

Из (11) следует, что, выбрав соответствующим образом схему маневрирования источника, можно измерить \bar{k} с любой наперед заданной точностью. Поскольку $k_l \approx k$ и $u_l \approx c$, то данный способ не требует детального изучения акустических параметров волновода и позволяет без существенных затрат затабулировать \bar{k} в заданном диапазоне частот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение цифровой обработки сигналов/Под ред. Оппенгейма Э. М.: Мир, 1980.
2. Shaffer J. D., Fitzgerald R. M., Guthrie A. N. Coherence of low-frequency acoustic signals in the deep ocean.— J. Acoust. Soc. Amer., 1974, v. 56, № 4, p. 1122–1125.
3. Hawker K. E. A normal mode theory of acoustic Doppler effects in the oceanic waveguide.— J. Acoust. Soc. Amer., 1979, v. 65, № 3, p. 675–681.

Ростовский государственный университет им. М. А. Сулова

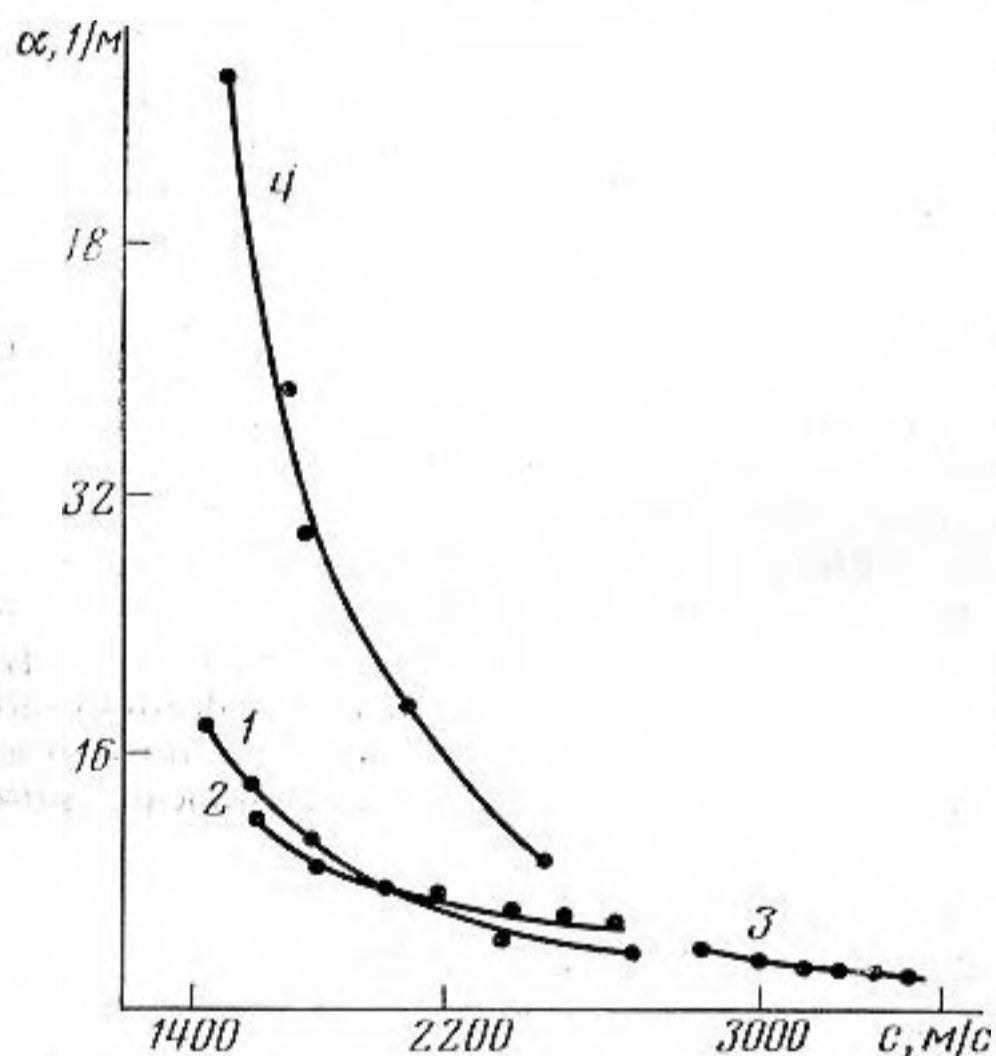
Поступило в редакцию 6.VI.1983

УДК 534.2+539.2

ОБ ОДНОЙ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ СКОРОСТЬЮ И КОЭФФИЦИЕНТОМ ПОГЛОЩЕНИЯ ЗВУКА ДЛЯ КРИСТАЛЛИЗУЮЩИХСЯ ОРИЕНТИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРОВ

Забашта Ю. Ф., Носов М. П., Рысюк Б. Д., Юнусов Б. Х.

В акустике твердых тел часто оправдывается эмпирическое правило: изменения структуры, приводящие к увеличению скорости звука, сопровождаются уменьшением коэффициента поглощения. Проведенные нами акустические измерения ориентированных кристаллизующихся полимеров (нитей) показывают (см. фигуру), что



Зависимость коэффициента поглощения α от скорости звука c для полимерных нитей

изученные объекты не являются исключением из этого правила. Методика эксперимента описана в [1]. Измерения проводились при температуре 293 К на частоте 92 кГц. Исследованные материалы отличались химическим составом, физической структурой и формой образца. По своему химическому составу изученные объекты разделялись на два типа: капрон и вискоза. Физическая структура изменялась за счет ориентационного вытягивания. Различные формы образца были представлены тремя видами: гладкими, текстурированными и комбинированными нитями. Текстурированные нити, как известно, в отличие от гладких имеют извитую форму. Комбинированные нити получались сложением вискозных и капроновых нитей и последующим пропусканием такой нити через специальное устройство, в котором элементарные нити перепутывались. При этом варьировалась избыточная длина вискозной нити по отношению к капроновой (так называемый нагон).

