

## КОМБИНАЦИОННОЕ РАССЕЯНИЕ СВЕТА В СВЕРХПРОВОДЯЩИХ КРИСТАЛЛАХ НА ОСНОВЕ Bi–Sr–Ca–Cu–O

И.В.Александров, А.Б.Быков, А.Ф.Гончаров,  
В.Н.Денисов, Б.Н.Маврин, О.К.Мельников,  
В.Б.Подобедов, Н.И.Романова

Исследованы поляризованные спектры комбинационного рассеяния света (КРС) кристаллов системы Bi–Sr–Ca–Cu–O и проведена предварительная идентификация полос. Наиболее интенсивные полосы ( $65, 460, 634 - 655 \text{ см}^{-1}$ ) отнесены к колебаниям Bi–O.

Настоящая работа посвящена исследованиям поляризованных спектров КРС монокристаллов системы Bi–Sr–Ca–Cu–O. В отличие от большинства предшествующих работ <sup>1–7</sup> нам удалось измерить спектры КРС как от базовых, так и боковых плоскостей кристаллов, что позволило изучить КРС в *zz*-поляризации и провести идентификацию наблюдаемых полос.

Характеристика исследованных кристаллов приведена в таблице.

Состав	Условное обозначение	Метод выращивания	<i>c</i> , Å	<i>T<sub>c</sub></i> , К
$\text{Bi}_2(\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x)_2\text{CuO}_{6+\delta}$	BSCCO-1	Спонтанная кристаллизация	24,3	< 4,2
$\text{Bi}_2(\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x)_3\text{Cu}_2\text{O}_{8+\delta}$	BSCCO-2а	Зонная плавка	31,0	36 – 61
$\text{Bi}_2(\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x)_3\text{Cu}_2\text{O}_{8+\delta}$	BSCCO-2б	Зонная плавка	30,9	68 – 90

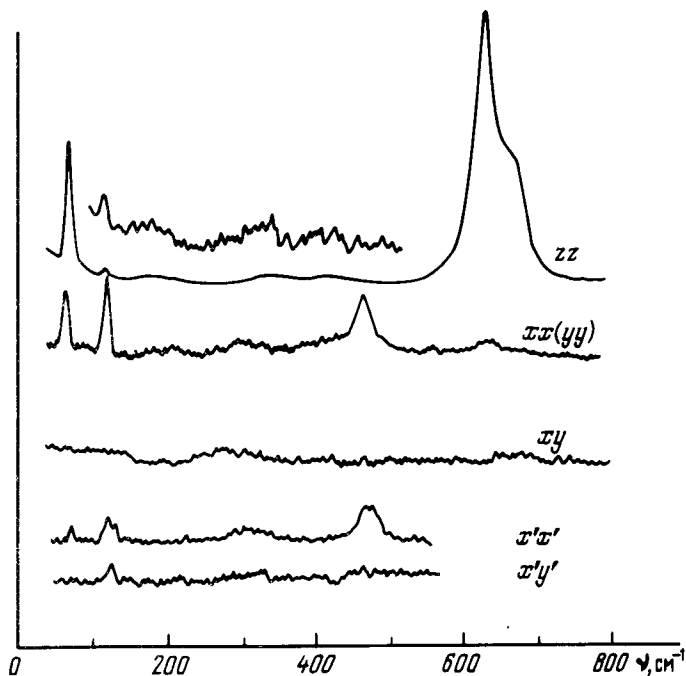
Измерения параметров элементарной ячейки и изучение сверхпроводящих свойств проводилось аналогично работе <sup>8</sup>.

Образцы кристаллов представляли собой пластины размерами  $2 \times 1 \times 0,005 \text{ мм}^3$  с осью *c*, перпендикулярной плоскости. Некоторые образцы BSCCO-2б достигали размеров  $6 \times 2 \times 0,5 \text{ мм}^3$ .

Спектры КРС возбуждались линией 514,5 нм аргонового лазера в геометрии на отражение и анализировались с помощью тройного многоканального спектрометра <sup>9</sup> в области  $20 \div 800 \text{ см}^{-1}$ . Исследование поляризованных спектров КРС проводилось от свежесколотых базовых плоскостей и от боковых плоскостей, полученных с помощью сухой полировки образцов.

