

УДК 541.64

## ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В СЕЛЕНОВЫХ p-n ГЕТЕРОПЕРЕХОДАХ

**МОХАММАД-ХОССЕЙН М. ХИКМЕТ-ШОАР\*,  
МЕХТИЕВА С.И., АКБЕРОВ Г.К., ГАСАНОВА Н.А.**

*\*Технологический Университет Шаханд, Тебриз, Иран  
Институт Физики НАН Азербайджана*

Электроакустический эффект в селеновых p-n переходах обусловлен переменными механическими напряжениями, возникающими из-за пульсации неоднородного электрического поля в области объемного заряда.

Благодаря достижениям твердотельной электроники обычные «динамики» телевизионной и радиоаппаратуры в будущем должны уступить место плоским акустическим системам.

Успехи физики твердого тела и квантовой физики, создание полупроводниковых приборов, основанных на новых физических эффектах, стимулировали особенно бурный прогресс тех направлений в радиоэлектронике, которые связаны с пьезоэлектричеством.

На селеновых диодных структурах наблюдается пьезоэлектрический эффект, основной причиной которого мы считаем существование диполей в области p-n перехода.

Развитие пьезоэлектроники опирается на теорию пьезоэлектричества. Благодаря пьезоэлектрическим слоям селена наблюдается сильное поглощение ультразвука. В литературе нет единого мнения о природе электроакустического эффекта на селеновых p-n переходах, отсутствуют данные об электроакустическом спектре.

В данной работе подробно изучен электроакустический эффект в различных селеновых p-n переходах, изготовленных на базе селена высокой чистоты (99,99999%).

В таких элементах путем введения примеси в селен толщина слоя объемного заряда варьируется до 15 мкм.

В качестве источника переменного сигнала использован генератор. Звуковые сигналы от элемента принимались через микрофон с достаточно равномерной частотной характеристикой. Постоянное смещение на образец подавалось от аккумулятора через катушку индуктивности  $L=1$  Гн. При этом, во избежание шунтирования элемента по постоянному току вторичной обмоткой трансформатора, переменный сигнал подавался через конденсатор емкостью  $C=20$  мкФ.

На рис. для одного из образцов селеновых p-n переходов показана частотная зависимость звучания, полученная при  $U_{\text{н}}=30$  В. Видны четко выраженные частотные максимумы. В литературе нет данных об этих частотных максимумах. С целью определения места возникновения электроакустического эффекта на селеновых p-n переходах нами выполнен следующий эксперимент. Были взяты два идентичных селеновых элемента, один из которых был с p-n переходом, а в другом выпрямляющий слой отсутствовал. При этом наблюдалось звучание лишь элемента с p-n переходом, что непосредственно указывает на то, что источником звучания является область объемного заряда. Причем наши исследования показали, что интенсивность звучания при данном переменном напряжении, приложенном к элементу, зависит от толщины слоя объемного заряда. Исследование элементов с различной нулевой толщиной слоя

области объемного заряда  $W_0$  показало, что интенсивность звучания при данных напряжении и частоте растет с увеличением  $W_0$ .

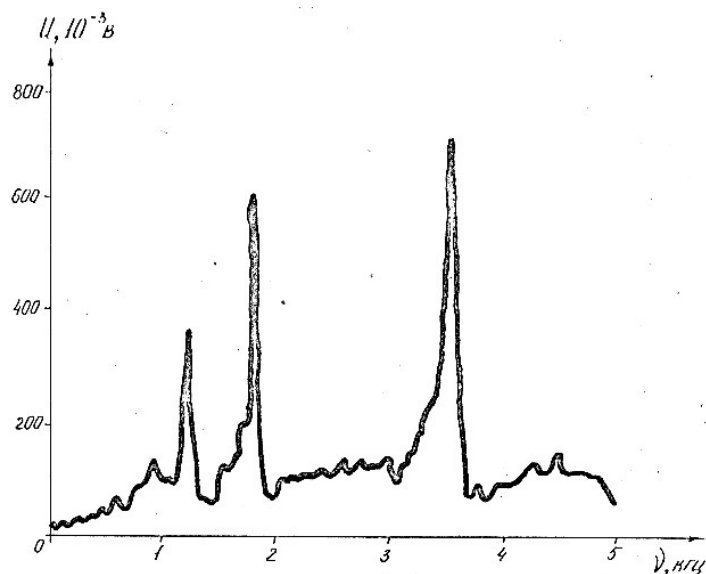


Рис. Частотная зависимость звучания селенового диода при напряжении 30 В.

В работе [1] показано, что при заполнении пьезоцилиндра материалом с небольшим акустическим сопротивлением частотная характеристика при определенных геометрических размерах имеет два максимума.

Попытаемся выяснить природу электроакустических максимумов. Так как селен является пьезоэлектриком, то изменение потенциала на слое объемного заряда должно сопровождаться деформацией решетки. При определенной частоте электрического сигнала возбуждение звука может принять резонансный характер и при этом допустим, что объемный заряд может работать наподобие кварцевой пластины, толщина которой равна толщине слоя объемного заряда диода.

Селеновые диоды обладают, помимо емкостных, и индуктивными свойствами, и при определенных условиях могут вести себя как колебательный контур. Эффективная емкость исследованных элементов  $\sim 0,1$  мкФ, индуктивность  $\sim 0,1$  Гн. Резонансная частота соответствующего колебательного контура  $f_{рез} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 10^3$  Гц.

Следовательно, можно считать, что максимумы звучания при частотах  $10^3$  Гц соответствуют резонансным частотам селенового элемента как колебательного контура. При данных значениях приложенного к диоду переменного напряжения  $U_{\sim}$  были проведены измерения зависимости звучания от величины и направления прилагаемого к диоду постоянного смещающего напряжения  $U_{см}$ . Пропускное смещающее напряжения приводит к исчезновению звучания. Запорное смещающее напряжение при увеличении до некоторого значения усиливает интенсивность звучания до определенного максимума, последующее увеличение  $U_{см}$  снижает интенсивность звучания, рис.

Механические пульсации слоя полупроводника наблюдаются визуально при помощи вспомогательного устройства.

Резюмируя изложенное, можно заключить следующее:

Электроакустический эффект в селеновых р-п переходах обусловлен переменными механическими напряжениями, возникающими при пульсации неоднородного электрического поля в области объемного заряда. В частотном спектре электроакустического эффекта в диапазоне 1÷4 кГц обнаружены узкие интенсивные максимумы. Установлено, что они обусловлены работой селенового диода в режиме колебательного контура.

Электроакустические максимумы могут быть использованы в схеме микрофон-усилитель-реле для сигнализации при поступлении на элемент сигналов с резонансной частотой.

- 
1. С.М.Бяловлев, Н.Ф.Ивина. Акустические излучения цилиндрического пьезопреобразователя с внутренним твердым сопротивлением. Акустический журнал т.45, №4, 1999.