

ХОЛЛОВСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СКОЛОТЫХ В ЖИДКОМ ГЕЛИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ГЕРМАНИЯ

Ю.С. Жарких, С.В. Лысоченко

Проводимость каналов σ_s , возникающих на сколотых в жидком He поверхностях германия распределена неоднородно по площади скола. Прогревы при $30 < T < 60$ К гомогенизируют σ_s . Эффективные подвижность и концентрация свободных дырок в каналах, определяемые из холловских измерений отличаются от истинных до тех пор пока σ_s неоднородна.

В опубликованных недавно первых работах [1, 2] по исследованию сколотых в жидком гелии поверхностей Ge не разделены вклады в поверхностную проводимость σ_s эффективных подвижности μ и концентрации Γ свободных носителей заряда. Знание этих параметров позволяет полнее представить физические процессы, происходящие на таких поверхностях. В настоящей работе величины μ и Γ определены методом тока Холла [3].

Образцы изготавливались из германия, легированного сурьмой (2×10^{14} см⁻³) и золотом ($4 \cdot 10^{14}$ см⁻³) имевшего удельное сопротивление $\rho > 2 \cdot 10^9$ Ом · см при 77 К и $\rho > 10^9$ Ом · см при 4,2 К. Конструкция образцов показана на рис.1. Контакты получены вплавлением индия.

Раскол образцов производился в жидком He. Для проведения холловских измерений образцы помещались в сверхпроводящий соленоид ($H = 1,43 \cdot 10^4$ Э). Все измерения проводились при температуре 4,2 К после прогревов расколотых образцов в парах гелия. Температура прогревов $T_{\text{п}}$ постепенно повышалась. На рис.1 представлены типичные результаты измерений. Сразу после скола и прогревов с $T_{\text{п}} < 30$ К проводимость образца σ практически не возростала и не зависела от времени его выдержки в жидком He. Прогрев образца при $30 < T_{\text{п}} < 60$ К приводил к необратимому возрастанию σ в $\sim 10^6$ раз. После выдержки образца на воздухе и последующем погружении его в жидкий He величина σ возвращалась к имевшей место до скола. Это дает основание считать, что наблюдаемые изменения проводимости образца связаны с физическими процессами, приводящими к изменению проводимостей каналов σ_s , возникающих у сколотых поверхностей. На оси ординат для кривой 1 указаны значения σ_s , отнесенные к единице поверхности скола.

Направление протекания холловских токов соответствовало дырочной проводимости приповерхностных каналов. Полученные зависимости эффективных холловской подвижности и концентрации свободных дырок в каналах показаны на рис.1 кривыми 2, 3. При значениях $\sigma_s < 5 \cdot 10^{-5}$ Ом⁻¹ холловские измерения провести не удалось. Причиной этого была большая неэквипотенциальность контактов для измере-

ния тока Холла. Наличие неэквипотенциальности свидетельствовало о неоднородном распределении σ_s по площади скола. Неоднородность распределения σ_s была исследована на специальных образцах, конструкция которых показана на рис.2. На этом же рисунке показаны распределения падения напряжения V вдоль поверхности скола, полученные при последовательном увеличении T_{Π} . Видно, что только после прогрева образца при $T_{\Pi} \approx 60$ К распределение V близко к линейному и достигается однородность σ_s по площади скола. При этой же температуре достигают своих максимальных значений зависимости $\sigma_s(T_{\Pi})$, $\mu(T_{\Pi})$ и выходит на полку зависимость $\Gamma(T_{\Pi})$ рис.1.

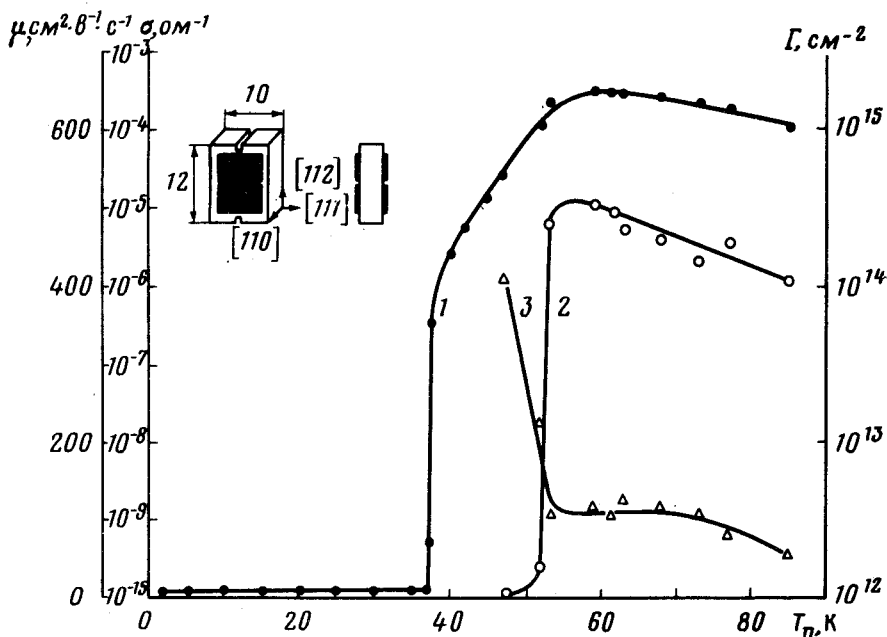


Рис.1. Конструкция образцов для измерений тока Холла (размеры в мм). Зависимости проводимости приповерхностного канала σ_s — 1, холловской подвижности μ — 2 и эффективной плотности дырок Γ в нем — 3 от температуры прогрева T_{Π} расколотого образца

Таким образом, на участке быстрого роста $\sigma_s(T_{\Pi})$ (кривая 1, рис.1) проводимость приповерхностных каналов неоднородна. Холловские измерения величин μ и Γ в каналах с неоднородной проводимостью могут давать их значения, существенно отличающиеся от истинных дрейфовой подвижности и средней концентрации свободных носителей заряда [4, 5]. Наблюдаемые при $T_{\Pi} \sim 40 \div 50$ К резкие изменения зависимостей $\mu(T_{\Pi})$ и $\Gamma(T_{\Pi})$ (кривые 2, 3 рис.1), по-видимому, обусловлены тем, что по мере увеличения однородности канала с ростом T_{Π} определяемые из холловских измерений величины μ и Γ приближаются к действительно реализующимся в канале. После $T_{\Pi} > 60$ К приповерхностный канал однороден и применение холловского метода дает корректные результаты.

