

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕРМОЭДС ДЛЯ НОРМАЛЬНОЙ ФАЗЫ $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ И ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

М.М.Васюк, Р.В.Луцив, Ю.Р.Косар
Львовский государственный университет им.И.Франко, физический факультет
290005, Украина, г.Львов, ул.Драгоманова, 50, тел. +38(0322) 794-152,
E-mail: krem@wups.lviv.ua

Воздействие излучения Nd-лазера в режиме свободной генерации ($\lambda=1.06$ мкм, $\tau \sim 10^{-3}$ с, $E=1+5$ Дж/см²) приводит к модификации свойств керамического $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, вследствие которой наблюдаются необратимые изменения термоэдс. Наблюдаемые изменения рассматриваются с точки зрения кислородной нестехиометрии.

1. Введение

Кинетические коэффициенты в купратных ВТСП (высокотемпературных сверхпроводниках) являются очень чувствительными к степени кислородной нестехиометрии [1-4]. Более предпочтительным с точки зрения однозначности результатов, представляемых различными группами авторов, и менее чувствительным к структурным несовершенствам является измерение термоэдс в безтоковом режиме [3,4]. Свойства ВТСП материалов обладают сильной зависимостью от внешних воздействий, в частности, от лазерного излучения, например [5,6]. Возможность целенаправленного изменения кислородного индекса определялась использованием воздействия импульсов Nd-лазера на керамику $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$.

II. Эксперимент

ВТСП керамика $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ изготавливалась методом твердофазных реакций из смеси порошков оксидов Y_2O_3 , CuO , BaCO_3 . Контроль однофазности образцов осуществлялся рентгенофазовым анализом. Температурные зависимости термоэдс снимались в диапазоне температур 77-300 К. Перепад температур измерялся непосредственно на образце методом дифференциальных термопар и не превышал 1.5 К.

Облучение ВТСП образцов проводилось импульсами Nd-лазера в режиме свободной генерации ($\lambda=1.06$ мкм, $\tau \sim 10^{-3}$ с, $E=1+5$ Дж/см²).

III. Результаты и их обсуждение

Температурная зависимость $\alpha(T)$ $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ характеризуется положительным значением коэффициента термоэдс, ростом его значения выше T_c к максимальному с последующим плавным спадом в область высоких температур (рис.1.а). Такое поведение $\alpha(T)$ свойственно для купратных ВТСП, причём значения термоэдс и её температурная зависимость почти совпадают с результатами измерений для хороших керамических образцов $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ с $\delta \approx 0.1$ [1,4]. В результате лазерного облучения происходит увеличение значения термоэдс во всём измеряемом диапазоне, максимум на кривой сдвигается в высокотемпературную область (Рис.1,б).

Полученные результаты отображают общие тенденции ВТСП, которые проявляются в

условиях кислородной нестехиометрии [2]: рост кислородного дефицита сопровождается увеличением $\alpha(T)$ и, наоборот, для образцов с максимальным T_c значение термоэдс выходит на насы-

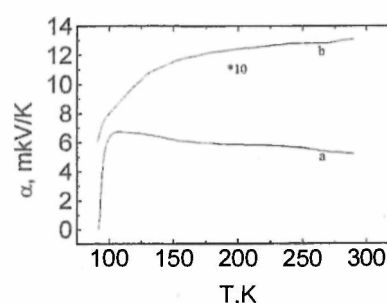


Рис.1. Температурная зависимость коэффициента термоэдс $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$: а-исходное состояние; б-после облучения ($E=5$ Дж/см²).

щение при 300 К, близко к нулевому значению, и даже может инверсировать. Установлено универсальное соответствие $\alpha(P)$ при $T=290$ К. Определена однозначная зависимость $\alpha(T)$ при 300 К позволяет проводить экспресс-диагностику состава по кислороду с разделением не хуже ± 0.02 единицы [3]. В связи с определяющим влиянием степени кислородной нестехиометрии на электронную подсистему $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, важно проследить связь термоэдс с концентрацией носителей тока - дырок в нормальном состоянии.

С учетом приближений для керамического $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$, приведенных в [4], связь между коэффициентами термоэдс α и Холла R_H имеет вид:

$$\alpha = \frac{k_0^2 \pi m^*}{3 \hbar^2 c} (r+1) T R_H$$

где c - параметр решётки, а m^* - эффективная масса.

На рис.2 представлены температурные зависимости коэффициента Холла R_H , полученные из экспериментальных значений термоэдс при условии $g=0$, $m^*=1.6 m_0$. Сравнение характера полученных зависимостей R_H демонстрируют

достаточно хорошее соответствие с экспериментальными результатами [1,4]. Зависимость концентрации носителей от температуры, рассчитанная из зависимостей $R_H(T)$, приведенных на рис.2 почти линейна, что характерно для $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ с высоким значением кислородного индекса. Отклонение от линейности увеличивается при переходе к лазернооблученному образцу, что характерно для меньшего содержания кислорода и наблюдаются при воздействии термообработки и потоков концентрированной энергии на $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$.

