

## **ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА НПВО ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК**

Спектроскопия НПВО является локальным методом, позволяющим исследовать послойно неоднородные по толщине материалы, тонкие пленки, поверхностные и контактные явления [1]. В работе [2] был проведен расчет спектров НПВО неоднородного поверхностного слоя на изотропном диэлектрике методом характеристических матриц. Метод НПВО успешно используется и при измерении взаимной диффузии полимеров [3]. В работе [4] проанализированы возможности спектроскопии НПВО применительно к изучению порошков и волокон. Особенности спектроскопии НПВО при исследовании материалов с грубым рельефом рассматриваются и в работах [5, 6].

Однако при обработке спектров НПВО нельзя непосредственно измерить толщину зондируемого слоя. Обычно она оценивается глубиной проникновения – расстоянием от границы раздела, на котором амплитуда электрического поля уменьшается в  $e$  раз [1]. Однако данный параметр зависит от длины волны излучения, показателя преломления оптически более плотной среды и угла падения. С уменьшением угла падения до критического глубина проникновения стремится к бесконечности. Что вызывает неопределенность в оценке толщины спектрофотометрируемого слоя. Кроме того, в поглощаю-

щей среде величина глубины проникновения зависит еще и от показателя поглощения среды.

Цель данной работы – исследование неоднородности структуры, состоящей из нескольких слоев промышленной пленки ПЭТФ методом НПВО.

Спектральные измерения проводили на образцах промышленных пленок ПЭТФ, вытянутых до толщины  $x = 5 - 6$  мкм, в области трех характеристических полос поглощения  $730, 1340, 1410 \text{ см}^{-1}$ . Были получены спектры НПВО систем, состоящих из двух ( $R_2^s$ ) и трех ( $R_3^s$ ) слоев пленок. Методика получения спектров НПВО на спектрофотометре UR-20 описана в работе [7]. Оптический элемент НПВО из KRS-5 с показателем преломления  $n_0 = 2,38$  устанавливали на приставку, которая обеспечивала угол падения  $\varphi$  s-поляризованного излучения на образец  $37^\circ - 55^\circ$ .

Как известно, вытянутые промышленные полимерные пленки имеют приповерхностные слои, ориентация макроцепей в которых отлична от остального объема. Таким образом, система, состоящая из двух или трех слоев пленок ПЭТФ, должна быть неоднородной по толщине. Это подтверждается полученными спектрами НПВО этих образцов. На рис. 1 приведены угловые зависимости  $R_{2,3}^s(\varphi)$  при  $\nu = 730, 1340, 1410 \text{ см}^{-1}$ . Как видно из рисунка, при частоте  $1410 \text{ см}^{-1}$ , которая считается полосой внутреннего стандарта для ПЭТФ [4], наблюдается практически полное совпадение зависимостей  $R_{2,3}^s(\varphi)$ . В то же время при двух других значениях  $\nu$  заметно отклонение между кривыми  $R_{2,3}^s(\varphi)$ . Причем это отклонение гораздо ярче выражено при  $\nu = 730 \text{ см}^{-1}$ . Это подтверждает, с одной стороны, неоднородность рассматриваемых систем, а с другой – чувствительность спектров НПВО к этой неоднородности.

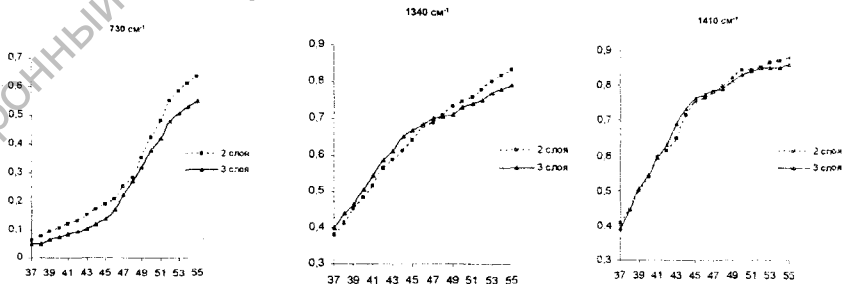


Рис. 1. Угловые зависимости  $R_{2,3}^s(\varphi)$ .