На прогретых при $T_{\Pi} \sim 80$ К образцах величина σ_s не изменялась сколько-нибудь заметно при повышении температуры от 4,2 до 80 К. Следовательно дырочный газ в приповерхностных каналах вырожден. Величины σ_s , μ и Γ в таких каналах при 77 К близки к реализующимся на сколах Ge в высоком вакууме и в жидком азоте [6]. Это дает основание считать, что каналы, возникающие на сколотых в жидких He, N и высоком вакууме поверхностях Ge† имеют одинаковую природу. На сколотой поверхности возникают энергетические состояния акцепторного типа. В них локализуется отрицательный заряд Q_{ss} , индуцирующий в приповерхностной области канал, обогащенный дырками.

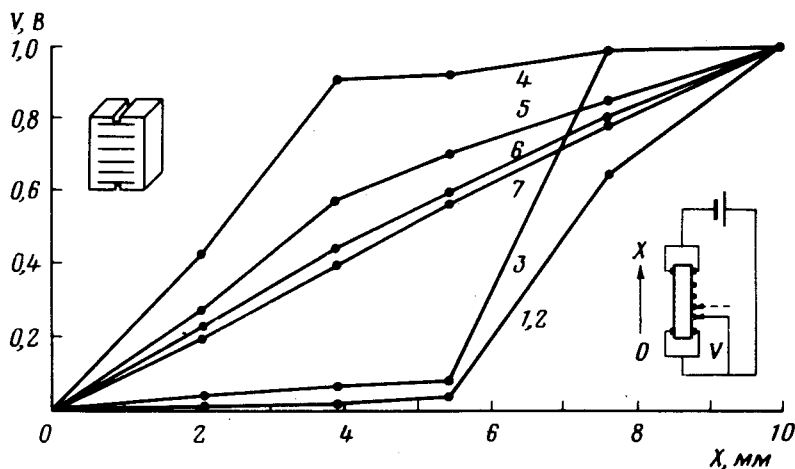


Рис.2. Конструкция образцов для снятия распределения напряжения на поверхности скола. Зависимости V от координаты X вдоль поверхности снятые после прогрева: 1 — 4,2°, 2 — 13°, 3 — 37°, 4 — 45,5°, 5 — 53°, 6 — 55,5°, 7 — 80°

Возможное объяснение эффектов наблюдаемых на поверхностях сколотых в жидком гелии состоит в следующем. При раскалывании образца встраиваются механические напряжения на вновь образующихся поверхностях. Судя по наблюдаемому нами разнообразию форм рельефа скола величины этих напряжений разные в разных точках поверхности. Напряжения могут влиять на характеристики (энергетическое положение или плотность, или и то и другое) поверхностных состояний так, что сразу после скола заряд, локализованный в них Q_{ss} , мал и неоднородно распределен по сколотой поверхности. Соответственно Q_{ss} проводимость канала σ_s также распределена неоднородно и мала. При повышении температуры прогрева образца напряжения постепенно снимаются, Q_{ss} возрастает и все более равномерно распределяется по поверхности. Это приводит к возрастанию σ_s и резким изменениям μ и Γ , определяемым из эффекта Холла (кривые 1 — 3 рис.1 при $T_{\Pi} < 60$ К). После $T_{\Pi} \sim 60$ К Q_{ss} достигает максимума и распределяется по площади скола однородно.

В работе [1] отмечалось существенное увеличение СВЧ проводимости непосредственно после скола Ge в жидком He. Согласно нашим и

полученным в работе [2] данным заметная σ_s появляется только после прогрева образцов при $T_{\Pi} > 30 \div 40$ К. Такое различие подтверждает предложенную модель неоднородной поверхности. На СВЧ поглощении может сказываться наличие на поверхности проводящих островков. Для появления же проводимости на постоянном токе нужно, чтобы островки стали достаточно большими, перекрылись друг с другом и образовали проводящую цепочку между контактами образца.

Киевский государственный
университет им. Т.Г.Шевченко

Поступила в редакцию
3 мая 1980 г.

Литература

- [1] Ю.А.Осипьян, В.И.Гальянский, А.А.Харламов. Письма в ЖЭТФ, **30**, 253, 1979.
 - [2] Б.М.Вул, Э.И.Заварицкая, Е.Г.Сокол. Письма в ЖЭТФ, **30**, 517, 1979.
 - [3] В.Н.Добровольский, Ю.И.Гриценко. ФТТ, **4**, 2760, 1962.
 - [4] Е.В.Кучис. Методы исследования эффекта Холла, М., изд. Сов. Радио, 1974.
 - [5] Л.Н.Абессонова, В.Н.Добровольский, Ю.С.Жарких, Г.К.Нинидзе, О.С.Фролов. ФТП, **10**, 665, 1976.
 - [6] V.N.Dobrovolskii, Yu.S.Zharkikh. Phys. Stat. Sol. (a), **6**, 655, 1971.
-