

Фотополупроводниковые свойства голографических сред на основе ферроценилсодержащих соолигомеров глицидилкарбазола, сенсibilизированных органическим красителем

© Н.А. Давиденко[¶], С.В. Дехтяренко, Ю.П. Гетманчук, А.А. Ищенко*, А.В. Козинец, Л.И. Костенко⁺,
Е.В. Мокринская, С.Л. Студзинский, В.А. Скрышевский, Н.А. Скульский, О.В. Третяк, Н.Г. Чуприна

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко,
01601 МСП Киев, Украина

* Институт органической химии Национальной академии наук Украины,
02094 Киев, Украина

⁺ Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко Национальной академии наук Украины,
83001 Донецк, Украина

(Получена 10 марта 2009 г. Принята к печати 18 марта 2009 г.)

Исследованы спектральные, фотополупроводниковые и информационные свойства голографических регистрирующих сред с пленками соолигомера глицидилкарбазола с бутилглицидиловым эфиром, ферроценилметаллированного олигоглицидилкарбазола и соолигомера глицидилового эфира о-карбокисбензоилферроцена с добавками скварилевого красителя. Обнаружено увеличение голографической чувствительности и фотопроводимости регистрирующих сред с пленками ферроценилсодержащих соолигомеров по сравнению со средами на основе соолигомера глицидилкарбазола. Это объясняется влиянием ионов железа на скорость синглет-триплетной конверсии в фотогенерированных зарядовых парах, что обосновано анализом зависимости фототока от величины внешнего магнитного поля. Предложена феноменологическая модель влияния ферроцена на фотопроводимость исследуемых пленок.

PACS: 72.40.+w, 72.80.Le, 73.61.Ph, 78.66.Qn, 81.05.Gc, 85.75.Bb

1. Введение

Пленки полимерных композитов (ППК) на основе карбазолилсодержащих полимеров и олигомеров с добавками органических красителей могут быть использованы в электрографических и голографических регистрирующих средах (ГРС), фотоэлектрических преобразователях солнечной энергии, электролюминесцентных устройствах [1–5]. Широкое применение таких ППК связано с наличием в цепях соответствующих олигомеров боковых карбазолильных заместителей, создающих энергетическую зону транспорта неравновесных дырок [1]. Фотопроводимость ППК в видимой области спектра обеспечивается добавками органических красителей, молекулы которых после поглощения энергии света способны к фотогенерации неравновесных носителей заряда. Ранее было установлено [1], что механизм фотогенерации носителей заряда в ППК состоит из двух стадий. На первой стадии фотогенерации после поглощения молекулой красителя кванта света (энергия $h\nu$) происходит переход электрона с валентной орбитали карбазольного фрагмента на молекулу красителя, в результате чего образуется кулоновски-связанная электронно-дырочная пара (ЭДП). На второй стадии фотогенерации ЭДП диссоциирует в результате переходов электронных вакансий (дырок) между соседними карбазолильными заместителями вдоль направления силовых линий внешнего электрического поля. Конкурирующим диссоциации процессом является аннигиляция находящихся в синглетном (S) спиновом состоянии ЭДП, которая вызвана взаимным

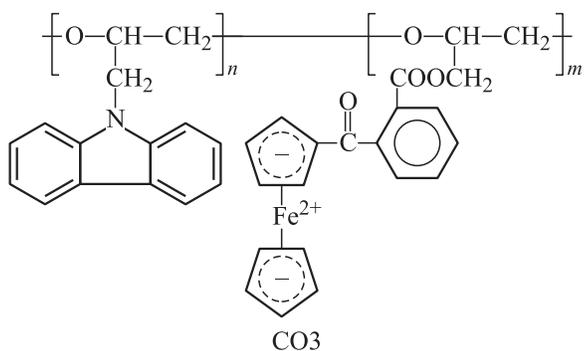
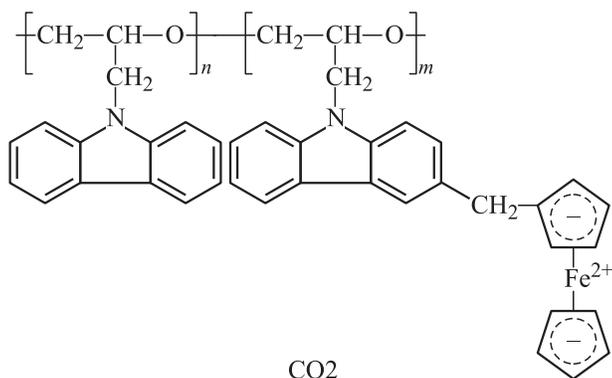
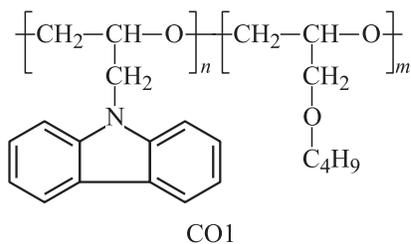
притяжением разноименных носителей заряда. Если ЭДП по какой-либо причине [6,7] переходит в одно из 3 возможных триплетных состояний (T_0 , T_- , T_+), то вероятность диссоциации возрастает. На синглет-триплетные переходы в ЭДП может влиять внешнее магнитное поле или локальные поля высокоспиновых частиц [8–11], которые находятся вблизи ЭДП. В последнем случае такими частицами могут быть металлокомплексы, содержащие магнитные атомы [12]. Магнитными свойствами обладают железоорганические соединения, например, производные ферроцена $\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ в окисленной форме с высокоспиновым ионом Fe^{3+} ($S = 5/2$) [13–16]. Ранее [17] была предпринята попытка применения пленок ферроценсодержащих олигомеров в ГРС, но результат оказался неудовлетворительным по ряду причин и, в частности, из-за малого поглощения пленок на длине волны излучения гелий-неонового лазера. В настоящей работе проведено сравнительное исследование фотопроводимости ППК и фототермопластических ГРС на их основе, в которых в качестве центров поглощения света и центров фотогенерации носителей заряда использован скварилевоый краситель, а в качестве полимерной основы — соолигомеры глицидилкарбазола, содержащие и не содержащие звенья с химически связанным $\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$.

