

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТЕ ШУБНИКОВА – ДЕ ГААЗА В ТЕЛЛУРЕ

*Л.С.Дубинская, В.А.Носкин, И.Г.Тагиев,
И.И.Фарбштейн, С.С.Жалым*

Известно, что эффект Шубникова – де Гааза (ШГ) дает возможность выявить форму поверхности Ферми носителей тока проводника. В работах [1 – 3] этот эффект был исследован при гелиевых температурах для валентной зоны теллура. Вследствие анизотропии эффективной массы дырок период квантовых осцилляций по обратному полю $\Delta(1/H)$ зависит в теллуре от ориентации магнитного поля H относительно главной оси кристалла C_3 .

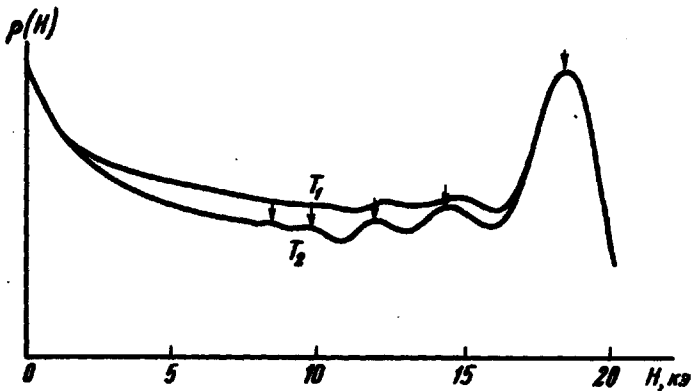


Рис.1. Зависимость сопротивления монокристалла теллура в произвольных единицах от напряженности магнитного поля. $\rho = 3,1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$; $T_1 = 1,6^\circ\text{K}$; $T_2 = 0,1^\circ\text{K}$

В работах [1, 2] в импульсных полях исследовались образцы с концентрациями в интервале $(1 \cdot 10^{17} + 6 \cdot 10^{18}) \text{ см}^{-3}$ и для отношения периодов при ориентации поля вдоль (\parallel) и поперек (\perp) главной оси кристалла C_3 было получено значение $\Delta_{\parallel}/\Delta_{\perp} = 2,5$. Угловая зависимость положения максимумов осциллирующих кривых обнаружила цилиндрическую симметрию при вращении H в базисной плоскости, но при вращении в перпендикулярной плоскости оказалась при вышеуказанных концентрациях настолько сложной, что в работе [1] для поверхности Ферми не была предложена какая-либо конкретная форма. В работе [3] в стационарных полях исследовался интервал более низких концентраций $(4 + 10) \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$, для отношения периодов было получено более низкое значение: $\Delta_{\parallel}/\Delta_{\perp} = 1,45$, угловая зависимость периодов и положе-

ния максимумов оказалась простой соответствующей сечениям эллипсоида вращения и для числа эллипсоидов было получено значение, близкое к двум (без учета спина).

Представляло интерес расширить диапазон концентраций, с тем, чтобы, в частности, перекрыть интервалы, в которых эффект ШГ исследовался в импульсных и стационарных полях, сопоставить результаты всех работ и выяснить, какие из этого следуют выводы о структуре валентной зоны теллура.

В настоящей работе приводятся новые экспериментальные данные об эффекте ШГ в теллуре, полученные в стационарных полях при снижении температуры опыта до $0,1^\circ\text{K}$ (методом адиабатического размагничивания соли). Это дало возможность провести исследования при более низких концентрациях (до $2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$) и получить более надежные данные о периоде осцилляций при концентрациях до $3 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$,

