

- [5] Дьяченко А.И. Вихри в джоуфсоновских средах. Донецк, 1984, 64 с. – (Препринт/АН УССР. ДонФТИ: № 7(77)).
- [6] Свистунов В.М., Дорошенко Н.А., Ревенко Ю.Ф., Григуть О.В., Таренков В.Ю. – ФТТ, 1988, т. 30, в. 5, с. 1555–1558.

Поступило в Редакцию
26 июля 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 22

26 ноября 1988 г.

СТРУКТУРНЫЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
СВЕРХПРОВОДЯЩИХ КРИСТАЛЛОВ СИСТЕМЫ
ОКИСЛОВ $Bi-Sr-Ca-Cu-O$

М.П. Петров, А.И. Грачев,
А.В. Иванов, М.В. Красинькова,
Н.Ф. Картенко, В.А. Пименов,
В.В. Поборчий, В.В. Потапов,
С.С. Рувимов, С.И. Шагин

Интерес к системе $Bi-Sr-Ca-Cu-O$ вызван сообщениями о существовании фазы с $T_c \approx 110$ К [1], однако сложность химического состава, многофазность материала, пока не позволяли ее идентифицировать.

Цель настоящего сообщения – привести данные комплексного исследования структурных и физических характеристик сверхпроводящих кристаллов, полученных в указанной системе окислов.

Образцы кристаллов были получены методом спонтанной кристаллизации из расплава при медленном охлаждении. В качестве исходных компонентов были взяты Bi_2O_3 , $SrCO_3$, $CaCO_3$, CuO марки ЧДА в атомном соотношении по металлу $Bi : Sr : Ca : Cu = 2 : 2 : 1 : 2$. Синтез проводился на воздухе в платиновом тигле в температурном интервале $1000-1200$ °С [2]. Скорость охлаждения до 800 °С не превышала 5 °/час.

В результате синтеза была получена достаточно плотная стекло-видная масса, при раскалывании которой основной объем составили кристаллиты черного цвета неправильной формы, имевшие одну или несколько хорошо выраженных зеркальных граней. Характерный размер кристаллитов составил ~ 10 мм³. При дроблении образцов были обнаружены тонкие (~ 10 мкм) кристаллические пластинки с размером, не превышающим 1 мм².

Результаты рентгеноструктурного анализа полученных кристаллитов говорят о присутствии в них фазы с параметрами: $a = 5.410(5)$, $b = 5a = 27.00(5)$ и $c = 30.90(5)$ Å. Однако в ряде случаев, отдельные кристаллиты имеют параметр $c = 24.52(6)$ Å. Этот результат согласуется с данными [3] о присутствии двух струк-

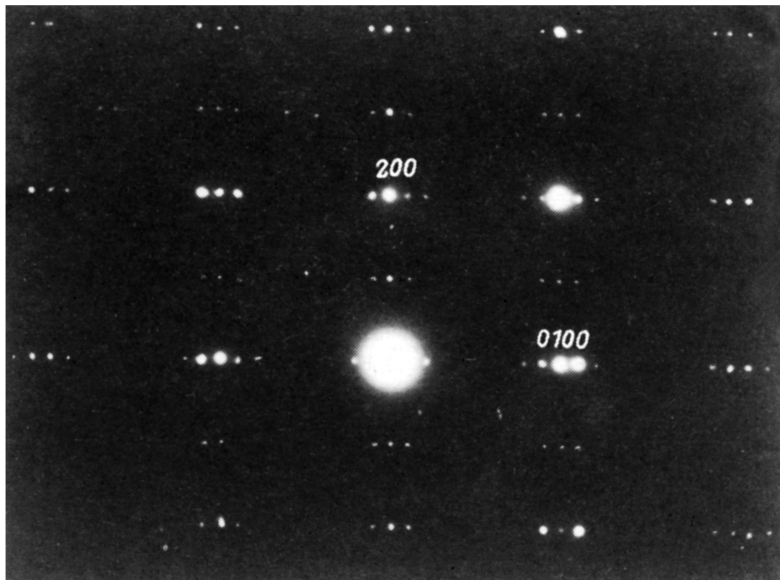


Рис. 1. Электронограмма сверхпроводящего кристалла системы $Bi-Sr-Ca-Cu-O$, отвечающая $a^* - b^*$ сечению обратной решетки. Индексация дифракционных пятен соответствует идеальной сверхрешетке с $b = 5a$, хотя реальная сверхрешетка является несоразмерной.

турно близких сверхпроводящих фаз с $c = 30.9$ и 24.5 \AA . Зондовый микроанализ наших кристаллитов показал преобладание двух фаз с примерным составом: $Bi_2Sr_{2.2}Ca_{0.7}Cu_2O_x$ и $Bi_2Sr_{1.25}Ca_{0.25}CuO_y$. Следует указать на близость этих данных с результатами [3, 4], согласно которым параметр $c = 24.5 \text{ \AA}$ отвечает второй из указанных фаз.

