

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ ДО 10 кбар
НА ПОВЕРХНОСТЬ ФЕРМИ ОЛОВА

Н.Б.Брандт, С.В.Кузвинников, Я.Г.Пономарев

Исследовано влияние всестороннего гидростатического давления на поверхность Ферми у белого олова. Получены зависимости от давления нескольких характерных сечений изоэнергетических поверхностей в третьей и четвертой зонах Бриллюэна.

Основной трудностью, препятствующей исследованию осцилляционными методами влияния давления P на достаточно большие сечения поверхностей Ферми металлов, являются высокие требования к степени гидростатичности сжатия. Известные способы создания высоких давлений при низких температурах [1] не обеспечивают необходимой степени гидростатичности, и поэтому исследования металлов ограничиваются обычно областью малых давлений (до 100 бар), создаваемых газообразным гелием.

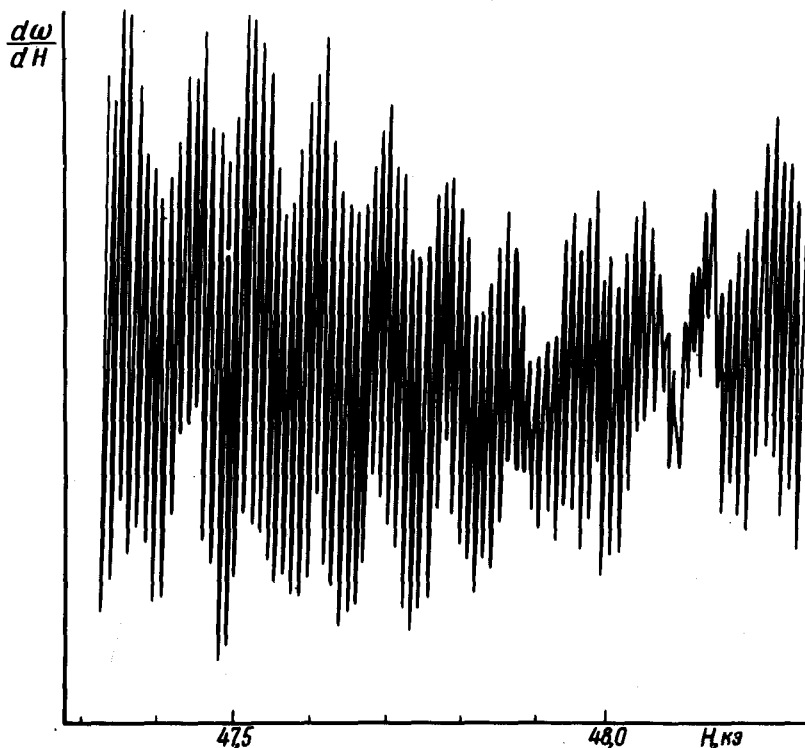


Рис. 1. Осцилляции высокой частоты, отнесенные к сечениям в четвертой зоне при давлении 10,3 кбар, $T = 1,6^\circ\text{K}$

Проведенная нами модификация методики Ицкевича позволила настолько повысить степень гидростатичности сжатия, что оказалось возможным исследовать в области давлений до 10 кбар, при температуре $1,6^\circ\text{K}$ осцил-

ляционные эффекты от больших сечений поверхности Ферми у Sn, для которого данные по влиянию давления на поверхность Ферми, насколько нам известно, вообще отсутствуют.

Давление создавалось в бомбе, описанной в [2], с диаметром рабочего канала 4,5 мм. Средой, передающей давление, служила смесь 70% н-пентана и 30% обезвоженного трансформаторного масла. Исходное давление создавалось при комнатной температуре. Повышение гидростатичности давления при низких температурах достигалось в результате индукционного нагрева образца переменным магнитным полем в процессе охлаждения бомбы, таким образом, чтобы до температуры 50 – 70°K образец оставался окруженным оболочкой жидкости. Затем нагрев уменьшался, жидкая оболочка стягивалась к образцу, уменьшаясь в объеме, и образец постепенно вмерзал в твердую пентан-масляную среду [3].

