

# Светочувствительные полиимиды, содержащие в цепи замещенные дифенилметановые фрагменты

© Е.Л. Александрова, Г.И. Носова, Н.А. Соловская, К.А. Ромашкова, В.А. Лукьяшина, Е.В. Конозобко, В.В. Кудрявцев

Институт высокомолекулярных соединений Российской академии наук, 199004 Санкт-Петербург, Россия

(Получена 21 октября 2003 г. Принята к печати 5 ноября 2003 г.)

Синтезированы растворимые ароматические полиимиды, мономерные звенья которых содержат алкил- и(или) арил-замещенные дифенилметана как в диаминной, так и диангидридной компоненте полимеров, и выполнены исследования светочувствительных свойств полиимидов. Показано, что исследованные полиимиды значительно превышают по светочувствительным свойствам полиимиды на основе иных известных многоатомных диаминов. Собственная светочувствительность исследованных полиимидов находится на уровне  $\sim 10^5 \text{ см}^2/\text{Дж}$  в видимой области спектра. Полимеры характеризуются высокой светочувствительностью и высокой поляризуемостью молекул, что делает их интересными с точки зрения перспектив применения в качестве регистрирующих сред.

## 1. Введение

Полиимиды (ПИ) обладают высокой оптической прозрачностью, термостойкостью, хорошими диэлектрическими, адгезионными и пленкообразующими свойствами и при наличии в их структуре функциональных светочувствительных фрагментов могут быть использованы для создания на их основе материалов для оптических технологий. Перспективными, с точки зрения фотопроводящих свойств, представляются ПИ с развитой  $\pi$ -системой. Как известно [1], ПИ имеют высокие значения поляризуемости  $\sim 10^{24} \text{ см}^{-3}$  (на уровне молекул антрацена) и показателя преломления  $n = 1.72-1.84$  [1], что позволяет надеяться на создание на основе таких ПИ фоторефрактивных материалов.

Фотоэлектрические свойства пленок ПИ связаны с возбуждением электронных систем этих полимеров. Повторяющиеся мономерные звенья ПИ имеют акцепторные диимидные и донорные (как правило, в диаминной компоненте) фрагменты, в результате взаимодействия которых возникают как внутримолекулярные, так и межмолекулярные комплексы с переносом заряда (КПЗ). Эффективность разделения образующихся при поглощении фотона пар электрон-дырка и последующий транспорт возникших свободных носителей заряда в электрическом поле будет зависеть не только от химического строения мономерного звена ПИ, но и от упаковки макромолекул в пленке [2].

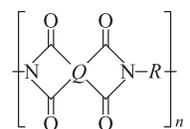
Для полимеров данного класса максимальная светочувствительность была обнаружена в случае ПИ, содержащих в диаминной составляющей фрагменты дибензофурана, карбазола и трифениламина (ТФА) [2,3]. Недавно высокая светочувствительность была обнаружена нами у ПИ, содержащих в диамиине фрагменты N-замещенного бензимидазола (БИ) [4]. Эти полимеры имели как развитую, в частности разветвленную электронную систему, так и содержали гетероатомы азота в донорной части мономерного звена [2,5].

В данной работе исследованы светочувствительные свойства ПИ с разветвленной  $\pi$ -электронной системой,

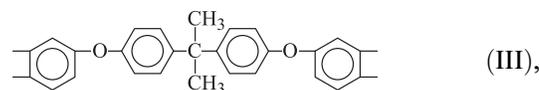
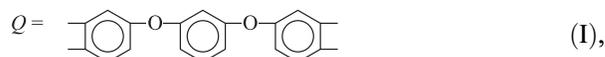
но в отличие от [3,4] исследуемые полимеры не содержат донорных атомов азота. Известно, что такие фрагменты в нейтральном состоянии уступают своим азотсодержащим аналогам по донорной способности, оцениваемой по величинам потенциала ионизации  $I_D$ , которые на 0.5–1.0 эВ выше, чем для азотсодержащих ароматических аналогов [6]. Однако в ионизированном состоянии энергии  $I_D$  таких фрагментов существенно понижаются [6] и можно рассчитывать на их эффективное участие в формировании КПЗ, в значительной мере обуславливающих светочувствительные свойства ПИ.

