

сти их электроотрицательности, а для молекулярных частиц по встроенному электрическому дипольному моменту. Результирующая энергия связи является суммой совместного бинарного взаимодействия с первой, второй и третьей координационными сферами.

По разработанной методике выполнены расчеты энергий связи ряда металлов и интерметаллических соединений с алюминиевой подложкой. Показано, что бинарное взаимодействие основного состояния с уровнем энергии второй кратности ионизации может составлять до 50% от взаимодействия между частицами, которые находятся в основном состоянии. Для частиц, обладающих встроенным электрическим дипольным моментом, диполь-дипольное взаимодействие является определяющим в результирующей энергии связи.

В этой связи, прежде всего, необходимо рассмотреть, как формируется энергия связи во многослойном покрытии и в алюминиевой основе в твердом состоянии с учетом структуры и возникновения тех или иных типов взаимодействий. На этой основе осуществить прогноз формирования необходимого упрочняющего покрытия с заданными свойствами и экспериментально убедиться в правильности полученных результатов.

Экспериментальные исследования многослойных покрытий подтвердили динамику формирования покрытия, предсказанную теоретическими расчетами. Показано, что голографические исследования позволяют проследивать динамику формирования упрочняющего покрытия и осуществлять контроль и регулирование процесса упрочнения при ионно-плазменном напылении.

Литература.

1. Г.И. Журавлев. Химия и технология термостойких неорганических покрытий. Л.: Химия, 1975 – 200 с.
2. Л.И. Гречихин, А.Г.Василенко, Н.В. Спиридонов и др. Повышение адгезионной связи оплавленных лазерным излучением газотермических покрытий. // Физика и химия обработки материалов. 1990, № 3, с. 76-81
3. Б. Боли, Дж. Уэйнер Теория температурных напряжений. М.: 1964
4. Г. Паркус Неустановившиеся температурные напряжения. М.: 1963

ДИНАМИЧЕСКИЕ ФАЗОВЫЕ ГОЛОГРАММЫ В АНТРАЦЕНСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИМЕРНЫХ СЛОЯХ, ПЛАСТИФИЦИРОВАННЫХ ХЛОРОФОРМОМ

Д.Н. Мармыш

*Научный руководитель - В.В. Могильный
Белорусский государственный университет*

Эффекты фотоиндуцированной диффузии играют важную роль при формировании фазовых голографических решёток в полимерных средах. Они позволяют усиливать голограммы и формировать на этой основе голографические элементы с уникальными оптическими свойствами.

К числу фазовых голографических сред с диффузионным усилением относятся полимерные регистрирующие среды, содержащие фотодимеризующиеся производные антрацена. Благодаря пространственно-неоднородному распределению фотодимера, который связывает молекулы остаточного растворителя, в них возникает диффузия последнего, изменяющая распределение показателя преломления. Механизмы инициирования и протекания диффузии исследованы к настоящему моменту при относительно невысоком (до 10 вес.%) содержании растворителя. Его повышение, однако, может ускорить процесс эволюции голограмм и улучшить их характеристики, например, при нестационарной записи.

Фазовые голографические решётки (ФГР), с периодом 42 мкм записывали по симметричной схеме в полуплоских пучках одинаковой интенсивности в слоях полиметилметакрилата, содержащего 10 мол. % 9-антразальдегида (по отношению к полимеру). Источником излучения служил аргон-ионный лазер ($\lambda=488$ нм).

На рис.1 приведены зависимости амплитуды модуляции показателя преломления Δn от времени t при записи ФГР в слое со средним содержанием хлороформа $\alpha \approx 50$ вес. %.

Значения Δn (точки) рассчитывались по экспериментально измеренным значениям дифракционной эффективности с помощью формулы [1]:

$$\eta = J_1^2(2\pi h \Delta n / d \cos \Theta). \quad (1)$$

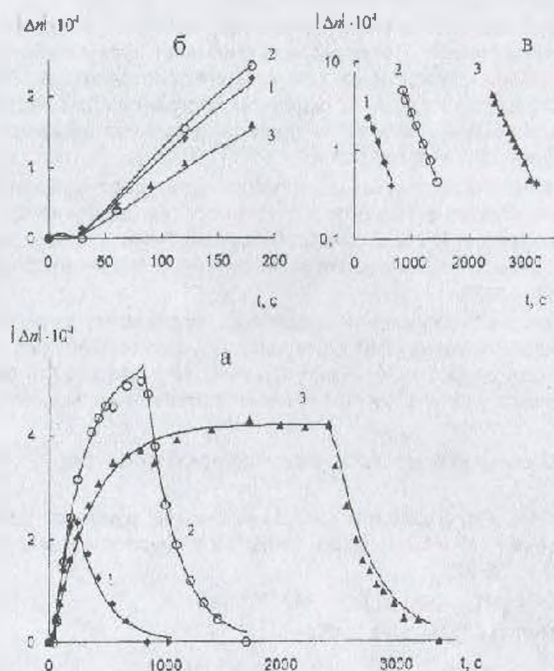


Рис. 1. Экспериментальные (точки) и рассчитанные (линии) зависимости амплитуды модуляции показателя преломления от времени (а), их начальные (б) и постэкспозиционные участки в полулогарифмических координатах (в) при эволюции ФГР в сильно пластифицированных слоях. ($d=1.82$; $\gamma_S=0.05 \text{ с}^{-1}$, для кривых 1, 2, 3 соответственно $\gamma_D, \gamma_A \cdot 10^3=4.2, 3.9, 3.1, \text{ с}^{-1}$; $k \cdot 10^8=4.7, 5.1, 2.9, \text{ моль} \cdot \text{см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$; $t_e=180, 780, 2400, \text{ с}$).

где J_1 – функция Бесселя, Θ – угол падения записывающих пучков. Кривые рис.1 демонстрируют те же характерные признаки, что и в случае записи решеток в условиях термоллиза фотодимеров [2] задержка записи на начальном участке (1б), затем нарастание Δn до стационарного значения (кривая 1а) и близкий к экспоненциальному спад после прекращения экспонирования (рис. 1в); обусловленный полной диффузионной деградацией неоднородного распределения фотодимера и 9-антральдегида.

Предположив, что начальная задержка записи обусловлена диффузией растворителя и воспользовавшись подходом [2], получаем выражения для амплитуд модуляции концентрации фотодимера Δc_D , 9-антральдегида Δc_A , захваченного и свободного растворителя Δc_{S0} и Δc_{S1} в процессе ($t \leq t_e$) и после прекращения экспонирования ($t > t_e$):

$$\Delta c_D = \begin{cases} \frac{k}{\gamma_D} (1 - \exp(-\gamma_D t)), & t \leq t_e, \\ \frac{k}{\gamma_D} (\exp(\gamma_D t_e) - 1) \exp(-\gamma_D t), & t \geq t_e, \end{cases} \quad (2)$$

$$\Delta c_A = \begin{cases} -\frac{2k}{\gamma_A} (1 - \exp(-\gamma_A t)), & t \leq t_e, \\ \frac{k}{\gamma_A} (\exp(\gamma_A t_e) - 1) \exp(-\gamma_A t), & t \geq t_e, \end{cases} \quad (3)$$

$$\Delta c_{S0} = \begin{cases} \frac{k\delta}{\gamma_D} (1 - \exp(-\gamma_D t)), & t \leq t_e, \\ \frac{k\delta}{\gamma_D} (\exp(\gamma_D t_e) - 1) \exp(-\gamma_D t), & t \geq t_e, \end{cases} \quad (4)$$

$$\Delta c_{S1} = \begin{cases} -\frac{k\delta}{\gamma_S} (1 - \exp(-\gamma_S t)), & t \leq t_e, \\ -\frac{k\delta}{\gamma_S} (\exp(\gamma_S t_e) - 1) \exp(-\gamma_S t), & t \geq t_e. \end{cases} \quad (5)$$

где k – скорость создания фотодимеров; δ – коэффициент захвата (отношение захваченных молекул растворителя к числу молекул фотодимера); $\gamma = 4\pi^2 D_j d^2$ ($j=D, A, S$), D_D, D_A, D_S – коэффициенты диффузии фотодимера, 9-антральдегида и растворителя, соответственно. Выражения (2) – (5) предполагают, что захваченные молекулы хлороформа диффундируют вместе с захватившим их фотодимером. Амплитуду модуляции показателя преломления Δn можно определить с точностью до членов порядка $\Delta n/n$ по формуле Лорентц-Лоренца, записанной в следующем виде [2]:

$$\Delta n = \frac{(n^2 + 2)^2}{6n} (R_D \Delta c_D + R_A \Delta c_A + R_S (\Delta c_{S0} + \Delta c_{S1})) \quad (6)$$

где n – средний показатель преломления слоя, R_D, R_A и R_S – рефракция фотодимера, 9-антральдегида и хлороформа, соответственно.

