

dings, 1984, v. 131, pt. A, N 4, p. 275-281.

- [2] Королев С.В., Красильников В.А., Крылов В.В. - Акуст. журн., 1987, т. 33, № 4, с. 774-776.
- [3] Arnold W. - Acta Phys. Slov., 1986, v. 36, N 1, p. 5-16.
- [4] Крылов В.В., Пономарев Е.П., Штенцель Т.В. - Вестн. МГУ, Сер. 3, Физика, Астрономия, 1986, т. 27, № 6, с. 43-48.
- [5] Козлов А.И., Плесский В.П. - ФТТ, 1986, т. 28, № 1, с. 9-11.
- [6] Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М.: Наука, 1966. 686 с.
- [7] Наугольных К.А., Рой Н.А. Электрические ряды в воде. М.: Наука, 1971. 155 с.
- [8] Lafleur L.D., Matese J.J., Spross R.L. - J. Acoust. Soc. Amer., 1987, v. 81, N 3, p. 606-610.
- [9] Викторов И.А. Звуковые поверхностные волны в твердых телах. М.: Наука, 1981. 288 с.
- [10] Андриянов Ю.В., Бондаренко О.Н. - ЖТФ, 1986, т. 56, № 6, с. 1237-1239.
- [11] Красильников В.А., Крылов В.В. Введение в физическую акустику. М.: Наука, 1984. 400 с.

Московский государственный
университет им. М.В. Ломоносове

Поступило в Редакцию
11 июля 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 21

12 ноября 1988 г.

СМЕШЕНИЕ ЧАСТОТ В ДЖОЗЕФСОНОВСКОМ ПЕРЕХОДЕ ИЗ КЕРАМИКИ $YBa_2Cu_3O_x$

А.В. Дробинин, В.С. Лутовинов

Джозефсоновский переход является существенно нелинейной системой, поэтому в нем возможно смешение частот электромагнитного излучения в широком диапазоне. Джозефсоновские смесители бывают двух типов - с внутренним и внешним гетеродином. В первом случае смешение происходит с частотой, генерируемой самим переходом при подаче на него постоянного напряжения, а во втором случае с частотой от внешнего генератора. Нами исследовался второй случай. Переход, обладающий джозефсоновскими свойствами, был изготовлен из образца размером $1 \times 3 \times 10 \text{ мм}^3$ подпиливанием алмазной пилкой до образования перешейка с площадью $\approx 0.1 \text{ мм}^2$. Чтобы избежать разлома перешейка при охлаждении, образец при-

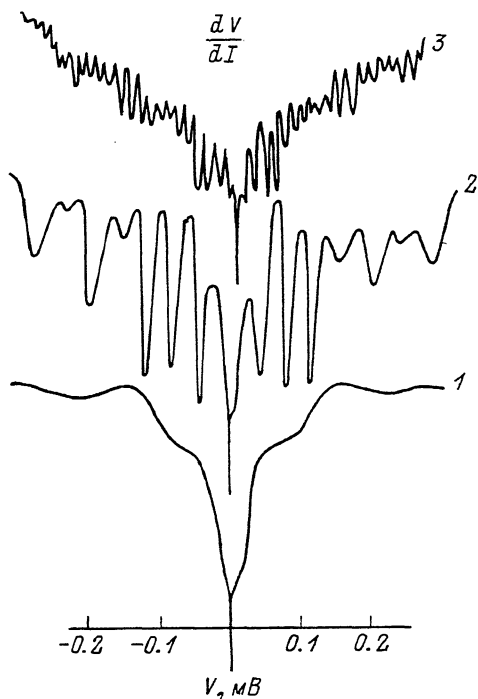


Рис. 1. Зависимость дифференциального сопротивления перехода от напряжения на нем. 1 – без облучения СВЧ, 2 и 3 – при облучении частотами 21 и 7 ГГц соответственно.

клеивался на несверхпроводящую керамическую подложку примерно с таким же коэффициентом теплового расширения. Подложка приготавливалась из той же смеси исходных компонентов, но с более быстрым охлаждением от 900 °С. Все измерения проводились при 77 К.

Для наблюдения смещения электромагнитных волн на переход подавалось излучение с частотами $\nu_1, \nu_1' \approx 7$ ГГц и $\nu_2 \approx 21$ ГГц от трех разных генераторов. При этом происходило эффективное смещение как излучения близких частот ν_1 и ν_1' , так и гармоническое смещение излучения частот ν_1 и ν_2 . Сигнал на комбинационной частоте в диапазоне от 1 до 100 МГц измерялся анализатором спектра. При облучении перехода СВЧ излучением на вольт-амперной характеристике, наблюдаемой на экране осциллографа, видны ступеньки при напряжениях смещения $V = h\nu/2e$. На рис. 1 изображена зависимость дифференциального сопротивления перехода от напряжения на нем. Кривая 1 соответствует отсутствию СВЧ мощности, кривые 2, 3 получены при облучении частотами 7 и 21 ГГц.

