

08; 11; 12

© 1991

О ПЕРЕДАЧЕ ЭНЕРГИИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ
ИМПУЛЬСОВ ЗАРЯЖЕННЫМИ ПЛЕНКАМИ ПОЛИКАРБОНАТАА.В. Волкова, Г.А. Лушейкин,
М.А. Горбунов

Известно, что ультразвуковые импульсы (УЗИ) взаимодействуют с носителями заряда (НЗ), это приводит в ряде случаев к усилению УЗИ и трансформации ультразвуковых волн в акустоплазменные и акустоэлектромагнитные [1, 2]. Эти эффекты хорошо исследованы для неорганических низкомолекулярных соединений.

Имеются сообщения о наличии НЗ в пленках и порошках полимерных диэлектриков [3, 4]. В этой связи можно предположить, что в пленках полимерных диэлектриков возможно участие НЗ в передаче энергии УЗИ и трансформация УЗ волн в акустоплазменные. Цель настоящего исследования заключалась в изучении прохождения УЗИ через образцы материала, содержащего ловушки, заполненные НЗ.

Исследование проводили в нестандартных условиях постановки акустического эксперимента, когда толщина h пленки была меньше $\lambda/4$, где λ — длина волны УЗ продольных волн в образце. Прохождение УЗИ в таких условиях практически не исследовано, а механизм передачи энергии УЗИ не изучен. Поэтому представляло интерес проверить возможность связи этого механизма с НЗ и влияние на параметры прохождения УЗИ через образец концентрации НЗ в ловушках вблизи его поверхности.

Исследование проводилось на пленках поликарбоната (ПК), изготовленных фирмой „Байер“ (ФРГ), имеющих $h \approx 15$ мкм.

Из литературы известно, что в пленках ПК имеются глубокие уровни захвата электронов. Заселенность этих уровней отклоняется от равновесной после выдержки пленок в электрическом поле коронного разряда. При нагревании пленок ПК в интервале температур T от 20 до 200 °С наблюдали выход НЗ из ловушек [3]. Сообщалось, что в пленках большинства полимеров имеются ловушки для НЗ как на поверхности, так и в объеме образца, а их распределение по глубине в общем случае может отклоняться от однородного экспоненциального [3].

В результате выдержки пленок ПК в коронном разряде увеличивается доля ловушек, заполненных НЗ, залегающих более глубоко от поверхности пленки и увеличивается концентрация носителей заряда в ловушках. Чтобы проверить влияние глубины залегания ловушек, заполненных НЗ, на параметры прохождения УЗИ через пленку ПК, изучали исходную, не выдержанную в коронном разряде пленку, и пленку, которая выдерживалась в коронном разряде

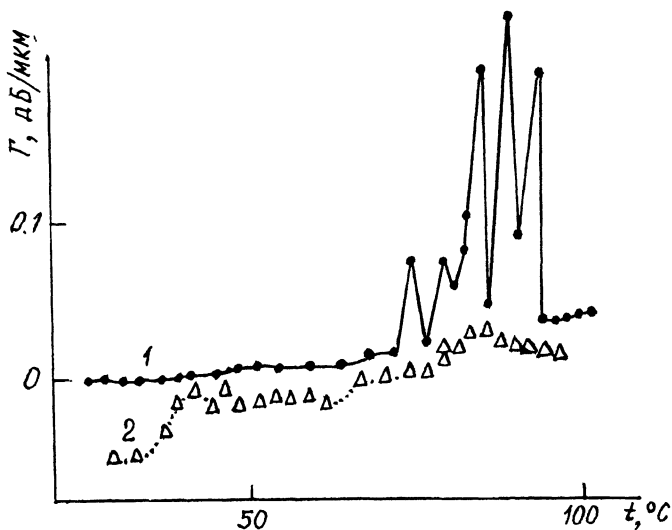


Рис. 1. Изменение поглощения энергии УЗИ исходной (1) пленкой ПК и выдержанной в электрическом поле коронного разряда (2) в зависимости от температуры.

вблизи положительного электрода в течение 15 мин при $T=120^{\circ}\text{C}$ и разности потенциалов около 4 кВ.

Перед измерениями ПК зажимали буферными стержнями из дюр-алюминия. На буферных стержнях располагали пьезодатчики для возбуждения продольных УЗ волн с частотой 0.66 МГц. УЗИ формировали ударным возбуждением пьезодатчиков передним фронтом видеопульса длительностью < 0.1 мкс. На пьезодатчик, расположенный на буферном стержне приемника УЗ, поступал УЗ сигнал, который наблюдали на экране осциллографа и измеряли амплитуду его первой полуволны. По изменению амплитуды оценивали коэффициент поглощения Γ УЗИ:

$$\Gamma = \frac{\ln A/A_0}{h}, \quad (1)$$

где A – амплитуда первой полуволны сигнала на приемнике УЗ при наличии пленки между буферными стержнями, а A_0 – амплитуда этого сигнала в отсутствие пленки между буферными стержнями.

Представляло интерес оценить еще и время прохождения УЗИ через ПК. С этой целью использовали линию сравнения, заполненную

дистиллированной водой. Вершину первой полуволны сигнала, прошедшего через буферные стержни, совмещали с вершиной первой полуволны сигнала, прошедшего линию сравнения. Для этого перемещали один пьезодатчик в линии сравнения относительно другого. По расстоянию между ними и скорости прохождения УЗИ в жидкости находили время τ_0 прохождения УЗИ буферных стержней. Затем устанавливали между буферными стержнями пленку и повторяли описанную операцию сравнения времен прохождения сигналов в линии с образцом и в линии с дистиллированной водой. При этом определяли время τ_1 прохождения сигнала через систему буферных стержни-образец. Время τ прохождения сигнала в образце находили по разности $\tau = \tau_1 - \tau_0$. Зная h и измерив τ , определяли $C = h/\tau$.

