

УДК 541.64:535.5

ПОЛИЭФИРУРЕТАНАКРИЛАТЫ И ГОЛОГРАФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИЙ НА ИХ ОСНОВЕ

© 2007 г. А. В. Баранцова*, В. К. Грищенко*, З. В. Фальченко*,
Н. А. Бусько*, Т. Н. Смирнова**, П. В. Ежов**, О. Ф. Бондаренко**

*Институт химии высокомолекулярных соединений Национальной академии наук Украины
02160 Киев, Харьковское ш., 48

**Институт физики Национальной академии наук Украины
03680 Киев, пр. Науки, 46

Поступила в редакцию 24.05.2006 г.
Принята в печать 28.03.2007 г.

Синтезированы полиэфируретанакрилаты с ненасыщенными связями в жестких блоках на основе олигоэфиракрилатов с функциональными группами. Исследованы структура и физико-механические свойства полученных блок-сополимеров до и после УФ-отверждения. На основе синтезированных полиэфируретанакрилатов разработаны светочувствительные композиции для голограммической записи. Изучены закономерности формирования голографических решеток под действием излучения Ar-лазера. Показана перспективность исследованных композиций для использования в качестве фотоструктурируемых сред для голографии.

ВВЕДЕНИЕ

Процесс фотоструктурирования полимеров может быть использован для формирования объемных фазовых голограмм [1–3]. Модуляция показателя преломления в интерференционном поле происходит за счет фотосшивки линейных полимерных молекул либо фотоприсоединения к полимерной молекуле светочувствительных реагентов. Известно, что фотоструктурируемые среды характеризуются меньшей усадкой (<0.01%), чем фотополимеризующиеся (5–15%), и позволяют изготавливать регистрирующие слои толщиной 0.01–10 мм.

Наиболее известными фотоструктурируемыми голограммическими полимерами являются фоторезисты и бихромированная желатина [4–7]. Указанные среды требуют химического проявления и фиксации голограмм. Разрабатываются материалы для прямой голографической записи, при которой голограмма формируется непосредственно в процессе экспонирования, либо с фиксацией голограмм физическими методами путем нагревания и(или) однородного освещения [2–8]. Среди новейших разработок можно указать композиты на основе ПММА с примесью фенантрен-

хиона [9] и материал под названием MEMPLEX [10]. Привлекательность материалов на основе ПММА для исследователей определяется возможностью изготовления достаточно толстых регистрирующих слоев (до нескольких миллиметров) хорошего оптического качества. Однако стеклообразное состояние полимера замедляет протекание в нем фотохимических реакций, что приводит к низкой светочувствительности материалов (~20 Дж/см²). Отметим, что фотоструктурируемые материалы для прямой записи, как правило, значительно уступают по светочувствительности голографическим средам с полимеризационным механизмом записи.

В этой связи представляет интерес использование блок-сополимеров, в которых непредельные связи находятся в жестких блоках (например, содержащих уретановые, мочевинные, фенильные, семикарбазидные и другие полярные группы), чередующихся с мягкими (например, полиэфирными). Несовместимость разных по химическому составу мягких и жестких блоков приводит к стойкому микрофазовому разделению, в результате чего в мягкой матрице образуются домены из жестких блоков, выступающих в роли узлов трехмерной пространственной физической сетки блок-сополиуретана в основном за счет водородных связей, прочность которых в десятки

E-mail: oligomer8@bigmir.net (Баранцова Антонина Викторовна).

раз меньше, чем химических [11–13]. Поэтому сохраняется некоторая подвижность в жестких блоках, что позволяет в определенных условиях реализовать образование дополнительных химических связей при нагревании либо облучении блок-сополиуретанов.

Цель проведенной работы – разработка блок-сополимеров с ненасыщенными связями в жестких блоках, в которых при фотооблучении могли бы реализоваться химические связи, и исследование голограммических свойств композиций на их основе. На первом этапе за счет реакции полиприсоединения происходит формирование регистрирующих слоев определенного размера и толщины, а на втором путем пространственно-модулированного фотоиндуцированного доотверждения осуществляется голограммическая запись.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Материалы

Полифурит (**ПФ-1000**) (ТУ 6-02-646-81) сушили при температуре 120–140°C, давлении 2–5 мм рт. ст. на протяжении 15 ч. 2,4-Толуилендиизоцианат (**ТДИ**) очищали вакуумной перегонкой. $T_{\text{пп}} = 21^{\circ}\text{C}$. Анилин сушили в вакууме, $T_{\text{кип}} = 184^{\circ}\text{C}$, $n_D^{20} = 1.586$. 2,3-Эпоксипропилметакрилат очищали вакуумной перегонкой, $T_{\text{кип}} = 189^{\circ}\text{C}$, $n_D^{20} = 1.449$.