## 2. Объекты и методика исследования

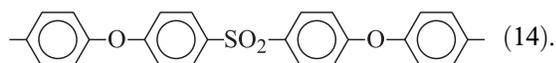
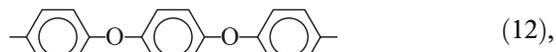
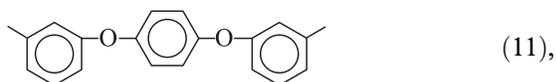
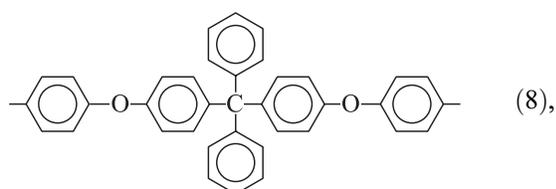
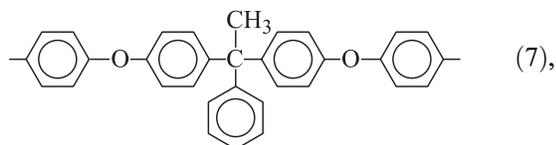
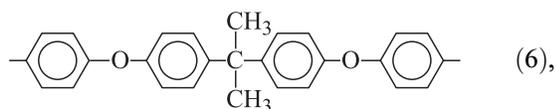
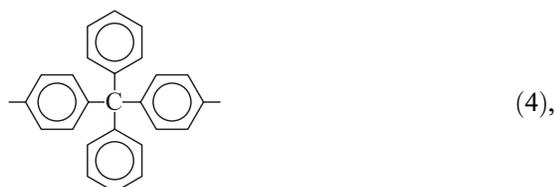
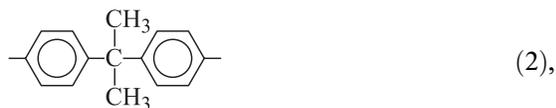
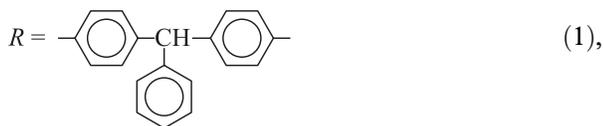
Объектами исследования служили ПИ с мономерным звеном общей формулы:



Здесь  $Q$  — диангидридная компонента мономерного звена ПИ:



$R$  — диаминная компонента мономерного звена:



По известным из литературы [1] акцепторным свойствам (средство к электрону  $E_A$ ), диангидриды располагаются в ряд:

I(1.13), II(1.19), III(1.14), IV(1.30), V(1.55), VI(1.6). Здесь римская цифра обозначает номер одной из приведенных выше формул (I)–(VI), арабская цифра — значение  $E_A$ , эВ.

Однако не известны величины  $E_A$  соответствующих, рассматриваемых в работе диимидильных фрагментов. В дальнейшем мы полагали, что  $E_A$  последних пропорциональны величинам  $E_A$  для диангидридов. Известно, что комплексообразующие свойства ПИ возрастают по мере увеличения  $E_A$  для исходного в синтезе диангидрида и по мере уменьшения потенциала ионизации  $I_D$  диамина [3–5]. Но для большинства выше указанных диаминов значения  $I_D$  в литературе не представлены, а имеющиеся данные [6] относятся к соответствующим ароматическим углеводородам.

С учетом того что указанные ПИ поглощают в ультрафиолетовой (УФ) области спектра ( $\lambda < 400$  нм), их сенсibilizировали как красителями, так и соединениями акцепторного типа. В качестве соединений-акцепторов использовали 2,4,5,7-тетранитрофлуоренон (ТНФ) и тетрацианоэтилен (ТЦЭ), в качестве красителей — малахитовый зеленый, родамин 6Ж и дициклогексилперилндиимид.