В известных исследованиях полимеров, выполненных контактным методом, обычно рассматривали случай, когда h образца $> \lambda$, где λ — длина волны [1], что не соблюдалось в наших измерениях. В этой связи заранее нельзя было утверждать совпадет ли измеренное значение C для УЗИ, распространяющегося в направлении толщины пленки, имеющей $h \ll \lambda$, со скоростью упругих волн C_y . Нельзя было исключать, что на каких-то участках системы буферные стержни-образец энергия УЗИ вследствие взаимодействия с НЗ будет передаваться, например, в форме акустоплазменных волн или волн иного типа. Поэтому измеряемое значение C целесообразно назвать эффективной скоростью УЗИ в образце. Погрешность измерений C и Γ была $\approx 10\%$.

На рис. 1 представлен характер наблюдаемых в эксперименте $\Gamma(T)$ зависимостей в ПК. В температурном интервале, в котором по литературным данным в пленках ПК возможен выход НЗ из ловушек, расположенных на поверхности пленки случайным образом, наблюдали осцилляции $\Gamma(T)$ зависимости.

После выдержки пленки в электрическом поле коронного разряда и, следовательно, в результате накопления объемного заряда в ней, в отмеченном интервале температур наблюдали не осцилляции $\Gamma(T)$, а широкий максимум. Такой результат, по-видимому, указывал на увеличение времени жизни НЗ в ловушках в пленке, выдержанной в электрическом поле.

В пленке ПК, выдержанной в коронном разряде при тех же условиях постановки эксперимента, что и на исходной пленке, при T , расположенных ниже того интервала T , в котором возможен выход НЗ из ловушек, наблюдали $\Gamma < 0$. На наш взгляд, этот результат указывает на взаимодействие УЗИ с НЗ в образце, находящимися вследствие выдержки в коронном разряде в неравновесном состоянии.

Величина τ , измеренная в одинаковых условиях постановки эксперимента, зависела от того, была ли выдержана пленка ПК в коронном разряде. Для исходной пленки наблюдали $\tau < 0$, а для пленки, выдержанной в коронном разряде τ было > 0 . Соответственно, знак C для пленок ПК, имеющих НЗ в ловушках на поверхности и в объеме пленки, также различался. В исходной пленке ПК, имеющей НЗ в ловушках на поверхности образца, C

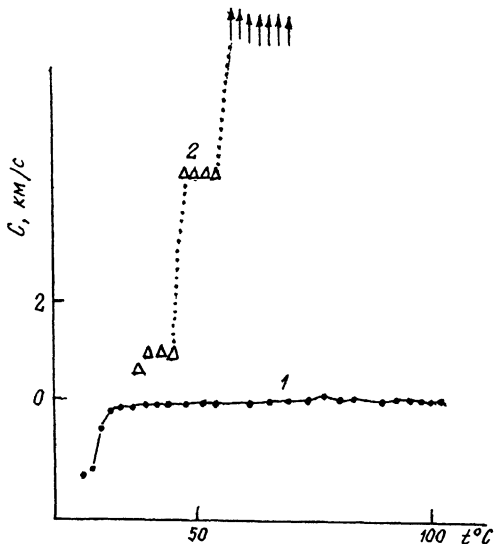


Рис. 2. Изменение эффективной скорости передачи энергии УЗИ через исходную (1) пленку ПК и через пленку, выдержанную в коронном разряде (2), в зависимости от температуры.

было меньше нуля. В результате выдержки пленки в поле коронного разряда, когда увеличивалась вероятность заполнения более глубоких ловушек НЗ, знак C становился >0 (рис. 2).

Значение C УЗИ исходных пленок ПК во всем исследованном диапазоне T было нехарактерным для упругих волн. Для пленок ПК, выдержанных в поле коронного разряда, нехарактерные для упругих волн значения C наблюдали в том интервале T , в котором известна неустойчивость НЗ, обусловленная выходом НЗ из ловушек.

Профиль кривой $C(T)$ для образца со случайным близким к равновесному распределением НЗ в ловушках (для исходного образца) был близок к экспоненте.

Изменение профиля $C(T)$ зависимости у образцов, выдержанных в коронном разряде, отличалось от экспоненциального. Для этих образцов наблюдали максимум $C(T)$ зависимости, приходящийся на интервал T , в котором для пленок ПК известен релаксационный процесс, природа которого различными авторами связывается с различными механизмами [3, 4].

Анализируя результаты описанного выше эксперимента, поставленного на образцах с $h \ll \lambda$, можно заключить, что измеряемые в этом случае параметры, характеризующие прохождение УЗИ, существенным образом зависят от состояния НЗ в ловушках, в частности, от глубины их залегания от поверхности и концентрации в приповерхностном слое.

- [1] Ультразвук. Маленькая энциклопедия. М.: Советская энциклопедия. 1979. 400 с.
- [2] Канер Э.А., Яковенко В.М. // Успехи физических наук. 1975. Т. 115. В. 1. С. 41-72.
- [3] Сесслер Г. Электреты. М.: Мир. 1983. 486 с.
- [4] Лущейкин Г.А. Полимерные электреты. М.: Химия. 1984. 183 с.

Московский
областной
педагогический
институт

Поступило в Редакцию
18 октября 1991 г.