Синтез изоцианатного олигомера (**СКУ-ПФЛ**) осуществляли при мольном соотношении ТДИ : ПФ-1000 = 2.05 : 1 и температуре 70°C в течение 2–3 ч. Реакцию прекращали при уменьшении содержания групп NCO на 50%, контроль осуществляли титрованием групп NCO, а также методом ИК-спектроскопии по уменьшению интенсивности полосы поглощения изоцианатных групп.

Синтез N,N-бис-(2-гидрокси-3-метакрилоил-оксипропил)-N-фениламина (**ДМА**) проводили в течение 4 ч при температуре 20–25°C и мольном соотношении 2,3-эпоксипропилметакрилат : анилин = 2 : 1. Выход 95–96%. Продукт имеет вязкость 120 П при 20°C, $n_D^{20} = 1.4320$.

Получение полимерных композиций

В трехгорлый реактор, снабженный мешалкой и обратным холодильником, помещали 18.58 г (0.01 моля) макродиизоцианата (**МДИ**) и 15 г то-

луола, перемешивали до гомогенного состояния. Добавляли 2.03 г (0.01 моля) ДМА, смесь тщательно перемешивали в течение 0.5 ч, затем вводили катализаторы – 1 мас. % дибутилдилаурина-та олова и 1 мас. % триэтиламина, а также инициатор фотополимеризации – изобутиловый эфир бензоина в количестве 1% от массы реагентов. Смесь перемешивали до гомогенного состояния, выливали на тефлоновую форму и вакуумировали (380 мм рт. ст.) до удаления пузырьков воздуха. Отверждение проводили при 20–60°C на протяжении 6–12 ч.

Периодически отбирали пробы для определения содержания изоцианатных групп. Реакцию прекращали при практически полном их исчерпании.

Методы исследования

Фотоотверждение полимерных образцов осуществляли путем УФ-облучения, используя ртутную лампу ДРТ-1000.

Строение полученных веществ подтверждалось методом ИК-спектроскопии (ИК-спектрометр TENSOR-37 с Фурье преобразованием фирмы “Bruker”). Слои из жидких композиций формировали между стеклами NaCl, спектры полимерных пленок снимали с помощью приставки НПВО.

Запись фазовых голограммических решеток пропускающего типа проводили излучением Ar-лазера с длиной волны $\lambda_r = 488$ нм, интенсивностью 1 мВт/см² и S-поляризацией (вектор E направлен перпендикулярно плоскости падения). Период решетки Λ определяется углом схождения записывающих пучков α ($\Lambda = \lambda_r / 2 \sin \frac{\alpha}{2}$) и в наших экспериментах составлял ~1 мкм. Для синхронного считывания решетки использовали излучение He-Ne-лазера ($\lambda_r = 632.8$ нм, S-поляризация), которое направляли на решетку под углом Брэгга. Падающий (P_0), прошедший (P_{tr}) и дифрагированный (P_{dif}) пучки регистрировали фотодиодами ФД-24К. Соответствующая обработка сигналов с фотодиодов с помощью компьютера позволяла измерять изменение дифракционной решетки в процессе записи:

$$\eta(t) = \frac{P_{dif}(t)}{P_{dif}(t) + P_{tr}(t)} \quad (1)$$

Измеряли кинетические кривые записи $\eta(t)$ и зависимости дифракционной эффективности решетки от угла считывания $\eta(\theta)$ (угловая селективность решетки). Как правило, дифракционные свойства объемных решеток хорошо описываются двухвольновым приближением Когельника [14]. Для фазовой пропускающей решетки зависимость дифракционной эффективности от параметров решетки и угла считывания описывается выражением

$$\eta = \frac{\sin^2 \sqrt{\xi^2 + v^2}}{1 + \xi^2/v^2}, \quad (2)$$

где $v = \frac{\pi n_1 d}{\lambda_i \cos \theta_B^0}$, $\xi = \frac{2\pi}{\lambda_i} d \Delta \theta \operatorname{tg} \theta_B^0 \cos \theta_B$, n_1 – амплитуда модуляции показателя преломления в ре-