ПИ получали по одностадийному способу. К раствору исходного диамина в N-метилпирролидоне (МП) добавляли эквивалентное количество исходного диангидрида. Вязкий раствор полимера (концентрация  $C = 25$  масс) перемешивали в течение 8 ч при комнатной температуре, затем раствор разбавляли до 5–8% и вводили имидизующую смесь, состоящую из уксусного ангидрида и пиридина, взятых в соотношении объемов 2:1, в пятикратном избытке по отношению к мономерному моль-звену ПИ. После перемешивания в течение 10 ч раствор полимера нагревали при 60°C в течение 2 ч, затем высаживали в метанол и сушили в вакууме при 60°C.

Пленки наносили из 2-процентного раствора ПИ в хлороформе или МП на стеклянные подложки с проводящим слоем ИТО. Концентрация красителя составляла 1%, а акцептора 1–5% от веса полимера. Пленки сушили при температуре 60°C, а затем при 80–100°C в вакууме до постоянного веса. Толщина слоев ПИ составляла 1–2 мкм. Спектры поглощения измерены на спектрофотометре Specord-400 в области 400–800 нм. Измерения светочувствительности  $S_{0,1}$  и квантового выхода фотогенерации носителей заряда выполнены по методике [6] при температуре  $T = 300$  К в электрофотографическом режиме в эквиэнергетическом спектре со средней плотностью потока фотонов  $10^{14}$  см $^{-2}$ с $^{-1}$  в области спектра 400–700 нм при напряженности электрического поля  $E = (0.2–1)E_0$ , где  $E_0$  — предельная напряженность поля для данного материала, определяемая величиной его диэлектрической проницаемости  $\epsilon$ .

**Таблица 1.** Величины энергий оптической ( $E_G^{\text{opt}}$ ) и адиабатической ( $E_G^{\text{ph}}$ ) ширины энергетической щели, интегральной светочувствительности  $S'_{0,1}$ , квантовых выходов фотогенерации носителей заряда  $\eta$  и образования связанных пар  $\eta_0$  а также радиусов термализации  $r_T$  полиимидов с варьируемыми диангидридными ( $Q$ ) и диаминными ( $R$ ) компонентами