2. Образцы и методика эксперимента

Для приготовления ППК использовали соолигомер глицидилкарбазола с 10 мол% бутилглицидилового эфира (СО1), который характеризуется температурой размягчения $+(68-72)^\circ\text{C}$, дырочным типом проводимости,

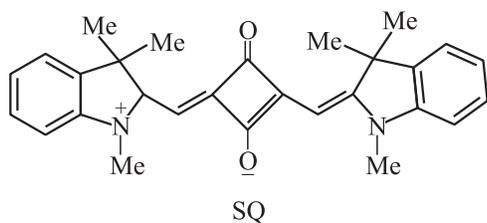
[¶] E-mail: daviden@ukrpac.net

имеет хорошие пластические характеристики, а также соолигомеры CO2 и CO3, в которых $\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ химически соединен с мономерным звеньями и его концентрация в ППК увеличивается при переходе от CO2 к CO3:



Температура размягчения составляет $+(90-120)^\circ\text{C}$ для CO2 и $+(90-95)^\circ\text{C}$ для CO3 [18].

В качестве сенсibilизирующей добавки использовали скварилиевый краситель (SQ), способный к фотогенерации дырок и электронов в ППК [19]:



Образцы были приготовлены либо в виде структур со свободной поверхностью (кварцевая подложка-SnO₂:In₂O₃-пленка ППК), либо в виде сэндвич-структур (стеклянная подложка-SnO₂:In₂O₃-пленка

ППК-Ag). Для приготовления Ag-контактов использовали серебряную пасту. Концентрация красителя в ППК была 1% по массе. Для определения информационных характеристик ГРС в фототермопластическом способе регистрации голограмм [20,21] ППК наносили на стеклянные подложки размером 50×40 мм, покрытые прозрачным проводящим подслоем SnO₂:In₂O₃ с сопротивлением 20 Ом, с двумя серебряными контактами на противоположных сторонах подложки. Рабочая поверхность ГРС — 40×40 мм, толщина ППК — 1.0 мкм. В качестве когерентного источника света использовали полупроводниковый лазер с длиной волны излучения $\lambda = 650$ нм. Контролируемым параметром была величина максимальной дифракционной эффективности (ϕ) записываемой голограммы плоского волнового фронта. Величину ϕ определяли для -1-го порядка дифракции в зависимости от энергии It света, попадающего на ГРС, где I — интенсивность света, t — время экспозиции. Для определения ϕ проявление голограммы производили от начальной температуры $T = 293$ К до температуры выше температуры стирания голограммы и полного заживления геометрического рельефа поверхности ППК.

В образцах со свободной поверхностью измеряли спектры оптической плотности (A) в диапазоне длин волн света $\lambda = 400-1000$ нм. Образцы сэндвич-структуры использовали для измерений плотности тока до облучения светом (j_d) и плотности тока во время и после облучения (j_{PH}) в зависимости от напряженности электрического поля (E), приложенного к электрическим контактам, напряженности магнитного поля (H), интенсивности света (I). Величину j_d определяли после включения внешнего электрического напряжения и окончания переходных процессов. Величину плотности квазистационарного фототока (j_{PHst}) определяли как добавку к j_d в процессе облучения светом. Величину E изменяли в диапазоне 10^4-10^8 В/м. Величину I изменяли нейтральными светофильтрами. Кинетику тока регистрировали с помощью запоминающего осциллографа. Облучение проводили со стороны проводящего слоя SnO₂:In₂O₃. Для регистрации изменений j_d и j_{PHst} в магнитном поле использовали электромагнит, величину H между полюсами которого можно изменять в диапазоне $0-5.5$ кЭ. Рассчитывали относительную величину изменения j_{PHst} под действием магнитного поля: $\delta j_{\text{PHst}} = [j_{\text{PHst}}(H) - j_{\text{PHst}}(0)] / j_{\text{PHst}}(0)$, где $j_{\text{PHst}}(0)$ — плотность тока фотопроводимости в отсутствие H , $j_{\text{PHst}}(H)$ — при наложении магнитного поля. Все измерения выполнены при комнатной температуре, соответствующей использованию ГРС с ППК.

