

05.4; 06.3

© 1991

ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНАЯ СТРУКТУРА НА ОСНОВЕ
ВТСП КЕРАМИКИ $YBa_2Cu_3O_7$

С.С. Г а с п а р я н, Т.А. М н а ц а к а н я н

Создание материалов, обладающих сверхпроводимостью при температуре выше кипения жидкого азота, стимулировало многих исследователей на использование уникальных свойств высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП) в практических целях, в частности, для создания высокочувствительных, но в то же время более удобных в эксплуатации (по сравнению с классическими сверхпроводниковыми) фотоприемников. В этих целях авторы (например [1-6]) используют различные ВТСП материалы в виде керамик или пленок, которым придают различную конфигурацию. Мы приводим исследование возможностей фотоприемного устройства, сформированного определенным образом из керамики состава $YBa_2Cu_3O_7$, на длине волны $\lambda=0.63$ мкм.

К о н с т р у к ц и я ф о т о п р и е м н и к а. Из таблетки керамики состава $YBa_2Cu_3O_7$, приготовленного как указано в [7], выпиливался брусок размером 2.5x1.5x1 мм. Удельное сопротивление бруска, измеренное при комнатной температуре, составляло $\rho \approx 30$ мОм·см. В середине бруска под микроскопом выпиливался мостик сечением 150x200 мкм и длиной 450 мкм (рис. 1). Обработанный таким образом брусок эпоксидом вклеивался в плоский металлокерамический корпус от микросхемы типа 401.14-1с отпаянной крышкой. Для обеспечения электрической изоляции дно корпуса было предварительно покрыто тонким слоем оксида.

Затем на каждой стороне мостика методом термокомпрессии поставлены по два контакта из золотой проволоки толщиной 30 мкм, которые другими концами приварены на выводные контактные площадки используемого корпуса. Сопротивление, измеренное между всеми выводными лепестками при комнатной температуре, не превышало 1 Ом. Были сделаны попытки создания из такого же бруска мостиковой структуры с существенно меньшими размерами, однако они оказывались очень хрупкими и ломались при нанесении контактов или при термоциклировании, по-видимому, из-за разных коэффициентов расширения материала корпуса и керамики.

Изготовленная таким образом структура, проверялась на наличие у материала сверхпроводимости. Кривая 1 на рис. 2 показывает зависимость сопротивления образца от температуры, измеренную четырехконтактным методом на переменном токе амплитудой ~ 0.5 мА на частоте 123 Гц. Как можно видеть, середина кривой $R-T$ приходится на 90.5 К, а ширина перехода по уровню 0.2-0.8 не более 0.5 К.

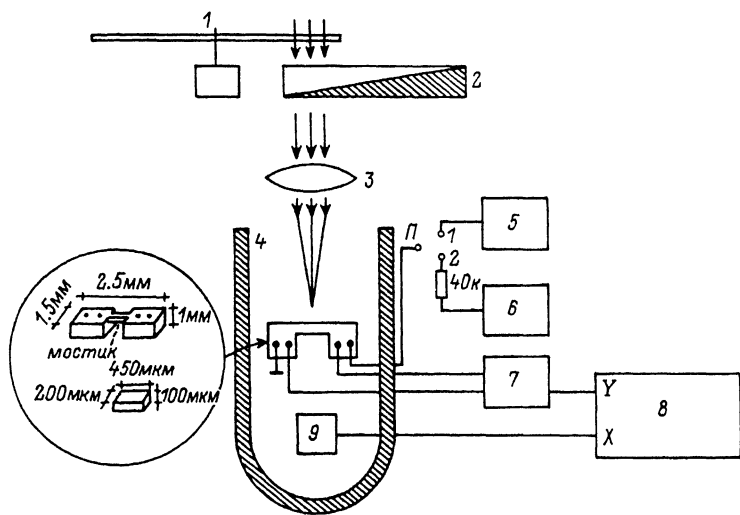


Рис. 1. Схема проведения эксперимента.