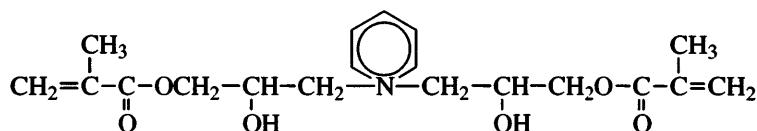
шетке, θ_B^0 , θ_B – угол Брэгга в среде и в воздухе, d – толщина решетки. При считывании решетки под углом Брэгга ее дифракционная эффективность $\eta = \sin^2 v$. Аппроксимация измеренной кривой угловой селективности формулой Когельника (в случае ее применимости) позволяет определить n_1 и d решетки.

Толщину регистрирующих слоев находили с помощью оптического измерителя толщины ИЗВ-1 с точностью 0.5 мкм.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Строение и свойства полиэфиуретанметакрилатов

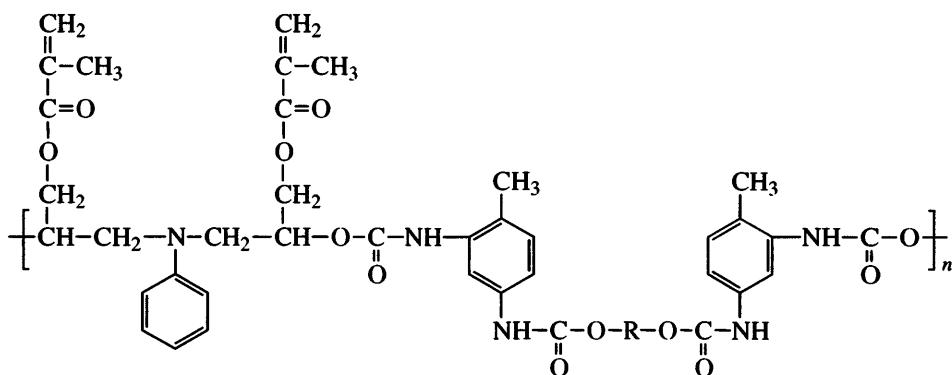
Прохождение реакции образования диметакрилата формулы



подтверждено методом ИК-спектроскопии. В ИК-спектре продукта реакции анилина и 2,3-эпоксипропилметакрилата наблюдается исчезновение полос поглощения группы NH_2 анилина (в области деформационных колебаний при 1650 cm^{-1} и валентных колебаний $3300\text{--}3400 \text{ cm}^{-1}$), исчезновение полосы поглощения эпоксидной группы при 920 cm^{-1} , а также появление в спектре сложной полосы валентных колебаний свободных и свя-

занных водородными связями гидроксильных групп в области $3550\text{--}3400 \text{ cm}^{-1}$, валентных колебаний карбонильных групп ($\nu_{\text{C=O}} = 1720 \text{ cm}^{-1}$), деформационных колебаний акрилатных связей ($\delta_{\text{C=C}} = 1637 \text{ cm}^{-1}$).

При взаимодействии ДМА с СКУ-ПФЛ получены полиэфиуретанакрилаты следующего строения:



