

- [1] Кудинов Е. К. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 9. С. 2594—2605.
 [2] Liu F., Tucker R. R., Heller P. // Amer. J. Phys. 1990. V. 58. N 3. P. 211—218.
 [3] Шельх А. И. // ФТТ. 1990. Т. 32. № 6. С. 1820—1824.
 [4] Vail C. R., Lucas M. S. P., Owen H. A., Stewart W. C. // Sol. St. Electronics. 1960. V. 1. N 4. P. 279—286.
 [5] Jeffries C. D., Lam Q. H., Kim Y. et al. // Phys. Rev. B. 1989. V. 39. N 16—A. P. 11526—11537.

Физико-технический институт
им. А. Ф. Иоффе РАН
Санкт-Петербург

Поступило в Редакцию
18 ноября 1991 г.

УДК 539.211

© Физика твердого тела, том 34, № 9, 1992
Solid State Physics, vol. 34, N 9, 1992

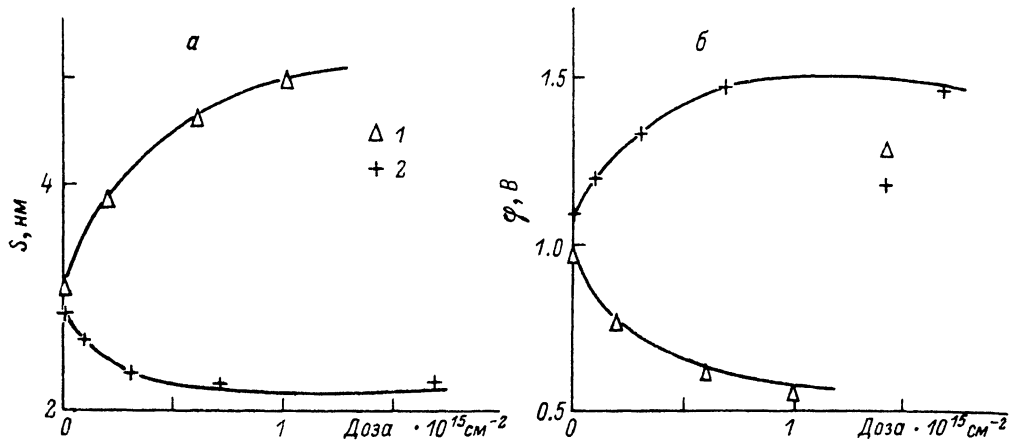
ВЛИЯНИЕ ИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА СВОЙСТВА ТУННЕЛЬНЫХ КОНТАКТОВ

В. В. Крюк

В работе [1] показано, что ионное облучение джозефсоновских туннельных контактов на основе пленок ниобия и сплава из свинца, индия, золота увеличивает у них величину критического сверхпроводящего тока. Из этого следует, что ионное облучение изменяет характеристики энергетического барьера туннельных контактов. Для выяснения механизма такого воздействия в настоящей работе изучено влияние облучения ионами аргона на наиболее простые по составу туннельные контакты, состоящие из алюминия и окиси алюминия, в зависимости от наличия в пленках медной примеси.

Первая группа контактов была образована на окисленной полированной кремниевой подложке из двух перпендикулярно пересекающихся алюминиевых полос шириной 1.0 мм, с толщинами около 100 нм, которые термически напылялись через маску в вакууме 10^{-3} Па. Между первой и второй операциями напыления проводилось окисление поверхности первой пленки алюминия путем бомбардировки ее ионами кислорода из газового разряда. Разряд зажигался в вакуумной камере в течение 3 мин при напуске 10%-ной смеси кислорода с аргоном до давления порядка 1.0 Па при напряжении между подложкой и катодом в 1.0 кв. Вторая группа контактов изготовлялась аналогично с единственной дополнительной операцией напыления тонкого слоя меди толщиной приблизительно 1.0 нм. Медь вводилась в район барьера после окисления первой алюминиевой пленки для того, чтобы сравнить реакцию на облучение простейших по составу контактов и изготовленных на металлических пленках более сложного состава.

Измерение вольт-амперных характеристик (ВАХ) полученных структур осуществлялось четырехзондовым методом. Облучение производилось ионами аргона с энергией 100 кэВ в установке ионной имплантации измерений при одновременной регистрации изменений ВАХ контактов в зависимости от дозы их облучения. Энергия ионов была выбрана такой, чтобы их средний протонированный пробег в алюминии по крайней мере превышал толщину верхней пленки алюминия. Так как электрофизические свойства металлических элементов с малым содержанием примесей слабо подвержены радиационным воздействиям [2], то изменения ВАХ характеризовали влияние облучения на область барьера контактов.



Зависимость ширины (а) и высоты (б) энергетического барьера туннельных контактов от дозы облучения ионами аргона.

1 — контакт из первой группы, 2 — контакт из второй группы.

