

ВОЗБУЖДЕНИЕ СТОЯЧИХ ЗВУКОВЫХ ВОЛН В V_i ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ МЕТОДОМ

В.Ф. Гантмахер, В.Т. Долгополов

В настоящем сообщении излагаются результаты предварительных экспериментов, в которых наблюдалось возбуждение звука в V_i при падении на его поверхность электромагнитной волны.

Образцы V_i представляли собой монокристаллы, имевшие форму дисков (диаметр 18 мм, толщина d около 1 мм). Они помещались внутри катушки индуктивности и вместе с ней охлаждались до гелиевых температур. При этом длина свободного пробега электронов в образцах достигала 0,5 мм. Катушка с образцом являлась индуктивностью колебательного контура радиочастотного генератора, расположенного на верхней крышке джара. Кроме катушки и постоянной емкости, в контур был включен за-

пертый полупроводниковый диод. Зависимость барьерной емкости его р-п-перехода от величины запирающего напряжения позволяла плавно изменять частоту генерации f , а также модулировать ее по синусоидальному закону с частотой модуляции $\phi = 19$ кГц. Колебания генератора после детектирования подавались на узкополосный усилитель с синхронным детектором, настроенным на удвоенную частоту модуляции 2ϕ . В резуль-

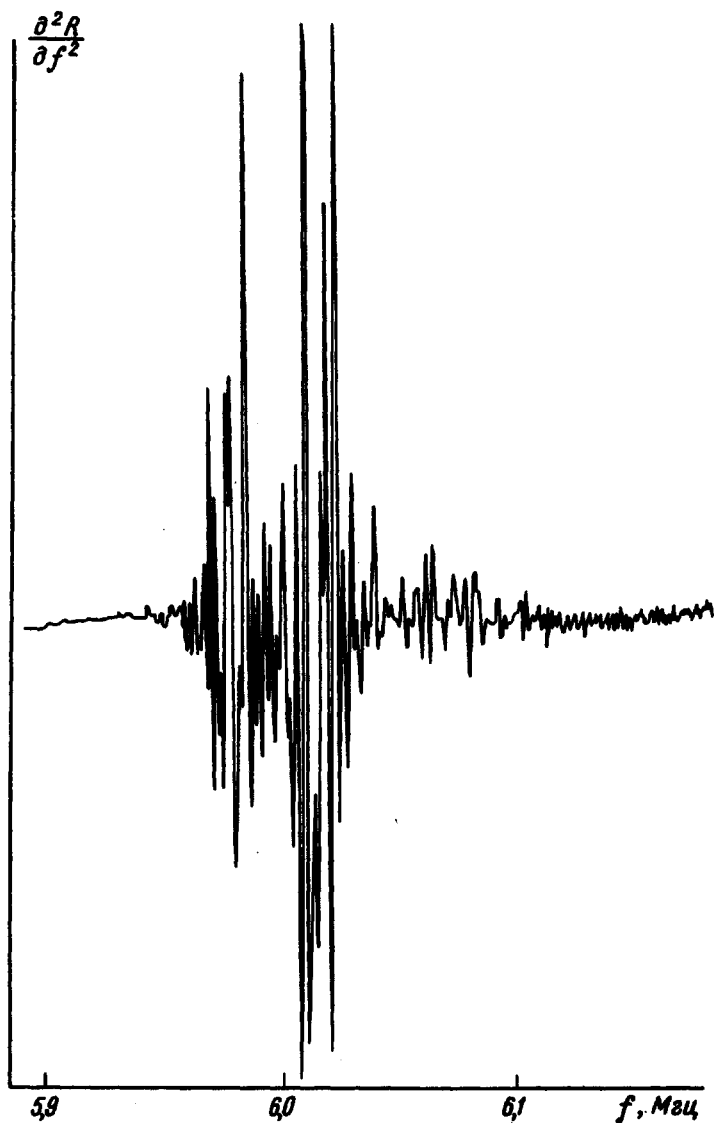


Рис.1. Изменения поверхностного импеданса при возбуждении стоячих звуковых волн. $d = 1,18$ мкм, $T = 2^\circ\text{К}$

тате сигнал на выходе оказывался пропорциональным величине $\partial^2 R / \partial f^2$ (R — действительная часть поверхностного импеданса образца Вi). Зависимости $\partial^2 R / \partial f^2$ от f изучались в интервале частот 1–10 МГц. Скин-глубина в Вi на этих частотах была порядка 10^3 см.