Дополнительные данные о структуре материала были получены при электронной микроскопии на пропускание тонких кристаллических пластинок, подвергнутых дополнительному полному травлению. На рис. 1 представлена характерная электронограмма, из которой следует, что кристаллы имеют ромбическую симметрию с параметрами a и b в примерно равными указанным выше, и осью c , направленной перпендикулярно плоскости пластинки. Более точное значение для отношения b/a составляет 4.8, что, по-видимому, указывает на существование в этих кристаллах несоразмерной фазы. Появление сателлитов на электронограмме в направлении оси b , отвечающих наличию сверхструктуры, может быть обусловлено как упорядочением твердых растворов примесей и вакансий, чередованием ионов Sr и Ca , так и образованием несоразмерной фазы вследствие сдвига ионов Bi из удельных положений [5].

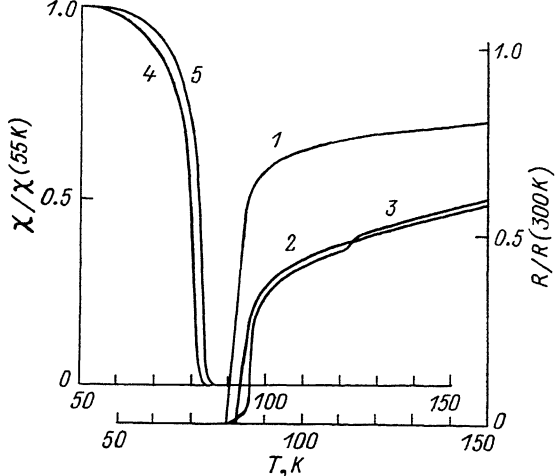


Рис. 2. Температурная зависимость сопротивления и магнитной восприимчивости сверхпроводящих образцов системы $Bi-Sr-Ca-Cu-O$. 1, 4 – неотожженные образцы ($\rho_{300} \approx 98 m\Omega \cdot cm$), 2, 5 – после отжига в кислороде ($\rho_{300} \approx 9.4 m\Omega \cdot cm$), 3 – керамический образец.

Для изучения физических характеристик материала, прежде всего сверхпроводящего перехода, были измерены температурные зависимости сопротивления R и магнитной восприимчивости χ (рис. 2). Сопротивление измерялось обычным четырехзондовым методом на образцах, представлявших собой поликристаллический конгломерат с характерными размерами в несколько миллиметров. Из рис. 2 видно, что в образцах, не подвергавшихся дополнительному отжигу, переход носит достаточно размытый характер с $T_C \approx 84$ К в средней точке, и приборным нулем по R при $T_C \approx 79$ К. Дополнительный отжиг в кислороде приводит к небольшому повышению $T_C^R \approx 86$ К и делает переход более резким (рис. 2, кривая 2). Отметим здесь, что в ряде керамических образцов, приготовленных при другом исходном соотношении окислов, наблюдалось появление излома на кривой $R(T)$ при $T \approx 115$ К (рис. 2, кривая 3), отвечающего присутствию более высокотемпературной фазы.

Зависимость $\chi(T)$ измерялась по дифференциальной методике на переменном токе ($\sim 10^3$ Гц) в образцах, представляющих собой отдельные кристаллиты. Температура начала перехода $T_C \approx 84$ К (рис. 2, кривая 4) при отжиге образцов в кислороде несколько сдвигается в сторону повышения (рис. 2, кривая 5).

Оптические исследования проводились аналогично проделанным ранее в кристаллах $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ [6]. При наблюдении кристаллических пластинок (или сформированных граней кристаллитов) в поляризационном микроскопе в отраженном свете хорошо видна их оптическая анизотропия в плоскости а-в. В отличие от [6] наблюдается наличие двойников с двумя типами плотностей двойникования – по (100) и (110). Характерный размер монодоменных областей составляет $\sim 10-100$ мкм.

