

УДК 535.2 : 539.238

АКУСТООПТИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
В ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНКАХ

Андрушко Л. М., Вознесенский В. А.

Исследованы оптические, волноводные, акустооптические свойства полимерных пленок, полученных сополимеризацией кремнийорганических и ароматических соединений в плазме тлеющего разряда. Определены оптимальные условия, обеспечивающие формирование пленочных световодов с малыми потерями. Приведены результаты экспериментальных исследований акустооптических взаимодействий поверхностных акустических и оптических волн в полимерных пленочных световодах. Величина коэффициента акустооптического качества (M_2) для кремнийорганических пленок составила 55 при затухании поверхностных акустических волн 0.4 дБ/см на 70 МГц.

Большие значения коэффициента акустооптического качества полимерных материалов позволяют значительно повысить эффективность дифракции света при акустооптических взаимодействиях в тонкопленочных полимерных световодах на пьезокварце [1].

В настоящей работе проведены исследования оптических, волноводных и акустооптических свойств полимерных пленок, полученных полимеризацией в плазме тлеющего разряда. В качестве исходных веществ использовали кремнийорганические соединения октаметилтрисилоксан (ОМТС), гексаметилдисилозан (ГМДСЗ) и соединения ароматического ряда — толуол (Т), стирол (С). Полимерные пленки получали как на основе чистых соединений, так и их сополимеризацией в плазме разряда по методике [2].

Исследования строения полимерных пленок приводили методом ИК спектроскопии в диапазоне $600-4000 \text{ см}^{-1}$. Во всех спектрах характерно присутствие полос поглощения 2960, 2915, 1460, 1420 см^{-1} , соответствующих колебаниям связи С—Н в метильных группах [3]. В спектрах кремнийорганических соединений (рис. 1, а, в — ОМТС, ГМДСЗ) наблюдаются полосы поглощения, соответствующие колебаниям групп Si—CH₃ (1255 см^{-1}), Si—H (2120 см^{-1}), Si—C (892 см^{-1}). Характерными полосами поглощения для ОМТС являются валентные антисимметричные колебания силоксановой группы Si—O—Si (1035 см^{-1}) и Si—N—Si (940 см^{-1}), N—H (1560, 1190 см^{-1}) для пленок ГМДСЗ. В спектрах пленок толуола (рис. 1, б) и стирола (рис. 1, г) наблюдаются полосы поглощения, соответствующие неплоским деформационным колебаниям связи С—Н ароматического кольца в присутствии пяти незамещенных атомов водорода (700, 760, 1122 см^{-1}) [4]. Значительные изменения наблюдаются в спектрах сополимеризации ОМТС—толуол (рис. 1, д) и ГМДСЗ—стирол (рис. 1, е). Уменьшение интенсивности полос поглощения (700, 760, 1122 см^{-1}) в пленках, полученных сополимеризацией ОМТС и толуола (70 : 30%) позволяют предположить о разрыве связей в ароматическом кольце. Аналогичные процессы происходят и при получении пленок сополимеризацией ГМДСЗ—стирол (70 : 30%), однако диссоциация ароматического кольца происходит не полностью, о чем свидетельствует наличие полос поглощения в области 760, 700 см^{-1} .

Оптические и волноводные свойства полимерных пленок исследовались с использованием призмного устройства связи при $\lambda=0.6328 \text{ мкм}$ [5]. Из измерений резонансных углов возбуждения определялись постоянные распространения волноводных мод, и численным решением системы дисперсионных уравнений для изотропных волноводов с однородным распределением показателя

преломления находили значение толщины и показателя преломления волновода. Потери в волноводах оценивались методом сканирования фотодиода по поверхности пленки.

На рис. 2 представлена зависимость изменения показателя преломления полимерных пленок от концентрации компонент полимеризации в исходной газовой смеси. Показано, что с увеличением концентрации кремнийорганических соединений в исходной смеси происходит уменьшение показателя преломления пленок. При этом наблюдается уменьшение оптических потерь в волноводах. При давлении исходных паров в газовой смеси $P=22$ Па, плотности тока разряда 0.55 мА/см² и соотношении компонент полимеризации ОМТС—толуол

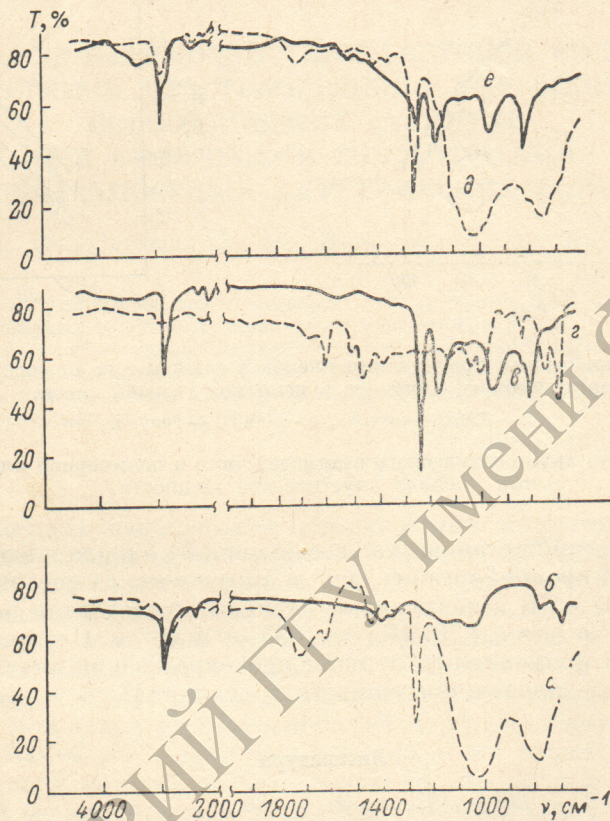


Рис. 1. ИК спектры полимерных пленок.