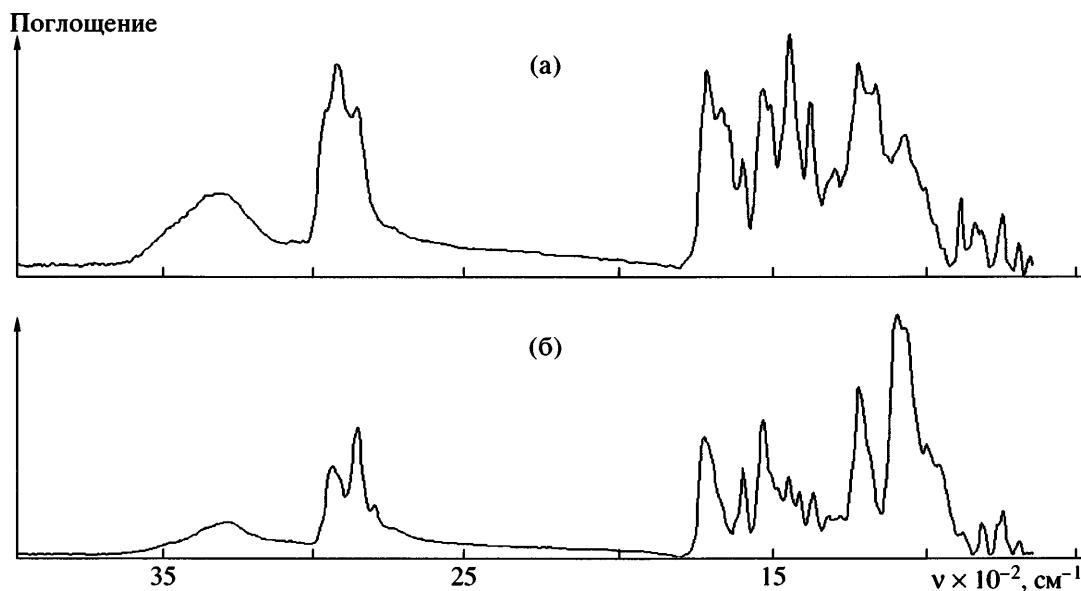


Рис. 1. ИК-спектры исходного (а) и УФ-облученного (б) образцов полиэфируретанакрилата.

Окончание реакции определяли методом ИК-спектроскопии, по исчезновению полосы 2240–2260 cm^{-1} групп NCO. После удаления растворителя полимерные образцы облучали УФ-светом. За фотоинициированным взаимодействием метакрилатных групп наблюдали по исчезновению полосы поглощения связей C=C в области 820 и 1637 cm^{-1} . Строение полимера подтверждается наличием в ИК-спектре валентных колебаний ν_{NH} (3338 cm^{-1}), дублета $\nu_{\text{C=O}}$ (1658–1656 cm^{-1}) и дублета деформационных колебаний δ_{NH} (1533–1530 cm^{-1}), колебания уретановых групп C—O—C (1223 cm^{-1}); $\nu_{\text{C=O}}$ (1719 и 1059 cm^{-1}) сложноэфирных групп C—O—C (рис. 1).

В таблице приведены некоторые свойства исходной полиэфируретанметакрилатной пленки, облученной УФ-светом (инициатор изобутиловый эфир бензоина), а также предварительно односторонне растянутой и облученной пленок.

Как видно из приведенных данных, свойства пленок существенно различаются между собой, облученные пленки имеют более высокую температуру начала разложения, выше прочность и соответственно ниже удлинение, что обусловлено появлением химических связей, которые возникают в жестком блоке полимера под действием УФ-облучения. Заметна также разница в свойствах предварительно одноосно растянутой и нерастянутой облученных пленок; это можно объяснить ориентированием функциональных групп в жестком блоке, что способствует образованию дополнительных физических связей в полимере, и изменению надмолекулярной структуры при растяжении и облучении полимера. Таким образом, молекулярная организация жестких блоков, которые играют роль узлов в трехмерной пространственной структуре блок-сополимера, в значительной степени зависит от реализации химических и физических связей в этих блоках.

Свойства полиэфируретанакрилатов до и после фотооблучения

Пленка	Растворимость в ДМФА	Температура начала разложения, °C	Прочность при разрыве, σ, МПа	Удлинение при разрыве, ε, %
Исходная	Растворима	200	2–5	500–700
Облученная	Не растворима	230	8–12	200–250
Растянутая на 100% и облученная	То же	260	15–20	80–100

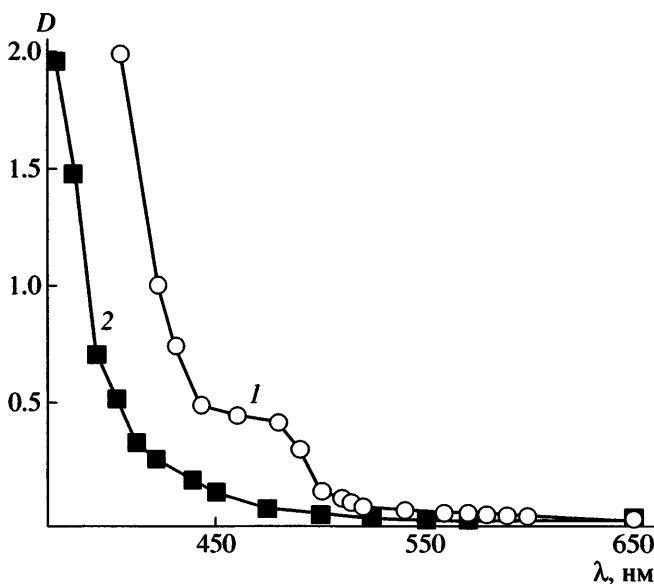


Рис. 2. Спектр поглощения регистрирующего слоя толщиной 400 мкм до (1) и после (2) освещения записывающим полем.

