

УДК 621.793.14

А.В. Феоктистов¹, А.А. Каменев^{1,2}, П.Н. Дегтяренко², В.Н. Чепиков²

¹ООО КТМ

²ООО С-инновации

Москва, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛОТНОСТИ КЕРАМИЧЕСКИХ МИШЕНЕЙ НА СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ СВОЙСТВА ВТСП ПРОВОДНИКА СОСТАВА $YBa_2Cu_3O_7$

Аннотация. Работа посвящена изготовлению керамических мишеней состава высокотемпературного сверхпроводника $YBa_2Cu_3O_7$ для лазерного распыления и исследованию влияния свойств и характеристик мишени на свойства полученных лент сверхпроводников. Показано, что увеличение толщины плёнки из ВТСП приводит к увеличению критического тока, при неизменности фазового состава мишени и плёнки.

A.V. Feoktistov¹, A.A. Kamenev^{1,2}, P.N. Degtyarenko², V.N. Chepikov²

¹llc KTM

²llc S-innovations

Moscow, Russia

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE DENSITY OF CERAMIC TARGETS ON THE SUPERCONDUCTING PROPERTIES OF THE $YBa_2Cu_3O_7$ HTSC CONDUCTOR

Abstract. We study of the influence of the properties and characteristics of the ceramic target on the structure and properties of the resulting superconductor films. We produce $YBa_2Cu_3O_7$ ceramic targets of different density for deposition of HTSC layer. It was shown that the thickness increase of the HTSC film leads to an increase in the critical current, while the phase composition of the target and film remains unchanged

Введение

С момента открытия высокотемпературных сверхпроводников был проведен ряд исследований объемных и тонкопленочных форм сверхпроводников. В частности, большое внимание уделяется высокотемпературным сверхпроводящим тонким пленкам из-за их применимости и осуществимости. Из различных методов осаждения тонких пленок импульсное лазерное осаждение (PLD) широко используется для производства металлических, керамических, сегнетоэлектрических и оптических тонких пленок, а также сверхпроводящих тонких пленок [1]. благодаря своей простоте и универсальности. Основными параметрами осаждения PLD являются плотность энергии лазера (импульса), температура подложки и

давление кислорода [2]. Влияние этих переменных на осажденные пленки широко изучалось. Однако влияние мишени, из которой получают тонкие пленки, редко исследовалось. PLD тонких пленок $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ (YBCO) обычно использует твердотельную спеченную мишень. Как правило, спеченная мишень имеет зернистую микроструктуру, что приводит к очень шероховатой и пористой поверхности. Также при повторном лазерном воздействии на поверхность мишени становится шероховатой, что ухудшает микроструктуру и свойства получаемых пленок [2]. Известно, что качество поверхности мишени, такое как гладкость поверхности, однородность состава и наличие дефектов, влияет на однородность и качество паров, выбрасываемых из мишени [3-5]. Следовательно, ожидается, что улучшенная микроструктура мишени приведет к лучшим свойствам и улучшенной микроструктуре осажденных пленок. Целью данной статьи является исследование влияния характеристик мишени на тонкие пленки YBCO, нанесенные с помощью PLD. С каждой мишени наносились тонкие пленки. Затем исследовали микроструктуры пленок и мишеней, измеряли сверхпроводящие свойства пленок и анализировали влияние мишени на пленки.

Методика эксперимента

В настоящем исследовании мы использовали метод твердофазного спекания. Процедура изготовления следующая: смешение, синтез, дробление, помол, приготовление пресс-порошка, прессование, сушки и обжиг. В качестве исходного сырья использовались порошки Y_2O_3 , BaCO_3 и CuO чистотой 99.95%. Порошки взвешивались в стехиометрическом соотношении, перемешивали в V-образном смесителе в течение 6 ч, затем прокаливали при температуре 910°C в течение 25 ч. Полученный спёк дробили в роторно-вихревой мельнице в течение 10 минут. После дробления порошок измельчали в течение 24 ч в шаровой мельнице при соотношении материал: мелющие тела = 1:2. Полученный порошок увлажнялся связкой на основе поливинилового спирта в количестве 4 мас. % сверх 100%. Образцы формы диска размером 200мм x 10мм прессовались при давлении прессования 50 МПа. Полученные образцы обжигались при температуре 900°C , 905°C и 910° . Условия осаждения тонких пленок были следующими. Использовались лазер Lear 300 Coherent длина волны 308 нм и подложки из Хастеллоя С-276. Во время осаждения температура подложки поддерживалась на уровне $725\text{-}765^\circ\text{C}$, а давление составляло ~ 60 Па. Мишени, изготовленные в различных условиях, имеют разную микроструктуру и будут по-разному взаимодействовать с падающим лазерным лучом. После

осаждения пленки покрывали серебром, после чего отжигали в атмосфере кислорода 10 часов при 300 С, остывание с печью. Толщина мишеней определялась с помощью микрометра. Исследование фаз мишеней совершалось с помощью рентгеновского дифрактометра RiGaku Smart Lab, в диапазоне 2 θ 10-90 градусов. Фазы и ориентации пленок также были проанализированы с использованием XRD и анализа кривой качания пиков (005) Морфологию поверхности мишеней и пленок исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа Carl Zeiss Evo 50.

