

ПРОЯВЛЕНИЕ ЭФФЕКТА ДЖОЗЕФСОНА НА МОСТИКОВЫХ
КОНТАКТАХ ИЗ Nb_3Ge

А. И. Головашкин, А. Н. Лыков, Е. В. Печень

УДК 537.312.62

Изучены свойства мостиковых контактов из Nb_3Ge , приготовленных методом пропаривания (скрайбирования). Изучены вольтамперные характеристики, температурная зависимость критического тока, наблюдались характерные ступеньки тока в СВЧ поле. Полученные результаты анализируются с помощью вихревой модели.

В настоящей работе изучались свойства мостиковых контактов из высокотемпературного сверхпроводящего сплава Nb_3Ge . Интерес к таким сверхпроводникам и, в частности, к Nb_3Ge вызван их высокими критическими параметрами. В настоящее время на пленках Nb_3Ge достигнута рекордная температура перехода в сверхпроводящее состояние T_c /1/. Ранее нами показано /2,3/, что свойства мостиковых контактов из Nb_3Sn , также обладающего решеткой типа $A15$, в широком интервале температур хорошо описываются вихревой моделью /3-5/. Целью настоящей работы служила проверка применимости этой модели для описания поведения контактов из Nb_3Ge . Для пленочных мостиков из Nb_3Ge изучались зависимость критического тока I_c от температуры T , вид вольтамперных характеристик (ВАХ) и характер взаимодействия мостиков с электромагнитным излучением. В качестве хладагента использовался жидкий водород.

Пленки Nb_3Ge готовились в атмосфере аргона методом геттерного катодного распыления на постоянном токе. Использовалась составная мишень из Nb и Ge , изучались пленки с T_c в диапазоне 18-20 К, началом перехода при 1-20 К, шириной перехода 0,2 - 1,5 К. Толщина пленок составляла 0,5 + 1 мкм. Рентгеновский

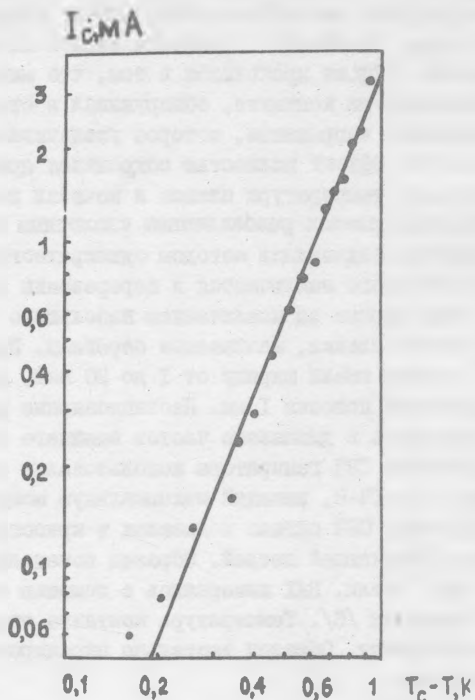
анализ показал, что основной фазой в образцах была высокотемпературная фаза Al_5 . При изучении свойств пленок с пониженными T_C , содержащих избыток Ge, нами в случае применения токопроводящих контактов из серебряной пасты наблюдался эффект выпрямления высокочастотного тока, связанный с наличием тонкой пленки германия на поверхности. Эффект проявлялся в том, что микровольтметр, измеряющий напряжение на контакте, обнаруживал в отсутствии тока смещения появление напряжения, которое увеличивалось с увеличением мощности СВЧ. Эффект полностью сохранялся при температурах выше критической температуры пленок и исчезал после кратковременного травления пленок разбавленным кислотным травителем. Мостиковые контакты создавались методом однократного скрайбирования, сущность которого заключается в перерезании сверхпроводящей пленки по всей ширине за исключением небольшого участка, соединяющего две части пленки, называемые берегами. Приготовленные таким образом мостики имели ширину от 1 до 20 мкм, длину 1-2 мкм и ширину перерезаемой полоски 1 мм. Нестационарные процессы в микромостике изучались в диапазоне частот внешнего СВЧ излучения 1,9-4 ГГц. В качестве СВЧ генератора использовался обычный клистронный источник типа ГЧ-9, имеющий максимальную мощность на выходе порядка 100 мВт. СВЧ сигнал подавался в криостат по кабелю, заканчивающемуся излучающей петлей. Образец помещался в медный стакан вблизи этой петли, ВАХ измерялись с помощью обычной четырехзондовой методики /6/. Температура контакта определялась по угольному термометру. Образец тщательно экранировался от влияния внешних наводок.

