

05.4;07;12

## **Исследование отклика высокотемпературного сверхпроводящего болметра $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$ на твердой подложке на импульсы инфракрасного лазера постоянной мощности и переменной скважности**

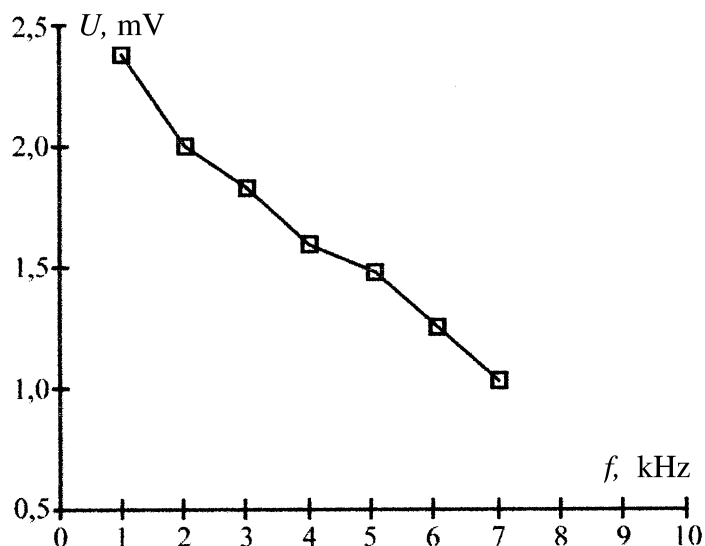
© С.В. Антоненко, К.В. Брызгунов, Д.П. Коротков, С.Н. Мальцев

Московский инженерно-физический институт  
E-mail: e-creative-group@mtu-net.ru

Поступило в Редакцию 12 февраля 2001 г.

Разработана методика исследования болметрического отклика сверхпроводящих пленок на воздействие последовательности ИК импульсов одинаковой мощности и переменной скважности с использованием оптического штока. В качестве источника излучения использовался полупроводниковый лазер с оригинальным генератором накачки. С помощью предложенной методики проведены эксперименты по исследованию характеристик сверхпроводящего болметра на основе пленки  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$  на подложке  $\text{MgO}$ . Было обнаружено, что с увеличением частоты следования импульсов ИК лазера в диапазоне 1–7 kHz наблюдается падение (в 2.5 раза) переменной составляющей амплитуды отклика болметра.

В настоящее время достаточно широко проводятся исследования тепловых болметрических приемников излучения на основе высокотемпературных сверхпроводящих пленок  $\text{YBaCuO}$  [1,2]. Однако, как и в других типах болметров, из-за теплового механизма детектирования излучения различные конструкции болметров обладают или высокой чувствительностью при малом быстродействии, или наоборот. Тем не менее в некоторых случаях (например, при изучении возможности использования болметров в качестве приемников модулированного излучения) интересны исследования режимов работы болметров при детектировании последовательности одинаковых импульсов оптического

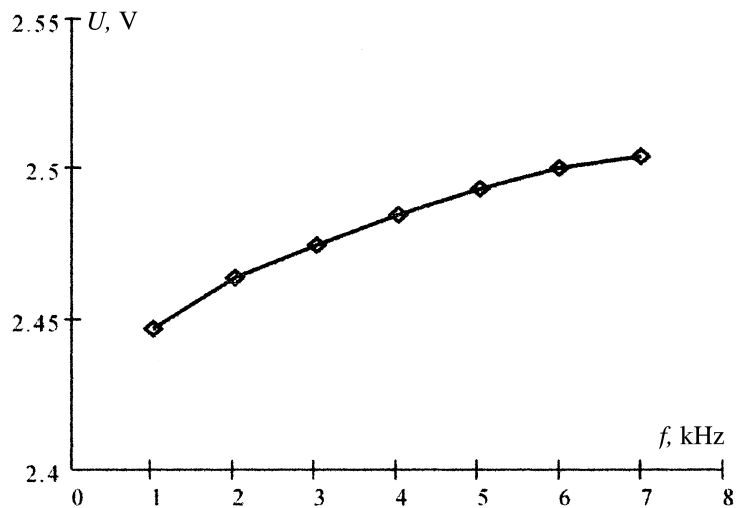


**Рис. 1.** График зависимости амплитуды переменной составляющей отклика болометра от частоты следования импульсов лазера.

излучения минимально возможной скважности, при которой сохраняется различимость сигнала.

