

РАЗМЕРНЫЙ ЭФФЕКТ НА "НЕЭФФЕКТИВНЫХ" ЭЛЕКТРОНАХ
ОТКРЫТЫХ СЕЧЕНИИ

А.А.Марьяхин, В.П.Набережных

В последнее время опубликован ряд работ, посвященных исследованию радиочастотных размерных эффектов. Сущность этих эффектов состоит в появлении периодических по магнитному полю особенностей поверхностного импеданса плоскопараллельных металлических пластин, связанных с аномальным проникновением высокочастотного поля в металл. Как показано в работах [1,2], эти аномалии можно объяснить, рассматривая взаимодействие электронов, движущихся в глубь металла с пространственными гармониками электромагнитного поля, имеющего резкую неоднородность вблизи поверхности металла. В случае движения электронов по траекториям, на которых имеются точки с равной нулю скоростью в глубь металла, электроны наиболее эффективно взаимодействуют с теми гармониками в спектре поля, длина волны которых укла-

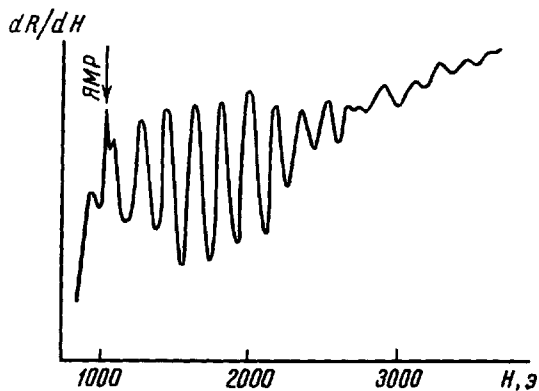
дывается целое число раз на длине экстремального смещения электронов в глубь металла. В этом случае из непрерывного спектра электромагнитного поля выделяется ряд гармоник, суперпозиция которых приводит к появлению периодических всплесков поля на расстояниях от поверхности кратных экстремальному смещению электронов. При этом в зависимости импеданса плоскопараллельной пластины от магнитного поля появляются резкие особенности, периодичные в прямом поле. В случае, когда на орбите нет точек с нулевой скоростью в глубь металла, электроны взаимодействуют лишь с той гармоникой в спектре поля, длина волны которой совпадает с экстремальным смещением электронов в глубь металла, и вместо резких всплесков поля в глубине металла имеется гармоническое распределение, а поверхностный импеданс плоскопараллельных пластин гармонически зависит от магнитного поля.

В работах [1-3] исследован радиочастотный эффект первого типа на "цепочках орбит", на открытых траекториях, на опорных точках в наклонном поле, и эффект второго типа на спиральных траекториях в магнитном поле, перпендикулярном поверхности металла. По-видимому, наблюдаемые типы размерных эффектов не исчерпывают возможностей, реализующихся в металлах. В частности, возможно наблюдение гармонических осцилляций импеданса пластин на "неэффективных" электронах в поле, параллельном поверхности металла.

В данной работе излагаются результаты изучения эффекта такого типа в кадмии. Эксперимент производился на образце кадмия толщиной 0,4 мм, нормаль к плоскости которого совпадала с направлением [1120]. Образец был выращен в разборной стеклянной форме по методу, изложенному в [4], из металла, имевшего $R_{4,2^{\circ}\text{K}}/R_{293^{\circ}\text{K}} \approx (2 + 3) \cdot 10^{-5}$. Было обнаружено, что в магнитном поле, лежащем в плоскости образца и направленном вдоль оси [1010], производная поверхностного сопротивления по магнитному полю dR/dH в функции магнитного поля имеет характер гармонических осцилляций (на рисунке приведена запись dR/dH)

Мы полагаем, что данный эффект вызван электронами периодических открытых сечений поверхности Ферми, причем эти электроны являются

"неэффективными". Действительно, по данным Алексеевского и Гайдукоса [5], а также Гавенды и Дитона [6] поверхность Ферми кадмия открыта вдоль направления $[0001]$, и при данной геометрии опыта электроны дрейфуют в глубь металла. Кроме того, наблюдаемые осцилляции периодичны в прямом поле, и соответствующий период в пространстве обратной решетки, вычисленный по формуле $K = (e/ch) d \Delta H$, дает значение $1,115 \text{ \AA}^{-1}$, что в пределах ошибки измерений совпадает с высотой зоны Бриллюэна - $1,136 \text{ \AA}^{-1}$ (d - толщина образца, ΔH - период осцилляций).



Запись осцилляций dR/dH в функции H .
 Направление нормали к поверхности образца $\vec{n} \parallel [11\bar{2}0]$, $\vec{H} \parallel [10\bar{1}0]$, $T = 1,7^\circ \text{K}$

При повороте поля в плоскости образца на $2,5^\circ$ от оси $[10\bar{1}0]$ в записи dR/dH , кроме осцилляций, появляются острые линии и количество осцилляций резко уменьшается. Начиная с 4° , вместо осцилляций наблюдаются острые линии размерного эффекта, связанные с наличием сильно вытянутых закрытых орбит, проходящих через несколько зон. Изучение угловых диапазонов существования отдельных линий такого типа, наблюдавшихся вплоть до направления магнитного поля вдоль оси $[0001]$, а также определение соответствующих диаметров в импульсном пространстве позволило установить форму данного участка поверхности Ферми. Оказалось, что эта поверхность имеет вид гофрированного цилиндра, открытого вдоль оси $[0001]$, причем результаты

эксперимента воспроизводят до трех периодов гофрировки поверхности ²⁾.

Таким образом, наблюдаемые осцилляции представляют собой размерный эффект на электронах открытой поверхности. Гармонический характер этих осцилляций свидетельствует о том, что данные электроны являются "неэффективными".

В заключение авторы благодарят В.И.Коновалову за помощь при выращивании образца и Э.И.Ольховского за помощь при эксперименте.

Физико-технический

институт низких температур
Академии наук Украинской ССР

Поступило в редакцию

15 января 1966 г.

Литература

- [1] В.Ф.Гантмахер, Э.А.Канер. ЖЭТФ, 45, 1430, 1963.
- [2] В.Ф.Гантмахер, Э.А.Канер. ЖЭТФ, 48, 1572, 1965.
- [3] В.Ф.Гантмахер. ЖЭТФ, 44, 811, 1963.
- [4] М.В.Шарвин, В.Ф.Гантмахер. ПТЭ, №6, 165, 1963.
- [5] Н.Е.Алексеевский, Д.П.Гайдуков. ЖЭТФ, 43, 2094, 1962.
- [6] I.D.Gavenda, B.C.Deaton. Phys. Rev. Lett., 8, 208, 1962.

-
- 1) Авторы выражают признательность Б.Н.Александрову за предоставление чистого кадмия.
 - 2) Полностью эти результаты будут изложены в статье, посвященной исследованию поверхности Ферми кадмия.