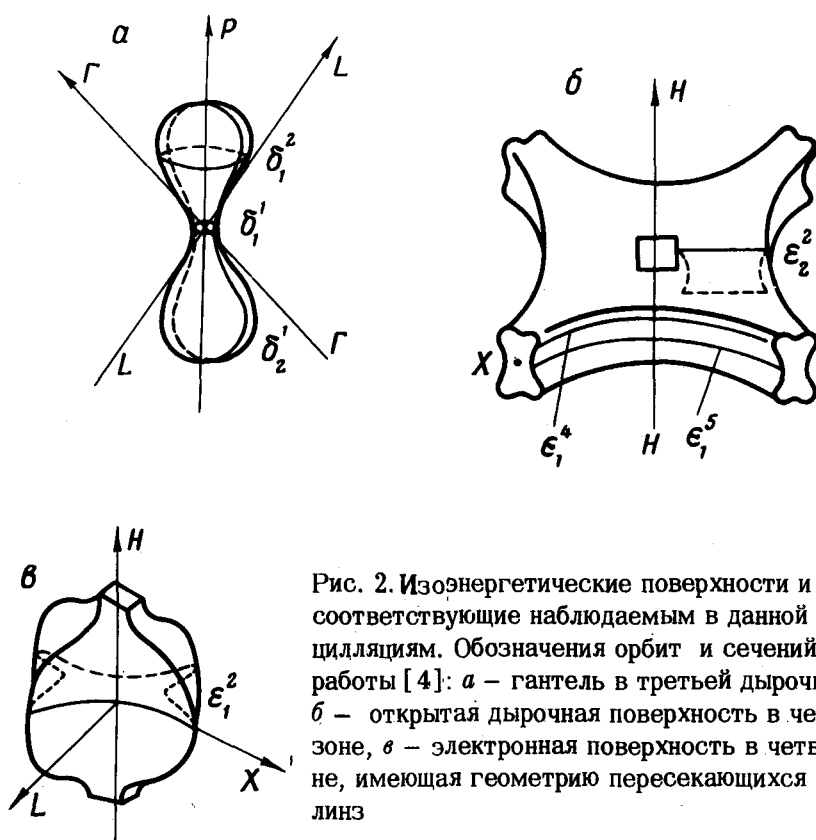


Рис. 2. Изоэнергетические поверхности и орбиты, соответствующие наблюдаемым в данной работе осцилляциям. Обозначения орбит и сечений взяты из работы [4]: *a* – гантель в третьей дырочной зоне, *b* – открытая дырочная поверхность в четвертой зоне, *c* – электронная поверхность в четвертой зоне, имеющая геометрию пересекающихся выпуклых линз

Исследовались квантовые осцилляции мнимой части поверхностного импеданса у олова на частотах 10 – 15 МГц в магнитном поле до 50 кэ. Монокристаллические образцы выращивались из олова с отношением сопротивлений $\rho_{300^\circ\text{K}}/\rho_{4,2^\circ\text{K}} = 5 \cdot 10^4$ и ориентировались на гониометре с точностью до 1°. Абсолютная ошибка в определении периода осцилляций составляла ~1%; относительная ошибка в определении изменения

периода при сжатии — 0,1%. Характерная зависимость производной мнимой части ω поверхностного импеданса от магнитного поля представлена на рис. 1.

Анализ полученных результатов проводился на основе модели поверхности Ферми олова, предложенной Гравеном и Старком [4]. Согласно этой модели осцилляции, наблюдаемые в слабых полях, были отнесены к третьей дырочной зоне; осцилляции высокой частоты, появляющиеся в сильных полях — к части изоэнергетической поверхности в четвертой зоне (рис. 2).