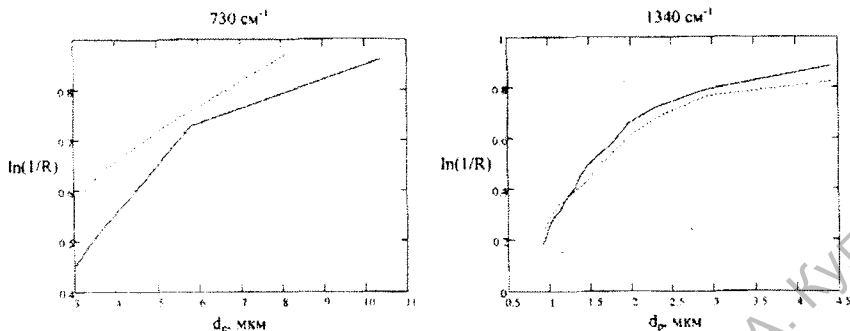


Рис. 2

Зависимости оптических плотностей от глубины проникновения для двухслойной системы (сплошная кривая) и трехслойной (штриховая кривая).

На рис. 2 представлен ход изменения оптических плотностей  $\ln(1/R)$  для полос поглощения при  $730$  и  $1340$   $\text{см}^{-1}$  как функции глубины проникновения  $d_p$ . При расчете последней использовались эффективные показатели преломления, рассчитанные по алгоритму Фаренфорта [8]. Приведенные данные показывают, что глубинные слои обеих исследуемых систем имеют большую степень кристалличности, чем приповерхностные.

Выбранный диапазон углов падения излучения позволяет при  $\nu = 730$   $\text{см}^{-1}$  просканировать трехслойную систему практически по всей толщине ( $d_p \sim 11$   $\mu\text{м}$ ), в то время как при  $\nu = 1340$   $\text{см}^{-1}$  коэффициенты  $R_{2,3}^S$  несут информацию преимущественно о первом слое пленки ( $d_p \sim 4,5$   $\mu\text{м}$ ). Поэтому оптические плотности для этой частоты практически совпадают. Резкое расхождение соответствующих кривых для  $\nu = 730$   $\text{см}^{-1}$  говорит о том, что эффективный показатель преломления  $n$ , используемый для расчета  $d_p$ , не может характеризовать исследуемые системы. Необходимо определение градиента  $n$  по толщине.

### Литература

1. Харрик Н. Спектроскопия внутреннего отражения. – М.: Мир, 1970. – 486 с.
2. Катихин В. Д., Ратина Н. В. Расчет ИГВО-спектров неоднородного переходного слоя на поверхности изотропного диэлектрика. Волгогр. гос. арх.-строит. акад. – Волгоград, 1995. – С.4 – Библиогр.: 4 назв. – Рус. – Деп. в ВИ-НИТИ 7.04.95, N 966-B95.
3. Van Alsten John G., Lustig Steven R. // Macromolecules. – 1992. – 25, N 19. – С. 5069-5073.

4. Золотарев В.М. // Оптика и спектроскопия. 37, № 3, 1974, С. 522-526.
5. Кабаев М. М., Ивченко Е. И. // Ж. прикл. спектроскопии. – 1997. – 64, N 1. – С. 103-307.
6. Кобер Е. В., Чмель А. Е. // Ж. прикл. спектроскопии. – 1997. – 64, N 1. – С. 132-136.
7. Головачев В.И., Гусев С.С., Стаськов Н.И. // Журн. прикл. спектроскопии. 1983. Т. 38. №3. С. 465.
8. J. Farenfort, W.H. Visser. // Spectrochim; Acta. 1967, vol. 18, p. 1103.