

Л. М. ЛЯМШЕВ, Ю. В. КУРИЛКИН

**ОБ УСИЛЕНИИ И ПОГЛОЩЕНИИ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН
ПРИ ИХ ОТРАЖЕНИИ ОТ КРИСТАЛЛА CdSe В ВОДЕ**

(Представлено академиком А. П. Александровым 9 III 1970)

В работе ⁽¹⁾ отмечалось, что при некоторых углах падения ультразвуковой волны на пьезополупроводниковую кристаллическую тонкую ограниченную пластину в жидкости должно наблюдаться сильное отражение ультразвуковых колебаний в направлении, противоположном направлению падающей волны, так называемое незеркальное отражение. Незеркальное отражение возникает вследствие излучения звука свободными колебаниями пластины, появляющимися в результате отражения от ее края вынужденных колебаний. Последние возбуждаются ультразвуковой волной, падающей на пластину из жидкости. Амплитуда незеркального отражения зависит от того, как быстро затухают свободные колебания в пластине. В результате обмена энергией между носителями заряда и свободными колебаниями последние могут не только затухать, но и нарастать, что должно привести соответственно к поглощению или усилению незеркально отраженных пластиной волн в жидкости. Указанные соображения приводят также к выводу, что в случае толстых пьезополупроводниковых пластин, толщина которых велика по сравнению с длиной упругой волны, в их материале возможно усиление (поглощение) незеркально отраженных волн в жидкости, обусловленных свободными нормальными волнами в пластине.

Были поставлены опыты с целью экспериментального обнаружения указанного явления. Некоторые результаты этих экспериментов излагаются ниже. Опыты проводились на установке, состоящей из наполненной водой ванны с звукопоглощающими стенками размером $200 \times 50 \times 50$ см³, генератора ультразвуковых импульсов, имеющих прямоугольную огибающую, вибратора с кварцевой пластиной X-среза (вибратор осуществлял как передачу, так и прием импульсов), приемного усилителя, импульсного электронного осциллоскопа, служившего индикатором амплитуд отраженных сигналов, высоковольтного генератора импульсов постоянного напряжения и генератора синхронизирующих импульсов. Длительность импульсов могла изменяться в пределах от 10 до 100 мсек., частота повторения импульсов 200 гц, а частота заполнения 5 мг·гц.

На расстоянии около 150 см от вибратора на вращающейся прямоугольной раме в ее центре с помощью тонких нитей была укреплена пластинка размером $3,5 \times 3 \times 9$ мм³, вырезанная из кристалла CdSe так, что ее длина совпадала с оптической осью кристалла. К торцам пластины в направлении оптической оси были прикреплены миниатюрные электроды для подачи импульсов постоянного электрического «дрейфового» напряжения. На некотором расстоянии от пластины над поверхностью воды помещалась электрическая лампа накаливания, жестко связанная с рамой. Электрическое напряжение, подводимое к лампе накаливания, могло изменяться с помощью потенциометра.

Первоначально были измерены полярные характеристики отражения пластины CdSe в условиях, когда лампа накаливания не включалась и импульсы постоянного электрического напряжения на пластину не подавались. Для этого рама с пластиной поворачивалась и измерялась амплитуда отраженного эхо-сигнала в зависимости от угла поворота. Как и сле-

довало ожидать, при углах падения ультразвуковой волны на пластину, удовлетворявших соотношению $\sin \theta = c/c_n$, где θ — угол падения, образованный направлением распространения падающей ультразвуковой волны на пластину и нормалью к поверхности пластины; c — скорость распространения звука в воде и c_n — скорость нормальной волны номера n в пластине, наблюдалось незеркальное отражение звука, амплитуда которого была примерно на 20 дБ меньше амплитуды эхо-сигнала при перпендикулярном падении ультразвуковой волны на пластину.

Полярная характеристика отражения неосвещенной пластины показана на рис. 1 сплошной линией. По вертикальной оси отложена величина амплитуды эхо-сигнала в децибелах по отношению к амплитуде отраженного сигнала при перпендикулярном падении ультразвуковой волны на пластину. По горизонтальной оси — значение угла падения в градусах. При освещении пластины CdSe лампой накаливания амплитуда

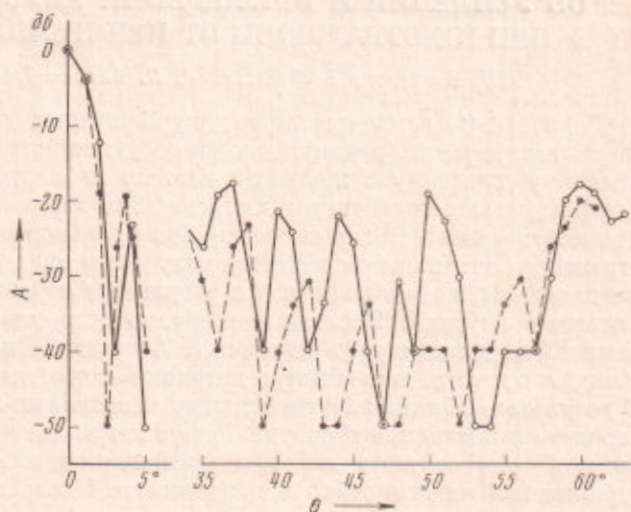


Рис. 1

эхо-сигналов уменьшалась, и лишь при перпендикулярном падении ультразвуковой волны на пластину оставалась неизменной. На рис. 1 пунктирной линией показана полярная характеристика отражения освещенной пластины при нормальной яркости лампы накаливания, когда на ее клеммы подавалось номинальное напряжение 12 в.

