

и вызвал увеличение диссипативного параметра. Из сопоставления приведенных здесь концентрационных зависимостей коэффициента поглощения для пористого глицерина с опубликованными в [3] для трансформаторного масла и солевого раствора с пузырьками газа на тех же частотах видно, что качественно и количественно результаты практически совпадают. Следовательно, поглощение звука, вызванное пузырями и намного превосходящее поглощение в сплошной жидкости, выравнивает различие, обусловленное природой жидкостей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Зарембо Л. К., Красильников В. А. Введение в нелинейную акустику, М., «Наука», 1966.
2. Ляхов Г. М., Покровский Г. И. Взрывные волны в грунтах, М., Гостехиздат, 1962.
3. Кольцова И. С., Крынский Л. О., Михайлов И. Г., Покровская И. Е. Ультразвуковая спектроскопия двухфазных систем. В сб.: Материалы III Всесоюзной конференции по вопросу ультразвуковой спектроскопии, Вильнюс, 1976, Каунас, 1976, 111-114.

Ленинградский государственный университет  
им. А. А. Жданова, физический факультет  
Научно-исследовательский физический  
институт

Поступила  
17 апреля 1978 г.  
После исправления  
9 октября 1978 г.

УДК 534.6.08

#### ВИЗУАЛИЗАЦИЯ УЛЬТРАЗВУКА С ПОМОЩЬЮ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ПЛЕНКИ

*Т. С. Квятковская, Ф. Ф. Легуша, Е. В. Прохорова, Б. А. Финагин*

Попытки использовать жидкие кристаллы для визуализации ультразвуковых полей привели к созданию жидкокристаллических детекторов [1, 2]. Работы по оптимизации свойств таких детекторов и их испытания показали, что они обладают рядом недостатков. Так, незащищенный от воздуха слой жидкого кристалла изменяет свои свойства и за 1-3 суток после изготовления становится практически непригодным для дальнейшего использования; цвет каждого участка жидкого кристалла зависит от его толщины; слой жидкого кристалла имеет низкую механическую прочность.

Для устранения указанных недостатков было решено использовать в качестве визуализирующего элемента детектора жидкокристаллическую пленку. Пленка эта имеет два наружных слоя из поливинилового спирта и внутренний слой из смеси поливинилового спирта с холестерическим жидким кристаллом. Наличие защитных слоев позволяет стабилизировать параметры реагирующего слоя на срок до 6 месяцев и более. Пленка обладает хорошей однородностью по толщине и высокой механической прочностью. В детекторе жидкокристаллическая пленка накладывается на слой поглотителя вместо жидкого кристалла. Контакт между пленкой и поглотителем осуществляется посредством какой-либо нейтральной жидкости.

Для исследования свойств такого детектора были изготовлены образцы с различной толщиной поглотителя, в качестве которого применялось органическое стекло с плотностью  $\rho = 1189 \text{ кг/м}^3$  и скоростью звука  $c = 2820 \text{ м/сек}$ . Жидкокристаллическая пленка толщиной 150 мкм реагировала в температурном интервале от  $25,5^\circ$  до  $30,5^\circ \text{ С}$ . Контакт между поглотителем и пленкой обеспечивался с помощью технического вазелинового масла, толщина слоя которого составляла 40-60 мкм. Во время испытаний поглотитель помещался на поверхность сосуда с водой, на дне которого находился ультразвуковой излучатель с рабочей частотой 940 кГц. Интенсивность ультразвука оценивалась при помощи калиброванного сферического гидрофона диаметром 1,5 мм, который располагался в центре визуализируемого ультразвукового пучка. Поглотитель при этом оказывался в дальнем поле излучателя.

