

ИНДИКАЦИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ

Рой В. Ф.

Описывается новый метод индикации УЗ-волн в твердых телах, основанный на использовании явления поперечного акустоэлектрического (ПАЭ) эффекта в пьезополупроводниках [1, 2].

Суть метода состоит в следующем. К грани твердого тела, на которой необходимо индицировать фронт УЗ-волны, с помощью акустической связки прикрепляется пластина из монокристаллического фотопроводящего пьезополупроводника. На боковые грани пластины для измерения потенциала ПАЭ эффекта наносятся металлические контакты, гальванически соединяемые с осциллокопическим индикатором. Поперечное сечение пьезополупроводниковой пластины должно быть сравнимо с размерами исследуемой грани твердого тела, а ее толщина определяется механическими свойствами кристалла.

УЗ-волна с исследуемой грани поступает в приемную пластину, взаимодействуя со свободными носителями пьезополупроводника, что приводит к возникновению поперечной относительно вектора вводимой звуковой волны разности потенциалов — ПАЭ эффект. В пьезоэлектрическом фотопроводящем полупроводнике величина электрон-фононного взаимодействия, ответственного за возникновение потенциала акусто-э.д.с., определяется количеством свободных носителей в зоне проводимости, число которых может изменяться в широких пределах с помощью внешней подсветки. При этом в широких пределах меняется и величина ПАЭ потенциала, возникающего в пьезополупроводниковой пластине. Таким образом, если луч света направить на озвучиваемую область приемной пластины, на ее боковых гранях появляется акустоэлектрический потенциал, который может быть зафиксирован электронно-лучевым индикатором. Величина потенциала в режиме холостого хода для высокоомных образцов пьезополупроводника пропорциональна в широком диапазоне частот (десятки — сотни МГц) интенсивности входящей УЗ-волны. При этом яркость свечения экрана осциллокопического индикатора пропорциональна интенсивности звукового поля в данной точке. Если в качестве источника подсветки использовать узкофокусированный осветитель и одним из известных способов производить его сканирование, осуществляя строчную развертку луча на торцевой грани приемной пластины, то на экране осциллокопического индикатора появляется электрическое изображение звукового поля, распределенного на исследуемой грани твердого тела. Широкополосность и нефазочувствительность приемника на основе кристалла пьезополупроводника, позволяет использовать его для индикации не только объемных, но и поверхностных УЗ-волн [3]. Чувствительность приемника достигает величины 10^{-8} Вт/см².

На фигуре приведена схема описываемого метода индикации УЗ-волн в твердых телах. В качестве источника света использовался маломощный рубиновый лазер с остросфокусированным лучом диаметром порядка нескольких десятков микрон. Последнее условие определялось требованием соответствующей разрешающей способности системы. Полная развертка поверхности приемной пластины осуществлялась за промежуток времени от 3 до 13 с и определялась типом сканера и временем послесвечения осциллокопического индикатора. При этом яркостная картина распределения УЗ-поля на его экране сохраняется некоторое время, достаточное для визуального наблюдения и фиксации на фотопластинке.

Установлено, что в отсутствие освещенности приемной пластины появляется все же небольшой фоновый («темновой») потенциал, обусловленный своим возникновением рассеянию фононов на примесях, дислокациях, неоднородностях кристалла. Однако он на порядки величин меньше потенциала, обусловленного механизмом электрон-фононного взаимодействия.

Недостатком описываемого метода индикации УЗ-волн является то, что в яркостной картине «звукового пятна», наблюдаемой на экране осциллокопа, структура

