21. Borsenberger P. M., Ateya A. I. // J. Appl. Phys. 1978. V. 49. № 7. P. 4035.
22. Pfister G., Scher H. // Advances Phys. 1978. V. 27. № 5. P. 747.
23. Marcus R. A. // Ann. Rev. Phys. Chem. 1964. V. 15. P. 155.

Институт электрохимии им. А. Н. Фрумкина  
АН СССР

Поступила в редакцию  
18.12.90

Институт физико-органической химии  
и углехимии АН УССР

**A. Yu. Kryukov, A. A. Pakhratdinov, A. V. Vannikov, A. V. Anikeev,  
L. I. Kostenko**

**PHOTOGENERATION AND TRANSPORT OF CHARGE CARRIERS  
IN POLYHYDROXYAMINOESTERS**

**S u m m a r y**

Mechanisms of photogeneration and transport of charge carriers in oligomers on the base of N,N'-dibenzyl-4,4'-diaminodiphenylmethane and diglycidyl esters of dicarboxylic acids have been studied by electrophotographic and time-flight methods. Spectral and field dependences of efficiency of photogeneration of holes in oligomer layers with and without CBr<sub>4</sub> additive have been studied. Field dependences are discussed in the framework of the Onzager model. The superlinear dependence of holes flight time on the samples thickness points out the dispersive character of the charge carriers transport. The holes drift mobility is equal to 2·10<sup>-10</sup> M<sup>2</sup>/V·s, while the activation energy of mobility is equal to 0.25 eV for F=8·10<sup>7</sup> V/M.