| Полиимиды |      | $E_G^{\text{opt}}, \text{эВ}$ | $E_G^{\text{ph}}, \text{эВ}$ | $S'_{0,1}, (\text{лк} \cdot \text{с})^{-1}$ | $\eta$  | $r_T, \text{нм}$ | $\eta_0$ |
|-----------|------|-------------------------------|------------------------------|---|---------|------------------|----------|
| $Q$       | $R$  |                               |                              |   |         |                  |          |
| (I)       | (1)  | 3.94                          | 2.18                         | $2.0 \cdot 10^{-2}$                         | 0.028   | 2.0              | 0.059    |
| (I)       | (2)  | 3.92                          | 1.65                         | $4.3 \cdot 10^{-2}$                         | 0.06    | 2.2              | 0.13     |
| (I)       | (3)  | 3.64                          | 1.85                         | $3.6 \cdot 10^{-2}$                         | 0.047   | 2.1              | 0.096    |
| (I)       | (4)  | 3.81                          | 1.58                         | $4.5 \cdot 10^{-2}$                         | 0.065   | 2.3              | 0.140    |
| (I)       | (5)  | 3.89                          | 1.61                         | $4.0 \cdot 10^{-2}$                         | 0.072   | 2.5              | 0.160    |
| (I)       | (6)  | 3.52                          | 1.50                         | $5.1 \cdot 10^{-2}$                         | 0.080   | 2.4              | 0.170    |
| (I)       | (7)  | 3.53                          | 1.53                         | $4.8 \cdot 10^{-2}$                         | 0.072   | 2.4              | 0.150    |
| (I)       | (8)  | 3.50                          | 1.45                         | $5.5 \cdot 10^{-2}$                         | 0.095   |                  | 0.200    |
| (I)       | (10) | 3.20                          | > 2.25                       | $3.6 \cdot 10^{-3}$                         | 0.015   | 2.1              | ~ 0.020  |
| (I)       | (11) |                               |                              | $2.3 \cdot 10^{-3}$                         | 0.026   | 2.4              | 0.070    |
| (I)       | (13) | 3.59                          | 2.69                         | $7.2 \cdot 10^{-3}$                         | 0.012   | 1.8              | 0.023    |
| (II)      | (6)  | 3.17                          | > 2.60                       | $5.3 \cdot 10^{-4}$                         | < 0.010 |                  | ~ 0.020  |
| (III)     | (2)  | 3.44                          |                              | $1.3 \cdot 10^{-3}$                         | ~ 0.010 | ~ 2.0            | ~ 0.020  |
| (III)     | (4)  | 3.35                          |                              | $1.8 \cdot 10^{-3}$                         | ~ 0.010 | ~ 2.0            | ~ 0.020  |
| (III)     | (5)  | 3.26                          |                              | $3.1 \cdot 10^{-4}$                         | ~ 0.005 |                  |          |
| (III)     | (6)  | 3.39                          |                              | $1.5 \cdot 10^{-3}$                         | ~ 0.01  | ~ 2.0            | ~ 0.020  |
| (III)     | (9)  | 3.40                          |                              | < $1.0 \cdot 10^{-4}$                       | < 0.001 |                  |          |
| (III)     | (10) | 3.54                          |                              | $3.2 \cdot 10^{-4}$                         | ~ 0.006 |                  |          |
| (III)     | (11) | 3.18                          |                              | $2.8 \cdot 10^{-4}$                         | ~ 0.004 |                  |          |
| (III)     | (12) | 3.41                          |                              | $1.2 \cdot 10^{-4}$                         | ~ 0.002 |                  |          |
| (IV)      | (6)  | 3.30                          | > 2.10                       | $8.2 \cdot 10^{-3}$                         | 0.025   | 2.2              | ~ 0.030  |
| (IV)      | (10) | 3.60                          | 2.95                         | $2.0 \cdot 10^{-4}$                         |         |                  |          |
| (V)       | (6)  | 3.24                          | > 2.30                       | $8.5 \cdot 10^{-3}$                         | 0.028   | ~ 2.2            | ~ 0.060  |
| (VI)      | (3)  | 3.21                          | > 2.25                       | $1.0 \cdot 10^{-2}$                         | 0.030   | ~ 2.2            | 0.060    |
| (VI)      | (7)  | 3.20                          | > 2.20                       | $1.2 \cdot 10^{-2}$                         | 0.032   | ~ 2.2            | ~ 0.070  |

Светочувствительность  $S_{0,1}$  определена по критерию спада поверхностного потенциала слоя ( $V$ ) на 10% от начальной величины ( $\Delta V/V = 0.1$ ) как величина, обратная экспозиции, необходимой для достижения указанного критериального изменения поверхностного потенциала. Интегральная светочувствительность  $S_{0,1}$  определена по тому же критерию ( $\Delta V/V = 0.1$ ) при экспонировании слоев галогенной лампой КГМ-300 мощностью 300 Вт.

Из спектров электронного поглощения  $\alpha(\lambda)$  и светочувствительности  $S_{0,1}(\lambda)$  согласно [7] определены величины „оптической“  $E_G^{\text{opt}}$  и адиабатической  $E_G^{\text{ph}}$  энергетических щелей.

По наклону зависимостей квантовых выходов фотогенерации носителей заряда  $\eta$  от напряженности приложенного электрического поля по методике [8] согласно модели Онзагера определены квантовый выход образования связанных пар  $\eta_0$  и радиусы термализации  $r_T$ . Погрешность абсолютных измерений квантового выходы составляла 30%, относительных (при постоянной интенсивности освещения) измерений — 10%, погрешность определения  $r_T$  — 10%.

