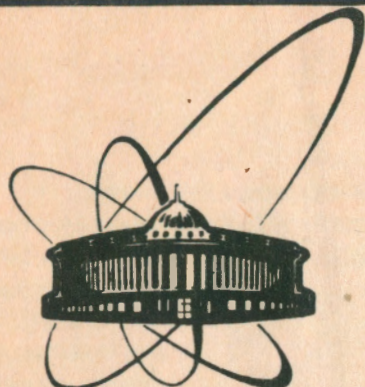


92-575



сообщения  
Объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
Дубна

P14-92-575

С.И.Тютюнников, В.Н.Шаляпин, Н.И.Балалыкин,  
Ш.Хромик

ЭФФЕКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
КВАЗИИМПУЛЬСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ  
С ПЛЕНКАМИ  $\text{YVa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$   
В ВИДИМОЙ И БЛИЖНЕЙ  
ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТЯХ СПЕКТРА

1992

Эффекты взаимодействия квазиимпульсного излучения с пленками  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  в видимой и ближней инфракрасной областях спектра

Приводятся результаты по измерению эффектов нагрева ВТСП-пленок квазиимпульсным излучением в видимой и ближней инфракрасной областях спектра. Измерены зависимости температуры нагрева от падающей мощности. Обнаружены эффекты изменения амплитуды болометрического отклика ВТСП-пленок в зависимости от падающего потока излучения. При облучении светом со стороны сверхпроводящего слоя и со стороны подложки обнаружены разные зависимости болометрического эффекта от времени облучения. Обнаружен эффект модуляции болометрического сигнала при облучении квазиимпульсным излучением в видимой области спектра.

Работа выполнена в Лаборатории сверхвысоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1992

### Перевод авторов

Tyutyunnikov S.I. et al.

P14-92-575

The Interaction Effects of Quasi-Impulse Radiation with  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  Films in the Visible and Near Infrared Spectrum Range

The results on measuring the HTSC films heating effects by quasi-impulse radiation in the visible and near infrared spectrum range are presented. The temperature dependence of films heating on incident radiation power is measured. The effects of changing the bolometric response amplitude of HTSC films from incident radiation power are detected. The various dependences of bolometric effect on radiation time are detected when the films are irradiated by light from superconducting side or target side. The effect of bolometric signal modulation is discovered when the films are exposed by quasi-impulse radiation in the visible spectrum range.

The investigation has been performed at the Particle Physics Laboratory, JINR.

Проведение исследований свойств пленок из высокотемпературных сверхпроводящих (ВТСП) материалов на пучке синхротронного излучения (СИ) в инфракрасной (ИК) области спектра [1] требует знания эффектов теплового воздействия излучения на пленку, например, изменения температуры пленки в зависимости от мощности падающего излучения [2]. Исследования болометрического (теплового) воздействия проводились на пленках состава  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  толщиной  $d > 1000 \text{ \AA}$ , нанесенных на подложки из титаната стронция, сапфира, окиси магния, корунда методом магнетронного напыления. В качестве источника света использовалась эталонная спектрометрическая лампа типа СИ8-200У с кварцевым конденсором и механическим модулятором потока излучения по времени. Охлаждение пленки проводилось в криостате прокачного типа с помощью жидкого азота. Окна в криостате были выполнены из фтористого бария. Контакты к пленкам приклеивались с помощью серебряной пасты. Сопротивление пленки контролировалось по четырехточечной методике, при этом транспортный ток был на уровне  $\sim 100 \text{ A/cm}^2$ . Сопротивление контактов и подводящих проводов не превышало  $R_0 = 3 \text{ Ом}$ . Контроль температуры осуществлялся с помощью калиброванной термопары медь — железо. Изменение

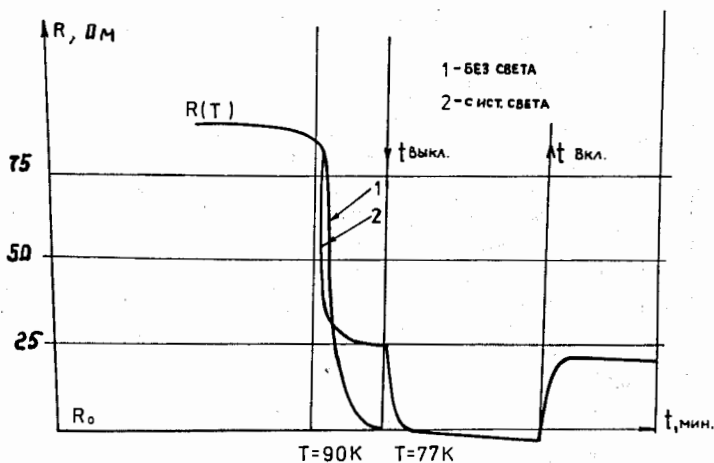


Рис.1. Зависимость сопротивления от температуры для пленки на сапфировой подложке при облучении и без облучения

