

«Сейфуллин окулары – 18: « Жастар және ғылым – болашаққа көзқарас» халықаралық ғылыми -практикалық конференция материалдары = Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 18: « Молодежь и наука – взгляд в будущее» - 2022.- Т.1, Ч.VI. – С.38-41

## **ПОЛУЧЕНИЕ ВИСМУТОВОГО ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СВЕРХПРОВОДНИКА СОСТАВА $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$ РАСПЛАВНЫМ МЕТОДОМ**

*Сарсенбаева М.Б., магистрант 1 курса  
Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина г. Нур-Султан*

В работе приведены результаты получения висмутосодержащего сверхпроводника состава  $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$ , на основе аморфных исходных материалов полученного из расплава образцов керамики. Исследованы микроструктурный и элементный анализы образцов керамики. Микроструктурным исследованием определены морфология образцов, а также размеры и формы кристаллитов. Также элементным анализом установили изменение содержания кислорода относительно стехиометрического состава образцов.

Ключевые слова: высокотемпературная сверхпроводимость, структура, керамика, фаза, критическая температура, расплавный метод.

Сегодня высокотемпературная сверхпроводимость (ВТСП) – это одно из наиболее перспективных направлений для практического применения в передовых направлениях науки и техники, без которых уже не может обойтись ни современная электроника, ни медицина, ни космонавтика [1-3].

В настоящее время существуют следующие типы ВТСП – таллий содержащие, ртуть содержащие, иттриевые, висмутосодержащие и др. Среди них наиболее перспективным является висмутосодержащие сверхпроводники, т.к. они характеризуются высокими критическими параметрами, не содержат вредных веществ, а самое главное, при закалке расплава стабилизируется аморфное состояние. При синтезе ВТСП материалов на основе аморфных прекурсоров возможно получение высокой плотности, направленное расположение кристаллитов (получение высокой текстуры частиц) и др., можно достичь высокого критического тока, который открывает возможность практического применения ВТСП в электронике, энергетике и др. направлениях промышленности. Также путем введения примесей несверхпроводящих фаз на основе тугоплавких, магнитных наноструктурированных материалов можно повысить критические параметры сверхпроводника, в частности, токнесущей способности сверхпроводящего поликристаллического массивного материала.

Поскольку свойства ВТСП сильно зависят от метода синтеза, требуются новые технические решения для синтеза ВТСП материалов приводящие к повышению критических характеристик ВТСП и к

повышению технологичности. Поэтому результаты исследований полученные расплавным методом показывают хорошие свойства аморфных прекурсоров и сверхпроводящей керамики  $\text{Bi}$ -сверхпроводников 2212. Переход от традиционной технологии изготовления керамики к так называемому методу «расплавный» приводит к значительному улучшению основных свойств за счет радикального изменения существенной структуры ВТСП-материала[4-5]. Потенциал этого метода был расширен за счет возможности создания отдельных образцов, которые регистрируют критические значения температуры, критического тока, критического магнитного поля.

#### Методика эксперимента

Для проведения эксперимента - получения ВТСП расплавным методом в качестве источника нагрева использовалась ИК спектр излучения за счет накаливания нихромовой спирали или спирали из фехралья. В качестве исходных реактивов были использованы следующие оксиды:  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{CaO}$  и  $\text{CuO}$ .

Хорошо перемешанную шихту прессовали при давлении 180 МПа для получения таблетки диаметром 15 мм толщиной 2 мм. Перед процессом плавления проводили предварительный отжиг образца при 750-800°C, в течении 12 часов в муфельной печи. Для анализа прекурсор из расплава был получен плавлением в муфельной печи и ИК излучением. Расплав образца закаляли между двумя противоположными вращающимися медными роликами, а сверхбыструю закалку осуществляли на вращающемся диске из нержавеющей стали.

Фазовый состав полученного ВТСП исследовали методом рентгеновской дифракции с помощью дифрактометра DRON-6, CuK $\alpha$ . Для наблюдения за микроструктурой образцов использовался электронный сканирующий микроскоп Jeol JCM-6490LA. Элементный анализ образца проводили с помощью атомно-эмиссионного спектрометра Optima 2000 DV с использованием индуктивно связанной плазмы. Критические параметры образцов керамики определялись путем измерения температурной зависимости удельного сопротивления и температурной зависимости магнитной восприимчивости четырех зондовым методом.

#### Полученные результаты и обсуждения

После закалки фазовый состав таблеток был представлен аморфной фазой и кристаллической фазой. Закаленный прекурсор подвергали термообработке при температуре 840-845°C, в течении 20-25 ч. В последствии полностью кристаллизовалась стеклофаза и параметры элементарной ячейки  $a = 0,5427$  нм,  $b = 0,5412$  нм,  $c = 0,3135$  нм состава 2212.

Микроструктура керамического образца с номинальным составом 2212 показана на рис.1. Его структура характеризуется формированием блока размером около 169-197 мкм, состоящего из пластины высокой плотности.