Экспериментальные точки, относящиеся к тому или иному виду нити, располагаются на фигуре вблизи соответствующих расчетных кривых, построенных по приведенной ниже формуле 4, изображенных линиями (1 — гладкие капроновые нити, 2 — текстурированные капроновые нити, 3 — вискозные нити, 4 — комбинированные нити).

Гладкие капроновые нити отличались друг от друга кратностью вытяжки, которая принимала значения 1,2; 1,6; 2,4; 3,2; 4,4; 4,8. Текстурированные — были получены из гладких нитей, обладавших указанными кратностями вытяжки. Вискозные — характеризовались процентом вытяжки (0,12, 18, 24, 32, 40), а комбинированные нити — процентом нагона (100, 150, 200, 230, 250).

Экспериментальные точки, относящиеся к той или иной кривой, располагаются на фигуре вдоль этой кривой слева направо в порядке возрастания кратности (процента) вытяжки (кривые 1–3) или в порядке уменьшения процента нагона (кривая 4).

Определим вид функциональной зависимости коэффициента поглощения α от скорости c . Известна формула $\alpha = J\rho c\omega/2$, где ρ — плотность, J — мнимая часть комплексной податливости, ω — циклическая частота.

Для нахождения J воспользуемся известной моделью (см. [2]), согласно которой полимер представляется в виде совокупности релаксаторов. Каждый из релаксаторов может находиться в одном из двух положений равновесия, энергии которых отличаются на величину V . При переходе из одного положения равновесия в другое преодолевается энергетический барьер U . Средняя частота таких переходов равна $\tau^{-1} = \tau_0^{-1} \exp(-U/k_B T)$, где τ_0 — средний период тепловых колебаний релаксатора, k_B — постоянная Больцмана, T — температура. После приложения внешнего напряжения σ энергетическая разность V уменьшается на величину $\sigma \epsilon$, причем коэффициент ϵ может быть записан в виде произведения $\epsilon = f_1(V) f_2(\varphi)$, где φ — угол между направлением перемещения релаксатора и внешней силой.