3. Результаты и их обсуждение

Образцы с пленками CO1 без специально введенных добавок прозрачны и не обладают фотопроводимостью в видимой области света. На рис. 1 представлены зависимости $A(\lambda)$ для ППК на основе CO1, CO2, CO3 с SQ. Максимум поглощения вблизи $\lambda = 650$ нм определяется

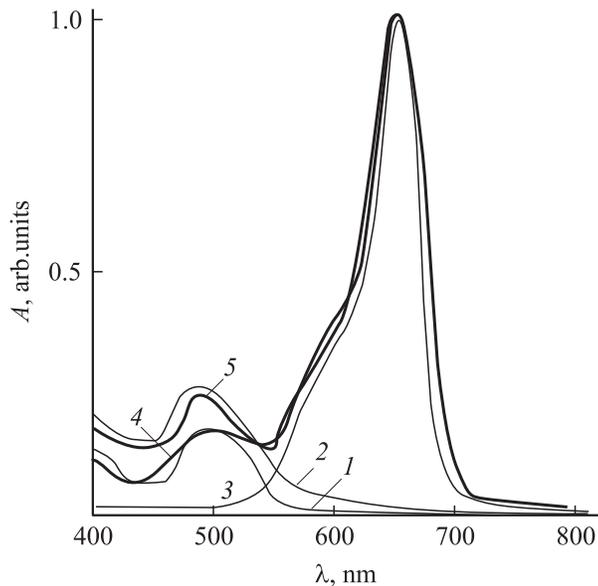


Рис. 1. Спектры поглощения пленок CO2 (1), CO3 (2), CO1 + 1% SQ (3), CO2 + 1% SQ (4), CO3 + 1% SQ (5).

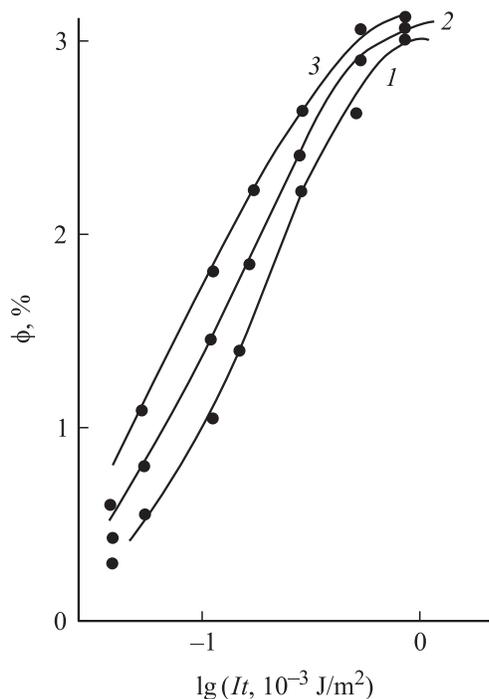


Рис. 2. Зависимости $\phi(It)$, измеренные при записи голограмм плоского волнового фронта с пространственной частотой 500 мм^{-1} в ГРС с ППК CO1 + 1% SQ (1), CO2 + 1% SQ (2), CO3 + 1% SQ (3).

длинноволновым оптическим переходом в молекулах SQ. Коротковолновый максимум поглощения пленок CO2 и CO3 вблизи $\lambda = 490 \text{ нм}$ вызван оптическим переходом в $\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$. Сразу отметим, что нам не удалось зарегистрировать голограммы в ГРС без SQ, и это свидетельствует о незначительной фотопроводимости пленок

CO1, CO2 и CO3 в красной области света. Введение в состав ППК красителя SQ не только увеличивает поглощение света, но и обеспечивает применимость ППК в ГРС для красной области света. На рис. 2 представлены зависимости ϕ от It , которые указывают на возрастание фоточувствительности ГРС с CO2 и особенно CO3 по сравнению с ГРС на основе CO1. Последнее подтверждается данными измерений j_{PHst} от E на рис. 3.

