

«М.А.Гендельманның 110 жылдығына арналған «Сейфуллин оқулары-19» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 19», посвященной 110- летию М.А. Гендельмана». - 2023.- Т.1, Ч. V.- С. 101-103.

УДК 539.24

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ ТОНКИХ ПЛЕНОК



*Хуанбай Е. ст. преп. к.ф-м.н,
Найзагараева А.А. ст. преп.
Омарханова Д.Ж. ст. преп.*

*Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина,
г. Астана*

В настоящее время разрабатываются и изучаются пленочные элементы извысокотемпературных сверхпроводников (ВТСП), которые служат основой длясверхпроводниковой электроники. Ожидается, что ВТСП найдут практическоеприменение в первую очередь в виде пленок и покрытий. Типичным представителем материала ВТСП является оксид вида $YBa_2Cu_3O_{6+x}$. Поэтому усовершенствование технологии получения тонких пленок $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ является важной научно-технической задачей. Одним из основных методов полученияВТСП-пленок является метод лазерной абляции. С помощью лазеров можнораспылять практически любые по составу мишени, причем состав получаемыхпленок близок к исходному. Особый интерес к методу лазерной абляции возникпосле получения пленок $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ с максимально высокими значениямиплотности критического тока [1].

Критические параметры соединения $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ могут меняться при изменении температуры в процессе изготовления, испытания и эксплуатации сверхпроводников. Поэтому важны исследования химического,фазовогосостава и электрофизических свойств материалов в широком интервале температур.

Среди экспериментальных методов исследования наиболее предпочтительными является те методы, которые дают информацию о состоянии материала непосредственно при изменении температуры. К ним относятся высокотемпературные рентгено-и нейтронография, термодесорбционная массспектрометрия, термография, термогравиметрия. По данным таких методов установлены что соединение $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ при комнатной температурепредставляет собой ромбическую фазу, которая при нагревании, начиная с 600-700°С, сопровождается потерей кислорода и

переходит тетрагональную фазу, не обладающей сверхпроводящими свойствами [2].

Цель настоящей работы является исследование влияния температуры на электрофизические свойства тонких пленок $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ полученных методом лазерной абляции.

Так же изучается микроструктура и определяется химический состав пленок методом сканирующей электронной микроскопии.

В качестве мишеней использовались горячепрессованные цилиндрические образцы диаметром ~ 10 мм из соединения $YBa_2Cu_3O_7$, стехиометрического состава.

Температура подложки контролировалась ХА термопарой с точностью $\pm 2^\circ\text{C}$. Подложками служили $SrTiO_3$ $10 \times 7 \times 1,5$ мм. Напыление пленок проводилось при давлении воздуха 102 мм рт. ст, в камере вакуумного поста ВУП-5.

Измерение электросопротивления образцов в широком интервалах температуры выполнялись по стандартной четырех зондовой методике.

Параметры выбранной нами для исследования тонкой пленки следующие: критическая температура $T_c = 89$ К, ширина перехода $\Delta T = 2 - 3$ К, температура подложки $T = 800^\circ\text{C}$.

Выше было отмечено что сверхпроводящие свойства тонких пленок $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ зависят от их стехиометрического состава. Поэтому получение тонких пленок со стехиометрическим составом, близким к составу исходной мишени, является важной задачей технологии получения пленок из материалов со сложным химическим составом.

На рисунке 1 приведены результаты экспериментального исследования зависимости электросопротивления объемных образцов $YBa_2Cu_3O_{6+x}$. Для анализа результатов удобно разделить исследованный диапазон температур на два интервала. Из графиков видно, что до температуры 580-620 К, т.е. до момента выхода кислорода из структуры зависимость $R(T)$ имеет вид $R(T) = R(0)$. Что касается дальнейшего поведения кривой электропроводности, то в области температур около 800 К происходит резкое увеличение скорости роста сопротивления и зависимость $R(T)$ становится нелинейной. Это обусловлено выходом лабильного кислорода из образца.

М. Исто и другие показали методом терморентгенографии, что ромбическая модификация ($a = 3,825$, $b = 3,883$, $c = 11,680 \text{ \AA}$, $x = 0,8$) в вакууме необратимо превращается в тетрагональную при 803 К. Поскольку мы исследовали зависимость $R(T)$ в вакууме, то скачок, который виден из нашего экспериментального графика, возможно соответствует ромбическо-тетрагональному превращению образца, происходящему при температуре 800 - 820 К. Повышение температуры образцов сопровождается изменением содержания кислорода в различных позициях структуры ромбической модификации $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ и выходом части атомов кислорода из соединения [3].