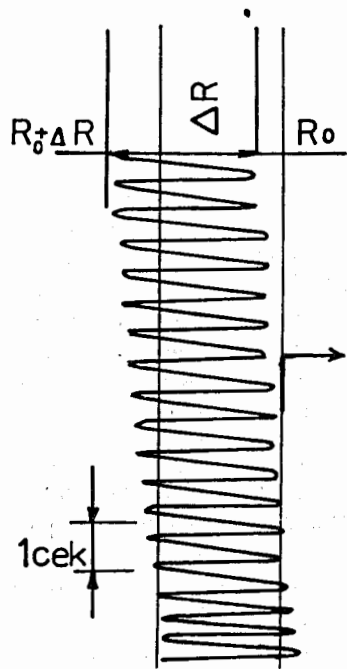


Рис.2. Болومترические отклики сверхпроводящих пленок

температуры и ее стабилизация осуществлялись в диапазоне от 77,4 К до 300 К с помощью нагревателя. Расчет освещенности пленки проводился по яркостной температуре нити лампы, измеряемой оптическим пирометром "Проминь". Нестабильность излучения лампы была менее 1%.

В экспериментах использовались пленки как двухфазные, т.е. состоящие из нормальной и сверхпроводящей фаз, так и однофазные, состоящие только из сверхпроводящей фазы при температуре ниже  $T_c$  (температура перехода в сверхпроводящее состояние). На рис.1 представлены типичные зависимости изменения сопротивления пленок при их охлаждении. В качестве измерителя напряжения использовался самопишущий потенциометр ЛКС-4-003 с чувствительностью 10 мкВ.

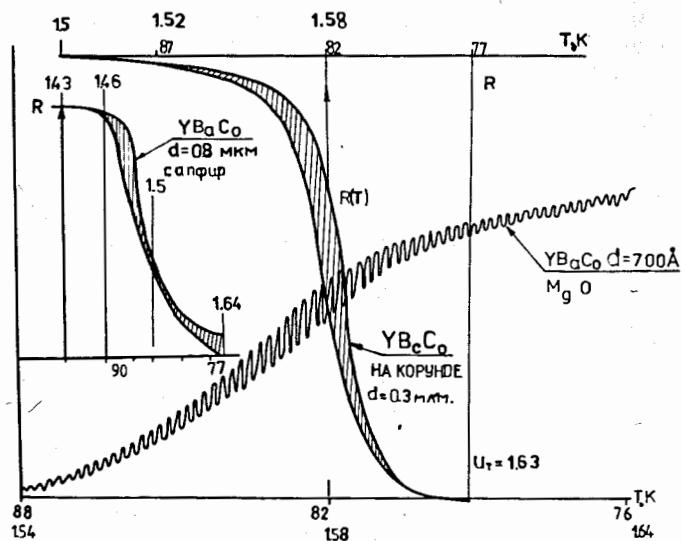
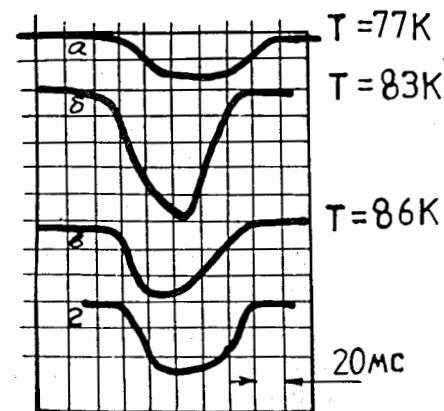


Рис.3. Зависимость амплитуды болومترического сигнала от температуры пленки

Рис.4. а, б, в — осциллограммы, иллюстрирующие изменение болومترического сигнала в зависимости от температуры; г — временной импульс падающего на пленку излучения



В процессе охлаждения пленок на них подавался модулированный поток света, при этом возникающий болومترический сигнал непрерывно измерялся самопишущим потенциометром. На рис.2 представлены типичные "модуляционные" кривые, полученные в указанном режиме. На рис.3 приведена зависимость амплитуды болومترического сигнала от температуры пленки. Временные характеристики болومترического сигнала определялись с помощью осциллографа. На рис.4 показаны такие сигналы при различных температурах пленки. Из осциллограмм следует, что с увеличением температуры пленки постоянная времени болومترического сигнала увеличивается. В экспериментах также использовались пленки различной