Зависимость $j_{\text{PHst}}(E)$ (рис. 3) можно представить аналитическим выражением $j_{\text{PHst}}(E) \propto \exp[-(W_{\text{орн}} - \beta E^{1/2})/k_B T_{\text{эфф}}]$, с помощью которого описывают процесс фотогенерации носителей заряда в карбазолилсодержащих ППК [1,2]. Здесь $W_{\text{орн}}$ — энергия активации фотогенерации, которая равна энергии кулоновского притяжения между дыркой и электроном в ЭДП, k_B — постоянная Больцмана, $T_{\text{эфф}}^{-1} = T^{-1} - T_0^{-1}$, $T_0 = 480\text{--}520 \text{ К}$ — характеристическая температура. Рассчитанное из результатов эксперимен-

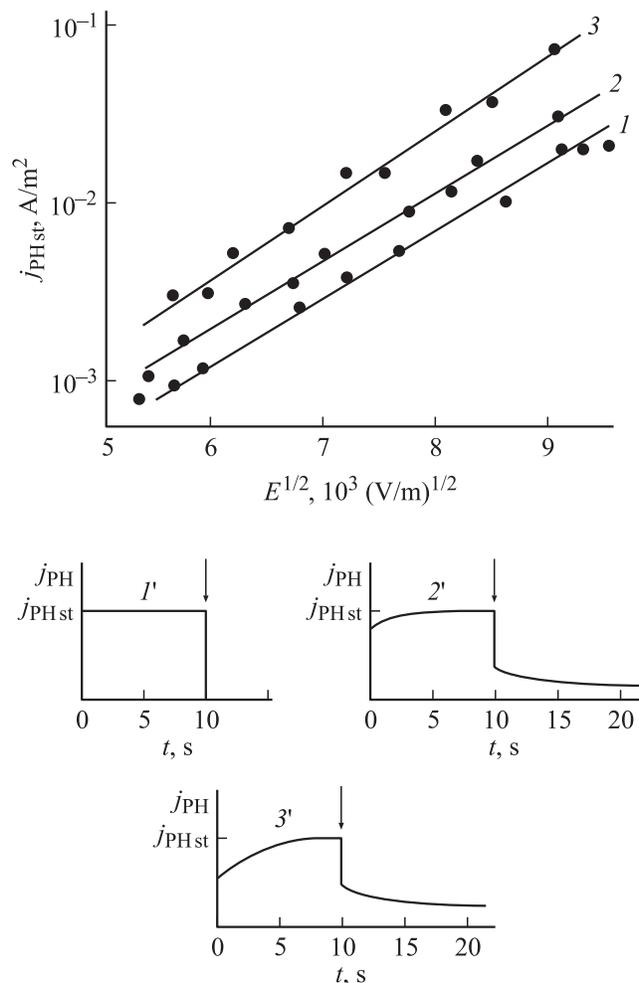


Рис. 3. Зависимости j_{PHst} от $E^{1/2}$ (1–3) и кривые кинетики фототока (1'–3') в образцах с ППК CO1 + 1% SQ (1, 1'), CO2 + 1% SQ (2, 2'), CO3 + 1% SQ (3, 3') для интенсивности света 50 Вт/м^2 . На кривых кинетики стрелкой указан момент выключения света.

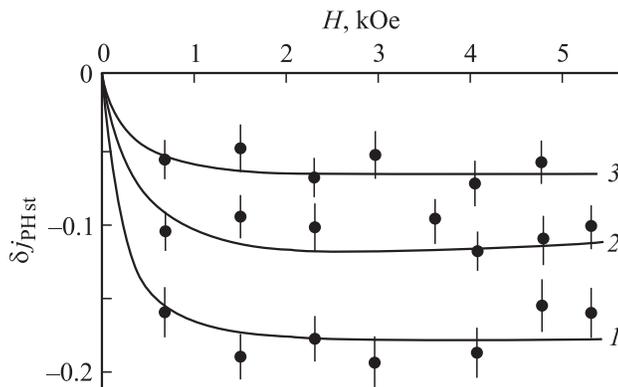


Рис. 4. Зависимости $\delta j_{PHst}(H)$ в образцах с ППК CO1 + 1% SQ (1), CO2 + 1% SQ (2), CO3 + 1% SQ (3) для $E = 2 \cdot 10^7$ В/м.