Голографические свойства полиэфируретанакрилатов

Исходная композиция для изготовления регистрирующих слоев включала смесь СКУ-ПФЛ и ДМА, катализатор реакции образования полимера и инициатор фотосшивки полимерных молекул. В качестве катализаторов использовали триэтиламин и дибутилдилауринат олова (по 1 мас. %). Фотоинициирующая система, обеспечивающая формирование голограммы, включала камфорхинон (3–5 мас. %) и кетон Михлера (1 мас. %) [15]. На рис. 2 представлены спектры поглощения регистрирующего слоя до и после освещения записывающим излучением. Поглощение в диапазоне 440–520 нм обусловливается $n \rightarrow \pi$ -переходом в молекуле камфорхинона. Как видно, особенностью используемой инициирующей системы является необратимое фотопревращение сенсибилизатора, что приводит к увеличению диапазона прозрачности решетки, который составляет 450–1100 нм. Отметим также, что считывание решетки в процессе записи излучением с $\lambda_s = 632.2$ нм не влияет на ее формирование.

Для голографической записи изготавливали регистрирующие слои двух типов: закрытые и с открытой поверхностью. В первом случае слой

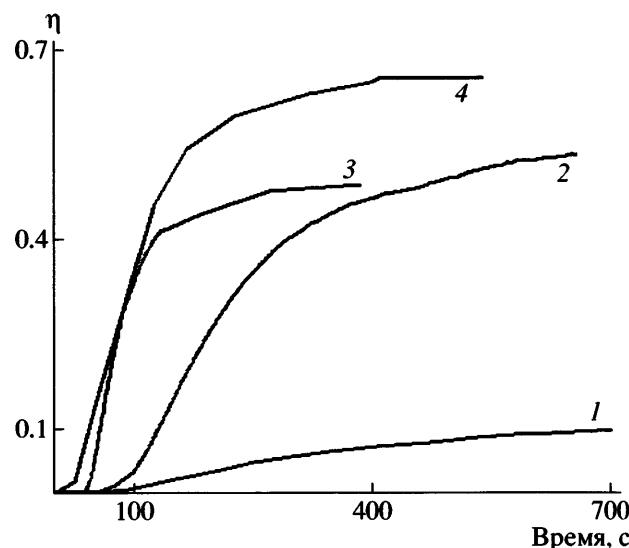


Рис. 3. Кинетические кривые записи на закрытом (1) и открытых (2–4) регистрирующих слоях со следующими параметрами: 1 – $d_L = d_{eff} = 35$ мкм, растворитель толуол; 2 – $d_L = 220$ мкм, без растворителя; 3 – $d_L = 212$ мкм, растворитель бензол; 4 – $d_L = 202$ мкм, содержит 12 мас. % α -бромнафталина.

формовали между стеклянными подложками с помощью прокладок определенной толщины. Во втором случае композицию заливали в кювету, представляющую собой стеклянное кольцо толщиной 7 и диаметром 15 мм, приkleенное к подложке. Поскольку реакция превращения олигомера в полимер сопровождается существенным повышением вязкости системы, что усложняет удаление пузырьков воздуха, для повышения однородности смеси и обеспечения оптического качества слоя в смесь вводили различные растворители (толуол, бензол, метилэтилкетон), природа которых не влияла на голографические свойства композиции. Концентрация остаточного растворителя в слое влияла на скорость записи. После завершения полимеризации растворитель удаляли путем нагревания и откачки. Затем слой помещали в интерференционное поле и экспонировали до достижения максимальной дифракционной эффективности решетки. Для стабилизации голограмму нагревали до 60–80°C в темновых условиях, а затем освещали однородным УФ-излучением. Исследовали и оптимизировали режим термообработки: температуру, время выдержки.