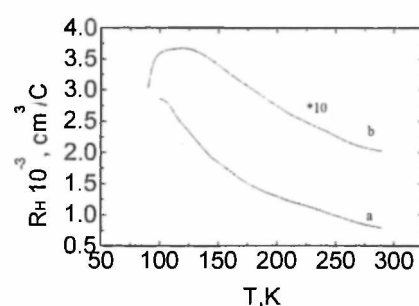


Рис.2. Температурная зависимость коэффициента Холла $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$: а-исходное состояние; б-после облучения ($E=5 \text{ Дж/см}^2$).

Значения количества дырок на элементарную ячейку в нормальном состоянии типичны по сравнению с теми, которые получаем из данных по измерению эффекта Холла в $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$. Расчетные данные по $\alpha(T)$ при $T=100 \text{ K}$ составляют $p_1=0.39$ на элементарную ячейку в исходном и $p_2=0.03$ в лазернооблученном состоянии при максимальной интенсивности излучения.

Используя модель узкой зоны [7], асимптотическое выражение для значения коэффициента термоэдс при высокой температуре:

$$\alpha = -\frac{\kappa_0}{e} \ln \frac{1-F}{F},$$

где F - степень заполнения зоны.

Значение параметра F получено с использованием экспериментально определенных величин $\alpha(T)$ составляет для исходного $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ $F=0.52$, а для выбранных условий облучения $F=0.83$.

Полученное авторами [3] аналитическое выражение для связи состава керамики по кислороду и измеренного высокотемпературного значения $\alpha(T)$ даёт возможность оценить значение для исходной керамики $\delta_1=0.09$ и после воздействия Nd-лазера при максимальном значении интенсивности облучения $\delta_2=0.73$, соответственно.

IV. Заключение

Показано, что воздействие импульсного излучения Nd-лазера ($\lambda=1.06 \text{ мкм}$, $\tau \sim 10^{-3} \text{ с}$, $E=1 \div 5 \text{ Дж/см}^2$) на ВТСП керамику $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$, является фактором, изменяющим температурные зависимости термоэдс. Наблюдаемые изменения рассматриваются с точки зрения увеличения кислородной нестехиометрии и предусматривает изменения кислородного индекса с $\delta_1=0.09$ до $\delta_2=0.73$. Произведена оценка изменения дырочной концентрации в них в использованном диапазоне интенсивностей лазера.

Список литературы

1. Гасумянц В.Э., Казьмин С.А., Кайданов В.В. и др. // СФХТ.-1991.-т.4,7.-с.1280 - 1299.
2. Obertelli S.D., Cooper J.R., Tallon J.L. // Physical Review B.-1991.-v.46.- N.22.-p.14928-14931.
3. Байков Ю.М., Гасумянц В.Э., Казьмин С.А., Кайданов В.В. и др. // СФХТ.-1990.- т.3.-N.2.-254-с.307.
4. Константинов П.П., Васильев В.Н., Бурков А.Т., Глушкова В.Б. // СФХТ.-1991.- т.4.-N.2.-с. 295-307.
5. Горольчук И.Г., Ульяшин А.Г., Бумай Ю.А. и др. // СФХТ.-1990.-т.3.-N.11.-с.2616-2618.
6. Vasyuk M.M., Luticiv R.V. // High T_c Supercond. and Tunnel. Phenomena:Proc. of the Second Intern Symp.-Donetsk,1995.-p.169-172.
7. Казьмин С.А., Кайданов В.В., Лейсинг Г. // ФТТ.-1988.-т.30.-N.10.-с.2955-2959.

TEMPERATURE DEPENDENCE OF THERMOPOWER FOR NORMAL PHASE $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ AND INFLUENCE OF LASER IRRADIATION

M.M.Vasyuk, R.V.Luticiv, Yu.R.Kosar

Physics department, I.Franco Lviv State University, 50, Dragomanov str., Lviv 290005, Ukraine,
Phone +38(0322)794-152, E-mail:krem@wups.lviv.ua

Modification of $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ ceramic after pulse neodymium laser irradiation ($\lambda=1.06 \text{ μm}$, $\tau \sim 10^{-3} \text{ s}$, $E=1 \div 5 \text{ J/cm}^2$) have been studied. Thermopower temperature dependencies for normal phase $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ before and after irradiation were investigated. Laser treatment produces a general increasing of thermopower and a thermopower dependence type changes. We consider it with increasing of nonstoichiometry of oxygen from $\delta_1=0.09$ to $\delta_2=0.73$. Calculation of the oxygen concentration are compare with experimental results of Hall measuring.