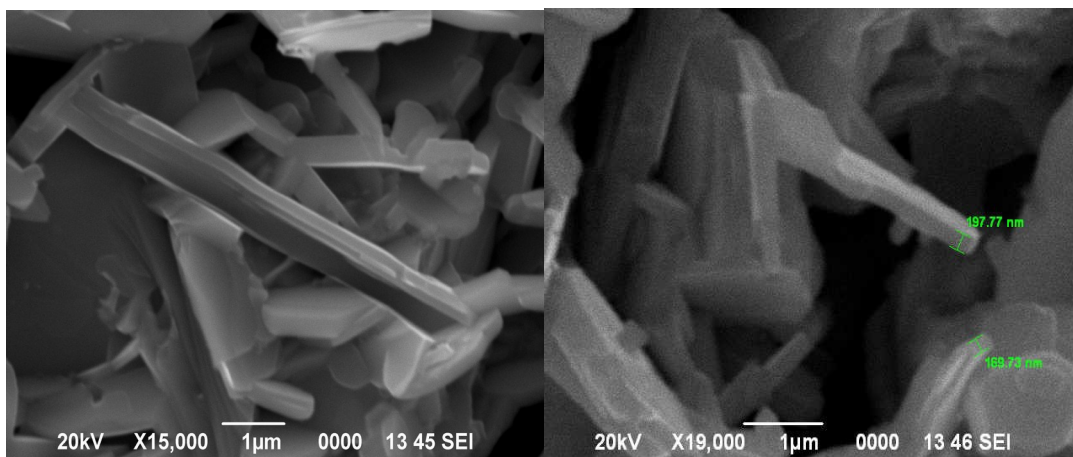
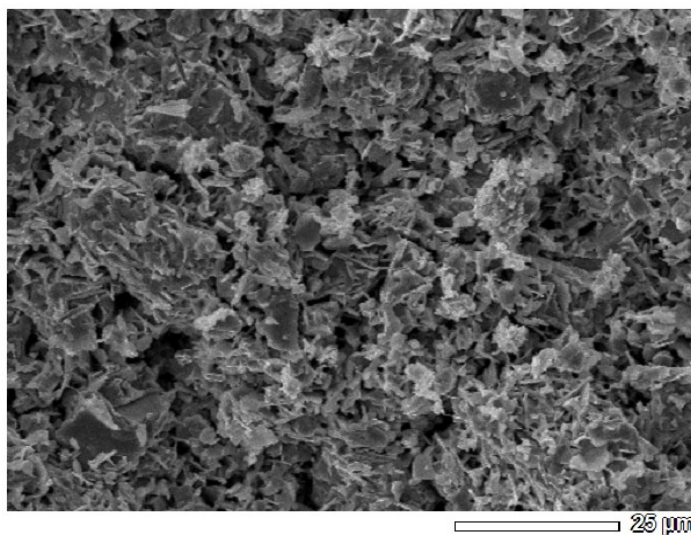


Рис. 1. Микроструктура образцов исходного состава 2212

При номинальном составе  $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$  сверхпроводящая фаза 2212 начала формироваться при  $700^\circ\text{C}$  и выше. Максимальная температура, при которой скорость образования сверхпроводящей фазы 2212 находилась в диапазоне  $850\text{-}850^\circ\text{C}$ . При длительной термообработке (90-100 часов) было реализовано полное образование фаз 2212.

Изображение сканирующей электронной микроскопии (SEM) образцов 2212 показаны на рис. 2, где видно, что он демонстрирует пластиноподобные зерна со случайным распределением, что является типичной структурой BSCCO. В итоге взаимосвязь между сверхпроводящими зёрнами и размеры зерен уменьшилась, а степень пористости увеличилась.



Title	: IMG1
-----	
Instrument	: 6490 (LA)
Volt	: 20.00 kV
Mag	: x 1,200
Date	: 2021/11/01
Pixel	: 512 x 384

Рис. 2 SEM изображения образцов

Анализ элементного состава образцов был исследован с помощью энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDX) и представлен на рис. 3. По результатам анализа- элементы, использованные для создания образцов, были однородно распределены, что свидетельствует о том, что все элементы вошли в кристаллическую структуру образцов керамики. Пики Bi, Sr, Ca, Cu, Pb и O наблюдались в образце, что указывает на то, что элементы,

присутствующие в образце, согласуются с стехиометрическим составом синтезированного соединения. Это означает, что образец не был загрязнен в процессе синтеза. Анализ EDX также показал, что содержание кислорода увеличилось.

