

March 2019

## Bi/Pb superconducting phases, with an elevated superconducting transition temperature, synthesized by solar energy

Gulamova Dilbara

*Materials Science Institute SPA "Physics-Sun", Tashkent, Uzbekistan, gulamova@uzsci.net*

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/cce>

---

### Recommended Citation

Dilbara, Gulamova (2019) "Bi/Pb superconducting phases, with an elevated superconducting transition temperature, synthesized by solar energy," *CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING*: Vol. 2019 : No. 1 , Article 1.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/cce/vol2019/iss1/1>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact [sh.erkinov@edu.uz](mailto:sh.erkinov@edu.uz).

## Bi/Pb SUPERCONDUCTING PHASES, WITH AN ELEVATED SUPERCONDUCTING TRANSITION TEMPERATURE, SYNTHESIZED BY SOLAR ENERGY

Dilbara GULAMOVA (gulamova@uzsci.net)  
Materials Science Institute SPA "Physics-Sun", Tashkent, Uzbekistan

Superconductors superconductor line  $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_2Ca_{(n-1)}Cu_nO_{10-3}$  ( $n=5,9,12,19$ ) microstructure, phases compositions, critical temperature to superconducting state transition  $T_c$  was investigated. Precursors for superconductors phases synthesis by solar energy have been elaborated. The formation of superconducting homologous phases with a superconducting transition temperature in the range of 240-270 K is determined.

Keywords: solar energy, synthesis, Bi/Pb superconductors, superconducting transition temperature.

## БИ/РЬ СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ ФАЗЫ, С ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ПЕРЕХОДА, СИНТЕЗИРОВАННЫЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИЕЙ

Дильбара Джуроевна ГУЛАМОВА (gulamova@uzsci.net)  
Институт материаловедения НПО Физика-Солнце, Ташкент, Узбекистан

Исследован фазовый состав, микроструктура и критическая температура перехода в сверхпроводящее состояние сверхпроводников ряда  $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_2Ca_{(n-1)}Cu_nO_{10-3}$  ( $n=5,9,12,19$ ), синтезированных из прекурсоров, полученных солнечной энергией. Определено образование сверхпроводящих фаз-гомологов с температурой сверхпроводящего перехода в интервале 240-270 К.

Ключевые слова: солнечная энергия, синтез, Bi/Pb сверхпроводники, температура сверхпроводящего перехода.

## QUYOSH ENERGIYASIDA SINTEZ QILINGAN VA OTA OTKAZUVCHANLIKKA OTISH TEMPERATURASI YUQORI BOLGAN BI/PB OTA OTKAZUVCHAN FAZALAR

Dilbara Juraevna GULAMOVA (gulamova@uzsci.net)  
"Fizika – Quyosh" ICHB Materialshunoslik instituti, Toshkent, O'zbekiston

Quyosh energiyasida sintez qilib olingan  $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_2Ca_{(n-1)}Cu_nO_{10-3}$  ( $n=5,9,12,19$ ) qatorli namunalarning fazoviy tarkibi, mikrotuzilishi va o'ta o'tkazuvchanlikka o'tishning kritik haroratlari o'rganildi. O'ta o'tkazuvchan faza – gomologlar o'ta o'tkazuvchanlikka o'tish harorati 240 – 270 K oraliqda hosil bo'lishi aniqlandi.

Kalit so'zlar: quyosh energiyasi, sintez, Bi / Pb o'ta Supero'tkazuvchilar, Supero'tkazuvchilar o'tish harorati.

### Введение

Высокотемпературные сверхпроводники (ВТСП) на основе системы Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O представляют ряд, описываемый формулой  $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_2Ca_{(n-1)}Cu_nO_y$ . К настоящему времени подробно изучены условия синтеза и свойства сверхпроводящих фаз этого ряда с  $n=1-3$  и ограничена информация о свойствах ВТСП фаз с  $n>4$  [1-10].

Установленная в [11] прямая зависимость повышения критической температуры перехода в сверхпроводящее состояние  $T_c$  с увеличением "n" обосновывает поиск ВТСП фаз с  $T_c$  более 107-110 К (Bi/Pb 2223) по ряду  $Bi_{1.7}Pb_{0.3}Sr_2Ca_{(n-1)}Cu_nO_y$  с большими значениями "n".