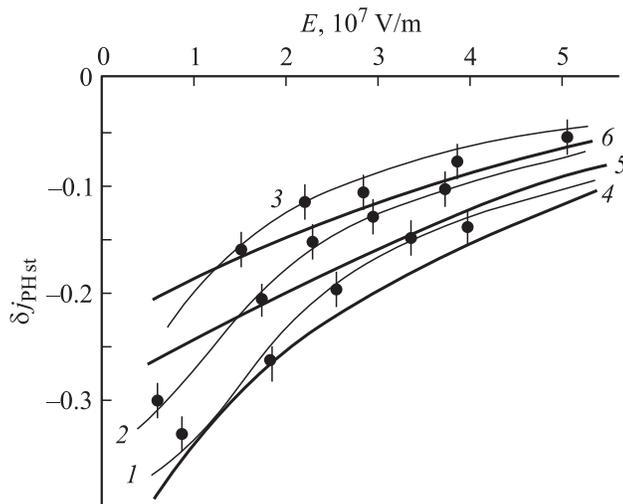


Рис. 5. Зависимости $\delta j_{PHst}(E)$ в образцах с ППК CO1 + 1% SQ (1,4), CO2 + 1% SQ (2,5), CO3 + 1% SQ (3,6) для $H = 5$ кЭ: (1–3) — эксперимент, (4–6) — численное моделирование с использованием соотношения (5).

тов на рис. 3 значение коэффициента β составляет $(4.4 \pm 0.1) \cdot 10^{-5}$ эВ(В/м) $^{-1/2}$, и оно близко к теоретическому значению постоянной Пула–Френкеля [1]. Так как в ГРС на основе исследуемых ППК величины j_d мало различаются, а отношение j_{PHst}/j_d возрастает при замене CO1 на CO2 и CO3, можно считать, что увеличение ϕ в указанном ряду ГРС определяется возрастанием j_{PHst} на длине волны света используемого лазера. Однако обнаружено, что при замене CO1 на CO2 и CO3 происходит уменьшение показателя степени m зависимости $j_{PHst} \propto I^m$ от 0.55 до 0.25. При этом также наблюдается изменение характера кинетики фототока после начала облучения и после выключения света (рис. 3). В образцах на основе CO1 присутствует только быстрая составляющая кинетики фототока; в образцах на основе CO2 после быстрой наблюдается замедленная составляющая кинетики фототока, которая дает существенный вклад в ток проводимости и после

выключения света. Доля замедленной составляющей кинетики фототока особенно заметна для образцов на основе CO3. Такие особенности кинетики фототока и уменьшение степени m зависимости $j_{PHst} \propto I^m$ при переходе от CO1 к CO2 и особенно к CO3 указывают на то, что в последних при облучении образуется объемный заряд, который контролирует фотогенерацию и транспорт носителей тока. Так как карбазолилсодержащие ППК характеризуются дырочным типом проводимости, можно считать, что замедленная составляющая кинетики фототока определяется захватом неравновесных дырок, которым соответствуют катион-радикалы карбазола. Последнее означает, что дырка будет захвачена в энергетическую ловушку. Если дырка (катион-радикал карбазола) находится вблизи $Fe(C_5H_5)_2$, то имеется возможность для перехода электрона от $Fe(C_5H_5)_2$ на катион-радикал карбазола, но при этом образуется ферроцений-катион-радикал (с центральным ионом Fe^{3+}).

В соответствии с ранее принятыми модельными представлениями о фотогенерации и транспорте носителей заряда в ППК с органическими красителями [1], возрастание j_{PHst} при переходе от ППК на основе CO1 к ППК на основе CO2 и CO3 может быть связано с увеличением концентрации окисленного $Fe(C_5H_5)_2$, выполняющего роль катализатора синглет-триплетной конверсии в ЭДП [8–11]. Для пояснения этого предположения представим, что после поглощения света SQ происходит образование ЭДП в синглетном состоянии. Вероятность диссоциации ЭДП может быть увеличена в результате возрастания скорости синглет-триплетной конверсии в ЭДП, а именно из-за присутствия вблизи ЭДП магнитных частиц [8,9]. Такими частицами являются окисленные $Fe(C_5H_5)_2$, концентрация (Q) которых увеличивается при замене CO2 на CO3 от $2.7 \cdot 10^{26}$ до $1.3 \cdot 10^{27}$ м $^{-3}$. В процессе фотогенерации ЭДП образуются катионы карбазола, которые являются окислителями $Fe(C_5H_5)_2$, и при этом образуется высокоспиновый ферроцений-катион-радикал.

Наше предположение подтверждается результатами измерений δj_{PHst} в зависимости от H и E , представленными соответственно на рис. 4 и 5. Сразу отметим, что мы не обнаружили влияния H на j_d , что означает отсутствие необходимости привлечения к рассмотрению влияния силы Лоренца на транспорт носителей заряда. Отрицательный знак δj_{PHst} свидетельствует о преобладании синглетных ЭДП, образованных в результате фотогенерации [6,7]. Насыщение зависимости $\delta j_{PHst}(H)$ для $H > 1$ кЭ свидетельствует о необходимости учета спин-зависимых эффектов в фотогенерации носителей заряда для исследуемых ППК, которые проходят по механизму сверхтонкого взаимодействия [6,7]. Так как значение $|\delta j_{PHst}|$ для $H > 1$ уменьшается при переходе от ППК на основе CO1 к ППК на основе CO2 и CO3 (при увеличении концентрации $Fe(C_5H_5)_2$), можно сделать вывод, что увеличение концентрации $Fe(C_5H_5)_2$ в ППК способствует увеличению скорости синглет-триплетной конверсии ЭДП и, как следствие, возрастанию j_{PHst} .