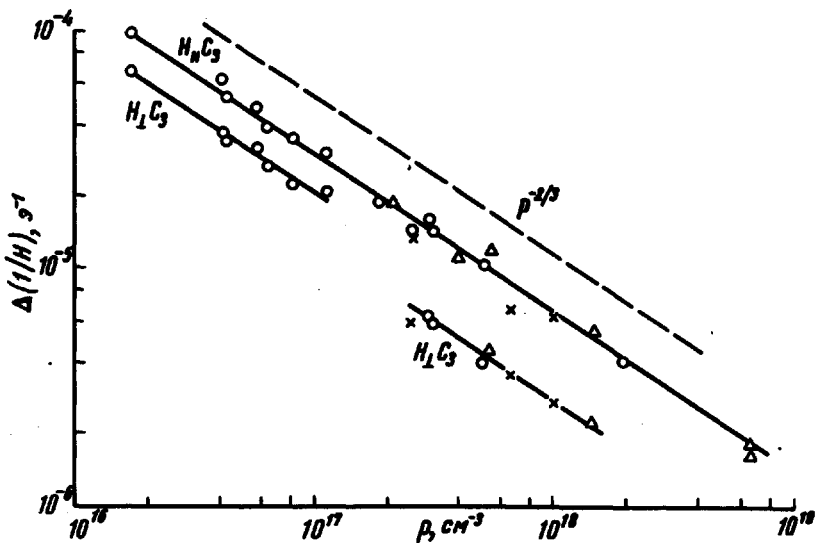


Рис. 2. Концентрационная зависимость периода осцилляций ШГ при двух основных ориентациях поля. ○ - результаты настоящего исследования и работы [3]; ▲ - результаты работы [1]; × - результаты работы [2] (полученные по нескольким осцилляционным пикам)

перекрывающих интервал исследований в импульсных полях. На рис. 1 показано как увеличивается амплитуда осцилляций ШГ при снижении температуры от $1,6$ до $0,1^\circ\text{K}$. На рис. 2 сопоставлены все полученные до сих пор данные об эффекте ШГ в теллуре. Как указывалось в работе

[3] при $\rho \geq 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ общая картина квантовых осцилляций заметно усложняется. Из рис. 2 видно, что при $\rho > 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ отношение $\Delta_{\parallel} / \Delta_{\perp}$ изменяется от 1,45 до 2,35. При $H \parallel C_3$ во всем исследованном диапазоне концентраций ($2 \cdot 10^{16} + 6 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$), период Δ_{\parallel} монотонно следует ожидаемой (при квадратичном законе дисперсии) зависимости от концентрации $\rho: \Delta_{\parallel} \sim \rho^{-2/3}$. При $H \perp C_3$ период Δ_{\perp} также следует этой зависимости (в диапазоне $2 \cdot 10^{16} + 1,5 \cdot 10^{18}$) но резко изменяет свою величину хода концентрация приближается к $\rho = (2 + 3) \times 10^{17} \text{ см}^{-3}$.

Ряд факторов, обсужденных в работе [3], указывал на то, что энергетический минимум валентной зоны теллура находится в вершине трехгранного угла шестигранной призмы, представляющей его зону Бриллюэна. В свете приведенных здесь более полных данных об эффекте ШГ нам представляется, что энергетический минимум валентной зоны смещен из трехгранной вершины вдоль бокового ребра призмы, как это следует из недавней теоретической работы [4]. При такой ситуации резкое изменение периода Δ_{\perp} при $\rho = (2 + 3) \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ можно объяснить искажением поверхности Ферми при ее приближении к граничной базисной плоскости зоны Бриллюэна, а увеличение отношения периодов $\Delta_{\parallel} / \Delta_{\perp}$ при $\rho > 3 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ можно рассматривать как переход от простой двухэллипсоидной модели для области концентраций $\rho < 10^{17} \text{ см}^{-3}$ к более сложной односвязной бочкообразной поверхности при $\rho > 3 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$.

Выражаем благодарность Г.Е.Пикусу за обсуждение теоретических вопросов.

Институт полупроводников
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
29 мая 1968 г.

Литература

- [1] E. Braun, J. Lohdweher. J. Phys. Soc. Japan., 21, 380, 1966;
E. Braun. Диссертация, Брауншвейг ФРГ, 1967.
- [2] S. Yuthman, J. M. Thullier. Compt. rend., 263, 303B, 1966.
- [3] Л.С.Дубинская, И.И.Фарбштейн, С.С.Шалыт. ЖЭТФ, 54, 754, 1968.
- [4] M. Picard, M. Hulin. Phys. Stat. Sol., 23, 563, 1967.