Известно, что условия синтеза оказывают решающее влияние на критические свойства ВТСП. Твердофазный метод синтеза ВТСП, в основе которого лежат последовательные реакции образования сверхпроводящих фаз, имеет недостатки, налагаемые гранулярной структурой, трудностью получения воспроизводимого состава и долговременной стабильности параметров. Высокие значения  $T_c$ , превышающие значение 117 К, пока получены при высоком давлении или в специальных условиях, но время существования этих ВТСП фаз исчисляется лишь секундами или часами [12]. Фазы с долговременно воспроизводимыми высокими значениями критической температуры пока твердо-

фазным методом не получены. Более широкие возможности и преимущества расплавных методов открывают перспективу поиска новых технологических решений на основе синтеза в расплаве, которые могут привести к повышению критической температуры перехода в сверхпроводящее состояние и критического тока [1, 2, 10]. Разработка способов обработки расплава путем его закалки и стабилизация стеклообразной фазы, может привести к формированию дополнительных центров пиннинга и высокой текстуры при обжиге [13-15].

Для получения расплава в качестве источников нагрева используют токи высокой частоты, индукционные и СВЧ токи, печи сопротивления, лазер, лучистый поток, создаваемый ртутными и ксеноновыми лампами [5, 6, 10]. Синтез материалов путем нагрева солнечной энергией используется редко [16, 7]. Однако, энергоёмкость традиционных источников нагрева для достижения высоких температур при жестких ограничениях энергопотребления заставляет обратиться к исследованию возможности использования в технологических процессах возобновляемых природных источников энергии, в том числе, солнечного излучения [18]. Возможность применения солнечного излучения для синтеза неорганических материалов изучалась в [19, 20]. Установлено положительное изменение свойств и определена перспектива использования солнечного излучения для синтеза

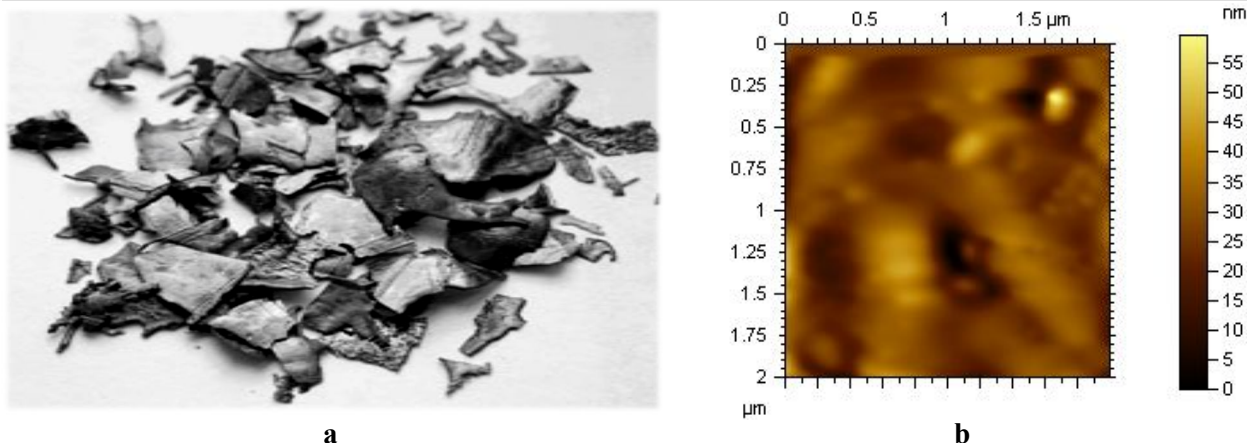


Рис. 1. Внешний вид прекурсоров: пластинки и кусочки (а); микроструктура с наноразмерными включениями кристаллических ( б).

оксидных материалов различного состава в температурном диапазоне 100-2500 °С. Объяснение влияния солнечного излучения на свойства сверхпроводящих материалов в [21] основано на воздействии полихроматического спектра энергий солнечного излучения на обрабатываемый материал сложного состава с различными энергиями возбуждения атомов разного сорта, что отличается от состояний атомов в расплаве, подвергаемом воздействию монохроматического излучения. Положительными сторонами синтеза солнечной энергией являются высокая чистота, высокая гомогенность, повышенная плотность, стехиометрия по кислороду и др. целевых материалов. При резкой закалке расплава подавляется перитектическая реакция, расширяется концентрационная область твердых растворов, стабилизируются высоковалентные состояния и аморфные фазы. Опираясь на данные [19, 20] и преимущества использования концентрированного солнечного излучения в качестве источника нагрева, опыт синтеза неорганических материалов был применен для получения высокотемпературных сверхпроводников ряда  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{(n-1)}Cu_nO_y$  ( $n=5,7,9,12,15$ ). Предполагалось, что два фактора - преимущества синтеза солнечной энергией и большие значения  $n \geq 5$ , - позволят получить ВТСП с высокими  $T_c$  в ряду  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{(n-1)}Cu_nO_y$ , где  $n=5,7,9,12,15$ .