На рисунке приведены поляризованные спектры BSCCO-2б. В геометрии *zz* наблюдаются интенсивные полосы  $65$  и  $634 \text{ см}^{-1}$  (с плечом  $655 \text{ см}^{-1}$ ) и очень слабые полосы вблизи  $120, 175, 320$  и  $400 \text{ см}^{-1}$ . По аналогии со спектром YBCO полосу  $634 \text{ см}^{-1}$  следует отнести к аксиальному колебанию мостикового кислорода O3, связывающего атомы Cu и Bi. Низкочастотная полоса  $65 \text{ см}^{-1}$ , не имеющая аналога в YBCO, должна быть связана с колебаниями тяжелых атомов Bi. В геометрии *xx* обнаружены полосы  $65, 122, 200, 300, 460$  и  $634 \text{ см}^{-1}$ , которые могут быть отнесены к аксиальным колебаниям атомов Bi, Sr, Cu, O1, O2, O3, соответственно (обозначения атомов O см. в <sup>10</sup>). Как следует из рисунка и правил отбора для ромбических кристаллов, наблюдаемые в геометриях *zz*- и *xx*-полосы следует отнести к полносимметричным колебаниям Ag. Из-за большой ширины линий и (или) зависимости их формы и положения от зондируемой точки пока не удалось выяснить являются ли линии в этих геометриях идентичными. Однако, если это так, то наблюдаемые спектры превосходно согласуются со структурными данными <sup>10</sup>. В противном случае имеет место удвоение примитивной ячейки в плоскости *ab*.

Спектры кристаллов BSCCO-1 и BSCCO-2а, измеренные от базовых плоскостей, оказались в целом сходными. Однако в спектрах BSCCO-1 отсутствовала полоса  $280 \text{ см}^{-1}$  в геометрии  $xu$  (рисунок), связанная с противофазными колебаниями атомов O1 из плоскостей  $\text{CuO}_2$ <sup>5</sup>. Кроме того, в спектрах BSCCO-1, вместо составной полосы  $634 - 655 \text{ см}^{-1}$ , наблюдалась одиночная полоса  $655 \text{ см}^{-1}$ .



Поляризованные спектры КРС кристалла BSCCO-26 при комнатной температуре. Оси  $x'$ ,  $y'$  повернуты на угол  $45^\circ$  вокруг оси  $c$  по отношению к осям  $x$ ,  $y$

Отметим также значительную интенсивность  $\text{Bi-O}$  колебаний ( $65$ ,  $460$ ,  $634 - 655 \text{ см}^{-1}$ ) по сравнению с большинством других мод и свойства их поляризации ( $\alpha_{xx} \gg \alpha_{zz}$  для полосы  $460 \text{ см}^{-1}$  и  $\alpha_{xx} \ll \alpha_{zz}$  для полосы  $634 - 655 \text{ см}^{-1}$ ), что на наш взгляд говорит о существенно локализованном характере  $\text{Bi-O}$ -связей.

Авторы благодарны С.М.Стишову за интерес к работе и полезные обсуждения, а также А.Я.Шапиро за предоставленные образцы BSCCO-1.

#### Литература

1. Фимберг Т.А., Иоон Э.Р., Паст Я.О., Ребане Л.А. Письма в ЖЭТФ, 1988, **48**, 33.
2. Popovic Z.V., Thomsen C., Cardona M. et al. Sol. St. Comm., 1988, **66**, 965.
3. Iliev M.N., Hadjiev V.G. Physica C, 1988, **156**, 193.
4. Sugai S., Takagi H., Uchida S.-I., Tanaka S. Jpn. J. Appl. Phys., 1988, **27**, L1290.
5. Cardona M., Thomsen T., Liu R. et al. Sol. St. Comm., 1988, **66**, 1225.
6. Stavola M., Krol D.M., Schneemeyer L.F. et al. Phys. Rev. B, 1988, **38**, 5110.
7. Косогов О.В., Белоусов М.В., Васильев В.А. и др. Письма в ЖЭТФ, 1988, **48**, 488.
8. Александров И.В., Быков А.Б. и др. Письма в ЖЭТФ, 1988, **48**, 449.
9. Гончаров А.Ф., Денисов В.Н., Маврин Б.Н., Подобедов В.Б. ЖЭТФ, 1988, **94**, 321.
10. Sunshine S.A., Siegrist T., Schneemeyer L.F. et al. Phys. Rev. B, 1988, **38**, 893.