

## К Р А Т К И Е С О О Б Щ Е Н И Я

УДК 538.975

© 1995

ОЦЕНКА НЕЛИНЕЙНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ  $\chi^{(3)}$  В ПДА-ТНД*Н.В.Агринская, Е.Г.Гук, Л.А.Ремизова, И.А.Хахаев*

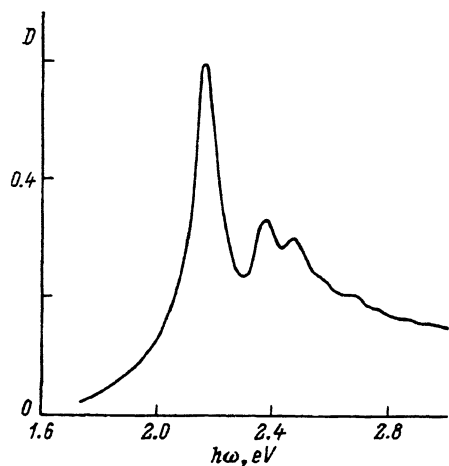
Физико-технический институт им.А.Ф.Иоффе РАН, Санкт-Петербург  
Поступило в Редакцию 14 июня 1994 г.

Среди систем с пониженной размерностью, которые в настоящее время являются предметом интенсивных исследований в нелинейной оптике и спектроскопии, особый интерес вызывают одномерные сопряженные органические полимеры [1]. Благодаря слабой связи между отдельными полимерными цепями их можно рассматривать как естественные одномерные структуры типа квантовых проволок с делокализованной вдоль одномерной цепи системой электронов [2]. Вследствие этого такие полимеры обнаруживают большие нелинейные оптические восприимчивости, связанные с сильной поляризуемостью электронов.

В последнее время среди сопряженных полимеров наиболее интенсивно изучаются полиацетилен (ПА), полидиацетилены (ПДА), политиофены и др.

Для соединений класса ПДА характерна большая величина нелинейной кубической восприимчивости при накачке в области прозрачности ( $\chi^{(3)} \sim 10^{-10}$  CGSE) [1], а также малое время оптического отклика ( $< 1$  PS) [3] при возбуждении ультракороткими импульсами. Несмотря на большое число проводимых исследований, в настоящее время не достигнуто понимания физической природы существующих в сопряженных полимерах оптических возбуждений (солитонов, поляронов и самозахваченных экситонов), а также наблюдаемой нелинейности и сверхмалых времен релаксации. Кроме того, класс ПДА включает в себя десятки различных молекулярных соединений, отличающихся химической природой боковых групп, присоединенных к основной цепи. Это дает возможность в широких пределах варьировать оптические свойства материалов: ширину запрещенной зоны  $E_g$ , энергию связи экситона и величину нелинейной оптической восприимчивости. В частности, в работе [4] предсказана сильная зависимость  $\chi^{(3)}$  от  $E_g$  и величины коэффициента поглощения  $\alpha$  в области резонанса:

$$\chi^{(3)} \sim E_g^{-6} \sim \alpha^3. \quad (1)$$



Зависимость оптической плотности  $D$  от энергии фотона  $\hbar\omega$  (спектр поглощения) для пленки поли-ТНД в ПММА при температуре  $T = 80$  К.

Толщина пленки  $5 \mu\text{m}$ , содержание поли-ТНД в ПММА — 1%.

В настоящей работе впервые проведены исследования нелинейных оптических свойств сравнительно малоизученной производной ПДА — поли-1,1,6,6-тетрафенилгексадинамина (ТНД). Нелинейная кубическая оптическая восприимчивость  $\chi^{(3)}$  определялась по интенсивности генерации третьей гармоники (ГТГ) при возбуждении нано- и пикосекундными импульсами на длине волны  $1.06 \mu\text{m}$ . Интенсивность ГТГ определялась относительно кварцевого эталона.

Для получения тонких пленок оптического качества микрокристаллы полимера вводились в матрицу другого органического полимера — полиметилметакрилата (ПММА). При определенных условиях приготовления удавалось получить оптически прозрачные пленки с содержанием поли-ТНД от 1 до 3%. Спектр поглощения такой пленки при  $T = 80$  К показан на рисунке. В области  $2.15$  eV имеется узкая основная полоса, а при более высоких энергиях видна колебательная структура. В максимуме поглощения для исследуемого образца  $\alpha = 3 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-1}$ , а с учетом содержания поли-ТНД в образце (1%)  $\alpha_{\text{ТНД}} = 3 \cdot 10^5 \text{ cm}^{-1}$ .