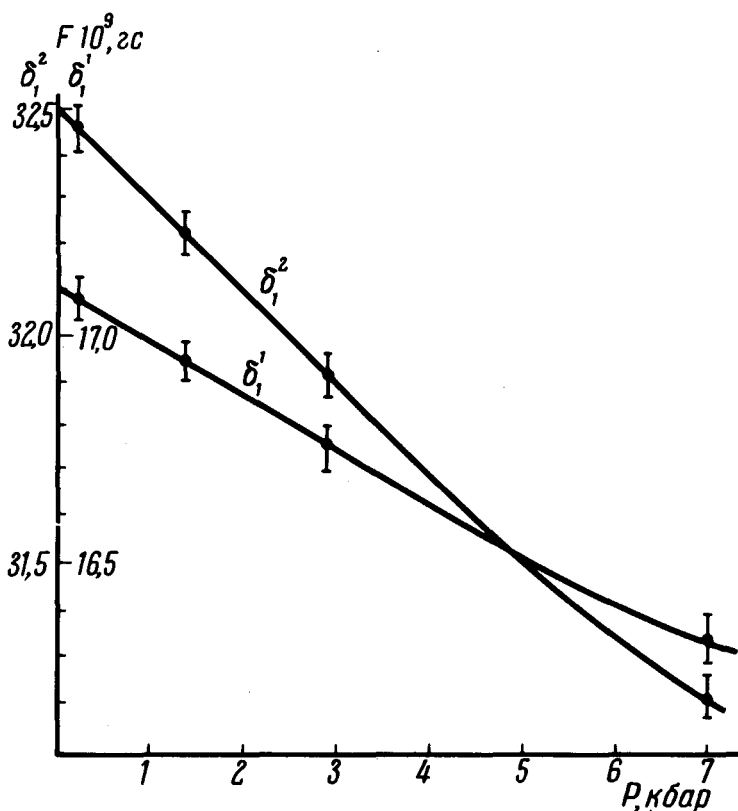


Рис. 3. Зависимость площадей двух экстремальных сечений изоэнергетической поверхности третьей зоне от давления

Осцилляции от других частей поверхности Ферми имели малую амплитуду и для их анализа необходима более низкая температура. На рис. 3 изображены типичные зависимости площадей сечений поверхности Ферми от величины приложенного давления. Характерно, что эти зависимости переходят в линейные, если по оси абсцисс откладывать не давление, а изменение объема образца.

Направление магнитного поля	Сечения по модели [4]	Частота 10^7 гс	Площади экстремальных сечений A , ат.ед.	$\frac{\Delta A}{A} / -\frac{2}{3} \frac{\Delta v}{v}$	Тип поверхности
[001]	δ_1^1	0,171	$4,59 \cdot 10^{-3}$	$-5,0 \pm 0,5$	дырки
[001]	δ_1^2	0,325	$8,68 \cdot 10^{-3}$	$-6,5 \pm 0,5$	дырки
[001]	ϵ_1^2	3,400	$9,11 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \pm 0,5$	электроны
[001]	ϵ_1^4	10,300	$2,76 \cdot 10^{-1}$	$-0,5$	дырки
[001]	ϵ_1^5	11,200	$3,00 \cdot 10^{-1}$	$-0,5$	дырки
[100]	δ_2^1	1,570	$4,22 \cdot 10^{-2}$	$-6,2 \pm 0,5$	дырки
[100]	ϵ_2^2	3,280	$8,80 \cdot 10^{-2}$	$-1,8 \pm 0,5$	дырки

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{A(p) - A(0)}{A(0)}, \quad v - \text{объем образца.}$$

Полученные результаты суммированы в таблице, где приведены наблюдавшиеся частоты осцилляций в обратном поле, соответствующие им площади A экстремальных сечений поверхности Ферми и скорости их изменения при всестороннем сжатии, определенные по начальным участкам зависимостей A от давления.

Московский
государственный университет
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
7 января 1974 г.

Литература

- [1] Н.Б.Брандт, Н.Я.Минина, Е.С.Ицкевич. УФН, 104, 459, 1971.
- [2] Н.Б.Брандт, Я.Г.Пономарев. ЖЭТФ, 55, 1215, 1968.
- [3] Н.Б.Брандт, С.В.Кувшинников, Н.Я.Минина. Тезисы докладов на I Всесоюзном совещании по физике и технике высоких давлений, Донецк, 1973.
- [4] I. E. Graven, R. W. Stark. Phys. Rev., 168, 849, 1968.