

05.2;05.4

©1994

ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЕ МОНО- И ПОЛИКРИСТАЛЛОВ CuO , ОБЛУЧЕННЫХ БЫСТРЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ

*Б.А.Гижевский, В.Л.Арбузов, А.А.Самохвалов,
С.В.Наумов, Н.Н.Лошкарева, Ю.П.Сухоруков*

Облучение быстрыми электронами оказывает сильное воздействие на нормальные и сверхпроводящие свойства высокотемпературных сверхпроводников [1,2]. Представляет интерес изучить влияние облучения быстрыми электронами на электросопротивление антиферромагнитного полупроводника CuO , являющегося первоосновой купратных высокотемпературных сверхпроводников.

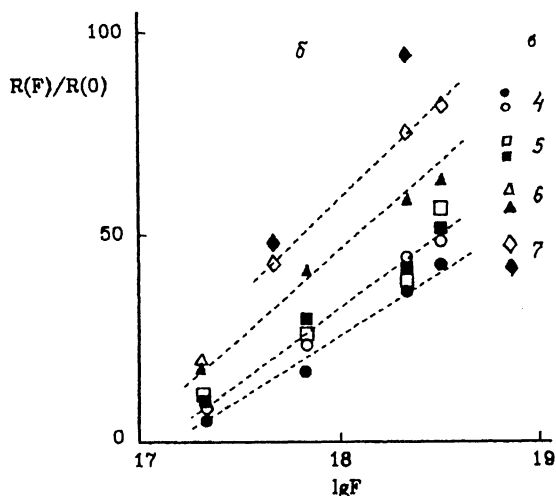
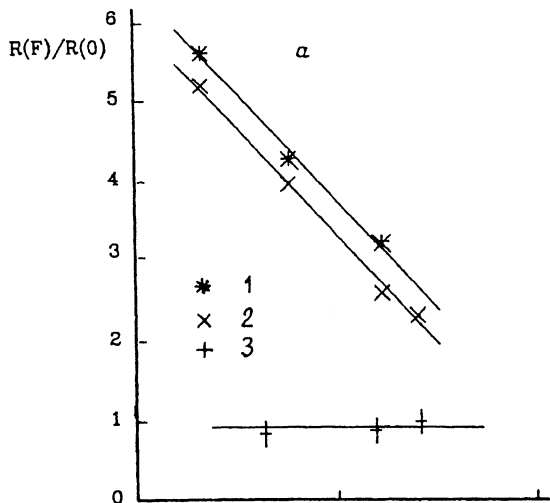
Методы приготовления и характеристики исходных образцов, использованных в данной работе, аналогичны приведенным в [3,4]. Исследовались поли- и монокристаллы CuO и поликристалл $\text{Cu}_{0.99}\text{Li}_{0.01}\text{O}$. CuO обладает моноклинной решеткой и проявляет анизотропию удельного электросопротивления ρ . Величина ρ вдоль осей c , a и b относится как 1:1.5:2.5. Поэтому монокристаллы вырезались в плоскостях (020), (200) и (110) со сторонами, ориентированными вдоль основных кристаллографических осей. Электросопротивление измерялось двух- и четырехконтактными способами. Анизотропия ρ измерялась методом Монтгомери, а также путем последовательного пропускания тока вдоль основных осей кристалла, одна из которых — ось c , а другая — в зависимости от ориентировки монокристалла — ось

a , b или $[^{110}]$. Различные методы измерения ρ и его анизотропии дают близкие значения, согласующиеся в пределах погрешности измерений (для ρ — в пределах 20%). Для определения энергии активации электропроводности E_a измерялась температурная зависимость $\rho(T)$ в области 180–320 К.

Удельное электросопротивление нелегированных поли- и монокристаллов CuO при комнатной температуре примерно одинаково и составляет 100 – 300 Ом · см, при этом энергия активации равна 0.13–0.17 эВ; для образца Cu:Li $\rho = 0.3$ Ом · см, $E_a = 0.08$ эВ. Все образцы имели дырочный тип проводимости. На одном из монокристаллов, вырезанном в плоскости (110), измерялся коэффициент оптического поглощения в интервале энергий 0.1–1.3 эВ, т.е. в “окне прозрачности” CuO (край фундаментального поглощения CuO — 1.4 эВ). Облучение образцов проводилось при 250 К на ускорителе электронов с энергией 5 МэВ. Флюенс изменялся от $2 \cdot 10^{17}$ до $3 \cdot 10^{18}$ см $^{-2}$.

Воздействие на специально нелегированные образцы CuO быстрыми электронами, так же как и в случае ВТ-СП, приводит к значительному увеличению электросопротивления. Для выяснения дозовой зависимости $\rho(F)$ образцы подвергались четырем последовательным облучениям, после каждого из которых измерялось ρ , анизотропия ρ , а также E_a . После 1-го облучения электронами с флюенсом $2 \cdot 10^{17}$ см $^{-2}$ ρ монокристаллов увеличилось в среднем на порядок. Электросопротивление нелегированных поликристаллов увеличилось в меньшей степени — в 5.5 раза, ρ образца Cu:Li уменьшилось на 12%. Последующие облучения увеличивают ρ монокристаллов более слабым образом. При максимальном флюенсе $2.9 \cdot 10^{18}$ см $^{-2}$ электросопротивление монокристаллов по сравнению с необлученным состоянием увеличивается в 40–100 раз в зависимости от образца и направления измерений. В отличие от такого поведения в нелегированных поликристаллах $\rho(F)$ уменьшается при последующем увеличении флюенса (рисунок, a). Исходные значения ρ не достигаются при максимальном флюенсе, но при эстраполяции полученной зависимости $\rho(F)$ значения электросопротивления, равные ρ необлученных образцов, получаются при $F = 10^{19}$ см $^{-2}$, может представлять интерес для дальнейших исследований.

