

ОСЦИЛЛЯЦИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ И ОТКРЫТЫЕ ТРАЕКТОРИИ
ЭЛЕКТРОНОВ В ЦИНКЕ

Ю.П.Гайдуков, И.П.Кречетова

Согласно модели Гаррисона [1] поверхности Ферми маг-
ния и цинка не должны иметь открытых направлений, парал-
лельных плоскости (0001). Гальваномагнитные измерения по-

казали, что поверхности Ферми этих металлов имеют открытые направления, параллельные плоскости (0001) [2,3]. Для объяснения существования открытых направлений в плоскости (0001) Старк и др. [4,5] привлекли эффект "магнитного пробоя", который был предсказан Козном и Фаликовым [6].

Другим, не находившим теоретического объяснения, явлением было существование гигантской амплитуды осцилляции сопротивления цинка в магнитном поле, направленном по оси [0001]. Старк [4] впервые обратил внимание на значительное несоответствие между экспериментально наблюдаемой и теоретически предсказываемой величиной амплитуды осцилляции сопротивления. В то время как амплитуда осцилляции сопротивления по порядку величины совпадает с величиной полного сопротивления, период осцилляции соответствует так называемой "игольчатой" поверхности Ферми. Объем игольчатой поверхности составляет примерно одну миллионную долю от объема всей поверхности Ферми цинка. Старк высказал предположение, что наблюдаемая гигантская осцилляция сопротивления в цинке не является обычным эффектом Шубникова-де-Гааза, а вызвана магнитным пробоем между игольчатой поверхностью электронов в третьей зоне и многосвязной дырочной поверхностью во второй зоне ("monster").

Таким образом, если существование открытых траекторий в плоскости (0001) и гигантская осцилляция сопротивления в цинке вызваны единой причиной - магнитным пробоем, то можно было предположить, что в экспериментах может обнаружиться связь между этими двумя явлениями. Настоящие исследования были проведены с целью обнаружения этой связи.

Для гальваномагнитных измерений, проводимых при температуре $1,3^{\circ}\text{K}$ в полях до 24 кэ, использовались монокристаллы цинка, вырезанные из крупного монокристаллического блока.

Размеры образцов $1 \times 1,5 \times 20$ мм. Отношение сопротивления при комнатной температуре к сопротивлению при температуре $4,2^{\circ}\text{K}$ для этих образцов ~ 18000 . Оси образцов были либо параллельны плоскости (0001), либо составляли с ней небольшой угол.

В процессе измерений имелась возможность изменить угол между измерительным током I и магнитным полем, что достигалось путем отклонения криостата от вертикального положения. Это позволило на одном и том же образце исследовать двумерные области кристаллографических направлений. Так как осцилляция сопротивления наблюдалась на фоне монотонного роста сопротивления, который затруднял количественное наблюдение за амплитудой осцилляции, то был применен метод компенсации монотонной составляющей сопротивления.

Проводились измерения амплитуды осцилляции сопротивления в зависимости от направления магнитного поля и измерительного тока относительно кристаллографических направлений.

Были установлены следующие основные экспериментальные факты:

I. Максимального значения амплитуда осцилляции достигала для направлений поля, параллельных плоскостям $\{10\bar{1}0\}$. При отклонении от этих направлений на $3-4^{\circ}$ амплитуда осцилляции падала примерно в 10 раз (рис. I). При отклонении на большие углы точность применяемого нами метода не позволяла обнаруживать осцилляции сопротивления.

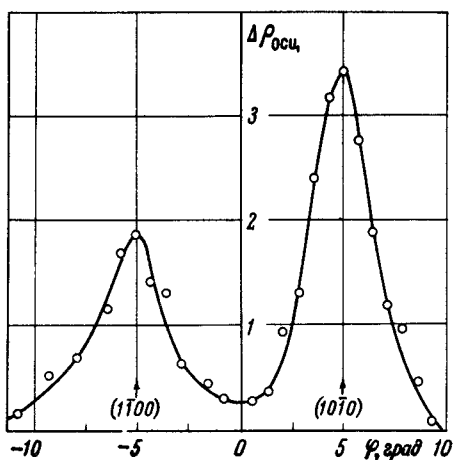


Рис. I. Зависимость абсолютной величины амплитуды осцилляции сопротивления (в произвольных единицах) от угла между полем $H = 5200$ и плоскостями $\{10\bar{1}0\}$. Ось образца отклонена от оси $[0001]$ на 8° и от плоскости $(1\bar{2}10)$ на 10° . $I \perp \vec{H}$ ($T = 1,3^\circ K$)

2. При отклонении магнитного поля от оси $[0001]$ в плоскости $(10\bar{1}0)$ амплитуда осцилляции ведет себя двояким образом:

