

АКУСТИКА И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

УДК 534.2

АКУСТИЧЕСКИЙ СПЕКТРОГРАФ

А. Н. Астафьев, К. Н. Баранский, П. И. Дореули, А. Р. Хохлов, И. В. Шляхов

(кафедра физики полимеров и кристаллов)

E-mail: anastaf@polly.phys.msu.ru

Описан принцип действия и структура акустического спектрографа для измерения частотных зависимостей скоростей распространения и поглощения акустических волн в вязкоупругих средах в диапазоне частот от 20 Гц до 20 МГц.

Исследование условий распространения ультразвуковых волн в различных средах ведется путем измерения скоростей их распространения и коэффициентов поглощения в широком диапазоне частот и интервалах изменения температуры, давления и других внешних условий. Результаты этих измерений позволяют определять вязкоупругие свойства кристаллов, изотропных твердых и жидких сред, в частности полимеров и их растворов. Эта область физической акустики составляет предмет ультразвуковой спектроскопии. Если оптическая спектроскопия имеет в своем распоряжении большой выбор спектрографов, позволяющих наблюдать сразу весь спектр поглощения белого света, прошедшего через исследуемую среду, то в акустической спектроскопии приходится измерять частотные зависимости по точкам, последовательно переходя от одной частоты к другой.

В ряде работ [1–3] для получения спектра поглощения ультразвука в среде использовалось пьезоэлектрическое возбуждение широкополосного пьезопреобразователя коротким одиночным видеоимпульсом или наносекундным импульсом лазера [4]. Различия в условиях распространения компонент сплошного спектра частот возбужденного ультразвукового импульса в среде приводят к изменению его спектра. Сравнивая спектры возбуждающего видеоимпульса и импульса, прошедшего через среду, с помощью радиочастотного анализатора спектра можно получить частотную зависимость поглощения ультразвука.

В настоящей работе для этой цели используется периодическая последовательность прямоугольных видеоимпульсов с линейчатым спектром. Укорочение длительности импульсов τ повышает частоту первого нуля спектра, а уменьшение частоты следования импульсов F сокращает интервалы между частотами спектральных компонент. При совпадении частоты повторения видеоимпульсов F с собственной частотой пьезорезонаторов наблюдается резонанс на всех нечетных гармониках. Такое увеличение чувствительности акустического спектрометра особенно полезно на частотах повышенного релаксационно-

го поглощения ультразвука в исследуемых средах. Сравнительно небольшое изменение частоты следования видеоимпульсов приводит к смещению частот всех спектральных компонент и дает возможность провести исследование на всех частотах.

Комплект спектрографа состоит из акустической части (образец исследуемой среды и акустически связанные с ним пьезоэлектрические или электро-механические преобразователи ультразвука для возбуждения и регистрации колебаний), систем обработки сигналов и генератора импульсов (Г5-53).

В качестве анализатора используются цифровые системы обработки сигналов: «Wavelab» от 20 Гц до 100 кГц фирмы Strenberg и система АМВ РСІ v2.0 — АDМ 212 × 40М от 20 кГц до 40 МГц при входном напряжении от 2.5 мВ, разработанная АО «Инструментальные системы», в виде дополнительных плат к ПК. Они позволяют наблюдать осциллограммы сигналов и в реальном времени наблюдать их спектры в диапазоне изменения частоты на шесть порядков. На экран ПК выводятся изображения передних панелей осциллографа и анализатора спектров с действующими органами их управления, шкалы уровней сигналов, времен и частот. Системы позволяют сохранять файлы оцифрованных осциллограмм сигналов и их спектров для последующей математической обработки. Кроме того, системы «Wavelab» и АМВ могут программно создавать последовательности видео- и радиоимпульсов различной формы и выводить их через ЦАП в аналоговом виде для возбуждения ультразвука. Поскольку акустические измерения на самых низких звуковых частотах системы «Wavelab» в твердых средах затруднительны, исследования проводятся в диапазоне частот от 1 кГц до 40 МГц (с изменением частоты на 4 порядка).

Для расчета частотных зависимостей скорости распространения и коэффициента поглощения ультразвука в образце используются двумерные массивы спектров сигналов, выводимых с возбуждающего и регистрирующего пьезопреобразователей, а также значения плотности и размеров исследуемого образца.

Для апробирования данной установки использовались образцы полиметилметакрилата различной длины. Этот твердый полимер широко применяется в промышленности, поэтому хорошо изучен и описан в ряде работ. Результаты проведенных измерений коэффициента поглощения и скорости распространения ультразвука в полиметилметакрилате в пределах ошибки совпали с данными, приведенными в литературе.

Авторы выражают благодарность за ценные консультации по использованию системы АМВ РСІ А. В. Архипову (зам. директора АО «Инструментальные системы»).

Литература

1. *Gericke O.R.* // Mater. Res. Stand. 1965. **5**. P. 23.
2. *Papadakis E.P., Fowler K.A., Lynnworth L.C.* // J. Acoust. Soc. Am. 1973. **53**. P. 1336.
3. *Bolej D.I., Menes M.* // J. Appl. Phys. 1960. **31**, N 6. P. 1010.
4. *Карабутов А.А., Матросов М.П., Подымова Н.Б., Пыж В.А.* // Акуст. журн. 1991. **37**, № 2. С. 311.

Поступила в редакцию
30.06.04