В отличие от соединений типа $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$, где электросопротивление при облучении растет линейно или экспоненциально $[^{1,2}]$, от флюенса в случае CuO функциональная зависимость $\rho(F)$ более слабая и приблизительно является линейной в координатах $\rho - \lg F$ (см. рисунок). Зависимость электросопротивления CuO от флюенса согласуется с изменением энергии активации. Для монокристаллов E_a моно-



Зависимость относительного электросопротивления $R(F)/R(0)$ от логарифма флюенса F , см^{-2} : а — поликристаллы CuO , (кривые 1 и 2); поликристалл $\text{CuO}:\text{Li}$, кривая 3; б — монокристаллы CuO . Светлые точки — $R_c(F)/R_c(0)$; темные точки: 4, 5 — $R_a(F)/R_a(0)$, 6 — $R_b(F)/R_b(0)$, 7 — $R_{110}(F)/R_{110}(0)$.

точно растет при увеличении F и достигает 0.38–0.38 эВ. В случае поликристаллов CuO после роста при 1-ом облуче-

нии при последующих облучениях E_a уменьшается и достигает исходного значения 0.13 эВ при $F = 2.9 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-2}$.

В монокристаллах CuO , облученных электронами, изменяется также и анизотропия ρ . При этом увеличение ρ_c в большинстве случаев опережает рост ρ по другим осям. Для одного из образцов, вырезанного в плоскости (110), ρ_{110} растет быстрее, чем ρ . В целом, при больших флюенсах анизотропия электросопротивления монокристаллов CuO по основным осям $\rho_c : \rho_a : \rho_b$ уменьшается в 1.5–2 раза. Заметим, что для $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ анизотропия электросопротивления при облучении также уменьшается [1].

Измерение спектров оптического поглощения облученных кристаллов позволяет в ряде случаев увидеть новые линии, связанные с радиационными дефектами. В спектре ИК поглощения необлученных кристаллов CuO при $E_m = 0.22$ эВ наблюдается широкая полоса поглощения, обусловленная поляронной проводимостью. При этом положение пика E_m связано с энергией активации подвижности поляронов [4]. В спектре поглощения облученного монокристалла CuO не обнаружено появление новых линий. Положение и форма полосы E_m практически не изменились. Однако коэффициент поглощения K в "окне прозрачности" несколько увеличивается (в среднем на 10–15%). Наиболее значителен рост K при приближении к краю фундаментального поглощения, что указывает на появление новых уровней вблизи дна зоны проводимости и размытие края поглощения. Это может быть связано с разупорядочением кристаллической решетки при введении радиационных дефектов. Об разупорядочении решетки свидетельствуют также рентгенографические данные. Линии от плоскостей (200) и (020) размываются и около них появляются сателлиты. Причем линия (200) уширяется в сторону малых углов, а линия (020) — в сторону больших углов. В случае поликристаллов отмечается некоторое увеличение объема элементарной ячейки.

Неизменность пика E_m в облученных образцах CuO свидетельствует о постоянстве подвижности поляронов при облучении. В этом случае рост электросопротивления CuO при облучении следует отнести за счет уменьшения концентрации носителей заряда. Это может происходить за счет компенсации акцепторов радиационными дефектами. Дополнительная локализация носителей заряда в облученных образцах CuO может быть связана с флуктуациями кристаллического потенциала вследствие появления заряженных дефектов. Подобный эффект наблюдается и в [1]. Сильные различия в величине и характере изменения электросопротивления в зависимости от флюенса электронов раз-

личных образцов моно- и поликристаллов CuO указывают на роль исходного состояния и дефектности образцов в эффекте изменения электросопротивления CuO при облучении быстрыми электронами. При этом, по-видимому, межкристаллитные границы испытывают изменения под действием облучения и влияют на концентрацию дефектов в объеме образца. В легированном образце $\text{CuO}:\text{Li}$ высокий исходный уровень концентрации носителей заряда маскирует влияние радиационных дефектов на электросопротивление.

Работа выполнена при частичной поддержке Фонда Сороса.

Список литературы

- [1] *Алексашин Б.А., Воронин В.И., Вертоевский С.В., Гощицкий Б.Н., Давыдов С.А., Жданов Ю.И., Карькин А.Е., Кожеевников В.Л., Мирмилштейн А.В., Мизайлов К.Н., Садовский М.В., Сериков В.В., Чешницкий С.М.* // ЖЭТФ. 1989. Т. 95. № 2. С. 678–687.
- [2] *Arbuzov V.L., Davletshin A.E., Danilov S.E., Matveev S.A., Klotsman S.M.* // In: Effect of strong disordering in HTSC. Proceeding of International Workshop. Zarechny, USSR, 1990. P. 348–350.
- [3] *Гижевский Б.А., Самохвалов А.А., Чеботаев Н.М., Показаньева Г.К.* // СФХТ. 1991. Т. 4. В. 4. С. 827–830.
- [4] *Самохвалов А.А., Виглин Н.А., Гижевский Б.А., Лошкарева Н.Н., Осипов В.В., Солин Н.И., Суворуков Ю.П.* // ЖЭТФ. 1993. Т. 103. В. 3. С. 951–961.

Институт физики
металлов
Екатеринбург

Поступило в Редакцию
7 января 1994 г.