Для исследований ГТГ при пикосекундном возбуждении использовался лазер на ИАГ:  $\text{Nd}^{3+}$ , работающий в режиме самосинхронизации мод, с длиной резонатора  $1$  м. В качестве насыщающегося поглотителя использовался органический краситель в полимерной матрице. Лазер генерировал пуг пикосекундных импульсов с длительностью около  $100$  ps на длине волны  $1.06 \mu\text{m}$ . Энергия в пуге составляла  $1$  мДж, длительностью пуга —  $80$  ps. Плотность мощности возбуждающего пучка в плоскости образца составляла  $500 \text{ MW/cm}^2$ .

Для исследований ГТГ при наносекундном возбуждении использовался лазер на  $\text{YAlO}_3 : \text{Nd}^{3+}$ , работающий в режиме пассивной модуляции добротности. Длительность импульса составляла  $40$  ps, длина волны —  $1.06 \mu\text{m}$ , энергия в импульсе —  $2$  мДж. Плотность мощности в плоскости образца составляла  $625 \text{ MW/cm}^2$ .

При пикосекундном возбуждении интенсивность третьей гармоники измерялась для всего пуга.

Для определения величины  $\chi^{(3)}$  интенсивность ГТГ в поли-ТНД сравнивалась с интенсивностью ГТГ в кварцевом эталоне. Величи-

на  $\chi^{(3)}$  рассчитывалась по формуле

$$|\chi^{(3)}| = \frac{2}{\pi} \left( \frac{I}{I_s} \right)^{1/2} \frac{l_c}{l} |\chi_s^{(3)}|, \quad (2)$$

где  $l$  — толщина поли-ТНД,  $l_c = 18 \mu\text{м}$  — длина когерентности для ГТГ в кварце,  $I$  и  $I_s$  — интенсивности третьей гармоники ТГ для образца и эталона соответственно.

В результате как при пико-, так и при наносекундном возбуждении были получены близкие величины  $\chi^{(3)}$  для образцов поли-ТНД в матрице ПММА. Величина  $\chi^{(3)}$  для исследованных образцов составляла  $2 \cdot 10^{-12}$  CGSF, а с учетом содержания поли-ТНД в матрице ПММА оценка  $\chi^{(3)}$  для чистого поли-ТНД составляет  $2 \cdot 10^{-10}$  CGSF. Отметим, что длина волны накачки  $1.06 \mu\text{м}$  не попадает в область двух- и трехфотонных резонансов, дающих вклад в основную линию поглощения. Обычно в ПДА в области двух-трехфотонных резонансов наблюдается заметное увеличение  $\chi^{(3)}$ . Однако полученное нами значение  $\chi^{(3)}$  соответствует нерезонансной области спектра.

Оценки лучевой прочности (пороговой плотности мощности, необходимой для разрушения образца) для обоих режимов возбуждения дали величину порядка  $1 \text{ GW/cm}^2$ .

Наблюдаемые высокие значения  $\chi^{(3)}$  и лучевой прочности делают поли-ТНД перспективным нелинейным оптическим материалом для оптических устройств, работающих в области прозрачности. Однако необходимы дальнейшие исследования для получения оптически прозрачных пленок с более высоким содержанием поли-ТНД.

Авторы благодарят Б.П.Захарченко за внимание и интерес к работе. Работа выполнялась при поддержке Фонда фундаментальных исследований ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН.

#### Список литературы

- [1] Нелинейные оптические свойства органических молекул и кристаллов / Под ред. Д.Шемлы и Ж.Зисса. Т. 2. М.: Мир, 1989.
- [2] Nonlinear Optics of Organic and Semiconductors / Ed. T.Kobayashi. Berlin: Springer-Verlag, 1989.
- [3] Kobayashi T., Yoshizawa M. // Mol. Cryst. Liq. Cryst. 1992. V. 217. P. 83–88.
- [4] Agraval G.R., Cojan C., Flytzanis C. // Phys. Rev. B. 1978. V. 17. N 2. P. 776–785.