Зависимость величины критического тока от температуры является одной из важных характеристик контактов "слабой" сверхпроводимости. Изучение этой зависимости для мостиков из Nb_3Ge показало, что

$$I_C(T) \sim (T_C - T)^{5/2}. \quad (I)$$

На рис. 1 приведены экспериментальные значения $I_C(T)$ для одного из контактов. Видно, что вплоть до $T_C - T = 1$ К экспериментальная зависимость хорошо описывается законом (I). При этом плотность тока через мостик превышала 10^5 А/см², при отклонении состава от стехиометрического в обе стороны наблюдалось увеличение показателя степени в зависимости (I). Интересно отметить, что зависи-

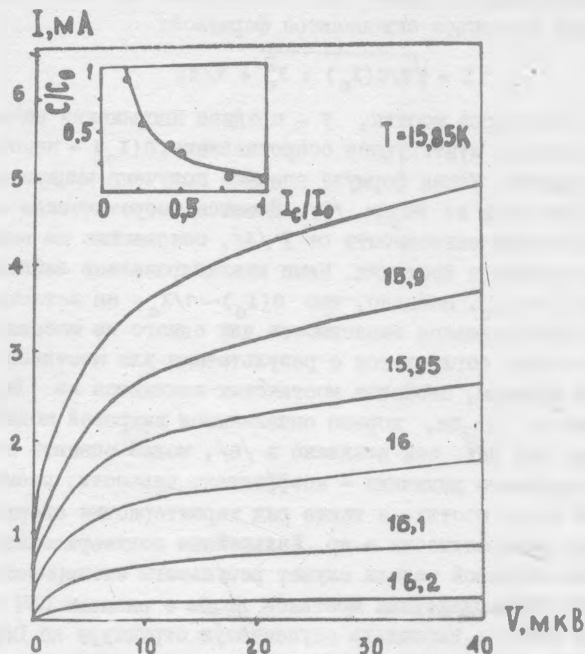
мость критического тока от температуры мостиков, изготовленных из другого высокотемпературного соединения - Nb_3Sn , также хорошо описывается выражением (I) /3/. В работе /7/ показано, что



Р и с. I. Зависимость критического тока от температуры для мостика из Nb_3Ge (контакт № 37 ж, T_c мостика 15,7 К, ширина мостика 2 мкм). Сплошная кривая соответствует закону $I_c \sim (T_c - T)^{2,5}$

подобную зависимость критического тока от температуры можно ожидать для пленок из сверхпроводников II-го рода при наличии в них определенного типа неоднородностей. Результат, полученный нами, интересен тем, что метод катодного распыления обеспечивает большую однородность пленок по сравнению с методом термического испарения компонента сплава из разных испарителей, которым приготавли-

лись образцы Nb_3Sn . Кроме того и мостики из Nb_3Sn в [3] готовились несколько отличающимся методом. Таким образом, результаты изучения Nb_3Ge указывают на универсальный характер зависи-



Р и с. 2. ВАХ мостикового контакта из Nb_3Ge при различных температурах. На вставке к рисунку точками показаны зависимость параметра C от I_c . Сплошная линия соответствует закону $1/I_c$, параметры C_0 и I_{c0} - постоянные (контакт № 45 μm , ширина мостика 2 μm)

мости критического тока от температуры в таких мостиках, одинаковый при использованных методах создания контактов и получения сверхпроводящих пленок.

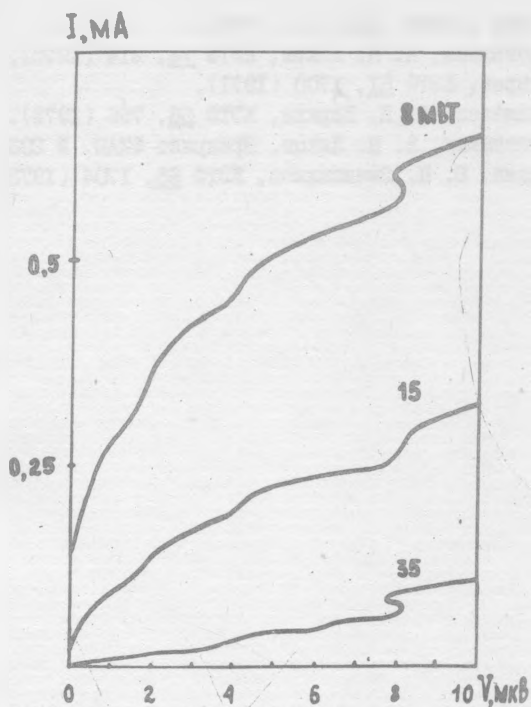
Одной из важнейших характеристик мостиковых контактов, определяющей характер нестационарных процессов в микромостике, является вид ВАХ. Нами изучены несколько мостиков из Nb_3Ge . На рис. 2