#### Объекты и методы исследования

В данной работе исследованы свойства образцов ряда  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{(n-1)}Cu_nO_y$  ( $n=5,7,9,12,15$ ), синтезированных солнечной энергией. Сверхпроводящие образцы готовили из прекурсоров номинальных составов  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{(n-1)}Cu_nO_y$  ( $n=5-15$ , кратность 2). Прекурсоры получали из смесей порошков оксидов  $Vi_2O_3$ ,  $PbO$ ,  $SrO$ ,  $CaO$ ,  $CuO$  марки «ч» в соотношениях согласно формуле  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{(n-1)}Cu_nO_y$  при заданных значениях “n”. Компактную смесь порошков плавил в солнечной печи при плотностях лучистого потока 600 Вт/см<sup>2</sup>, расплав закалывали диспергированием со скоростью отвода тепла 10<sup>4</sup> град/сек.

Для синтеза сверхпроводящих фаз из порошка прекурсоров готовили диски диаметром 5-12 мм, толщиной 2 мм, которые обжигали в воздушной среде при температурах 846-848 °С, 24 часа.

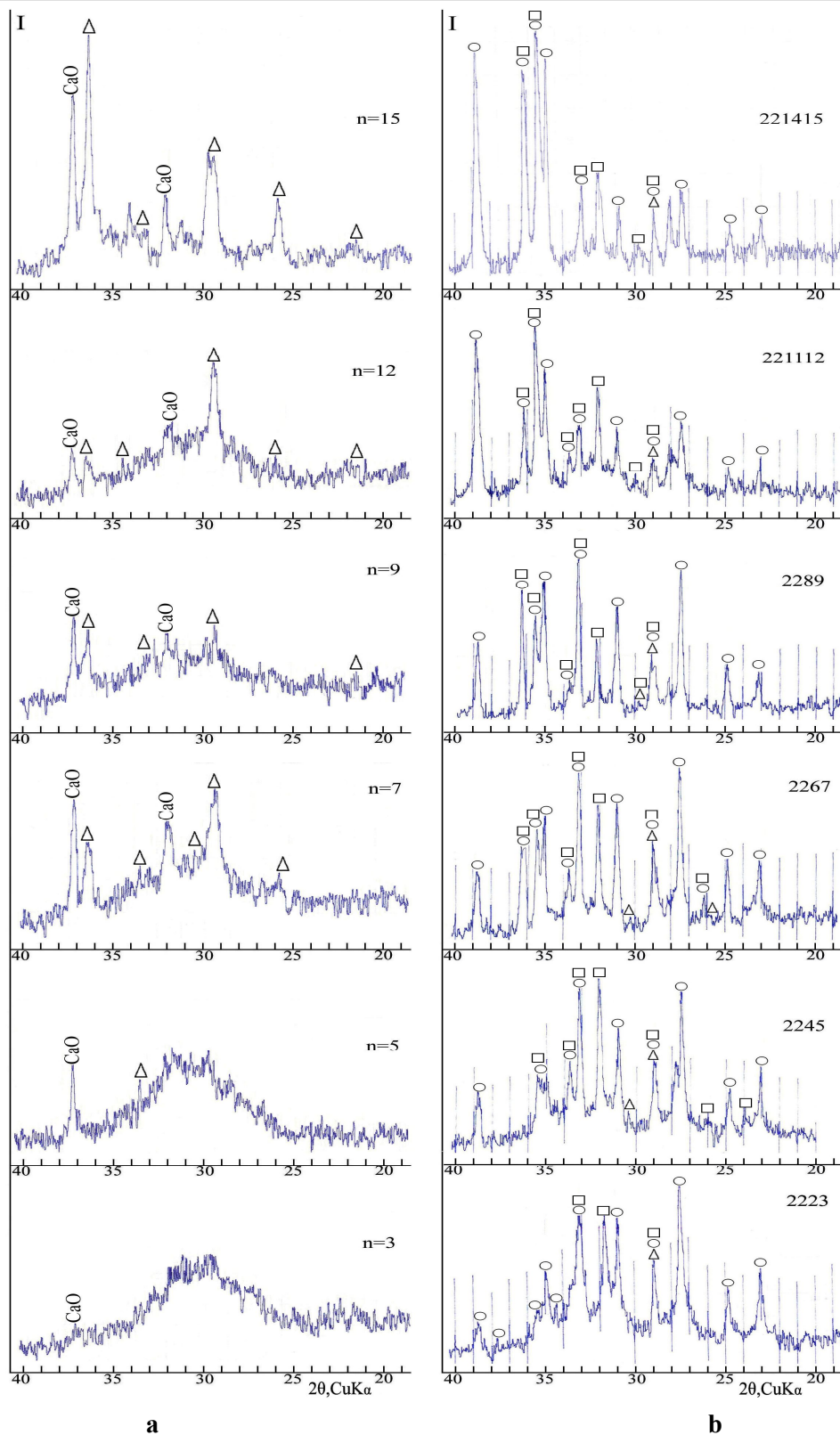
Микроструктуру и фазовый состав исследовали на электронном микроскопе “JEM, 1200EX11, Jeol”, атомном микроскопе “ACM-550 AGILENT”, электронном микроскопе “ZEISS” и методом порошка на рентгеновском дифрактометре “Дрон УМ-1,  $CuK_{\alpha}$ , Ni-фильтр”. Для определения критической температуры сверхпроводящего перехода  $T_c$  использовали магнитный метод по [21]. Температуру измеряли платина-платинародиевой термопарой при контроле измерителем-регулятором 2ТРМ 1.