Экспериментальная установка и результаты. Схема проведения экспериментов приведена на рис. 1. Луч лазера ЛГ 79-2, работающего в одномодовом режиме, прерывался механическим модулятором 1 с частотой, определяемой напряжением питания мотора модулятора, и проходил калиброванный оптический аттенюатор переменной плотности 2 с максимальным ослаблением оптической мощности 40 дБ. Оптическая мощность на выходе аттенюатора при установленном значении 0 дБ, измеренная прибором ИМО-2Н, составляла 0,7 мВт.

Далее излучение фокусировалось линзой 3 в азотный криостат 4 на закрепленный в нем фотоприемник, температура корпуса которого контролировалась термосопротивлением 9 ТМСФ-Д2. Установка и поддержание заданной температуры образца с точностью не хуже 0,01К осуществлялась при помощи ЭВМ. При измерении зависимости $R-T$ переключатель П устанавливался в положение „1”. Генератор тока 5 обеспечивает выходной ток в пределах 0-40 мА с точностью поддержания установленного значения $\pm 0,1$ мА. Падение напряжения вдоль исследуемого мостикового фотоприемника подавалось на селективный нановольтметр 7 типа 233 фирмы UNIPAN.

При измерении различных зависимостей сигналы от нановольтметра и термодатчика подавались на двухкоординатный самописец ЭНДИМ 622.01.

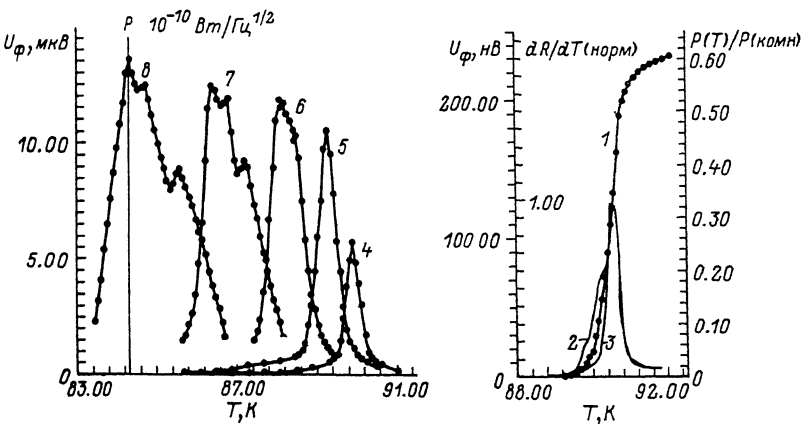


Рис. 2. Зависимости от температуры:

1 - сопротивления фотоприемника; 2 - фотоотклика U_{ϕ} на излучение мощностью $P=10^{-5}$ Вт ($\lambda=0,63$ мкм); 3 - вычисленного по кривой 1 нормированного значения dR/dT ; 4, 5, 6, 7, 8 - фотоотклика U_{ϕ} при значениях критического тока $I_{\text{крит}}=5$ мА, 10 мА, 15 мА, 20 мА и 25 мА соответственно.

Для измерения пороговой чувствительности созданного фотоприемника модулированное излучение лазера ($\lambda=0,63$ мкм) с определенным ослаблением мощности фокусировалось на мостик. Селективным нановольтметром в полосе ~ 1 Гц измерялось отношение с/ш при включенном и выключенном лазере. Измеренные оптическая мощность и отношение с/ш в полосе 1 Гц давали возможность оценки пороговой чувствительности фотоприемника. При фиксации температуры приемника в точке, примерно соответствующей середине перехода кривой $R-T$, и при токе смещения $\sim 0,5$ мА получена пороговая чувствительность порядка $P \approx \approx 10^{-8}$ Вт/Гц $^{1/2}$. Зависимость фотоотклика приемника от его температуры приведена на кривой 2 рис. 2. Там же приведено вычисленное по кривой 1 значение dR/dT (кривая 3). Из сопоставления этих кривых можно сделать вывод о том, что механизм отклика фотоприемника с большой достоверностью можно отнести к чисто болометрическому. Рис. 3 представляет зависимость фотоотклика от частоты модуляции лазерного луча (ток смещения $\sim 0,5$ мА), что, по-видимому, также подтверждает болометрический характер фотоотклика.