По экспериментально определенным величинам  $\eta$  для ПИ с неизвестными энергиями  $I_D$  донорных и  $E_A$  акцеп-

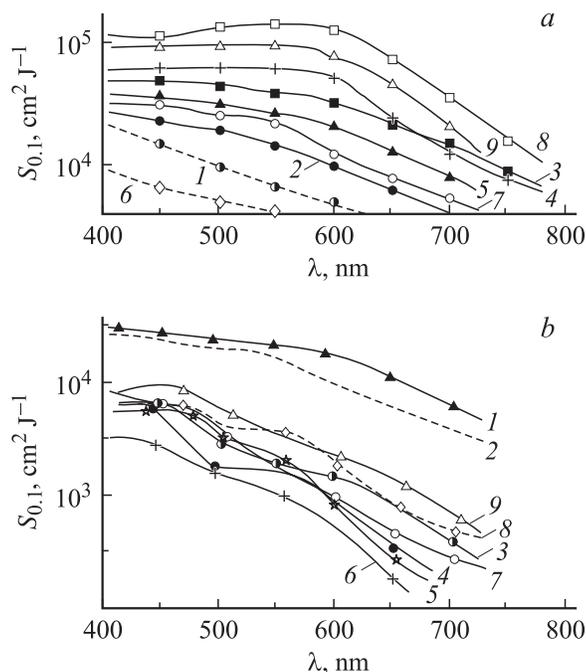
торных фрагментов мономерного звена и по найденной зависимости  $\eta(E_A - I_D + c)$ , где  $c$  — константа, по методике [5,8] определяли энергии  $E_A$  и  $I_D$  соответствующих фрагментов, а по тангенсу угла наклона этих зависимостей

$$k = \frac{\Delta\eta(E_A - I_D)}{\Delta(E_A - I_D)}$$

по методике [9] — расстояние начального переноса  $r_0$  электрона в комплексе Д-А, образованном донорными и акцепторными фрагментами светочувствительной молекулы ПИ.

### 3. Результаты и их обсуждение

В спектрах поглощения ПИ  $\alpha(\lambda)$  с постоянным радикалом  $Q$  наблюдалось смещение края поглощения в длинноволновую область для полимеров с более разветвленной  $\pi$ -системой в радикале  $R$ , а именно, при замене в мостиковой группе  $\text{CH}_2$  дифенилметанового фрагмента на  $\text{C}_6\text{H}_5$ - и  $\text{CH}_3$ -группу происходит сдвиг края поглощения (энергии  $E_G^{\text{opt}}$  и  $E_G^{\text{ph}}$ ) в область больших длин волн (см. таблицу). Причем для „длинных“ радикалов  $R$  (дополнительное введение в  $R$  фенокси-групп



**Рис. 1.** Спектры энергетической светочувствительности полиимидов с варьируемыми донорными (а) и акцепторными (б) фрагментами (Q)–(R) на рис. а: 1 — (I)–(1), 2 — (I)–(3), 3 — (I)–(2), 4 — (I)–(5), 5 — (I)–(4), 6 — (I)–(13), 7 — (I)–(7), 8 — (I)–(6), 9 — (I)–(8); на рис. б: 1 — (I)–(6), 2 — (I)–(7), 3 — (IV)–(6), 4 — (II)–(6), 5 — (I)–(10), 6 — (III)–(6), 7 — (V)–(6), 8 — (VI)–(6), 9 — (VI)–(7).

$R = (6)–(8)$  смещение в длинноволновую область спектра составляет 0.3–0.4 эВ. Тот же эффект наблюдался при усилении акцепторных свойств исходных диангидридов при постоянном  $R = (6)$ . Анализ максимумов спектров поглощения комплексов сильного акцептора ТЦЭ с изученными ПИ и их сравнение со спектрами  $\alpha(\lambda)$  комплексов ПИ, содержащих ТФА и БИ, для которых  $I_D$  известны, позволяет оценить  $I_D$  донорных фрагментов ПИ, используемых в данной работе. Энергии  $I_D$  находятся в интервале 7.4–8.6 эВ.