Для измерения токонесущей способности выращенных пленок, предварительно покрытых тонким слоем серебра при помощи магнетронного распыления, использовалась установка бесконтактного измерения критического тока по длине. Пленки, намотанные на катушку, устанавливались в установку, позволяющую измерять критический ток по длине (Theva Ts). Перемотка ленты осуществляется через емкость с жидким азотом, в которой установлен магнит. Лента намагничивается полем порядка 47 мТл. Отклик пленок на внешнее магнитное поле регистрируется при помощи датчиков Холла. В результате получали распределение критического тока по длине. Далее каждая из пленок калибровалась, используя четыре контактную методику. Для этого используются участки длиной до 1м вначале и конце ленты. Лента закрепляется между двумя токовыми контактами и опускается в жидкий азот. Затем проводится развертка тока при помощи источника Sorensen 1200/10 и при помощи потенциальных контактов, подключенных к нановольметру Keithley снимается напряжение с ленты. В результате получается вольт-амперная характеристика. Используя критерий 1 мкВ/см определяется значение критического тока. По полученным значения критического тока проводится перекалибровка изначальных кривых.

Результаты и их обсуждение.

На рис. 1 представлена микроструктура порошка $YBa_2Cu_3O_7$ после дробления и помола. Данный порошок характеризуется неизометрической формой частиц с размерами от 2 до 20 мкм.

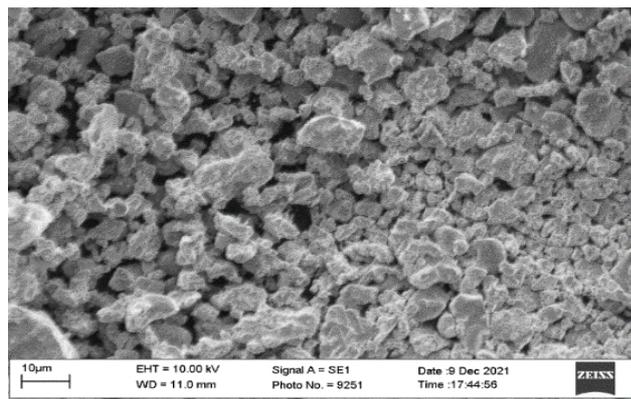


Рис. 1 - Микроструктура порошка $YBa_2Cu_3O_7$ полученного после помола при увеличении $\times 500$.

Фазовый состав по Ритвельду полученных мишеней представлен в таблице 1. Полученные данные свидетельствуют об отсутствии влияния температуры обжига на фазовый состав мишеней. Фазовый состав мишеней представлен фазами Y-123, Y-211, CuO и остатками карбоната бария.

Таблица 1 - Фазовый состав полученных мишеней

	wt.%				
	123	Y-	Y-	CuO	BaCO ₃
YBCO900	86,6	7,7	4,9	0,8	
±	1,5	0,3	0,3	0,4	
YBCO905	87,1	7,9	4,8	0,2	
±	1,3	0,3	0,3	0,2	
YBCO910	86,5	9,7	3,9	0,0	
±	1,1	0,3	0,3	0,0	

В таблице 2 указана плотность полученных мишеней. Увеличение температуры обжига от 900 до 910 °C приводит к увеличению плотности образцов за счёт ускорения процессов спекания при повышении температуры.

Таблица 2. Плотность полученных мишеней

Образец	$\rho_{\text{каж}}$, г/см ³	Толщина плёнки, нм
YBCO900	2,95	2033
YBCO905	3,07	2149
YBCO910	3,27	2375

В таблице 2 указаны толщины полученных лент. Из полученных данных следует, что увеличение плотности мишени позволяет получать ленты большей толщины в исследуемом интервале плотностей мишеней $YBa_2Cu_3O_7$. Увеличение толщины ВТСП слоя может быть связано с увеличением количества испаряемых частиц в «пятне» лазера, при том, что увеличение плотности не приводит к

качественным изменениям структуры (изменению размера зерна, формирование монолитных структур и пр.).

На рис. 2 представлена микроструктура полученных мишеней. В исследуемом интервале температуры обжига различия в исследуемых образцах не идентифицируются. Для всех исследуемых образцов наблюдается припекание частиц. Для всех образцов наблюдается микроструктура, состоящая из кристаллов близкой неизометричной формы. Пористость представлена межкристаллическими порами размером до 10 мкм.