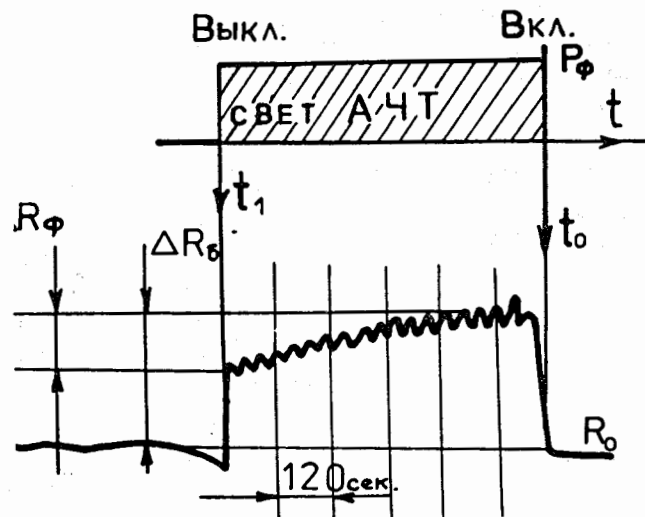


Рис.5. Зависимость болومترического сигнала при включении и выключении источника излучения (свет в прямом направлении). Пленка  $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$  на сапфире  $d = 0,8$  мкм

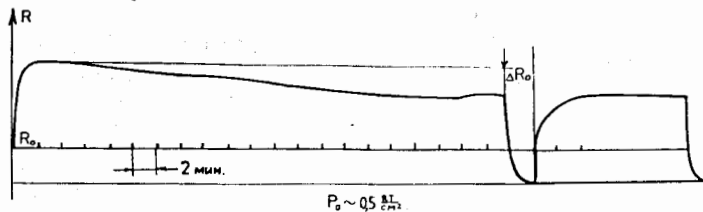


Рис. 6. Зависимость болометрического сигнала от времени (свет со стороны подложки)

площади (от 5 мм<sup>2</sup> до 20 мм<sup>2</sup>), при этом было обнаружено, что постоянная времени болометрического сигнала увеличивается с увеличением площади пленки (при постоянной ее толщине).

В процессе измерений болометрического сигнала без модулятора света было обнаружено, что после того, как амплитуда сигнала достигает максимума, она начинает падать с течением времени при постоянной мощности источника света, что иллюстрируется рис.5. Этот результат не зависел от материала подложки. Повторное включение света приводит к уменьшению амплитуды импульса отклика. Измерения коэффициента пропускания излучения пленками показали, что с увеличением дозы облучения коэффициент пропускания уменьшается. Этот результат напоминает фотохромный эффект, наблюдаемый в оптическом стекле с примесью  $\text{Cu}_2\text{O}$ , которая является центром поглощения. Время восстановления прежнего коэффициента поглощения в наших экспериментах составляло 24 часа.

Проявление фотохромного эффекта в ВТСП-пленке наблюдается при освещении ее со стороны слоя  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ . При освещении пленки со стороны подложки наблюдается эффект индуцированной фотопроводимости, особенно ярко выраженный

в пленках с примесью нормальной фазы. Рис.6 иллюстрирует поведение болометрического сигнала с ВТСП-пленки при облучении светом со стороны подложки. Видно, что при облучении уменьшается сопротивление пленки (при температуре жидкого азота), при этом

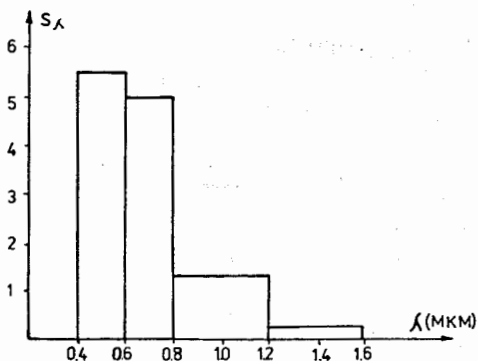


Рис.7. Спектральная зависимость болометрического эффекта

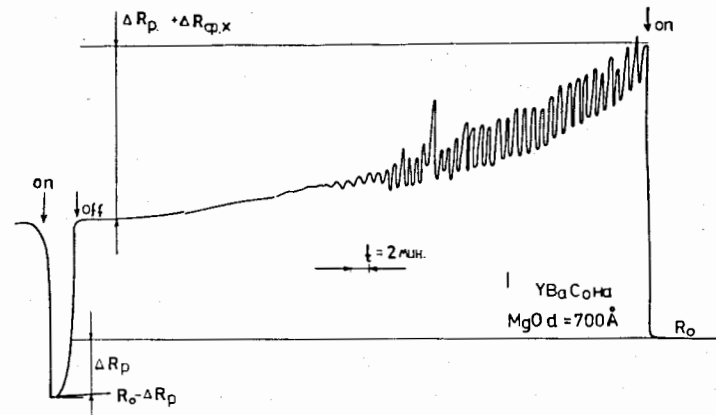
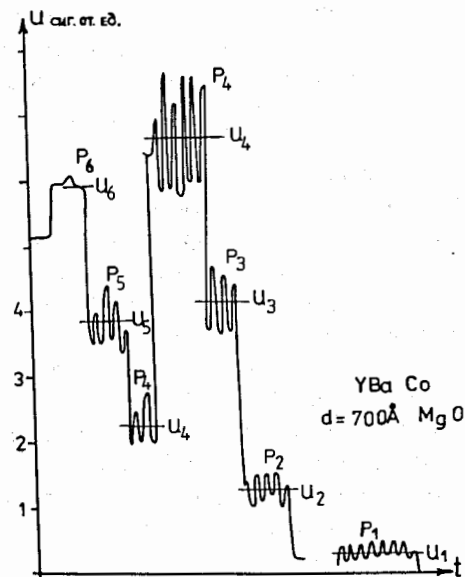