70 : 30% потери в полимерных пленках при $\lambda=0.6328$ мкм составляли $\alpha=(1 \pm 0.2)$ дБ/см.

Акустооптические взаимодействия поверхностных оптических и акустических волн (АПВ) исследовались на Y-срезы пьезокварца с нанесенной на него системой двухфазных встречно-штыревых преобразователей с $f_0=70$ МГц и апертурой $L=5$ мм. Результаты измерений эффективности дифракции Рамана—Ната для TE_0 -моды волноводов толщиной 2.5 мкм представлены на рис. 3. При увеличении акустической мощности наблюдается повышение дифракционной эффективности, однако значительных различий в эффективности дифракции света в пленках на основе ОМТС (рис. 3, 2) и ГМДСЗ (рис. 3, 3) по сравнению с пленками на основе ОМТС—Т 70 : 30% (рис. 3, 1) и ГМДСЗ—стирол 70 : 30% (рис. 3, 4) не наблюдается, что объясняется достаточно близкими значениями коэффициентов акустооптического качества материала пленок при прочих равных условиях акустооптического взаимодействия.

Проведены оценки коэффициента акустооптического качества $M_2 = n^2 p^2 / \rho v^3$ [6] для полимерных пленок, полученных полимеризацией из газовой фазы. Для исследуемых полимерных пленок скорость акустических поверхностных волн

(v) изменялась в пределах $(1.8 \div 2.2) \cdot 10^3$ м/с, плотность (ρ) составляла $1.7 - 1.9$ мг/м³, составляющая упругооптического тензора оценивалась согласно [7] и составляла $p=0.3$. Расчетные значения M_2 показали, что его величина, нормированная по коэффициенту акустооптического качества плавленого кварца,

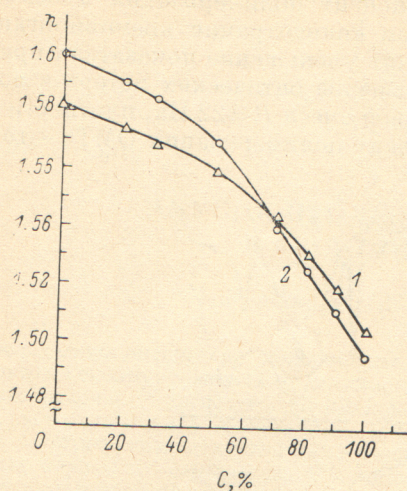


Рис. 2. Изменение показателя преломления пленок в зависимости от содержания кремнийорганического мономера в исходной газовой смеси.

1 — ГМДС3—стирол, 2 — ОМТС—толуол.

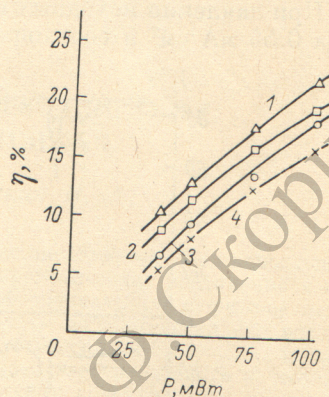


Рис. 3. Эффективность акустооптического взаимодействия в полимерной пленке при различных уровнях акустической мощности.

составляет для кремнийорганических соединений 54.5 и для пленок полученных сополимеризацией кремнийорганических и ароматических соединений $59 \div 60.5$. Оценка затуханий АПВ в полимерных пленках, проведенная по методике [8], показала, что на частоте $f_0=70$ МГц $\alpha=0.35 \div 0.4$ дБ/см. Следует отметить, что с учетом точности применяемых методик при определении акустических параметров полимерных пленок погрешность в оценки M_2 и α составляла 15%.

Литература

- [1] Осадчев Л. А. — ЖТФ, 1980, т. 50, с. 180.
- [2] Андрушко Л. М., Вознесенский В. А., Гассанов Л. Г., Кривокобыльский Е. П., Ткачук Б. В. — Изв. вузов СССР, Радиоэлектроника, 1979, т. 22, с. 96.
- [3] Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. М., 1963.
- [4] Дехант А. И., Данц Р., Киммер В., Шмольке Р. Инфракрасная спектроскопия полимеров. М., 1976.
- [5] Дерюгин Л. Н., Марчук А. И., Сотин В. Е. — Изв. вузов СССР, Радиоэлектроника, 1967, т. 10, с. 134.
- [6] Магдич Л. Н., Молчанов В. Я. Акустооптические устройства и их применение. М., 1978.
- [7] Pippow D. A. — IEEE J. Quant. Electron., 1970, v. 6, p. 223.
- [8] Осадчев Л. А., Сотин В. Е. — Радиотехн. и электрон., 1977, т. 22, с. 1309.

Поступило в Редакцию 10 октября 1982 г.