Оказалось также, что в ряде случаев амплитуда незеркального отражения существенно зависит от интенсивности падающего на пластину света. На рис. 2 приведен график, характеризующий изменения амплитуды незеркального отражения для угла $\theta = 37^\circ$ в зависимости от напряжения на лампе накаливания, т. е. в зависимости от освещенности. Как видно из представленных данных, амплитуда незеркального отражения с увеличением освещенности пластины уменьшается, а затем несколько возрастает. Эти изменения амплитуды незеркального отражения обусловлены тем, что при освещении изменя-

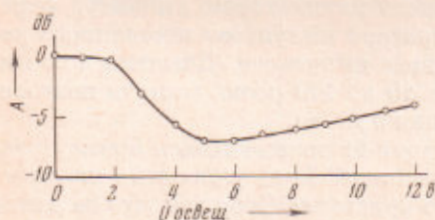


Рис. 2

ется затухание свободных нормальных волн в пластине из-за их взаимодействия с электронами проводимости.

Если к пьезополупроводниковой пластине приложить внешнее дрейфовое электрическое поле, то при определенных значениях скорости дрейфа носителей заряда, как указывалось в работах ^(1, 2), должно наблюдаться усиление волн в жидкости, отраженных пластиной. Действительно, при значениях напряжения в импульсе $V = 900$ в, подаваемого на освещенную пластину, наблюдались значительные сравнительно медленные флуктуации амплитуды незеркального отражения, причем первоначально амплитуда незеркального отражения возрастала, а затем, флуктуируя, умень-

шалась. При этом амплитуда отраженного эхо-сигнала при перпендикулярном падении ультразвуковой волны на пластину оставалась неизменной. Импульсы постоянного напряжения длительностью 200 мсек. подавались на пластину в тот момент, когда ультразвуковые колебания в падающей волне достигали пластины. В отсутствие дрейфового напряжения флуктуации эхо-сигнала на экране осциллографа не наблюдаются. На рис. 3 сплошной линией показана полярная характеристика отражения освещенной пластины в отсутствие дрейфового напряжения. Флуктуации ам-

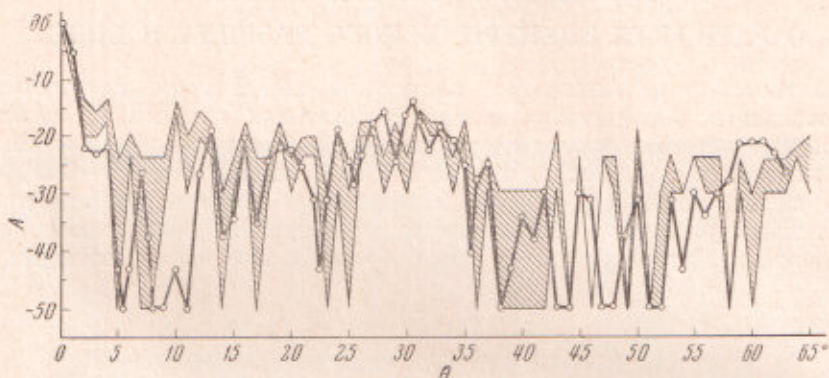


Рис. 3

плитуды отраженного эхо-сигнала при подаче на пластину дрейфового напряжения около 900 в наблюдались в пределах заштрихованной области.

Флуктуации эхо-сигналов и снижение амплитуды незеркального отражения при освещении пластины и приложении дрейфового напряжения могут быть обусловлены существенным изменением затухания ультразвуковых нормальных волн в пластине из-за электрон-фоонного взаимодействия и, по-видимому, объясняются тем, что все измерения проводились в импульсном режиме, а не на непрерывном тоне. Действительно, амплитуда незеркального отражения может уменьшиться из-за того, что колебания пластины не достигают своей предельной стационарной амплитуды, поскольку при подаче дрейфового напряжения на пьезополупроводниковую пластину из-за электрон-фоонного взаимодействия затухание нормальных колебаний в пластине уменьшается и постоянная времени колебаний становится больше длительности ультразвукового импульса.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы.

1. Полярная характеристика отражения пластины из пьезополупроводникового кристалла CdSe изменяется в зависимости от освещенности и величины дрейфового поля.

2. Экспериментально подтверждаются высказанные ранее автором работы ⁽¹⁾ соображения о том, что электрон-фоонное взаимодействие в пьезополупроводниковых кристаллах может приводить к усилению (поглощению) акустических волн в жидкости при взаимодействии их с пьезополупроводниковыми кристаллами.

3. Открывается принципиальная возможность управления акустическими характеристиками отражения пластин из фотопроводящих пьезополупроводниковых кристаллов путем действия на них светом или дрейфовым электрическим полем.

Акустический институт
Москва

Поступило
19 II 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Л. М. Лямшев, Акуст. журн., 15, 2, 303 (1969). ² Л. М. Лямшев, Акуст. журн., 15, 3, 460 (1969).