Примеры кинетических кривых записи показаны на рис. 3. Как правило, записи предшествует индукционный период, связанный с наличием ин-

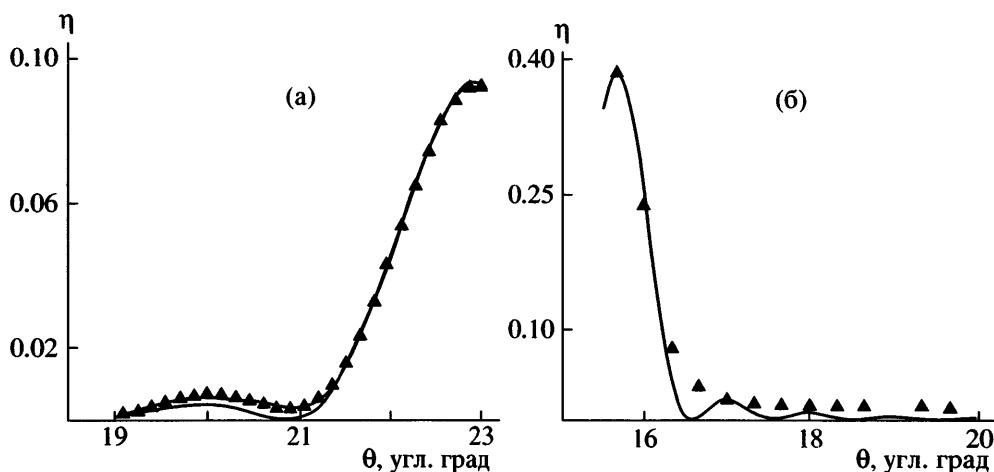


Рис. 4. Измеренные (точки), и рассчитанные (сплошные линии) кривые угловой селективности решеток, записанных на закрытом (а) и на открытом слое (б). а: $d_L = d_{\text{eff}} = 35 \text{ мкм}$ и $n_1 = 0.002$; б: $d_L \approx 1.2 \text{ мм}$, $d_{\text{eff}} \approx 100 \text{ мкм}$ и $n_1 = 0.001297$.

гибитора фотопроцесса. Кинетика записи на слоях, сформованных между стеклянными подложками, характеризуется низкой скоростью (рис. 3, кривая 1). Максимальная величина дифракционной эффективности достигается за 800 с. Форма кривой угловой селективности решетки (рис. 4а) свидетельствует о ее однородности по глубине слоя. Экспериментальная кривая хорошо описывается формулой (2) при $n_1 = 0.002$ и $d = 35 \text{ мкм}$. Нагревание решетки и дальнейшее хранение при дневном освещении в течение 3 месяцев сопровождалось уменьшением ее дифракционной эффективности до 8%. Последующее освещение УФ-излучением (лампа ЛУФ-4, время освещения 2 ч, расстояние до лампы 5 см) не приводило к изменению дифракционной эффективности.

На открытых слоях скорость записи и величина дифракционной эффективности существенно увеличивались. На рис. 3 (кривые 2, 3) приведены кинетические кривые записи на открытых регистрирующих слоях с $d_L \approx 215 \text{ мкм}$, изготовленных с использованием растворителя (кривая 3) и без растворителя (кривая 2). Из сравнения кривых 1 и 2, 3 следует, что время достижения максимальной дифракционной эффективности на открытом слое сокращается в ~1.3 раза для слоя без остаточного растворителя и в ~2.7 раза для слоя с остаточным растворителем; уменьшается также индукционный период. Повышение скорости записи в слое, содержащем растворитель, по сравнению со слоем без растворителя может обуславливаться диффузионным ограничением скорости

полимеризации при увеличении вязкости полимеризата (слой без остаточного растворителя). Небольшое различие в максимальной величине дифракционной эффективности решеток на указанных слоях возникает из-за различия в их толщине (см. подписи к рисункам).

Для фотоинициирующей системы (камфорхинон и кетон Михлера), обеспечивающей формирование голограмм, ранее было отмечено ингибирование кислородом воздуха полимеризации использованных мономеров [15]. Возможность голографической записи на открытых слоях светочувствительной композиции на основе синтезированных полиэфируретанакрилатов можно объяснить участием катализаторов химической реакции их образования (третичных аминов) в фотохимических превращениях указанной выше фотоинициирующей системы. Кислород воздуха и акрилатные фрагменты полимерной цепи также могут участвовать в образовании переходных донорно-акцепторных комплексов, что препятствует ингибирующему действию кислорода на процесс фотополимеризации [16].

