

**"ГИГАНТСКИЕ" ОСЦИЛЛЯЦИИ ЗВУКОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА**

А. П. Королюк, В. Ф. Рой

В проводнике (монокристаллическом висмуте с  $R_{292}/R_{4,2} = 300$ ) при гелиевых температурах обнаружен и исследуется звукоэлектрический (ЗЭ) эффект. В магнитных полях до 30 кэ наблюдаются квантовые (в т. ч. "гигантские") осцилляции ЗЭ тока. Предлагается новый метод изучения энергетического спектра носителей в проводнике, позволяющий определять знак носителей.

Исследованию явлений, сопутствующих и связанных с распространением акустических волн в металлах при низких температурах в магнитном поле посвящен ряд работ [1, 2]. Основное внимание исследователей обращено на изучение поперечного магнитоэлектрического и квантового магнитоэлектрического эффектов. Наблюдавшаяся в этих явлениях осцилляционная картина связана, главным образом, с осцилляциями компонент тензора магнитосопротивления в квантующем магнитном поле и содержит сравнительно небольшую информацию об энергетическом спектре носителей проводника. Между тем, наибольший интерес представляло бы прямое наблюдение звукоэлектрического тока и его осцилляций в магнитном поле, связанных с квантовыми осцилляциями коэффициента поглощения звука. В этом случае, при различной ориентации векторов звука  $q$  и магнитного поля  $H$  относительно кристаллографических осей образца, появляется возможность изучать различные группы носителей в проводнике, поскольку каждая группа даст свой вклад в осцилляционную картину ЗЭ тока.

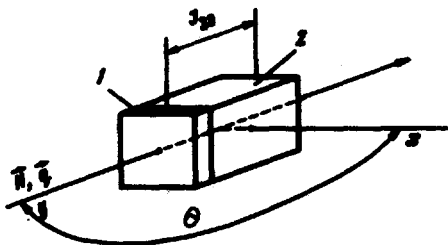


Рис. 1. Схема эксперимента: 1 — пьезообразователь, 2 — образец,  $\theta$  — угол между направлением магнитного поля и бинарной осью образца

Предлагаемый метод обладает перед уже известными тем достоинством, что он позволяет однозначно определить знак эффекта. В частном случае, при коллинеарности векторов магнитного поля  $H$  и звукового потока  $S$ , появляется реальная возможность разделять осцилляции, обусловленные электронами и дырками, поскольку осцилляционная картина от обеих групп носителей будет иметь различные знаки.

Схема эксперимента, который был осуществлен на монокристаллах висмута, приведена на рис. 1. Вектор магнитного поля  $H$  мог вращаться относительно вектора звука  $q$  в плоскости бинарной и биссекторной осей кристалла на  $180^\circ$ . Звукоэлектрический ток во всех случаях измерялся в продольном вектору звука  $q$  направлении. Объектом наших экспериментов были монокристаллические образцы висмута у среза размером  $3 \times 3 \times 1,5 \text{ мм}^3$ . В монокристаллах с  $R_{2,92}/R_{4,2} \approx 300$  при гелиевых температурах обнаружен и исследовался ЗЭ эффект. Исследования проводились на частотах 165 и 500  $\text{МГц}$  в диапазоне температур от 4,2 до 1,5°К. Для возбуждения УЗ волн использовался пьезопреобразователь продольной волны из пластинки ниобата лития с основной частотой в 165  $\text{МГц}$ . Наибольшее значение ЗЭ эффекта, измеренное в эксперименте, составляло  $5 \cdot 10^{-6} \text{ в} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{см}^{-1}$ . Интенсивность звукового потока равнялась при этом 0,01  $\text{вт} \cdot \text{см}^2$ . Знак эффекта в отсутствие магнитного поля соответствовал электронным носителям тока. В сильных магнитных полях ( $\Omega\tau \gg 1$ ) при температурах  $T < 4,2^\circ\text{К}$  наблюдаются квантовые осцилляции ЗЭ тока, обладающие характерными особенностями "гигантских" осцилляций коэффициента поглощения звука. Амплитуда их линейно зависит от магнитного поля, что согласуется с теорией [3, 4].

$$\Gamma = \frac{\Gamma_0 e \hbar H}{8 m^* c k T} \quad (1)$$

где  $\Gamma_0$  — электронный коэффициент поглощения в отсутствие поля,  $m^*$  — эффективная масса,  $H$  — магнитное поле, остальные обозначения — обычные. На рис. 2 приведена зависимость амплитуды ЗЭ тока

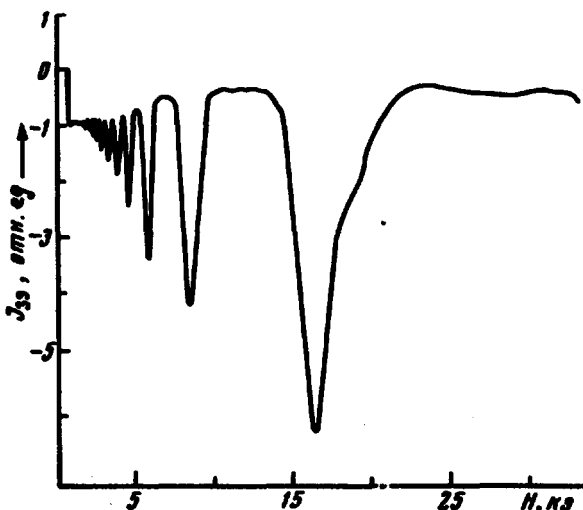


Рис. 2. Амплитудная зависимость ЗЭ тока от величины магнитного поля,  $q \parallel H \parallel y$ ,  $f = 500 \text{ МГц}$ ,  $T = 3^\circ\text{К}$

от величины магнитного поля для случая  $q \parallel H \parallel y$ . Взаимодействие продольной звуковой волны с электронами в этом случае характерно тем, что его величина преобладает для одного из электронных эллипсоидов, вытянутых вдоль оси  $y$ , и ничтожна для двух других. В результате наблюдаются осцилляции ЗЭ тока с одним периодом, обусловленные указанным эллипсоидом. Амплитуда осцилляций и форма линий по-

лощения достаточно хорошо согласуются с данными по исследованию затухания звука [5], что позволяет говорить об использовании предлагаемого метода для изучения энергетического спектра носителей в проводниках.

Институт радиопизики  
и электроники

Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию  
30 ноября 1972 г.

### Литература

- [1] T. Yamada. J. phys. Soc. Jap., 20, 1424, 1965.
  - [2] W. Salaneck., Sawada, Burstein E. J. Phys. Chem., Sol., 32, 2285, 1971.
  - [3] В.Л.Гуревич, В.Г.Скобов, Ю.А.Фирсов. ЖЭТФ, 40, 786, 1961.
  - [4] В.Г. Скобов. ЖЭТФ, 40, 1446, 1961.
  - [5] А.П.Королук. ЖЭТФ, 51, 697, 1966.
-