Спектры светочувствительности  $S_{0.1}(\lambda)$  исследованных ПИ приведены на рис. 1. Из спектров светочувствительности  $S_{0.1}(\lambda)$  с изменяемым донорным фрагментом (рис. 1, а) видно, что для всех изученных ПИ они имеют панхроматический характер в области  $\lambda = 400–700$  нм. При введении в радикал  $R$  фенокси групп наблюдается увеличение светочувствительности и происходит дальнейшее смещение спектра в длинноволновую область ( $\lambda > 700$  нм).

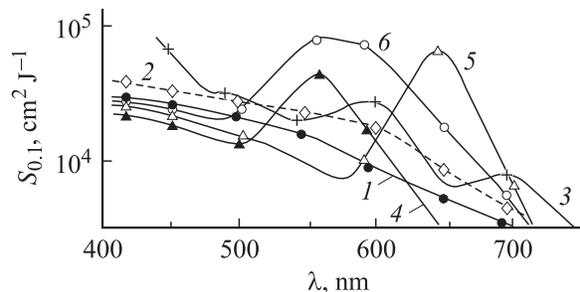
Как следует из данных таблицы и рис. 1, светочувствительные свойства синтезированных ПИ возрастают в следующей последовательности включенных в радикал  $R$  производных дифенилметана  $\text{CH}_2$ ,  $>\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)$ ,  $>\text{C}(\text{C}_6\text{H}_5)(\text{CH}_3)$ ,  $>\text{C}(\text{C}_6\text{H}_5)_2$ ,  $>\text{C}(\text{C}_6\text{H}_5)_2$ . В этом ряду энергетическая светочувствительность возрастает от  $\sim 10^4$  до  $6 \cdot 10^4 \text{ см}^2/\text{Дж}$ , интегральная светочувстви-

тельность от  $2 \cdot 10^{-3}$  до  $6 \cdot 10^{-3} (\text{лк} \cdot \text{с})^{-1}$ , квантовый выход  $\eta$  от 0.03 до 0.1, радиус термализации от 2.0 до 2.5 нм. Наименьшие величины параметров фотогенерации заряда получены для ПИ на основе 4.4'-бис(4-аминофенилтио)дифенилоксида,  $R = (13)$ , взятого в качестве ПИ сравнения и не содержащего разветвленных структур:  $S_{0.1} \approx 3 \cdot 10^3 \text{ см}^2/\text{Дж}$ ,  $\eta = 0.012$ ,  $r_T = 1.8$  нм. Усиление акцепторных свойств исходных диангидридов в ряду ПИ, представленных на рис. 1, б, также приводит к увеличению светочувствительности  $S_{0.1}$ .

Известно, что диангидридная компонента ПИ в большой степени ответственна за укладку полимерных цепей. В связи с этим зависимость светочувствительности ПИ от акцепторных свойств исходного диангидрида в ряду выбранных исходных диаминов носит менее выраженный характер. Так ПИ на основе 4.4'-бис(4-аминофенокси)дифенилпропана,  $R = (6)$  имеет максимальную светочувствительность при сочетании с диангидридом бис(3.4-дикарбоксифенокси)резорцина,  $Q = (I)$  с наименьшими акцепторными свойствами.

Но в ряде случаев все-таки наблюдается слабая зависимость светочувствительности ПИ от акцепторных свойств диангидрида (рис. 1, б). Так для ПИ на основе диамина с  $R = (6)$  светочувствительность возрастает в ряду диангидридов: III ( $<0.01$ ); II ( $\sim 0.01$ ); IV (0.025); V (0.030); VI (0.035), что видно из приведенных в скобках величин  $\eta$ , определяющих светочувствительность  $S \propto \eta\alpha$  (при постоянном в данном ряду коэффициенте поглощения  $\alpha$ ).