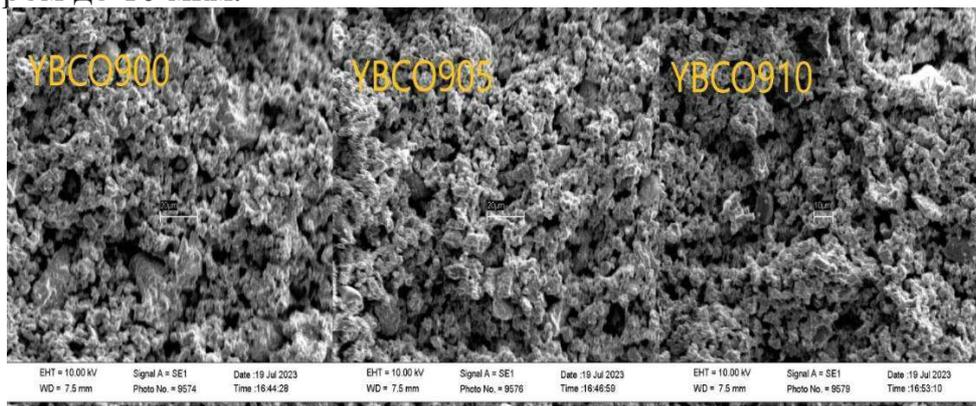


Рис. 2 - Микроструктура мишеней YBCO при увеличении x500

На рис. 3 приведены значения критического тока полученных лент ВТСП. Для мишени YBCO900 значения критического тока составляют 283 ± 6 А, для мишени YBCO905 - 353 ± 9 А, для мишени YBCO910 - 422 ± 4 А. С увеличением толщины ленты сверхпроводника повышается значения критического тока.

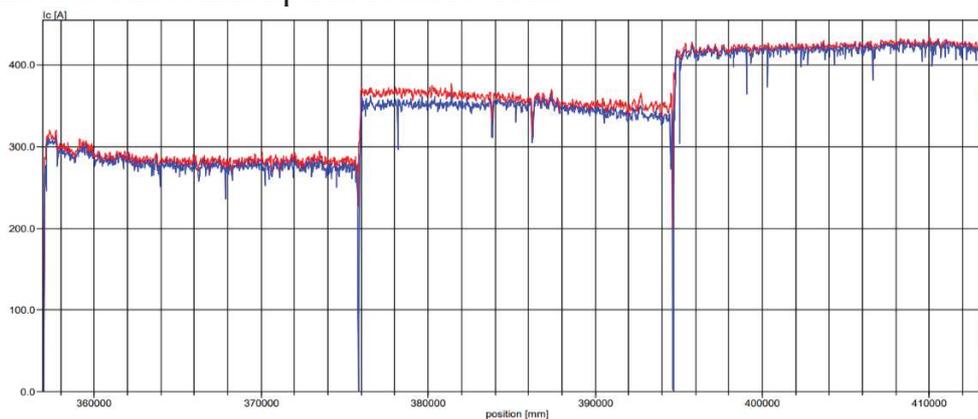


Рис. 3 - Значения критического тока для образцов YBCO900, YBCO905 и YBCO910

Заключение

В настоящей работе были получены мишени состава $YBa_2Cu_3O_7$ при различных температурах обжига - 900°C , 905°C и 910°C . Установлено, что в исследуемом интервале температур обжига не изменяется фазовый состав полученных мишеней. Увеличение

температуры обжига приводит к увеличению плотности полученных мишеней вплоть до $3,27 \text{ г/см}^3$. Изменение плотности мишеней $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ в указанном интервале плотностей приводит к увеличению толщины ВТСП при импульсном лазерном осаждении. Увеличение толщины ВТСП позволяет достигать больших значений сверхпроводимости, и составляет для ленты, полученной из мишени YBCO910 - $422 \pm 4 \text{ А}$.

Список использованных источников

1. Singh R. K., Kumar D. Pulsed laser deposition and characterization of high-Tc $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ superconducting thin films //Materials Science and Engineering: R: Reports. – 1998. – Т. 22. – №. 4. – С. 113-185.
2. O'Brien T. P. et al. The effect of laser fluence on the ablation and deposition of $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ //Materials Science and Engineering: B. – 1992. – Т. 13. – №. 1. – С. 9-13.
3. Low B. L. et al. Substrate temperature dependence of the texture quality in YBCO thin films fabricated by on-axis pulsed-laser ablation //Superconductor Science and Technology. – 1997. – Т. 10. – №. 1. – С. 41.
4. Hase T. et al. Partial oxygen pressure effects on the morphology of Y-Ba-Cu-O thin films in laser deposition process //Journal of applied physics. – 1990. – Т. 68. – №. 1. – С. 374-376.
5. Jeong Y. S. et al. Surface modification of laser ablated YBCO target //Applied surface science. – 1997. – Т. 109. – С. 424-427.

УДК 621.793.14

А.А. Каменев П.Н. Дегтяренко
ООО С-Инновации, Москва, Россия

ВЫСОКИЕ ЗНАЧЕНИЯ ПЛОТНОСТИ КРИТИЧЕСКОГО ТОКА И СИЛЬНЫЙ ПИННИНГ В ДЛИННОМЕРНЫХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ЛЕНТАХ 2-ГО ПОКОЛЕНИЯ

Аннотация. Работа посвящена производству сверхпроводящих лент второго поколения. Описаны технологические возможности компании по производству сверхпроводников.