

ШИРОКОПОЛОСНОЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЕ АМПЛИТУДНО- И ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННОГО СВЧ ИЗЛУЧЕНИЯ КЕРАМИКОЙ $YBa_2Cu_3O_x$

В.Н. Богомолов, Ю.А. Кумеров,
С.Г. Романов, А.В. Фокин

Сверхпроводящая керамика, согласно сложившимся представлениям, является разновидностью многосвязных неупорядоченных джозефсоновских сред. На ее основе возможна реализация ряда электронных приборов СВЧ диапазона [1]. Применение ВТСП керамики позволяет расширить температурный диапазон работы данных приборов. Целью настоящей работы является изучение поведения $YBa_2Cu_3O_x$ керамики в режиме детектирования СВЧ сигнала как в случае амплитудной (АМ), так и в случае частотной (ЧМ) модуляции. Использование ЧМ в принципе позволяет выделить частотно-зависимые свойства джозефсоновских переходов.

В качестве детектора было использовано соединение $YBa_2Cu_3O_x$, полученное стандартным способом термического разложения смеси нитратов, синтеза при 950 °С и дополнительного отжига в кислороде под давлением 15 атм при 700 °С. Образец размером 10x2x1 мм³ помещали в разрыв центрального проводника коаксиальной линии с волновым сопротивлением 50 Ом, замкнутого согласованной нагрузкой. Частоту несущей сигнала можно было изменять от 1.8 до 4 ГГц, максимальная мощность излучения составляла около 10 мВт. В режиме АМ 100% модуляция осуществлялась меандром с частотой следования 5 кГц, в режиме ЧМ осуществлялась девиация частоты в полосе 6 МГц с той же частотой качания 5 кГц. Для измерения ВАХ и зависимости амплитуды отклика от положения рабочей точки на ВАХ был использован 4-х зондовый метод (как обычно, смещение на образец подавалось в режиме источника тока). Сигнал отклика снимался с потенциальных контактов и после усиления синхронно детектировался. Никаких дополнительных мер по согласованию образца с СВЧ трактом не предпринималось. Все эксперименты были проведены при T=77К.

Типичная ВАХ исследованных образцов (кривая 1) и дифференциальное сопротивление без облучения и при $P_{СВЧ}=10$ мВт (кривые 2 и 3) приведены на рис. 1, а. Были отобраны образцы с ВАХ без явно выраженного критического тока, т.к., согласно [2], именно такие многосвязные джозефсоновские среды обладают лучшими детекторными свойствами. Облучение в непрерывном режиме приводит к уменьшению наклона ВАХ, т.е. к частичному подавлению сверхпроводимости в образце. Отсутствие особенностей на ВАХ образца под действием СВЧ поля характерно в целом для трехмерных многосвязных неупорядоченных джозефсоновских сред [1-3], в особенности при нерезонансном включении в СВЧ тракт.