приведены обычно наблюдавшиеся нами ВАХ мостиковых контактов. Обращает на себя внимание малое дифференциальное сопротивление при малых напряжениях. Экспериментальные ВАХ обрабатывались на ЭВМ методом, описанным в работе /6/. Оказалось, что они с точностью в несколько процентов описываются формулой:

$$I = \sqrt{V/C(I_C) + I_C^2} + V/R. \quad (2)$$

Здесь I — ток через мостик, V — среднее напряжение на нем, R — нормальное шунтирующее сопротивление, $C(I_C)$ — некоторый размерный параметр. Такая формула впервые получена эмпирически при изучении мостиков из Nb_3Sn /2/. Имеются теоретические обоснования квадратичной зависимости от I /4/, основанные на вихревой модели процессов в мостиках. Нами анализировалась зависимость параметра C от I_C . Найдено, что $C(I_C) \sim 1/I_C$. На вставке к рис. 2 показана наблюдавшаяся зависимость для одного из мостиков. Этот результат также согласуется с результатами для мостиков из Nb_3Sn .

Таким образом, свойства мостиковых контактов из Nb_3Ge как и мостиков из Nb_3Sn , хорошо описываются вихревой моделью /4,5/. Анализируя вид ВАХ, как показано в /6/, можно оценить важные параметры вихревого движения — коэффициент вязкости, время пролета вихрей через мостик, а также ряд характеристик сверхпроводника — длину когерентности и др. Дальнейшим подтверждением справедливости вихревой модели служат результаты экспериментов по исследованию взаимодействия мостиков Nb_3Ge с внешним СВЧ излучением. Нам удалось наблюдать ступенчатую структуру на ВАХ при напряжениях $V_n = hf_n/2e$, где f — частота излучения, n — целое число (номер ступеньки). В используемой области частот на ВАХ наших мостиков проявлялось несколько четких регулярных ступенек при различных уровнях СВЧ мощности. Кроме того, наблюдались и субгармоники ступенек. На рис. 3 показаны ВАХ мостикового контакта из Nb_3Ge при разных уровнях СВЧ мощности. На этом рисунке видны как основные ступеньки при $V = V_n$, так и субгармоники при $V = hf(n - 1/2)/2e$. Наблюдаемая ступенчатая структура ВАХ указывает на когерентный характер движения вихрей Абрикосова в мостиках из Nb_3Ge . Полученные нами результаты свидетельствуют о возможности использования пленок Nb_3Ge для создания приборов криоэлектроники, работающих в водородной области температур.



Р и с. 3. ВАХ мостикового контакта из Nb_3Ge при разных уровнях СВЧ мощности (контакт № 45ж, T_c мостика 16,6 К, ширина мостика 7 мкм, $T = 16,2$ К, $r = 1,914$ ГГц)

Поступила в редакцию
11 июля 1978 г.

Л и т е р а т у р а

1. L. R. Testardi, I. N. Wernick, W. A. Royer, Solid St. Comm., 15, 1 (1974).
2. А. И. Головашкин, И. С. Левченко, А. Н. Лыков, Л. И. Махаш-

- виды, Письма в ИЭТФ, 24, 565 (1976).
3. А. И. Головашкин, А. Н. Лыков, ИЭТФ 74, 214 (1978).
 4. К. К. Ляхарев, ИЭТФ 61, 1700 (1971).
 5. Л. Г. Асламазов, А. И. Ларкин, ИЭТФ 68, 766 (1975).
 6. А. И. Головашкин, А. Н. Лыков, Препринт ФИАН № 203, 1977 г.
 7. А. И. Ларкин, Ю. Н. Овчинников, ИЭТФ 65, 1704 (1973).