Введение в полимерные слои сенсibilизатора акцепторного типа ТНФ приводит к небольшому увеличению (до 2.5 раз) светочувствительности за счет возрастания поглощения в слое, вероятно, связанного с комплексобразованием ПИ с ТНФ при практически неизменных величинах параметров фотогенерации зарядов ( $\eta$ ,  $\eta_0$  и  $r_T$ ) (рис. 2, см. кривую 1 относительно 2). К увеличению  $S_{0.1}$  до 3 раз приводит и введение другого акцептора — ТЦЭ (рис. 2, кривая 2). Введение в слои ПИ красителей различных классов (рис. 2, кривые 3–5) приводит к смещению максимума поглощения композиции в об-



**Рис. 2.** Спектры энергетической светочувствительности пленок полиимида (I)–(6), содержащих сенсibilизаторы акцепторного типа (1–5 вес%) или красители (1 вес% от веса ПИ): 1 — без добавок, 2 — ТНФ, 3 — ТЦЭ, 4 — родамин 6Ж, 5 — малахитовый зеленый, 6 — дициклогексилперилендиимид.

ласть поглощения красителя и за счет этого к значительному (в 2–3 раза) увеличению интегральной чувствительности композиции. Таким образом, введение в ПИ красителей не изменяет величины квантового выхода образования связанных пар  $\eta_0$ , однако приводит к увеличению  $\eta$  в 1.5–1.8 раза за счет возрастания  $r_T$  до 3.0–3.5 нм.

Установленные закономерности позволяют сделать заключение о механизме фотогенерации носителей заряда в исследуемых ароматических ПИ на основе диаминов — производных дифенилметана.

Предположительно, механизм фотогенерации носителей заряда в данных ПИ, содержащих четвертичный атом углерода, обусловлен образованием при поглощении фотона ион-радикальных пар, как было обнаружено в работе [2]. Введение феноксигрупп в аминокомпоненту ПИ приводит к повышению подвижности полимерных цепей и снижению температуры размягчения. Возможно, показанное возрастание  $\eta$  для ПИ при близких значениях  $r_T$  свидетельствует о влиянии конформационной подвижности цепей ПИ не только на эффективность фотогенерации носителей заряда, но и на их подвижность.

После поглощения фотона комплексом Д–А, образованным донорными и акцепторными фрагментами соседних цепей полимера (с расстоянием начального разделения в паре  $r_0 \approx 0.4–0.5$  нм [10]), образующих нетермализованную ион-радикальную пару, происходит последующая термализация энергии фотовозбуждения и разделения зарядов в паре на радиус  $r_T = 2.0–2.5$  нм (см. таблицу) с эффективностью  $\eta_0 \leq 0.2$ . В результате онзагеровской термополевой диссоциации образованных связанных пар зарядов, часть носителей заряда ( $\eta < 0.1$ ) становится свободной, обеспечивая фотопроводимость слоя ПИ. Указанный процесс фотогенерации подтверждается, во-первых, величинами радиусов  $r_T$ , сравнимыми с размерами мономерного звена ПИ. Во-вторых, увеличением радиуса  $r_T$  при введении красителя в 1.5 раза (при сохранении неизменными значений  $\eta_0$ ). Это, очевидно, свидетельствует об участии в процессе фотогенерации эксиплекса [10], образованного поглотившей фотон молекулой красителя и мономерным звеном ПИ, и вероятно, участием ион-радикальных пар, содержащих четвертичный атом углерода (аналогичный процесс был обнаружен в случае ПИ, содержащих в радикале  $R$  атом азота [5]). В-третьих, характерной именно для такого процесса фотогенерации [10] зависимостью  $\eta$  от энергетических параметров ( $I_D$  и  $E_A$ ) структурных звеньев ПИ.