Рис.8. Зависимость болометрического сигнала от времени для сверхпроводящей пленки на подложке из  $\text{MgO}$  толщиной 700 Å

уменьшается ширина сверхпроводящего перехода на 20+40% для различных пленок, что является проявлением эффекта наведенной фотопроводимости [3]. Релаксация пленки происходит при азотной температуре примерно за 24 часа, при комнатной температуре — примерно за 10 часов. Эффекты наведенной фотопроводимости наблюдались и в пленках, находящихся в полупроводниковой фазе.

Были проведены измерения спектральной чувствительности болометрического эффекта с помощью полосковых фильтров от 0,4 до 2,5 мкм. На рис.7 показана зависимость амплитуды сигнала от длины волны, которая дает нижнюю ("красную") границу болометрического эффекта  $\lambda = 1,2$  мкм (1 эВ). Оценки чувствительности регистрации излучения ВТСП-пленкой дают  $0,1 \pm 0,2$  В/Вт для пленки толщиной 0,8 мкм, площадью 10 мм<sup>2</sup> на титанате стронция.

Рис.9. Зависимость сигнала модуляции от мощности оптического излучения на пленке  $d = 700$  Å



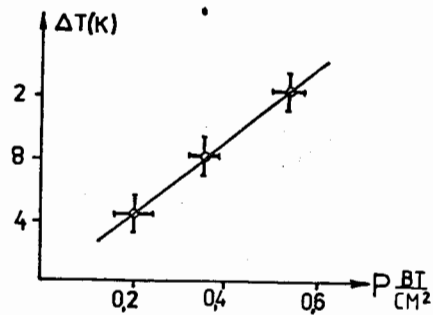


Рис.10. Зависимость температуры пленки  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  на сапфировой подложке  $d = 0,8$  мкм от мощности оптического излучения

В экспериментах также было обнаружено, что при освещении ВТСП-пленок квазипульсным потоком света возникает модуляция болометрического сигнала с периодом 50 секунд, что иллюстри-

руется рис.8. Наиболее регулярно такая модуляция возникала на пленках, напыленных на подложку из окиси магния. На рис.9 представлена зависимость амплитуды модуляции от освещенности пленки. Величина транспортного тока была на уровне  $10 \pm 100$  А/см<sup>2</sup>. Отметим также модуляцию болометрического сигнала в интервале температур  $77 \text{ K} \leq T \leq 82 \text{ K}$ . Представляет интерес провести эти измерения при температуре  $T < 77 \text{ K}$ . На рис.10 приводятся результаты измерений зависимости температуры пленки  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  от мощности падающего излучения.

## ВЫВОДЫ

1. При облучении пленок светом в видимой области спектра при температуре пленки  $77 \text{ K} < T < 82 \text{ K}$  наблюдаются эффекты:

а) эффект уменьшения коэффициента пропускания ("фотохромный эффект") с увеличением дозы облучения (освещение со стороны напыленной пленки);

б) эффект наведенной фотопроводимости, приводящий к уменьшению сопротивления (освещение со стороны подложки).

2. Спектральная чувствительность болометрического эффекта имеет "красную границу" на длине волны  $\lambda = 1,2$  мкм.

3. Обнаружена модуляция болометрического сигнала с ВТСП-пленок с периодом 50 секунд.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что исследование спектров пропускания ВТСП-пленок в видимой области спектра является достаточно многопараметрической задачей и, соответственно, интерпретировать отдельные особенности спектров пропускания как проявление какой-то структуры энергетических уровней было бы слишком упрощено.

Работа выполнена в рамках проекта 90313 по исследованию свойств ВТСП-материалов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Kuzmin E.S. et al. — JINR, E14-91-542, Dubna, 1991.
2. Gilabert Y. — Ann. Phys. Fr., 1990, v.15, p.255.
3. Kudinov S.A. et al. — Phys.Lett.A, 1991, v.157, N4, p.290.

Рукопись поступила в издательский отдел  
30 декабря 1992 года.