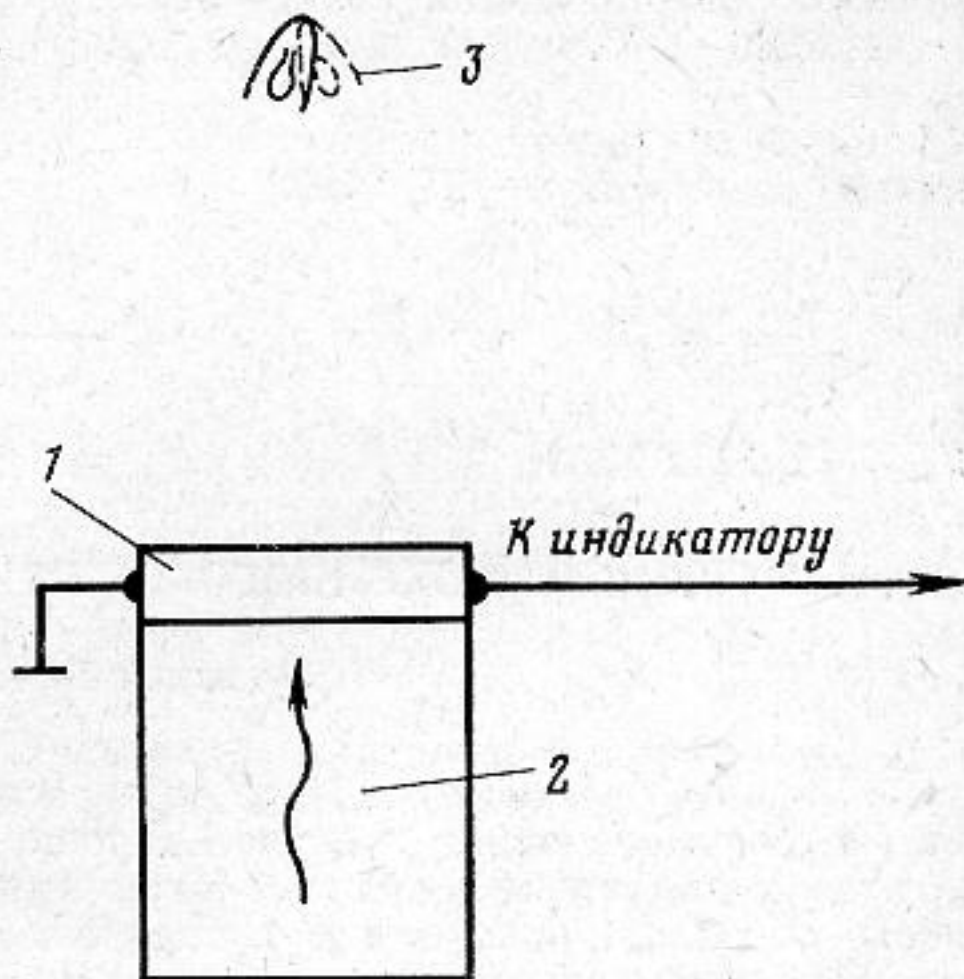


Схема индикации ультразвуковых волн в твердых телах; 1 — приемная пластина; 2 — звуковая волна; 3 — осветитель

звукового поля проявляется слабо. Это связано с возникновением многократных отражений звуковой волны от торцевых граней и размытия в результате несовпадения фаз падающей волны картины звукового поля. Однако в тех случаях, когда необходимо наблюдать лишь размеры и форму «звукового пятна», а также распределение интенсивности УЗ-потока по его сечению, описываемый метод индикации может оказаться наиболее приемлемым.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морозов А. И. Поперечный акустоэлектрический эффект. — Физ. тв. тела, 1968, т. 10, вып. 12, с. 3584–3588.
2. Рой В. Ф., Кириллов С. Е. Поперечный акустоэлектрический эффект в монокристаллах InSb. — Физ. низких температур, 1977, т. 3, вып. 10, с. 1280–1284.
3. Морозов А. И., Земляницын М. А. Акустоэлектрический зонд для индикации упругих поверхностных волн. — Физ. и техн. полупроводников, 1972, т. 6, вып. 11, с. 2298–2300.

Физико-технический институт
низких температур АН УССР

Поступила в редакцию
2.VI.1980

УДК 621.395;534.86

ДЕЙСТВИЕ ОТРАЖЕННОГО ЗВУКОВОГО ПОЛЯ НА ИЗЛУЧАТЕЛЬ ЗВУКА

Сапожков М. А., Шоров В. И.

В работе [1] показано, что при расположении поршневого излучателя в трубе на одном из ее концов в случае хорошо отражающего материала, находящегося на другом конце трубы, действие отраженных звуковых волн заметно изменяет скорость колебаний излучателя в сравнении со случаем бегущей волны в трубе (что соответствует полному поглощению звуковых волн при их отражении от конца трубы). Изменение скорости колебаний получалось как в сторону ее увеличения, так и в сторону уменьшения. Увеличение скорости получалось при совпадении частоты колебаний с одной из собственных частот трубы, а уменьшение — при совпадении с одной из антирезонансных частот [2]. В среднем по широкому диапазону частот эта реакция была небольшой.

Рассмотрим случай, когда звуковые волны распространяются в помещении и происходит их отражение от ограничивающих поверхностей помещения. Ясно, что при большой величине поглощения отраженные звуковые волны создают звуковое давление, небольшое в сравнении со звуковым давлением, создаваемым волнами, непосредственно приходящими от излучателя. Поэтому в этом случае нельзя ожидать значительной величины реакции отраженных звуковых волн на излучатель. Конечно, на собственных частотах помещения возможно небольшое увеличение мощности излучения звука и уменьшение ее на промежуточных частотах. Более интересен случай гулкого помещения, когда звуковое давление в поле отраженных волн значительно превосходит звуковое давление непосредственной звуковой волны. Поскольку этот случай в литературе не рассмотрен, были проведены соответствующие эксперименты по определению действия отраженного звукового поля на излучатель.

Из теории преобразователей известно, что величина вносимой проводимости в электрическую цепь громкоговорителя имеет вид

$$Y_{вн} = (Z_M + Z_{изл} + Z_p) / K^2,$$

где K^2 — коэффициент электромеханической связи, Z_M — собственное сопротивление механической системы громкоговорителя, $Z_{изл}$ — сопротивление излучения его и Z_p — вносимое сопротивление от действия отраженных волн. Следовательно, все эти сопротивления (K^2/Z_M , $K^2/Z_{изл}$, K^2/Z_p) соединены параллельно между собой и последовательно с электрическим сопротивлением громкоговорителя. Поэтому действие отраженного звукового поля на громкоговоритель будет приводить к изменению тока, проходящего через громкоговоритель. Ясно, что это сопротивление может иметь как положительный, так и отрицательный знак в зависимости от отношения вынужденной частоты к собственной частоте помещения.

Сначала была сделана попытка определить вносимое сопротивление от действия отраженного поля путем сравнения величин тока, проходящего через громкоговоритель при расположении его в заглушенной камере, а затем в гулкой. Измерения были проведены на чистых тонах в диапазоне от 50 до 1000 Гц. Оказалось, что ток в громкоговорителе был практически одинаковым в обеих камерах и во всем диапазоне частот. Это было проделано на двух громкоговорителях. Следовательно, сила тока, обуслов-