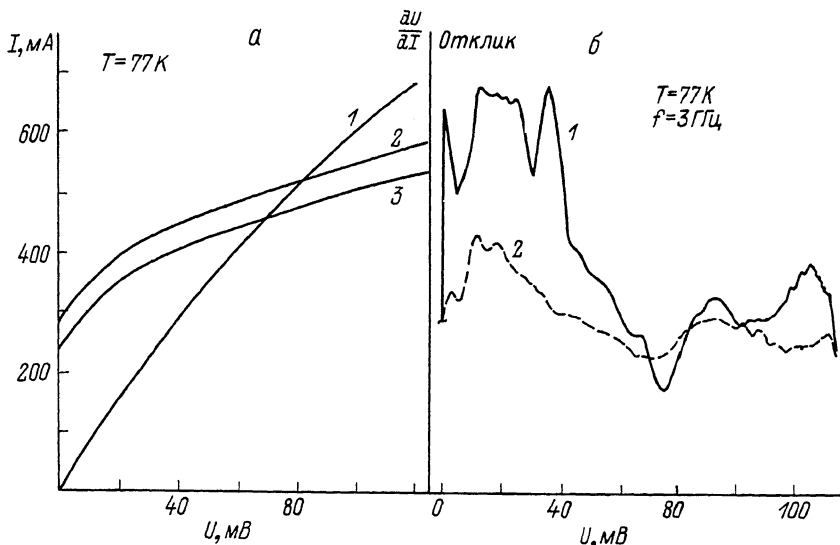


Рис. 1. а) Вольт-амперная характеристика и дифференциальное сопротивление керамики $YBa_2Cu_3O_x$ при 77 К. б) Отклик образца на облучение СВЧ 3 ГГц в режимах АМ (1) и ЧМ (2) при 77К.

Отклики на АМ и ЧМ сигналы приведены на рис. 1, б (кривые 1 и 2 соответственно). Видно, что по характеру эти отклики близки. Сопоставление их с зависимостью дифференциального сопротивления от напряжения на потенциальных контактах свидетельствует об определяющей роли классического механизма детектирования на нелинейности ВАХ. Первый основной максимум отклика соответствует нелинейности ВАХ в области напряжений до 40 мВ, а второй — напряжениям свыше 100 мВ. Учитывая, что в режиме ЧМ несущей имеется доля паразитной АМ и, наоборот, при импульсной модуляции сигнал имеет довольно широкий спектр, приведены отклики, снятые в условиях одинакового уровня АМ, достигнутого варьированием мощности несущей. Контроль за соблюдением этого условия был осуществлен по величине отклика стандартного полупроводникового детекторного диода, помещенного в идентичные условия и работающего в режиме без смещения. Тем не менее, наблюдаемые отклики имеют определенные различия. Во-первых, отклик в режиме ЧМ в несколько раз менее интенсивен, возможно, за счет спектрального распределения мощности излучения. Во-вторых, при сохранении положения особенностей отклика относительно напряжения на потенциальных контактах в обоих режимах модуляции наблюдается различие в относительной интенсивности отдельных пиков. Более того, с уменьшением мощности излучения эти различия приобретают отчетливый характер (рис. 2); при малом уровне мощности излучения в отклике на АМ сохраняется максимум в области малых напряжений смещения, а в отклике на ЧМ сигнал в области больших напряжений.

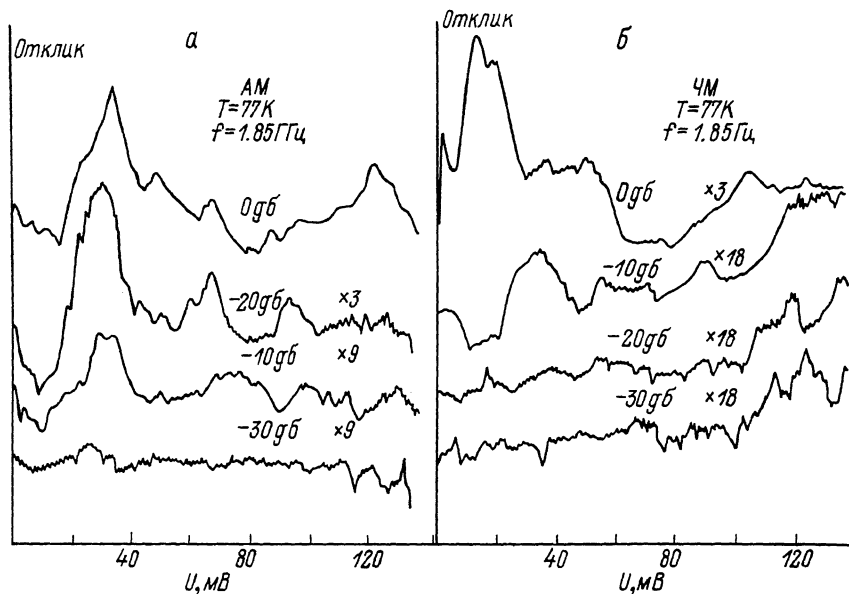


Рис. 2. Зависимость отклика керамики $YBa_2Cu_3O_x$ на облучение СВЧ 1.85 ГГц от уровня мощности в режиме АМ (а) и ЧМ (б).