а) если $I \parallel (10\bar{1}0)$, то амплитуда осцилляции слабо зависит от угла θ (θ - угол между полем и осью $[0001]$), увеличиваясь при увеличении угла до $\sim 5^\circ$ и уменьшаясь при дальнейшем увеличении его. Так, при угле $\theta \sim 20^\circ$ амплитуда осцилляции падает приблизительно вдвое;

б) если измерительный ток перпендикулярен $(10\bar{1}0)$, то амплитуда осцилляции падает более чем в 10 раз при углах

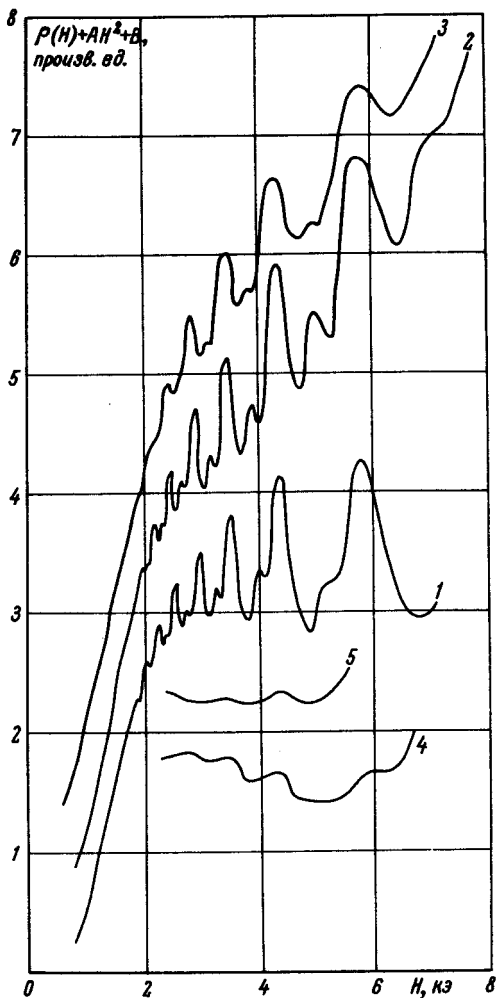


Рис.2. Зависимость сопротив-

ления цинка от магнитного поля

($T = 1,3^{\circ}\text{K}$). 1 - $\vec{H} \parallel [000\bar{1}]$; 2, 4 -

$\theta = 2^{\circ}$; 3, 5 - $\theta = 3^{\circ}$; 2, 3 - $\vec{I} \parallel (10\bar{1}0)$;

4, 5 - $\vec{I} \perp (10\bar{1}0)$. Все кривые

смещены по оси ординат на произ-

вольную величину B. Для кривых 1,

2, 3 величина $A = 0$

$\theta \sim 3^\circ$ (рис.2). Между двумя указанными направлениями тока амплитуда осцилляции плавно убывает при возрастании угла между плоскостью ($10\bar{1}0$) и током.

3. При отклонении магнитного поля от оси $[0001]$ в любой кристаллографической плоскости, проходящей через ось $[0001]$, при $I \parallel (0001)$ амплитуда осцилляции падает более чем в 10 раз при углах $\theta \sim 3-4^\circ$.

Полученные результаты позволили сделать следующие выводы:

1. Область существования гигантской осцилляции в цинке совпадает с областью особых направлений магнитного поля, для которых в базисной плоскости возникают открытые траектории электронов на поверхности Ферми (область особых направлений магнитного поля для цинка впервые исследована в [3]).

2. В то время как период осцилляции связан с замкнутой игольчатой поверхностью Ферми, амплитуда осцилляции сопротивления полностью определяется электронами, находящимися на открытых траекториях поверхности Ферми цинка. Последнее следует из зависимости амплитуды осцилляции сопротивления от направления тока относительно открытых траекторий.

По существу обнаруженная особенность осцилляции сопротивления, когда одно и то же явление связано как с замкнутой, так и с открытой поверхностью Ферми, может быть определена как магнитный пробой.

Полностью полученные результаты мы надеемся опубликовать в ближайшее время.

Выражаем искреннюю благодарность проф. А.И.Шальникову
за внимание и интерес к работе.

Московский государственный
университет им. М.В.Ломоносова

Поступило в редакцию
26 марта 1965 г.

Литература

- [1] W.A.Harrison. Phys. Rev., 118, 1190, 1960.
- [2] Н.Е.Алексеевский, Ю.П.Гайдуков. ЖЭТФ, 38, 1720, 1960.
- [3] Н.Е.Алексеевский, Ю.П.Гайдуков. ЖЭТФ, 43, 2094, 1962.
- [4] R.W.Stark. Phys. Rev. Lett., 9, 482, 1962.
- [5] R.W.Stark, T.G.Eck, W.L.Gordon, F.Moazed. Phys. Rev. Lett.,
8, 360, 1962.
- [6] M.H.Cohen, L.M.Falicov. Phys. Rev. Lett., 5, 544, 1960.