Для фиксации голограммы критичным является выбор исходной концентрации компонентов инициирующей системы. В результате исследований установлено, что концентрация 3 мас. % является оптимальной концентрацией камфорхинона в смеси. Она обеспечивает приемлемую скорость записи и фиксацию голограммы при термообработке. Для получения голограммы со стабильной

величиной дифракционной эффективности ее необходимо выдерживать при температуре 60°C в продолжение 1 ч. Дальнейшее УФ-облучение стабилизирует голограмму за счет полного фотопреобразования активных групп. При этом дифракционная эффективность решеток уменьшается на 5–7%.

Исследовали также способ усиления и фиксации голограммы путем введения в исходную композицию нейтрального диффузанта, в качестве которого использовали α -бромнафталин с более высоким по сравнению с полимером показателем преломления $n = 1.66$. В процессе записи нейтральный диффузант диффундирует из областей образования сшитой полимерной сетки в максимумах интерференционного поля в минимумы поля, увеличивая тем самым амплитуду модуляции показателя преломления и стабилизируя решетку [15]. Кинетическая кривая записи приведена на рис. 3 (кривая 4). При введении нейтрального диффузанта уменьшается индукционный период, повышаются скорость и дифракционная эффективность записи. Полученные решетки не нуждаются в фиксации. Дальнейшее нагревание (время и температура указаны выше) приводило к увеличению дифракционной эффективности от 65 до 73%, которая сохранялась при охлаждении до комнатной температуры. По-видимому, нагревание решетки способствует диффузионному разделению полимера и нейтрального диффузанта, что увеличивает n_1 и соответственно дифракционную эффективность решетки.

Как следует из формулы (2), при постоянном значении n_1 увеличение толщины решетки должно приводить к повышению ее дифракционной эффективности. Аппроксимация экспериментальных зависимостей $\eta(\theta)$ формулой Когельника показала, что для исследуемой композиции эффективная толщина решетки d_{eff} мало изменяется при увеличении толщины слоя. Так, для слоев с толщиной 300–1000 мкм d_{eff} составляет ~65–100 мкм. На рис. 4б приведены измеренная и рассчитанная по формуле (2) кривые угловой селективности решетки, записанной на слое с $d_L \approx 1.2$ мм. Для всех решеток на слоях с $d_L \geq 200$ мкм наблюдается сглаживание боковых максимумов в измеренных кривых $\eta(\theta)$, что свидетельствует о неоднородности решетки (изменении n_1) по глубине слоя. Неравенство $d_{\text{eff}} < d_L$ и неоднородность решетки по глубине слоя в данном случае могут быть обу-

словлены следующими причинами: уменьшением интенсивности и контраста поля из-за поглощения записывающих волн либо их рассеяния на неоднородностях слоя; изменением концентрации кислорода по глубине слоя. Поскольку записывающие пучки всегда направляли на слой со стороны подложки, в первых двух случаях решетка должна располагаться вблизи подложки. С другой стороны, при ограниченной проницаемости слоя концентрация кислорода уменьшается по направлению от открытой поверхности слоя к подложке. Если данный фактор является решающим, решетка будет локализоваться главным образом вблизи открытой поверхности. Справедливость последнего предположения мы подтвердили, фиксируя распространение прошедшего и дифрагированного пучков в слое с решеткой. Для этого пучок Не-Не-лазера фокусировали длиннофокусным объективом так, чтобы его диаметр в перетяжке составлял ~100 мкм. Слой с $d_L \approx 3–5$ мм и $d_{\text{eff}} \approx 100$ мкм устанавливался в перетяжке считывающего пучка так, чтобы считывающий пучок падал на решетку под углом Брэгга. Распространение пучков в слое фотографировали цифровой камерой.

При считывании решетки со стороны открытой поверхности в слое до подложки наблюдались прошедший и дифрагированный пучки. Когда же считывающий пучок направляли на решетку со стороны подложки, дифрагированный пучок в слое отсутствовал. Полученная картина показывает, что решетка располагается вблизи открытой поверхности. Отметим, что для визуализации траекторий распространения пучков в слое специально отбирали образцы с повышенной неоднородностью.

