

## ОБ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ (111) ГЕРМАНИЯ, ОБРАЗОВАННОЙ СКАЛЫВАНИЕМ

*В.Ю.Аристов, В.И.Тальянский, А.А.Харламов*

Показано, что электропроводность поверхности (111) германия, образованной скалыванием при гелиевых температурах в условиях высокого вакуума резко и необратимо возрастает после нагрева до  $T \sim 70$  К. Температура, при которой происходит необратимое возрастание электропроводности существенно зависит от атмосферы, окружающей кристалл. Высказывается предположение о том, что наблюдаемое явление есть следствие необратимой структурной перестройки поверхности (111) германия.

Как уже сообщалось ранее [1 – 3], электропроводность сколотых в жидком гелии поверхностей (111) германия необратимо возрастает при нагреве кристаллов до  $T \sim 40$  К и достигает значений  $\sigma \sim 10^{-4}$  Ом<sup>-1</sup>. В связи с этим, в [2] нами было высказано предположение о том, что этот необратимый рост поверхностной электропроводности связан со структурными изменениями на поверхности (111) германия.

Считается, что при скалывании кристалла в жидком гелии образуется атомарно-чистая поверхность. Однако при последующем нагреве кристалла в газообразном гелии не исключено влияние "разморажива-

ющихся" примесей газов на электрические свойства поверхности. Для выяснения роли такой примесной атмосферы, в этой работе нами проведены сравнительные исследования температурных зависимостей электропроводности поверхностей (111) германия, образованных скалыванием как в жидком гелии, так и в условиях высокого вакуума  $p = 10^{-9}$  мм.рт.ст. При исследованиях в условиях высокого вакуума кристаллы германия помещались в гелиевый криогенный насос, где и производилось скалывание и измерялись температурные зависимости электропроводности.

В предшествующих работах [1 – 5] использовался германий, легированный мелкими центрами и, поэтому, возникающая при нагреве объемная электропроводность не позволяла непосредственно измерять температурные зависимости поверхностной электропроводности. Из-за этого все измерения на этих кристаллах проводились при  $T = 4,2$  К и фиксировались лишь изменения поверхностной электропроводности в зависимости от температуры промежуточного прогрева образца. Чтобы избежать этой процедуры, в данной работе использован германий компенсированный золотом  $n$ -тип,  $N_{Au} = 3 \cdot 10^{15}$  см $^{-3}$ ,  $N_{Sb} = 5 \cdot 10^{15}$  см $^{-3}$ . Объемной проводимостью этих кристаллов можно было пренебречь практически вплоть до  $T \sim 100$  К, что и позволило измерять непосредственно температурные зависимости поверхностной электропроводности.

Образование поверхности (111) германия скалыванием аналогично описанному нами в [2]. Образцы имели размеры:  $1,5 \cdot 2 \cdot 8$  мм $^3$ , а контакты для электрических измерений изготавливались термокомпрессией золота на две противоположные грани образца и обладали омичностью в используемой области температур от 4,2 до 100 К.

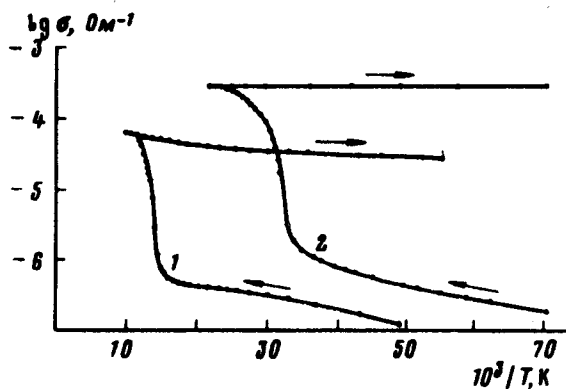


Рис. 1. Температурные зависимости электропроводности поверхности (111) германия после низкотемпературного скалывания: 1 – в условиях высокого вакуума (скол при  $T = 18$  К); 2 – в гелиевой атмосфере (скол при  $T = 4,2$  К)