Чаще всего в работе с болометрами в качестве источников излучения используется абсолютно черное тело (а.ч.т.) [3,4], а модуляция излучения производится с помощью механического оптического прерывателя (вращающегося диска с прорезью). Естественно, что в этом случае не сохраняется постоянство энергии в импульсе при изменении частоты следования импульсов. Практически во всех работах исследуемый болометрический элемент располагается на хвостовике оптического криостата в вакууме [5–7]. При этом излучение к болометру подводится через оптическое окно. В такой схеме затруднена смена образцов, возникает необходимость дополнительного коллимирования и фокусировки излучения на исследуемом образце.

Была разработана методика, при которой излучение подводилось к болометру по кварцевому световоду. При этом приемный болометрический элемент располагался на медном хвостовике оптического



**Рис. 2.** График зависимости амплитуды постоянной составляющей напряжения на болометре от частоты следования импульсов лазера.

штока непосредственно под выходом световода в среде газообразного гелия. В связи с этим появилась дополнительная возможность обеспечения теплоотвода с болометра в газообразный гелий. В случае использования азотного охлаждения возможность теплоотвода в гелий сохраняется при использовании газонаполненного штока. Включение болометрического элемента в электрическую цепь происходило стандартным четырехконтактным методом. Излучающая система формировала последовательность одинаковых импульсов длиной волны 850 nm, длительностью 100 ns, с перестраиваемой частотой следования от 1 до 10 kHz и мощностью в импульсе 100 W. Для измерения характеристик отклика болометра на импульсное излучение использовался цифровой осциллограф Hewlett Packard с максимальной чувствительностью 1 mV, с возможностью усреднения сигнала по различному числу измерений от 4 до 256. Для исследования динамического (переменного) сигнала измерения проводились в режиме работы осциллографа с отсечкой постоянной составляющей. Исследуемый болометр представлял собой пленку  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$  на подложке MgO. На пленке методом лазерного

скрайбирования был нанесен меандр с параметрами:  $1.1 \times 1.1 \text{ nm}$ , 11 периодов, ширина реза  $5 \mu\text{m}$ , и методом термического испарения нанесены серебряные контакты. Сверхпроводящий переход пленки находился в диапазоне 84–95 К. При частоте следования импульсов лазера 2 kHz были сняты осциллограммы отклика болометра при различных температурах по всей ширине сверхпроводящего перехода. Максимум отклика достигался при температуре 92 К. Дальнейшие измерения проводились при температуре 92 К. Следует отметить, что общее смещение рабочей точки по сопротивлению (дрейф рабочей точки) за счет нагрева лазерным излучением при частоте следования импульсов 2 kHz нарастало за первые 30 с после включения лазера и составляло около 5% от высоты сверхпроводящего перехода. Для различных частот следования импульсов лазера были получены зависимости переменной составляющей амплитуды отклика от частоты следования импульсов в диапазоне от 1 до 7 kHz.

Отмечено падение переменной составляющей амплитуды отклика с ростом частоты. График зависимости переменной составляющей амплитуды отклика от частоты приведен на рис. 1. Также была исследована зависимость постоянной составляющей напряжения на болометре от частоты следования импульсов лазера. Обнаружено, что с увеличением частоты рабочая точка болометра смещается нелинейно (рис. 2). Однако, как отмечалось выше, характерные времена этого процесса составляют десятки секунд и, поскольку рабочая точка болометра не выходит из линейного участка перехода, можно не вводить систему термокомпенсации при работе с переменной составляющей болометрического отклика.

Предложенная схема эксперимента может оказаться полезной для исследования воздействия модулированного инфракрасного лазерного излучения на различные высокотемпературные сверхпроводящие болометры в диапазоне частот следования лазерных импульсов от 1 до 10 kHz.

Авторы выражают благодарность Российскому представительству фирмы Hewlett Packard за любезно предоставленный цифровой осциллограф.

Работа выполнялась при поддержке Федеральной целевой программы "Интеграция", проект № А0133.

## Список литературы

- [1] *Aboudihab I., Gilabert A. et al. // Supercon. Sci. Technol. 1994. V. 7. N 2. P. 80.*
- [2] *Jurbergs D.C., Zhao J., McDevitt J.T. // Appl. Phys. Lett. 1996. V. 69. N 5. P. 688.*
- [3] *Хребтов А.И., Краюхин М.Б., Климов А.Ю. и др. // ПТЭ. 1993. № 2. С. 162.*
- [4] *Bottiglione A., Epifani M. et al. // J. Appl. Phys. 1993. V. 74. N 1. P. 704.*
- [5] *Neff H., Schaube W., Laukemper J. et al. // J. Appl. Phys. 1995. V. 77. N 9. P. 4580.*
- [6] *Hegmann F.A., Hughes R.A., Preston J.S. // Appl. Phys. Lett. 1994. V. 64. N 23. P. 3172.*
- [7] *Антоненко С.В., Брызгунов К.В., Коротков Д.П. // Тезисы докл. XXXII совещания по физике низких температур. 2000. С. 191.*