Температура воды  $t_1$  и воздуха  $t$  измерялась при помощи ртутных термометров с ценой делений  $0,1^\circ \text{ С}$ . Температура воздуха  $t$  была постоянной и равной  $24,2^\circ \text{ С}$ , а значения  $t_1$  указаны в таблице. Температура поверхности поглотителя  $t_n$  оценивалась визуально по изменению цвета пленки в малой области на оси ультразвукового пучка. Для этой цели интенсивность ультразвука изменялась небольшими скачками по 10-20  $\text{вт/м}^2$ . По прошествии 5-7 сек после каждого изменения интенсивности устанавливался какой-либо определенный цвет пленки и в дальнейшем в течение 3-5 мин он уже не изменялся (можно считать, что при этом устанавли-

вался квазистационарный процесс обмена теплом между поглотителем и граничащими с ним средами). В таблице зафиксированы значения  $t_n$ , снятые со спектральной характеристики жидкокристаллической пленки  $\lambda(t)$ , соответствующие переходам между основными цветами (например, красным — желтым, желтым — оранжевым, оранжевым — зеленым и т. д.).

Значения интенсивности ультразвука в  $вт/м^2$ , вызывающие то или иное изменение температуры поглотителя  $\Delta t = t_n - t_1$ , представлены в таблице в зависимости от температуры воды и толщины поглотителя.

Анализ результатов измерений показывает, что в детекторах толщину поглотителя следует выбирать кратной половине длины волны ультразвука в материале поглотителя (в данном случае длина волны составляла 3,0 мм). Минимальные значения интенсивностей ультразвука, необходимые для накопления достаточной для срабатывания жидкокристаллической пленки энергии, обеспечиваются для поглотителя толщиной 3 мм. В то же время в поглотителе толщиной 1,57 мм приращение температуры  $\Delta t = 2,7^\circ C$  возникает при интенсивности ультразвука, равной  $890 вт/м^2$ . Увеличение интенсивности ультразвука с уменьшением толщины поглотителя вызвано тем, что при малых толщинах потери тепла в воду сильнее изменяют температуру верхней поверхности поглотителя. Для поглотителей с толщинами более 4 мм

Температура воды $t_1, ^\circ C$		25,5	25,5	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4
$\Delta t, ^\circ C$		1,0	2,0	2,7	3,1	3,7	4,3	6,5
Толщина	1,23 мм	—	—	4650	12 730	24 790	—	—
	3,00 мм	180	430	620	910	1160	1550	3400
	5,37 мм	—	—	1080	—	—	1660	5790

эти факторы имеют меньшее значение, но у них наблюдается большая утечка тепла в направлении, перпендикулярном направлению падения ультразвука, что приводит к расплыванию изображения. Максимальная чувствительность детектора достигается при такой температуре воды, когда пленка имеет красный цвет (т. е. здесь необходимо перейти порог срабатывания). Для детектора с поглотителем толщиной 3 мм воздействие ультразвука обнаруживается при интенсивностях порядка  $30-60 вт/м^2$ . В общем случае для повышения чувствительности детектора необходимо подобрать материал поглотителя с волновым сопротивлением  $\rho_s$ , близким к  $\rho_s$  жидкости, обладающего коэффициентом затухания ультразвука большим, а теплоемкостью и коэффициентом теплопроводности меньшими, чем у органического стекла. Температурный интервал чувствительности пленок, используемых для визуализации ультразвука, достаточно иметь порядка  $3-4^\circ C$ . При больших интервалах увеличивается теплопередача в контактирующие среды и, следовательно, необходимо увеличивать интенсивность ультразвука.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Sproat W. A., Cohen S. E. AGIS — An Acoustographic Imaging System. Materials Evaluation, 1970, 28, 4, 73—76.
2. Прохорова Е. В., Фурсов Е. И. Визуализация ультразвуковых изображений при помощи жидких кристаллов. Тезисы докладов Первой дальневосточной акустической конференции, Изд-во ДВПИ, 1974, 255—257.

Ленинградский кораблестроительный институт

Поступила  
27 декабря 1977 г.  
После исправления  
27 сентября 1978 г.