Вид ВАХ и общая форма отклика соответствуют такого рода зависимостям, характерным для одиночного джозефсоновского перехода с большим затуханием [4], что и неудивительно для многосвязных джозефсоновских сред в области температур вблизи T_C , где велика роль тепловых флуктуаций. Узкие дискретные особенности в отклике связаны, по-видимому, с наличием собственных геометрических резонансов в образце и окружающей его полости, поскольку их положение не зависит от частоты и мощности излучения.

Таким образом, исследованные нами образцы ВТСП керамики дают отклик на АМ СВЧ излучение, в общих чертах совпадающий с видеоткликом одиночных джозефсоновских контактов в режиме широкополосного детектирования, однако мощность наблюдаемого отклика приблизительно в 10^2 раз больше. Предельно обнаружимая мощность составляет около 1 мкВт, чувствительность $\sim 10^2$ В/Вт. Напротив, в отклик на ЧМ сигнал дает вклад помимо классического и некий другой механизм детектирования, возможно связанный с частотно-зависимыми свойствами джозефсоновской среды.

Л и т е р а т у р а

- [1] Габович А.М., Моисеев Д.П. // УФН. 1986. Т. 150. В. 4. С. 599-624.

- [2] Дмитриев В.М., Соловьев А.Л. // ФНТ. 1981. Т. 7. В. 4. С. 575-594.
- [3] Соловьев А.Л., Христенков Е.В., Дмитриев В.М. // ФНТ. 1978. Т. 4. В. 1. С. 152-162.
- [4] Лихарев К.К. Введение в динамику джоульсоновских переходов. М.: Наука, 1985. 320 с.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
АН СССР. Ленинград

Поступило в Редакцию
8 декабря 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 3 12 февраля 1989 г.
02; 10

СПЕКТРАЛЬНО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОЙ ЛАЙНЕРНОЙ ПЛАЗМЫ НА УСТАНОВКЕ „АНГАРА-5“

Г.С. Волков, С.А. Комаров,
В.П. Софрыгина, В.Я. Царфин

Эксперименты по схлопыванию лайнеров мегаамперными токами мощных электрических генераторов проводились на различных установках (PYTHON, BLACK - JACK - 4 [1]; PROTO-2 в США и СНОП-1, 2; Модуль А-5-01 в СССР и др.). В момент схлопывания на оси лайнера образуется высокотемпературная плотная плазма, которая является интенсивным источником мягкого рентгеновского (МР) и вакуумного ультрафиолетового (ВУФ) излучения [1-3]. Для его эффективного использования в исследованиях по инерциальному термоядерному синтезу необходимо знать спектрально-временные характеристики излучения в широком спектральном интервале от 10 эВ до десятков кэВ. Задача измерения спектра излучения успешно решена применительно к лазерной плазме с использованием в качестве детекторов, как правило, вакуумных рентгеновских диодов (ВРД) с различными фильтрами [5]. При этом спектр излучения восстанавливался решением обратной задачи [5, 6].

Однако измерение спектра излучения в указанном спектральном интервале для лайнерной плазмы является достаточно сложной проблемой и реализовано только в небольшом числе работ, например в [4], где, однако, не приведены временные зависимости спектра МРИ и отсутствует описание методики измерения.

В данной работе приведены результаты измерения спектра излучения алюминиевой лайнерной плазмы в экспериментах на восьмимодульном импульсном генераторе „Ангара-5“. Как и в работе [4], для исследования спектра излучения использовались многоканальные ВРД с алюминиевыми фотокатодами и рентгеновский спект-