В расчетах использовались ранее определенные величины $R_D=110$, $R_A=62,4$ и $R_S=21,5$ см³ моль⁻¹ [2]. Величины γ_S и δ определяли по величине задержки и стационарному значению Δl при длительной записи, величины γ_D и γ_A определяли по наклону спадающих участков в полулогарифмических координатах (рис. 1а). Моноэкспоненциальный характер спада свидетельствует о близких величинах коэффициентов диффузии 9-антральдегида и фотодимера. Принципиально такое поведение возможно и в случае существенного различия D_D и D_A (в этом случае, казалось бы, диффузией 9-антральдегида можно объяснить задержку записи). Однако, анализ показал, что при известном k диффузия 9-антральдегида ни при какой величине D_A не может одновременно обеспечить величину задержки и максимальное значение $|\Delta l|$. Моделирование также показало, что результаты хорошо описываются формулами (2)-(5), (6) при $\gamma_A \approx \gamma_D$ и $\delta \approx 2$, что хорошо согласуется с ранее измеренными δ для полимеров с меньшим содержанием растворителя [2].

Построена модель динамики фазовых голографических решеток в полимерном слое, содержащем монозамещенный антрацен и растворитель – пластификатор, в условиях диффузии всех низкомолекулярных компонентов. Продемонстрировано хорошее согласие модели с экспериментальными данными. Показано, что фотоиндуцированный захват и диффузия молекул растворителя имеют место и в сильно пластифицированных полимерных матрицах, оказывая существенное влияние на динамику голографических решеток.

Литература

1. Кольер Р., Берхарт К., Лин Л. Оптическая голография. – М.: Мир, 1975. – 686 с.
2. Грицай Ю.В., Могильный В.В // Опт. и спектр. 2001. Т. 90. № 6. С. 997-1000.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СПЕКТРОВ ФОТОСЕНСИБИЛИЗАТОРА ТИКС В МАЛОПОЛЯРНЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЯХ

К.Н. Каплевский, А.В. Егоров

*Научные руководители – Е.С. Воропай, М.П. Самцов
Белорусский государственный университет*

В последнее десятилетие полиметиновые (цианиновые) красители вызывают повышенный интерес со стороны исследователей. Связано это не только с традиционным использованием ПК в лазерной технике и фотографической промышленности, но и широким применением этих соединений в активных слоях оптических дисков, а также наличием потенциальной возможности использования цианинов в качестве фотосенсибилизаторов для фототерапии рака [1,2].

Фототерапия является перспективным методом лечения онкологических заболеваний, в её основу положено использование фотосенсибилизирующих соединений, которые преимущественно накапливаются в раковых клетках. В качестве фотосенсибилизаторов, при лечении разного рода опухолей, обычно используют производные гематопорфирина, хлорины и фталоцианины. Несмотря на то, что эти соединения являются достаточно эффективными и безопасными при лечении опухолей человека, они обладают рядом недостатков [3], поэтому поиск новых фотосенсибилизаторов продолжается.

В НИИ ПФП им. А.Н. Севченко при Белгосуниверситете создан фотосенсибилизатор ТИКС из класса полиметиновых красителей. Проведенные исследования *in vitro* и *in vivo* показали достаточно высокую эффективность нового соединения при лечении опухолей, однако механизм его фотоактивности остаётся неизвестным. В связи с этим нами проведено исследование спектрально-люминесцентных свойств фотосенсибилизатора ТИКС в малополярных органических растворителях, так как низкая диэлектрическая постоянная окружения молекул красителя, является характерным при образовании комплексов пигментов с биологическими макромолекулами [4]. На основании полученных результатов и анализа литературных данных сделаны заключения о состоянии молекул красителя в малополярной среде.

При проведении спектрально-люминесцентных измерений в данной работе использовались традиционные методические приемы, подробно описанные Паркером [5]. Спектры поглощения красителей в растворах регистрировались с помощью спектрофотометров PV 1251A и Spexord UVVIS. Исправленные спектры флуоресценции и возбуждения флуоресценции с помощью спектрофлуориметра Fluorolog фирмы Spex. Вследствие того, что характеристики люминесценции полиметиновых красителей зависят от вязкости (температуры) раствора образцы всегда термостатировались ультратермостатом UTU – 2.