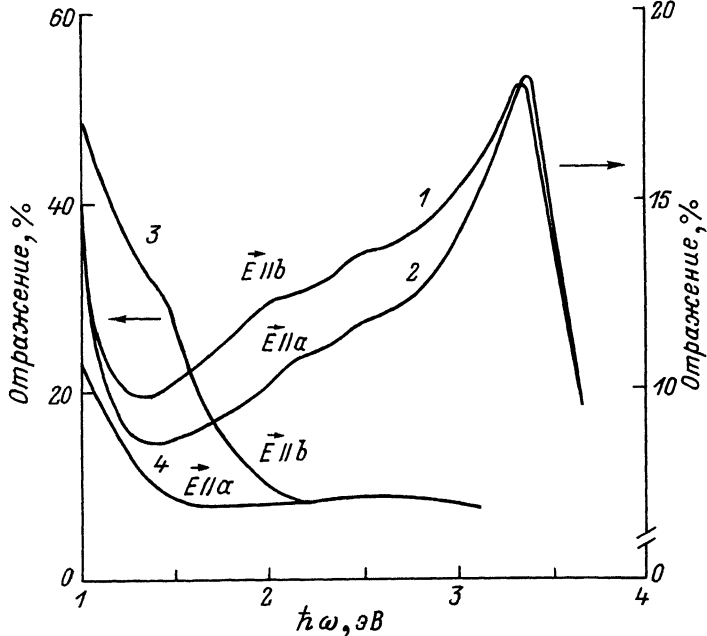


Рис. 3. Спектры отражения сверхпроводящих кристаллов системы $Bi-Sr-Ca-Cu-O$ (1, 2) и $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ (3, 4) в плоскости $a-b$ для двух ортогональных поляризаций световой волны. \vec{E} - вектор напряженности электрического поля световой волны.

Результаты измерения спектров отражения в поляризованном свете от монокристаллических областей в плоскости $a-b$ в интервале энергий $\hbar\omega = (1-3.6)$ эВ показаны на рис. 3. К особенностям полученных спектров следует отнести пик при $\hbar\omega \approx 3.35$ эВ, а также рост отражения при $\hbar\omega \gtrsim 1.3$ эВ. Согласно данным [7], последний результат связывается с краем плазменного отражения.

В спектрах отражения также хорошо видна анизотропия оптических свойств кристаллов системы $Si-Sr-Ca-Cu-O$.

Анизотропия отражения в плоскости $a-b$ наблюдается и в кристаллах $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ [6] (рис. 3; кривая 3, 4), в которых ее появление следует связать с анизотропией высокочастотной (оптической) проводимости, обусловленной наличием цепочек $-Cu-O$ вдоль оси b . Однако если в $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ анизотропия отражения проявляется в сдвиге края плазменного отражения для одной из ортогональных поляризаций по отношению к другой, то в кристаллах системы $Bi-Sr-Ca-Cu-O$ она выражается лишь в количественном несовпадении коэффициентов отражения для соответствующих ортогональных поляризаций. Это, на наш взгляд, может свидетельствовать, что слои Bi_2O_2 , с которыми связывают наличие сверхструктуры [5] и, соответственно, неэквивалентность осей a и b , не играют существенной роли в переносе заряда, по

крайней мере в области оптических частот. Этот вывод вполне согласуется с многочисленными данными о доминирующей роли слоев SiO_2 в механизме проводимости у всех известных высокотемпературных сверхпроводников.

Авторы выражают благодарность С.Г. Конникову и В.В. Третьякову за проведение зондового микроанализа полученных кристаллов.

Л и т е р а т у р а

- [1] M a e d a H. et al. - Jpn. J. Appl. Phys., 1988, v. 27, No 2, p. L209.
- [2] U e J.Z., G r a b t r e e G.W. et al. - Phys Letters A, v. 127, No 8, 9, 1988, p. 444.
- [3] C h i p p e n d a l e A.M. et al. - Physica, 1988, v. 152, p. 194.
- [4] T a h a y a m a - M u r o m a c h i E. et al. - Jpn. J. Appl. Phys., 1988, v. 27, No 3, p. L365.
- [5] M a t s u i Y. et al. - Jpn. J. Appl. Phys., 1988, v. 27, No 3, p. L372.
- [6] П е т р о в М.П. и др. - Письма в ЖТФ, 1988, т. 14, вып. 8, с. 748.
- [7] T a k a g i H. et al. - Nature, 1988, v. 332, No 3, p. 236.

Поступило в Редакцию
18 июля 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 22 26 ноября 1988 г.

БИСТАБИЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИ УПРАВЛЯЕМОЙ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ

В.Н. Ж л о б и ч, А.С. Р у б а н о в,
И.В. С т а ш к е в и ч, А.В. Ч а л е й

В настоящее время проявляется значительный интерес к разработке и исследованию оптических и гибридных бистабильных устройств с использованием нелинейных явлений, и, в частности, на основе нелинейного интерферометра Фабри-Перо [1], эффекта Поккельса [2] и твист-эффекта в жидких кристаллах (ЖК) [3] для решения задач оптической обработки информации.

В данной работе рассматривается новый тип гибридного бистабильного устройства, функциональным элементом которого является управляющая ячейка на основе системы „рельефная решетка - нематический ЖК“. Схема бистабильного устройства представлена на рис. 1. Управляющая ячейка 1 с диафрагмой 2 является модулятором оптического сигнала. Полупрозрачное зеркало 3, фотодиод 4 и усилитель-преобразователь 5 образуют цепь положительной обратной связи. На вход усилителя кроме сигнала с фотодиода