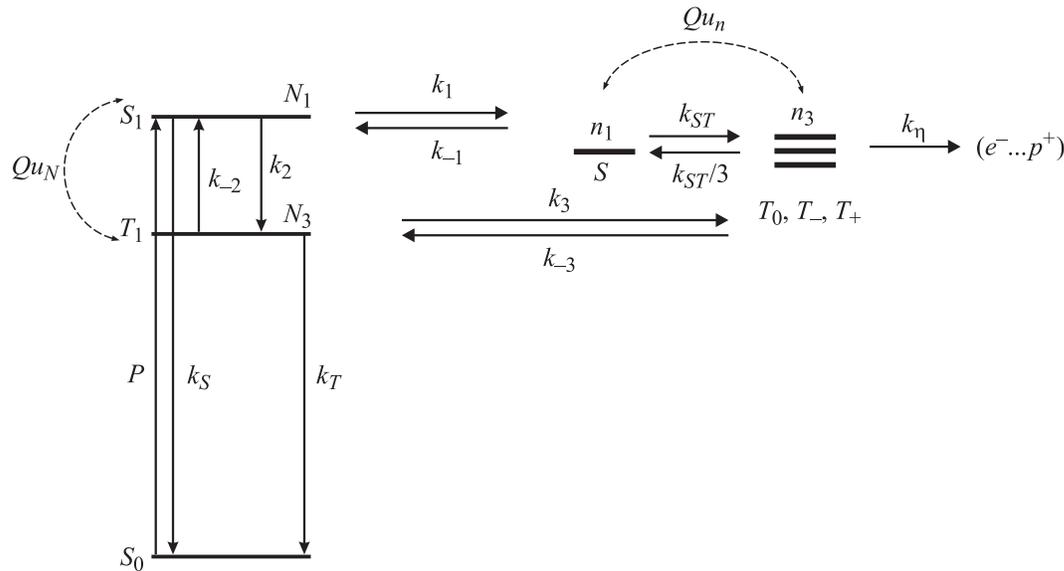


Рис. 6. Модельные представления о влиянии $\text{Fe}(\text{C}_3\text{H}_5)_2$ на процессы фотогенерации, аннигиляции и диссоциации ЭДП в карбазолилсодержащих ППК с органическими красителями.

Сделанные предположения можно проанализировать с помощью численной модели. В молекулах органических красителей нижнее возбужденное триплетное состояние (T_1) имеет меньшую энергию, чем нижнее возбужденное синглетное состояние (S_1). Излучательными являются разрешенные переходы между состояниями S_1 и S_0 , а переходы между T_1 и S_0 запрещены. Для пояснения взаимозависимости процессов спиновой конверсии и влияния электрического поля на δj_{PHst} воспользуемся схемой, приведенной на рис. 6. Здесь P — эффективность фотовозбуждения молекул красителя, N_1 и N_3 — концентрации молекул красителя соответственно в нижних синглетном и триплетном состояниях, n_1 и n_3 — концентрации ЭДП соответственно в синглетном (S) и трех триплетных состояниях (T_0, T_+, T_-); k_S и k_T — константы скорости переходов S_1-S_0 и T_1-S_0 , k_2 и k_{-2} — константы скорости внутримолекулярной конверсии S_1-T_1 и T_1-S_1 ; k_1 и k_{-1} — константы скорости межмолекулярных электронных переходов образования и рекомбинации синглетных ЭДП, k_3 и k_{-3} — константы скорости межмолекулярных электронных переходов образования и рекомбинации триплетных ЭДП; $k_{ST}(H)$ — константа скорости спиновой конверсии ЭДП, которая уменьшается с ростом H ; u_N — константа, которая характеризует изменение соотношения N_1 и N_3 при взаимодействии возбужденных молекул красителя с высокоспиновой частицей, u_n — константа, которая характеризует изменение спинового состояния ЭДП при взаимодействии с высокоспиновой частицей; $k_\eta(E)$ — константа скорости диссоциации ЭДП на свободные электрон (e^-) и дырку (p^+), которая не зависит от мультиплетности ЭДП и увеличивается с ростом напряженности внешнего электрического поля по закону [2] $k_\eta(E) = k_{\eta 0} \exp(\beta E^{1/2} / 2k_B T_{\text{eff}})$. Этой схеме соответству-