С использованием олигоэфиракрилатов с функциональными группами синтезированы полиэфиуретанакрилаты с ненасыщенными связями в жестких блоках, физико-механические свойства которых значительно улучшаются после УФ-отверждения. На основе полученных полиэфиуретанакрилатов разработаны светочувствительные композиции для голографической записи. Они характеризуются приемлемой энергетической чувствительностью (~400 мДж/см²) и обеспечивают формирование стабильных голографических решеток с дифракционной эффективностью 65–75% для композиции, содержащей нейтральный диффузант, и дифракционной эф-

фективностью 35–40% для композиции без него. Гологramмы не требуют химической обработки. Для композиции, включающей нейтральный диффузант, решетка фиксируется в процессе записи. В отсутствие нейтрального диффузанта фиксация производится путем нагревания решетки до 60°C.

Проведенные исследования показывают перспективность использования разработанных олигоэфирокрилатов в качестве фотоструктурируемых сред для голографии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глэдден Дж., Лейтн Р. // Оптическая голография/Под ред. Колфилда Г. М.: Мир, 1982.
2. Lessard R.A., Manivannan G. // Proc. SPIE. 1995. V. 2405. P. 2.
3. Акаев А.А., Гуревич С.Б., Жумалиев К.М., Муравский Л.И., Смирнова Т.Н. Голография и оптическая обработка информации. Бишкек: Учкун, 2003.
4. Светочувствительные полимерные материалы / Под ред. Ельцова А.В. (Совместное издание СССР и ЧССР). Л.: Химия, 1985.
5. Sherstyuk V.P., Malov A.N., Maloletov S.M., Kalinkin V.V. // Proc. SPIE. 1989. V. 1238. P. 218.
6. Денисюк Ю.Н., Ганжерли Н.М., Маурер И.А. // Письма в ЖТФ. 1995. Т. 21. № 17. С. 51.
7. Ганжерли Н.М., Денисюк Ю.Н., Коноп С.П., Маурер И.А. // Письма в ЖТФ. 2000. Т. 26. № 9. С. 25.
8. Bolte M., Agarwal G., Pizzocaro Ch. // Proc. SPIE. 2000. V. 4087. P. 671.
9. Mumbru J., Solomatine I., Psaltis D., Lin S.H., Hsu K.Y., Cheng W.-Z., Whang W.T. // Opt. Commun. 2001. V. 194. P. 103.
10. Burzynski R., Kumar D.N., Casstevensen M.K., Tyska D., Ghosal S., Kurtz P.M., Weibel J.F. // Proc. SPIE. 2000. V. 4087. P. 741.
11. Берлин А.А., Кефели Т.Я., Королев Г.В. Полиэфирокрилаты. М.: Наука, 1967.
12. Грищенко В.К., Маслюк А.Ф., Гудзера С.С. Жидкие фотополимеризующиеся композиции. Киев: Наукова думка, 1985.
13. Маслюк А.Ф., Храновский В.А. Фотохимия полимеризационноспособных олигомеров. Киев: Наукова думка, 1989.
14. Kogelnik H. // Bell. Syst. Tech. J. 1969. V. 48. № 9. P. 2909.
15. Smirnova T.N., Sakhno O.V. // Proc. SPIE. 2000. V. 4149. P. 106.
16. Гранчак В.М. Автореф. дис. ... д-ра хим. наук. Киев: ИФХ НАН Украины, 2005.

Poly(ester urethane acrylates) and Holographic Properties of Formulations on Their Basis

A. V. Barantsova^a, V. K. Grishchenko^a, Z. V. Fal'chenko^a, N. A. Bus'ko^a,
T. N. Smirnova^b, P. V. Ezhov^b, and O. F. Bondarenko^b

^a Institute of Macromolecular Chemistry, National Academy of Sciences of Ukraine,
Kharkovskoe sh. 48, Kiev, 02160 Ukraine

^b Institute of Physics, National Academy of Sciences of Ukraine,
pr. Nauki 46, Kiev, 03680 Ukraine
e-mail: oligomer8@bigmir.net

Abstract—Poly(ester urethane acrylates) with unsaturated bonds in stiff blocks have been synthesized from oligo(ester acrylates) containing functional groups. The structure and mechanical properties of the block copolymers thus prepared have been studied before and after UV cure. On the basis of the said poly(ester urethane acrylates), light-sensitive formulations for holographic recording have been designed. The formation of holographic gratings under illumination by the Ar laser light has been investigated. The formulations under study offer promise as photostructuring media for holography.