Результаты измерений приведены на рис. 1 и рис. 2. На рис. 1 показаны температурные зависимости поверхностной электропроводности при низкотемпературном скалывании в условиях высокого вакуума – кривая 1 и в атмосфере гелия – 2. Показаны температурные зависимости при нагреве образца сразу после скалывания и обратный ход кривых – охлаждение после необратимого роста электропроводности. Основной результат этих измерений состоит в том, что в условиях высокого вакуума необратимый рост электропроводности происходит в районе  $T = 70$  К, в то время как в гелиевой атмосфере необратимые изменения происходят около  $T = 40$  К. На рис. 2 приведены результаты

полученные после скальвания кристаллов при температурах выше 70 К в условиях высокого вакуума. Поверхностная электропроводность после скальвания при этих температурах возникала мгновенно и не изменялась во времени при постоянной температуре образца. До скальвания электропроводность кристаллов при этих температурах практически была столь мала, что ею можно было пренебречь по сравнению с возникшей поверхностной электропроводностью. На рис. 2 условно показано значение электропроводности образцов до скальвания. Температурные зависимости поверхностной электропроводности этих образцов кривые 1 и 2 на рис. 2 аналогичны температурным зависимостям поверхностной электропроводности после нагрева в условиях высокого вакуума — обратный ход кривой 1, на рис. 1. Нужно отметить, что после необратимого роста поверхностной электропроводности в результате нагрева (кривая 1, рис. 1) и после высокотемпературного скальвания (кривые 1 и 2, рис. 2) в условиях высокого вакуума, температурные зависимости поверхностной электропроводности имеют некоторую активацию, хотя в опытах проведенных в гелиевой атмосфере поверхностная электропроводность от температуры практически не зависит (обратный ход кривой 2, рис. 1).

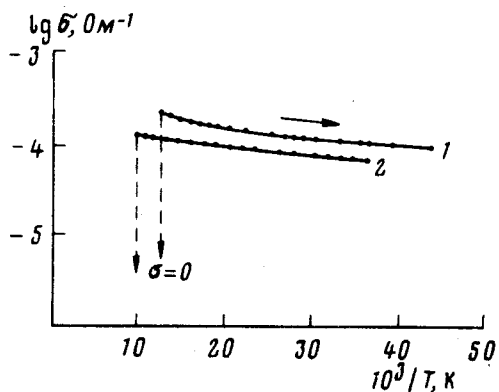


Рис. 2. Температурные зависимости электропроводности поверхности (111) германия после высокотемпературного скальвания в условиях высокого вакуума: 1 — скол при  $T = 80$  К; 2 — скол при  $T = 100$  К

Итак, наши измерения показывают, что на результаты работ [1–5] повлияла адсорбция газов, содержащихся в газообразной атмосфере гелия. По-видимому в [1–5] была существенна адсорбция водорода, так как водород начинает "размораживаться" при температурах больших  $T = 20$  К, то есть в той области температур, где происходит необратимый рост поверхностной электропроводности в [1–5]. К сожалению, мы не можем полностью исключить влияние адсорбции и на результаты данной работы, однако, как нам кажется, возможен и другой механизм, не связанный с адсорбцией. Как и в [2], можно предположить, что на поверхности (111) германия образуются различные поверхностные структуры в зависимости от температуры при которой производится скальвание. Различным поверхностным структурам, на наш взгляд, могут соответствовать различные значения поверхностной электропроводности и наблюдаемые нами явления могут быть последствием структурной перестройки на поверхности (111) германия. Нам кажется, что результаты данной работы делают вероятным обнаружение такого структурного перехода. В дальнейшем мы предпола-

гаем провести одновременно исследование структуры и электрических свойств одной и той же поверхности (111) германия не нарушая условий сверхвысокого вакуума.

Институт физики твердого тела  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
10 июля 1981 г.

### Литература

- [1] *Осипьян Ю.А., Тальянский В.И., Харламов А.А.* Письма в ЖЭТФ, 1979, 30, 253.
  - [2] *Осипьян Ю.А., Тальянский В.И., Харламов А.А.* Письма в ЖЭТФ, 1980, 31, 760.
  - [3] *Вул Б.М., Заварицкая Э.И., Сокол Е.Г.* Письма в ЖЭТФ, 1979, 30, 517.
  - [4] *Вул Б.М., Заварицкая Э.И.* Письма в ЖЭТФ, 1980, 31, 177.
  - [5] *Жарких Ю.С., Лысоченко С.В.* Письма в ЖЭТФ, 1980, 31, 753.
-