По экспериментальной ВАХ находились высота и ширина энергетического барьера изучаемой структуры. Для этого использовалось теоретическое выражение для плотности тока через туннельный контакт при напряжениях на нем меньше высоты барьера, полученное в [3],

$$J = \frac{6.2 \cdot 10^8}{s^2} \left[\left(\varphi - \frac{V}{2} \right) \exp \left(-10.25s \sqrt{\varphi - \frac{V}{2}} \right) - \left(\varphi + \frac{V}{2} \right) \exp \left(-10.25s \sqrt{\varphi + \frac{V}{2}} \right) \right], \quad (1)$$

где J — плотность тока через контакт, А/см²; s — ширина барьера контакта, нм; φ — высота энергетического барьера, В; V — напряжение на барьере, В. Численными методами определялись значения величин s и φ так, чтобы выражение (1) наиболее точно аппроксимировало ВАХ.

Полученные зависимости параметров s и φ от дозы облучения представлены соответственно на рисунке, а, б. Кривые 1 относятся к одному характерному контакту из первой группы, у которого в процессе облучения, как видно из графиков, увеличивается ширина барьера при одновременном понижении его высоты. Кривые 2 относятся к контакту из второй группы, у которого, наоборот, ширина барьера уменьшается, а его высота растет по мере воздействия ионов.

Можно дать следующее объяснение полученным результатам. ВАХ контактов после облучения ионами изменяются вследствие процесса ионного перемешивания [4] атомов кислорода из барьерного слоя и атомов пленок металлов. Процессы упругих столкновений между атомами приводят к уширению барьерного слоя, понижая при этом высоту энергетического барьера контактов. Известно также [5], что процесс ионного перемешивания зависит от термодинамических свойств системы, в которой он протекает. Вследствие различия составов изучаемых структур термодинамические свойства контактов второй группы отличаются от таковых первой группы, что приводит к различной реакции на облучение исследуемых групп контактов. Вероятно, поэтому наблюдается сжатие барьерной области контактов из второй группы при одновременном повышении высоты их энергетического барьера.

- [1] Raider S.I., Clark G.J. // Appl. Phys. Lett. 1984. V. 45. N 7. P. 796—798.
- [2] Linker G. // J. Nucl. Mater. 1978. V. 72. N 1. P. 275—281.
- [3] Simmons J.G. // J. Appl. Phys. 1963. V. 34. N 6. P. 1793—1803.
- [4] Averback R.S. // Phys. Rev. B. 1969. V. 37. N 1. P. 38—49.
- [5] Cheng Y.T. // Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. B. 1991. V 59/60. N 1. P. 506—516.

Московский институт электронной техники

Поступило в Редакцию
5 февраля 1992 г.

УДК 537.226.4

© Физика твердого тела, том 34, № 9, 1992
Solid State Physics, vol. 34, N 9, 1992

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В СЛОИСТОМ КРИСТАЛЛЕ β -TlInS₂

Е. С. Крупников, Ф. Ю. Алиев, Р. Г. Оруджев

Вследствие слабого межслоевого взаимодействия и легкости смещения слоев относительно друг друга кристаллы TlInS₂ кристаллизуются в шести политипных структурах: три гексагональной (α), две моноклинной (β) и одна триклинной модификаций [1]. В настоящей работе приведены результаты исследования удельной теплоемкости c_p монокристаллов β -TlInS₂ и изготовленного из них порошка в диапазоне температур 60—310 К.

Известные в литературе данные по теплоемкости [2] были получены из измерения поликристаллического порошка весом более 10 г методом адиабатической калориметрии в интервале 5—300 К. Была обнаружена последовательность фазовых переходов (ФП) при температурах (T) 214.9, 210.9, 208, 206.1, 196.9, 173.4, которая объяснялась сосуществованием длиннопериодических соизмеримых и несоизмеримых фаз. Все ФП были 2-рода типа смещения. Ранее нами при исследовании теплоемкости другого изоструктурного слоистого кристалла TlGaSe₂ наблюдалась осцилляционная зависимость $c_p(T)$ [3] вместо всего двух ФП для порошка [4] в том же интервале температур 80—120 К. Это наводит на мысль о влиянии механических напряжений в порошке на ФП слоистых кристаллов TlGaSe₂ и β -TlInS₂, а также о возможной негомогенности образца большой массы, который необходим для адиабатических измерений. Поэтому актуальной является задача исследования c_p монокристаллов с минимальной массой, так как это может дать достоверную информацию о числе ФП и их температурах.

Измерения проводились методом тепловой релаксации [5] с использованием микро-ЭВМ ДЗ-28 для сбора и обработки данных. Монокристалл, имеющий размеры 5 × 5 × 0.1 мм и вес 47 мг, с помощью разбавленной бензолом вакуумной смазки приклеивался к слюдяной подложке (1.1 мг), на обратной стороне которой был напылен в вакууме резистор из нихрома. Температура образца относительно термостатируемого блока измерялась медь-константановой термопарой с диаметром проводников 45 мкм. Суммарная теплоемкость слюды, термопары и подводющих проводов является монотонной функцией T и не превышала 18% от общей теплоемкости подложки с образцом в интервале от азотной до комнатной температуры. Для получения образца из порошка монокристалл был размолот до зерен размером ~10 мкм, а затем спрессован в виде таблетки (25.8 мг) прямоугольной формы 5 × 5 мм. Точность измерения c_p составляла 3—4%.