ет система кинетических уравнений:

$$\begin{aligned} dN_1/dt = & P + k_{-2}N_3 + k_{-1}n_1 + QN_3u_N \\ & - (Qu_N + k_S + k_2 + k_1)N_1, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} dN_3/dt = & k_2N_1 + k_{-3}n_3 + QN_1u_N \\ & - (Qu_N + k_T + k_{-2} + k_3)N_3, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} dn_1/dt = & k_1N_1 + k_{ST}(H)n_3/3 + Qn_3u_n \\ & - [k_\eta(E) + k_{-1} + k_{ST}(H) + Qu_n]n_1, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} dn_3/dt = & k_3N_3 + k_{ST}(H)n_1 + Qn_1u_n \\ & - [k_\eta(E) + k_{-3} + k_{ST}(H)/3 + Qu_n]n_3. \end{aligned} \quad (4)$$

Считая, что $j_{\text{PHst}} \propto k_\eta(n_1 + n_3)$ и для случая $k_S \gg k_T, k_{-2} \ll k_{ST}, k_2, k_\eta$; $k_{-3} \ll k_{ST}, k_3, k_\eta, k_1$; $k_3 \ll k_1$; $u_N = 0$ при $dN_1/dt = dN_3/dt = dn_1/dt = dn_3/dt = 0$ из соотношений (1)–(4) нетрудно получить:

$$\begin{aligned} \delta j_{\text{PHst}}(E) = & \\ = & \frac{k_\eta(E) + K\{1 + (k_{ST0} + u_n Q) / [k_\eta(E) + k_{ST0}/3 + u_n Q]\}^{-1}}{k_\eta(E) + K\{1 + (k_{ST}(H) + u_n Q) / [k_\eta(E) + k_{ST}(H)/3 + u_n Q]\}^{-1}} - 1, \end{aligned} \quad (5)$$

где $K = k_{-1}(k_2 + k_S) / (k_1 + k_2 + k_S)$, k_{ST0} — константа скорости спиновой конверсии ЭДП при $H = 0$. Результаты численного моделирования зависимости $\delta j_{\text{PH}}(E)$ для ППК с пленками CO1 ($Q = 0$), CO2 и CO3 представлены на рис. 5 соответственно кривыми 4, 5 и 6. При подгонке для упрощения были приняты следующие значения констант скоростей соответствующих процессов: $k_3 = k_{-3} = 0$, $(k_1 + k_2 + k_S) = 10^{10} \text{ c}^{-1}$, $k_{-1} = 10^7 \text{ c}^{-1}$, $k_1 = 10^9 \text{ c}^{-1}$, $k_{ST0} = 10^6 \text{ c}^{-1}$,

$k_{\eta}(E) = 10^7 \text{ с}^{-1}$ для $E = 10^8 \text{ В/м}$ [2]. Видно, что соотношение (5) качественно описывает экспериментальные зависимости $\delta j_{\text{PHst}}(E)$ в исследуемых ППК и объясняет уменьшение $|\delta j_{\text{PHst}}|$ с ростом E увеличением скорости диссоциации ЭДП.

4. Заключение

Фотопроводимость и голографическая чувствительность регистрирующих сред для красной области света на основе карбазолилсодержащих ППК со скварилиевым красителем увеличиваются при введении $\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ в состав ППК. Этот эффект связан с влиянием окисленного $\text{Fe}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ на спиновую конверсию фотогенерированных ЭДП, а именно с увеличением скорости перехода синглетных ЭДП в триплетные, которые имеют большее время жизни и большую вероятность диссоциации. Полученные результаты могут быть использованы для разработки не только новых голографических сред, но и сред для электролюминесцентных устройств, фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии, в которых важнейшими являются процессы фотогенерации и рекомбинации неравновесных носителей заряда.