Дальнейшие исследования созданной мостиковой структуры, предпринятые для увеличения чувствительности фотоприемника, показали, что она ведет себя как джозефсоновский контакт. При температуре образца, равной 84К, и значении тока смещения

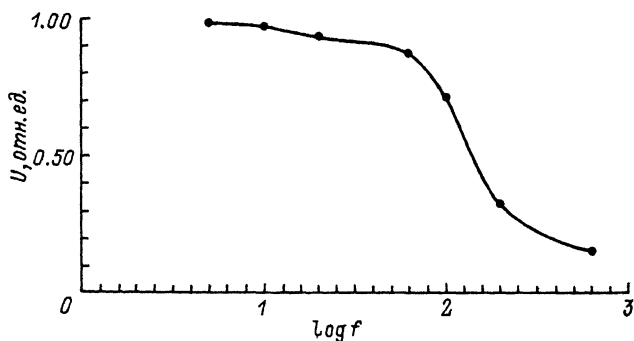


Рис. 3. Зависимость фотоотклика $U_{\text{фр}}$ от частоты модуляции лазерного луча.

~ 20 мА, сверхпроводник резко переходил в нормальное состояние, а само значение критического тока зависело от температуры образца. Крутизна вольт-амперной характеристики в области критического тока очень высока, что указывает на возможность существенного фотоотклика. Измеренные зависимости фотоотклика от температуры мостика при различных токах смещения приведены на рис. 2 (кривые 4–8). Максимумы фотооткликов приходятся на температуры, для которых ток смещения вдоль мостика является критическим. Можно видеть, что с ростом тока смещения растет значение максимумов фотоотклика. Для тока смещения ~ 25 мА при температуре образца 84.3 К измеренное значение пороговой чувствительности имеет порядок 10^{-10} Вт/Гц $^{1/2}$.

Можно отметить, что кривые изменения фотоотклика от температуры при различных значениях тока смещения не симметричны и имеют несколько пиков, что особенно заметно для больших значений тока. Это можно объяснить наличием в мостике нескольких фракций сверхпроводника с различными свойствами, в частности, с различными критическими токами.

Таким образом, показана возможность создания на основе керамики $YBa_2Cu_3O_7$ фотоприемных структур с относительно высокой чувствительностью. Однако необходимо отметить, что конструкция созданного фотоприемника далеко не оптимальна с точки зрения процессов теплопереноса от фоточувствительной области к корпусу держателя мостика с учетом граничных тепловых сопротивлений. Поэтому применение различных известных из практики создания классических сверхпроводниковых болометров методов повышения чувствительности (например, применение техники выделенных мишеней [8]) позволит поднять пороговую чувствительность таких фотоприемных структур.

Авторы выражают благодарность А.В. Мелкумову, Н.Л. Арутюновой и Н.В. Мелкумовой за помощь при проведении экспериментов и оформлении статьи, А.С. Кузаныану за предоставление сверхпроводящего материала и А.М. Гуляну и А.М. Кечиянцу за полезные обсуждения.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Enomoto Y., Murakami T. // J. Appl. Phys. 1986. V. 59. P. 3807-3814.
- [2] Nishino T., Nakane H., Tarutani Y., Hirano M., Aida T., Kominami S., Kawabe U. // Jap. J. Appl. Phys. 1987. V. 26. P. L1320-L1322.
- [3] Leung M., Broussard P., Claassen J., Ososky M., Wolf S., Strom U. // Appl. Phys. Lett. 1987. V. 51. P. 2046-2047.
- [4] Forrester M., Gottlieb M., Gavalier J., Braginski A. // IEEE Trans. Magn. 1989. V. 25. P. 1327-1330.
- [5] Osterman D., Drake R., Pattr., Track E., Radparvar M., Faris S. // IEEE Trans. Magn. 1989. V. 25. P. 1323-1326.
- [6] Eidelloth W., Barnes F. // IEEE J. QE. 1989. V. 25. N 11. P. 2405.
- [7] Абрамян П.Б., Гулян А.М., Кузаныан А.С., Петросян А.Г., Тер-Микаелян М.Л., Ширинян Г.О. // Письма в ЖЭТФ. 1987. Т. 46, приложение.
- [8] Хребтов И.А. // ПТЭ. 1984. № 4. С. 5-23.

Институт физических исследований
АН Республики Армения

Поступило в Редакцию
2 августа 1990 г.