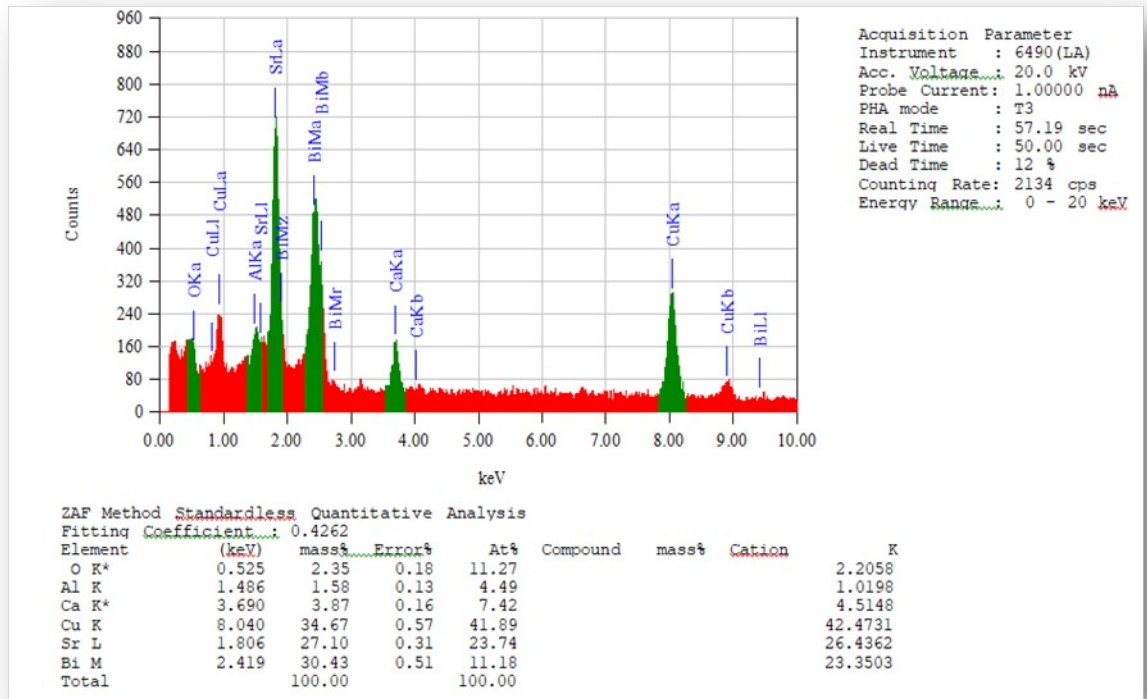


Рис. 3 EDX-спектры элементного образца ВТСП номинального состава  $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$  (2212) полученного из расплава

Во многих купратных ВТСП температурная зависимость сопротивления  $R(T)$  зависит практически линейно от температуры  $T$ , в котором сопротивление изменено в плоскости «ab». В чистых образцах экстраполяция этой зависимости в область низких температур ведет себя так, как будто остаточное сопротивление совершенно отсутствует. В ряде других ВТСП, с меньшими  $T_c$ , где удается подавить сверхпроводимость магнитным полем, зависимость  $R(T)$  линейна вплоть до очень низких температур. Такая линейная зависимость наблюдается в очень широкой области температур: от  $\sim 10^{-3}$  до 600K (при более высоких температурах уже начинает меняться концентрация кислорода).

Таким образом, в ходе исследования нами был осуществлен синтез высокотемпературной сверхпроводящей керамики номинального состава  $\text{Bi}_{1,6}\text{Pb}_{0,4}\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$  (2212) расплавным методом.

Исследование микроструктуры и элементного состава образцов керамики установило, что кристаллиты имеют пластинчатую и игольчатую форму с размерами зерен в интервале от 20 мкм до 70 мкм, где толщина пластинок колеблется от 150 нм до 450 нм, и расположение кристаллитов относительно друг друга слабо ориентированное. Исследованием

элементного анализа установлено, что катионный состав керамики не сильно отличается от стехиометрического состава, что касается анионного состава, т.е. кислорода, то наблюдается повышение содержания кислорода в исследуемых образцах относительно стехиометрического состава.

#### Список используемой литературы

1. Свистунова О. И. Разработка и создание ВТСП устройств в КНР // Информационный бюллетень «Сверхпроводники для электроэнергетики». — М: НИЦ Курчатовский институт, 2015. — т. 12, № 3. — С. 9–12.

2. Захарова, Е. И. Применение высокотемпературной сверхпроводимости в металлургической промышленности / Е. И. Захарова, М. М. Суюндиков. — Текст : непосредственный // Технические науки в России и за рубежом : материалы V Междунар. науч. конф. (г. Москва, январь 2016 г.). — Москва : Буки-Веди, 2016. — С. 23-29.

3.«Токонесущие ленты второго поколения на основе высокотемпературных сверхпроводников» / Под ред. А. Гояла; Пер. с англ.; Ред. пер. А.Р. Крауль. М.: ИздательствоЛКИ, 2009. – 432 с.

4. Khaled J., Komatsu T. Thermal stability, properties and crystallization mechanism of Bi-based precursor glasses // by Yoshihiro Abe, Superconducting Glass-Ceramics in Bi-Sr-Ca-Cu-O. – Nogaуo, 1997. – P. 45-69.

5.Ускенбаев Д.Е. Фазовой состав и свойства ВТСП  $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_n\text{Cu}_{n+1}\text{O}_y$  ( $n = 2, 3, 4$ ) на основе прекурсоров, полученных методом быстрой закалки расплава // Хим. и химич. технол.: Тез.докл. межд. конф. им. акад. Жаворонкова. 17-23 июня 2007. – М., 2007. – С. 255-257.