Таким образом, перегибы на рассмотренных электрофизических кривых можно связать с потерей кислорода образцом.

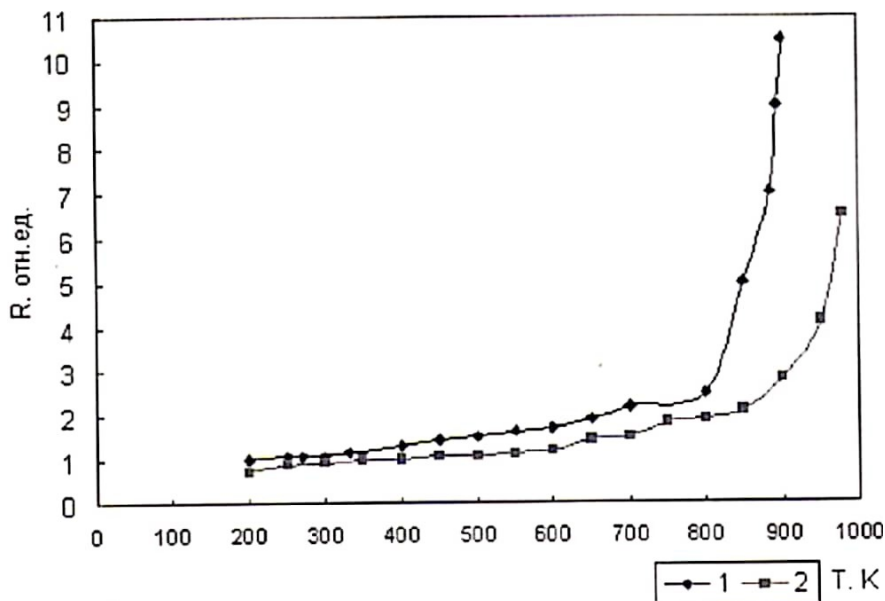


Рис.1. Зависимость сопротивления $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ от температуры в интервале 200-1000 К: 1 - первый; 2 - последующие термоциклы

После первого нагрева, сопровождающегося определенными аномалиями на экспериментальной кривой 1, образец переходил в устойчивое состояние (кривая 2), и при последующих термоциклах кривая хорошо воспроизводилась. При этом кривые нагрева и охлаждения удовлетворительно совпадали, что свидетельствовало о равновесности условий измерений.

Зависимость $\rho(T)$, начиная с некоторой температуры (T_0), отклоняется от линейной. Скорость изменения удельного сопротивления зависит от скорости подъема температуры. При увеличении скорости от 4 до 80 град/мин T_0 возрастает от 120 °С до 210 °С. Одновременно меняется и характер зависимости $\rho(T)$ при $T > T_0$.

Температурный диапазон существования ромбической фазы в пленках оказывается значительно суженным, и в сильной степени зависящим от скорости подъема температуры. Температура структурного перехода пленок из ромбической в тетрагональную модификацию при скорости нагрева 20 град/мин находится в диапазоне 360 -400 °С.

Список литературы

- 1 Yu. N. Nozdrin, Effect of the microstructure of epitaxial $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ films on their electrophysical and nonlinear microwave properties [Text] /E. E. Pestov, V. V. Kurin, S. V. Baryshev, A. V. Bobyl, S. F. Karmanenko.// Physics of the Solid Stat. -2006.-Vol.48. -№ 12.-Р. 2260-2269. [DOI:10.1134/S1063783406120043](https://doi.org/10.1134/S1063783406120043)

- 2 G. Koren, E. Polturak, N. Levy, G. Deutscher. Angular dependence of the critical current in thin $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ films with unidirectional nanocracks [Text] / Phys. Rev. B. –2000. Vol. 61. –№5. –P. 3734-3738. DOI: [10.1103/PhysRevB.61.3734](https://doi.org/10.1103/PhysRevB.61.3734)
- 3 Abrikosov A.A. Resonant tunneling in high- T_c superconductors [Text] / Physics-Uspekhi, –1998. Vol. 41. –№6. –P. 605-616. [DOI:org/10.1070/PU1998v041n06ABEH000411](https://doi.org/10.1070/PU1998v041n06ABEH000411)