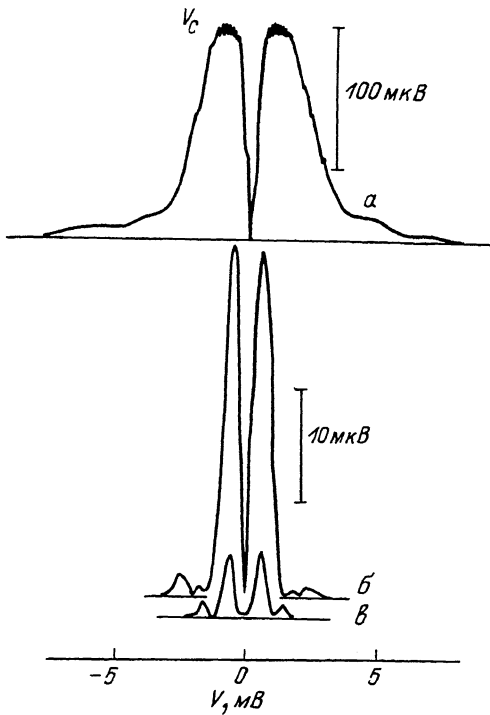


Рис. 2. Амплитуда комбинационного сигнала при облучении перехода близкими частотами $\nu_1 \approx \nu_1'$ 7 ГГц: а - соответственно сигналу на частоте $|\nu_1 - \nu_1'| \approx 30$ МГц; б - сигналу на частоте $2|\nu_1 - \nu_1'|$; в - на частоте $3|\nu_1 - \nu_1'|$.

При подаче на переход одновременно излучения на двух частотах на экране анализатора спектра видны линии, соответствующие комбинационным частотам $n|\nu_1 - \nu_1'|$ или $|3\nu_1 - \nu_2|$, которые легко перестраивались в диапазоне 1-100 МГц (диапазон анализатора спектра) изменением рабочей частоты одного из генераторов. При смещении близких частот легко видно до пяти гармоник комбинационной частоты $|\nu_1 - \nu_1'|$. На рис. 2 изображена зависимость амплитуды комбинационного сигнала от напряжения смещения. Эта зависимость имеет характерный осциллирующий вид, как и для одиночного джоузефсоновского контакта, но имеет существенно больший масштаб по напряжению смещения на переходе. Обычно максимум комбинационного сигнала достигается при напряжении, соответствующем середине между нулевой и первой токовой ступеньками, т.е. при $V_M \approx \frac{1}{2} \frac{h\nu}{2e}$ (при $\nu = 7$ ГГц, $V_M \approx 7$ мкВ) [1]. В нашем же случае максимум комбинационного сигнала достигается при напряжении

в 10^1-10^2 раз больше, чем V_M , это напряжение растет при увеличении мощности СВЧ излучения.

Похожее поведение наблюдалось в сверхпроводящих гранулированных структурах из спрессованного ниобиевого порошка [2]. В сильном ВЧ поле при напряжениях на образце порядка $10^3 h\nu/2e$ наблюдалось переизлучение на частоте ν , что интерпретировалось авторами как следствие образования когерентного состояния из многих джозефсоновских переходов, образованных слабыми связями между гранулами. В [3] показано, что на вольт-амперной характеристике и одиночного джозефсоновского перехода может возникнуть излом при напряжениях, много больших, чем напряжение ступеньки $h\nu/2e$ при воздействии сильного ВЧ поля. Это, однако, не объясняет эффекта переизлучения, наблюдавшегося в [2], а также осциллирующий вид зависимости $V_c(V)$, наблюдаемый нами. Возможно, что в высокотемпературных сверхпроводниковых керамиках происходит синхронизация джозефсоновских связей между отдельными гранулами сильным СВЧ полем.

Л и т е р а т у р а

- [1] Taur Y., Claassen J.H., Richards P.L. - Appl. Phys. Lett., 1974, v. 24, p. 101-103.
- [2] Yu M.L., Saxena A.M. - IEEE Trans on Magn., 1975, v. MAG-11, N 2, p. 674-677.
- [3] Л и х а р е в К.К. Введение в динамику джозефсоновских переходов. М.: Наука, 1985. 319 с.

Московский институт
радиотехники, электроники
и автоматики

Поступило в Редакцию
12 мая 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 21 12 ноября 1988 г.

ПУЗЫРЬКИ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО АРГОНА В НИКЕЛЕ ПОСЛЕ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ИОННОЙ БОМБАРДИРОВКИ

Д.Б. Кузьминов, В.Н. Черников,
М.Ю. Герчиков, А.М. Панеш,
А.П. Симонов

В последние годы показано, что тяжелые инертные газы, вводимые в металл методом ионной имплантации (при энергиях ионов в десятки и сотни кэВ), могут объединяться в нем в пузырьки и находиться там в кристаллическом состоянии вплоть до температур