Список литературы

- [1] Н.А. Давиденко, А.А. Ищенко, Н.Г. Кувшинский. *Фотоника молекулярных полупроводниковых композитов на основе органических красителей* (Киев, Наук. думка, 2005).
- [2] Н.Г. Кувшинский, Н.А. Давиденко, В.М. Комко. *Физика аморфных молекулярных полупроводников* (Киев, Лыбидь, 1994).
- [3] N.A. Davidenko, A.A. Ishchenko, V.A. Pavlov, N.G. Chuprina, N.N. Kuranda. *Ferroelectrics*, **353**, 100 (2007).
- [4] Н.А. Давиденко, Н.А. Деревянко, А.А. Ищенко, Н.Г. Кувшинский, А.В. Кулинич, О.Я. Нейланд, М.В. Плотнище. *Изв. РАН. Сер. хим.*, **53** (8), 1611 (2004).
- [5] Н.А. Давиденко, А.А. Ищенко. *Письма ЖТФ*, **28** (11), 84 (2002).
- [6] А.Л. Бучаченко. *Успехи химии*, **72** (5), 419 (2003).
- [7] Я.Ф. Зельдович, А.Л. Бучаченко, Е.Л. Франкевич. *УФН*, **55** (1), 3 (1988).
- [8] K.M. Salikhov, Yu.N. Molin, R.Z. Sagdeev, A.L. Buchachenko. *Spin polarization and magnetic effects in radical reactions* (Budapest, Akademiai Kiado, 1984).
- [9] А.Л. Бучаченко, В.Л. Бердинский. *Успехи химии*, **73** (11), 1123 (2004).
- [10] N.A. Davidenko, N.G. Kuvshinsky. *Adv. Mater. Optics Electron.*, **7**, 255 (1997).
- [11] Н.А. Давиденко, Н.Г. Кувшинский. *ФТТ*, **39** (6), 1020 (1997).
- [12] Н.А. Давиденко, Н.Г. Спицына, А.С. Лобач, М.О. Бреусова, И.П. Калашникова, Л.И. Костенко, Ю.П. Гетманчук, Е.В. Мокринская, Л.Н. Гуменюк, Н.Г. Чуприна, В.А. Павлов, С.Л. Студзинский. *Химия высоких энергий*, **42** (1), 50 (2008).
- [13] *Ferrocenes: Ligands, Materials and Biomolecules*, ed. by P. Stepnicka (Wiley, 2008).

- [14] К.А. Багдасарова, Л.М. Земцов, Г.П. Карпачева, Н.С. Перов, А.В. Максимочкина, Э.Л. Дзидзигури, Е.Н. Сидорова. *ФТТ*, **50** (4), 718 (2008).
- [15] С.Б. Комогорцев, Р.С. Исааков, Е.А. Денисова, А.Д. Балаев, В.Г. Мягков, Н.В. Булина, А.Г. Кудашов, А.В. Окогруб. *Письма ЖТФ*, **32** (4), 12 (2005).
- [16] O. Elsner, D. Ruiz-Molina, I. Ratera, J. Vidal-Gancedo, C. Rovira, J. Veciana. *J. Org. Chem.*, **637–639**, 251 (2001).
- [17] Ю.П. Гетманчук, В.Д. Вильчевская, Ю.Ю. Гореликова, Л.И. Шолудченко. А.с. СССР № 1231846 (1986).
- [18] Ю.П. Гетманчук, В.Д. Вильчевская, Ю.Ю. Гореликова, Л.И. Шолудченко. А.с. СССР № 1265722 (1986).
- [19] Н.А. Давиденко, А.А. Ищенко. *ФТТ*, **42** (8), 1365 (2000).
- [20] Н.А. Давиденко, Ю.П. Гетманчук, А.А. Ищенко, Е.В. Мокринская, Л.И. Шолудченко, В.А. Павлов, С.Л. Студзинский, Н.Г. Чуприна, Н.Н. Куранда. *Журн. прикл. спектроскопии*, **74** (1), 132 (2007).
- [21] Н.А. Давиденко, А.А. Ищенко, Ю.П. Гетманчук, Н.А. Деревянко, Л.И. Костенко, А.В. Кулинич, В.В. Курдюков, Е.В. Мокринская, Л.Н. Гуменюк, В.А. Павлов, Н.Г. Чуприна, Н.Н. Куранда, С.В. Хуторной. *Опт. журн.*, **75** (3), 54 (2008).

Редактор Л.В. Шаронова

Photoconductor properties of holographic recording media on glycidylcarbazole cooligomers sensitized with organic dye

N.A. Davidenko, S.V. Dehtarenko, Y.P. Getmanchuk, A.A. Ishchenko*, A.V. Kozinetz, L.I. Kostenko+, E.V. Mokhrinskaya, S.L. Studzinsky, V.A. Skryshevsky, N.A. Skulsky, O.V. Tretyak, N.G. Chuprina

Kiev Taras Shevchenko National University, 01601 Kiev, Ukraine

* Institute of Organic Chemistry, National Academy of Sciences of Ukraine, 02096 Kiev, Ukraine

+ Institute of Physical Organic and Coal Chemistry after L.M. Litvinenko, National Academy of Sciences of Ukraine, 34114 Donetsk, Ukraine

Abstract Spectral, photoconductor and informational properties of holographic registering media — films of glycidylcarbazole-butylglycidyl ether cooligomer, ferrocenemethylated oligoglycidylcarbazole and oligomer of o-carboxybenzoilferrocen glycidyl ether have been investigated. All oligomers were sensitized with squaryl dye. It has been found that holographic sensitivity and photoconductivity of the films go up with the ferrocene content increase. This phenomenon has been explained by the influence of iron ions on the rate of singlet–triplet conversion in the photogenerated electron–hole pairs and has been grounded by analysis of the dependence of photocurrent on external magnetic field. The phenomenological model of ferrocene influence on the photoconductivity of the oligomer films has been suggested.