При наличии постоянного магнитного поля порядка 10–100 э, параллельного оси катушки, на кривых $\partial^2 R/\partial f^2$ наблюдались группы пиков, расположенные эквидистантно и разделенные частотными интервалами, на порядок большими, чем ширина каждой отдельной группы. От величины и направления магнитного поля зависела только амплитуда пиков, а их положение оставалось неизменным. На рис. 1 приведен пример записи одной из групп линий, а на рис. 2 схематически изображено расположение таких групп на шкале частот для того же образца.



Рис.2

Воспользовавшись значениями скорости звука в V_i при низких температурах [1], нетрудно было показать, что положение пиков определяется условием возникновения в образце стоячих звуковых волн. Пунктиром на рис.2 отмечены собственные частоты образца, рассчитанные по формуле $\nu = mS/2d$ (S – скорость звука, распространяющегося вдоль оси S_z , продольного (S_l) или поперечного (S_{sh}); $m = 1, 3, 5 \dots$). Аналогичная картина наблюдалась и на образцах другой толщины. Уменьшение толщины образца на 1,5% путем травления привело к соответствующему сдвигу линий на шкале частот. Заштрихованным столбиком на рис.2 показано положение группы 7_l до травления. Тонкая структура линий, по-видимому, обусловлена наличием множества мод, связанных с боковыми поверхностями пластинки. Эти отдельные резонансы можно разрешить. Ширина отдельной линии определяется добротностью акустического резонатора. Специальные эксперименты показали, что эта добротность порядка 10^4 при свободно лежащем образце.

Интенсивность линий растет с увеличением магнитного поля. При $H \sim 150$ э звуковые колебания становились настолько интенсивными, что пластинка V_i захватывала частоту генератора, подобно тому, как это происходит в генераторах, стабилизированных кварцем.

Можно было бы предположить, что возникновение звуковых колебаний обуславливается периодической силой давления $F = 1/c [jH]$ действующей на поверхность металла (j – скин-ток, H – постоянное магнитное поле), и специфически низким затуханием звука. Подобное явление уже наблюдалось [2]. Это предположение, однако, трудно согласовать со следующими экспериментальными фактами.

1. Возбуждение звука происходит только при низких температурах, причем уменьшение температуры с 4,2 до 2°K приводит к увеличению ин-

тенсивности эффекта примерно в 5 раз. Такая зависимость, очевидно, не может быть объяснена изменениями затухания звука с температурой [3].

2. Нам не удалось в аналогичном эксперименте возбудить звуковые колебания в пластинке I_n ($d = 0,3 \text{ мк}$), находившейся как в нормальном, так и в сверхпроводящем состоянии, хотя в последнем случае электронное затухание звука вообще отсутствует.

Это дает основание подозревать, что наблюдавшееся возбуждение звука в V_i обусловлено каким-то специфическим механизмом. Механизм возбуждения звука при пропускании через V_i постоянного тока известен [4]. Возможно, что подобный же механизм – излучение звука вследствие большой дрейфовой скорости электронов – существует и при аномальном скин-эффекте. Оценки показывают, что средняя плотность скин-тока в наших экспериментах достигала 1000 а/см^2 , что приводит к средней дрейфовой скорости $\bar{v} = i/ne$ порядка 10^5 см/сек . Для выяснения механизма возбуждения звука необходимы дальнейшие эксперименты.

Авторы благодарны акад. П.Л.Капице за предоставленную возможность выполнить эти эксперименты в ИФП АН СССР и Ю.В.Шарвину за внимание к работе.

Институт физических проблем
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
10 октября 1966 г.

Литература

- [1] Y. Eckstein, A.W. Lawson, D.H. Reneker, J. Appl. Phys., 31, 1534, 1960.
- [2] С.И.Аксенов, БА.Викин, К.В.Владимирский. ЖЭТФ, 28, 762, 1955.
- [3] D.H. Reneker. Phys. Rev., 115, 303, 1959.
- [4] L. Esaki. Phys. Rev. Lett., 8, 4, 1962.