Нами использована разновидность предыдущей модели, предложенная в [3, 4]. Считается, что релаксаторы характеризуются, вообще говоря, разными значениями V , U , τ_0 и φ , соответственно чему вводится функция распределения $F(U, V, \tau_0, \varphi) = F_1(U, V, \tau_0) F_2(\varphi)$. При этом величина J определяется формулой

$$J = \frac{N}{k_B T} \iiint dU dV d\tau_0 d\varphi \frac{\epsilon^2 \omega \tau \exp(-V/k_B T)}{(1 + \omega^2 \tau^2) [1 + \exp(-V/k_B T)]^2} F(U, V, \tau_0, \varphi),$$

где N — концентрация релаксаторов.

В настоящем эксперименте колебания возбуждались в направлении, параллельном оси нити. Следовательно, внешняя сила действовала в том же направлении.

Структурирование и изменение процента нагона изменяют наклон участков нити по отношению к направлению внешней силы, не затрагивая внутренней структуры нити. Фактически при этом изменяется только функция $F_2(\varphi)$.

При вытяжке, вообще говоря, может изменяться, кроме функции $F_2(\varphi)$ также и функция $F_1(U, V, \tau_0)$. Однако обычно принимают (см., например, [5]), что вытяжка приводит главным образом к повороту элементов структуры без существенного изменения их внутренней структуры. В рамках применяемой модели последнее означает, что изменением функции $F_1(U, V, \tau_0)$ при вытяжке можно пренебречь.

Следовательно, в данном эксперименте структурные вариации сводились только к изменению функции $F_2(\varphi)$.

Каждый элемент структуры характеризуется преимущественным направлением цепей. Обозначим угол между последним и внешней силой через ψ . Тогда, как показано в [6], если структурные изменения касаются лишь функции $F_2(\varphi)$, величина J оказывается многочленом первой степени от $\langle \cos^2 \psi \rangle$, где $\langle \dots \rangle$ означает усреднение по углам ψ .

В свою очередь величина $\langle \cos^2 \psi \rangle$, как это следует из [7], является многочленом первой степени от $1/c^2$. Следовательно, J также оказывается многочленом первой степени от $1/c^2$ и исходная формула для коэффициента поглощения приобретает вид $\alpha = A/c + Bc$. Значения A (10^4 с^{-1}) и B (10^{-4} с/м^2), обеспечивающие наилучшее совпадение экспериментальных точек с последней формулой, равны соответственно 1,57 и -0,19 (гладкие капроновые нити), 3,02 и -25,41 (структурированные капроновые нити), 2,38 и -13,29 (вискозные нити), 14,70 и -213,67 (комбинированные нити).

Расчетные зависимости, полученные подстановкой в конечную формулу перечисленных значений A и B , представлены на фигуре сплошными линиями и, как это видно, хорошо согласуются с экспериментальными данными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рысюк Б. Д., Носов М. П. Механическая анизотропия полимеров. Киев: Наук. думка, 1978, с. 230.
2. Новик А., Берри Б. Релаксационные явления в кристаллах. М.: Атомиздат, 1975, с. 472.
3. Голик А. З., Алексеев А. Н., Забашта Ю. Ф. Активационная модель для системы неидентичных релаксаторов. — Укр. физ. журн., 1980, т. 25, № 5, с. 844–847.
4. Забашта Ю. Ф., Карповская А. И. Об одной некорректной задаче теории релаксаторов. — Физика жидкого состояния, 1981, вып. 9, с. 131–137.
5. Moseley W. W. The measurement of molecular orientation in fibers by acoustic methods. — J. Appl. Polymer Sci., 1960, v. 3, № 9, p. 266–276.
6. Забашта Ю. Ф. Об интерпретации акустического эксперимента для ориентированных полимеров. — Акуст. журн., 1979, т. 25, № 1, с. 77–80.
7. Забашта Ю. Ф., Коченюк Н. Я. Об исследовании ориентационного порядка в полимерных волокнах акустическим методом. — Акуст. журн., 1983, т. 29, № 3 с. 347–351.

Киевский филиал
Всесоюзного научно-исследовательского
и проектного института искусственного
волокна с опытным заводом

Поступило в редакцию
28.VI.1983