Следует отметить, что в ряде случаев при измерениях  $S_{0.1}$  наблюдалось снижение электрофотографического эффекта при зарядке пленки на одном из знаков коронного разряда. Этот эффект может быть вызван поляризацией пленки [11], обусловленной высокой поляризуемостью молекул ПИ. Для подавления этого явления и получения корректных результатов были получены сополимеры, в которых часть диа-

мина  $R = (6)$  заменили на 2,6-диаминопиридин или 2,4-бис(4-аминофенил)-6-фенилпиридин ( $Q = (I)$ ).

В результате оказалось, что ковалентное введение 10% пиримидиновых или 30% пиридиновых звеньев в полимерные цепи приводит при незначительном снижении светочувствительности к практически полному подавлению поляризации в слоях этих ПИ.

## 4. Заключение

Таким образом, проведенное исследование позволило впервые выявить высокую собственную (без легирования красителями или соединениями — акцепторами электронов) светочувствительность — на уровне  $10^5$  см<sup>2</sup>/Дж в видимой области спектра — растворимых ПИ, полимерные цепи которых содержат в диаминовой компоненте четвертичный атом углерода с различными вариантами замещения при нем. При этом больший по величине эффект наблюдается в случае введения замещенного четвертичного атома углеводорода в диаминовую компоненту мономерного звена ПИ по сравнению с диангидридной составляющей.

## Список литературы

- [1] Полиимиды — класс термостойких полимеров, под ред. М.И. Бессонова (Л., Наука, 1983) с. 177.
- [2] Б.В. Котов, Б.М. Румянцев, В.И. Берендяев. Высокомол. соед., **39A** (4), 720 (1997); Б.В. Котов, Б.М. Румянцев, В.И. Берендяев. ДАН, **367** (1), 81 (1999).
- [3] Н.А. Василенко, Г.А. Рыбалко, Б.В. Котов. Тез. докл. IV Всес. конф. „Бессеребрянные и необычные фотографические процессы“ (Вильнюс, Электрофотография, 1980) с. 59.
- [4] Е.Л. Александрова, Г.И. Носова, К.А. Ромашкова, Е.Ф. Галлактионова, Л.И. Рудая, Т.А. Юрре, Н.В. Климова, В.В. Кудрявцев. Оптический журн., **69** (10), 10 (2002).
- [5] И.А. Акимов, Ю.А. Черкасов, М.И. Черкашин. Сенсибилизированный фотоэффект (М., Наука, 1980).
- [6] Е.Л. Александрова, Ю.А. Черкасов. Опт. и спектр., **64**(5), 1047 (1988).
- [7] Э.А. Силиньш, М.В. Курик, В. Чапек. Электронные процессы в органических молекулярных кристаллах (Рига, 1988) с. 99, 189.
- [8] Е.Л. Александрова, Ю.А. Черкасов. Опт. и спектр., **84**(3), 455 (1998).
- [9] Е.Л. Александрова, Ю.А. Черкасов. Оптический журн., **67**(3), 43 (2000).
- [10] В.Н. Кондратьев. Энергии разрыва химических связей (М., 1974).
- [11] Е.Л. Александрова. Оптический журн., **68**(7), 71 (2001).

Редактор Т.А. Полянская

## Photosensitive polyamides containing substituted diphenylmethane fragments in the backbone

*E. Alexandrova, G. Nosova, N. Solovskaya,  
K. Romashkova, V. Lukiashina, E. Konozubko,  
V. Kudryavtsev*

Institute for High-Molecular Compounds,  
Russian Academy of Sciences,  
199004 St. Petersburg, Russia

**Abstract** Soluble aromatic polyamides (PI) were synthesized. Their monomer units contained alkyl- or/and aryl-substituted diphenylmethane as in diamine so in dianhydride component of polymers. The photosensitivity, spectral characteristics of PI have been studied. It was shown that PI investigated have much more photosensitive properties than PI based on other known polynuclear diamines. The polymers demonstrated the self-photosensitivity as high as  $10^5 \text{ cm}^2/\text{J}$  in visible part of spectrum. Polymers are characterised by high photosensitivity and high polyirizability of molecules which make it interesting from the point of view of using them in registering media.