#### Результаты и обсуждение

После закалки расплава прекурсоры ряда  $Bi_{1,7}Pb_{0,3}Sr_2Ca_{(n-1)}Cu_nO_y$  получены в виде сферолитов, кусочков, пластинок, иголок (рис. 1а). Содержание сферолитов и иголок было незначительно и составляло не более 2% объема.

Микроструктура и фазовый состав прекурсоров зависели от агрегатного состояния. Иглы субмикронного размера и пластинки толщиной менее 0,2 мм. были рентгеноаморфны. В пластинках толщиной более 1,5 мм установлены рентгеноаморфная и кристаллическая фазы. Прекурсоры-кусочки были кристаллическими со следами рентгеноаморфной фазы. Электронно-микроскопическим анализом прекурсоров-пластинок определены аморфная фаза и наноразмерные дендритообразные кристаллические зародыши величиной 25-50 nm с включениями 5-10 nm темной фазы (рис. 1б).

Широкое гало на дифрактограммах прекурсоров ( $n=3,5$ ) определяло рентгеноаморфную фазу. В прекурсорах с ( $n=7,9,12$ ) кристаллизовалась фаза  $Vi/Pb$  2201. Увеличение “ $n \geq 7$ ” и соответствующее повышение содержания  $CaO$  и  $CuO$  приводило к дестабилизации рентгеноаморфной фазы. Четкие рефлексы у образцов номиналов ( $n=9, 12$ ) относились к хорошо кристаллизованному низкотемпературным сверхпроводящим фазам  $Vi/Pb$  2201 и 2212 (рис.2а). Образование



△-2201, □-2212, ○-2223

Рис. 2. Дифрактограммы прекурсоров (а) и обожженных при 846 °С, 24 часа (б) образцов ряда  $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$  ( $n=5,7,9,12,15$ ).

непосредственно после закалки фазы  $\text{Bi}/\text{Pb}$  2212, которая в равновесных условиях формируется при взаимодействии жидкой фазы с твердой  $\text{Bi}/\text{Pb}$  2201 указывает на подавление перитектической реакции при резкой закалке, что наблюдали в системах  $\text{TiO}_2\text{-R}_2\text{O}_3$   $R=\text{Gd-Lu}$ ), также полученных в аналогичных условиях.

После обжига при температуре 846 °С, 3-24 часа образцы содержали только кристаллические фазы 2201 и 2212. Четкие рефлексы указывали на хорошо сформированную кристаллическую структуру (рис. 2б). Наряду со следами 2212 фазы присутствовали рефлексы, определяемые расчетами авторов [11] для значений  $[hkl]$



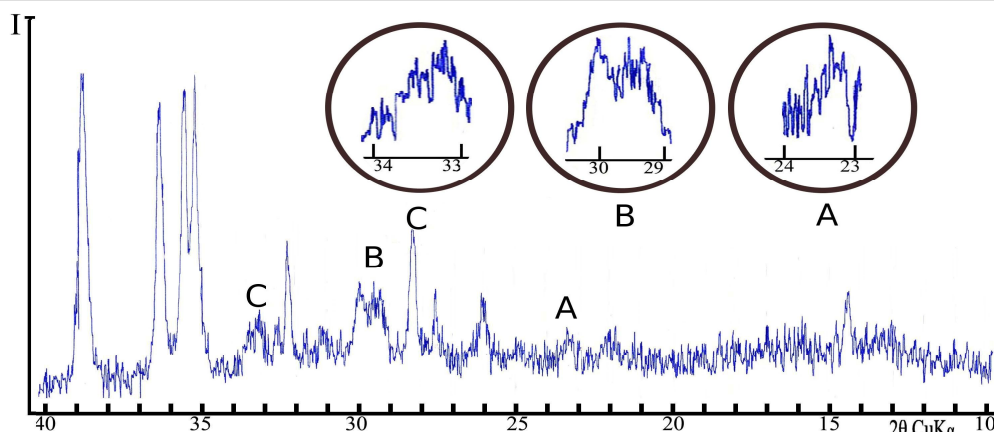


Рис. 3. Дифрактограмма образца состава  $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$  ( $n=9$ ), полученного обжигом при  $846^\circ\text{C}$ , 46 ч, содержащего ВТСП фазы-гомологи, выделенные А, В, С.

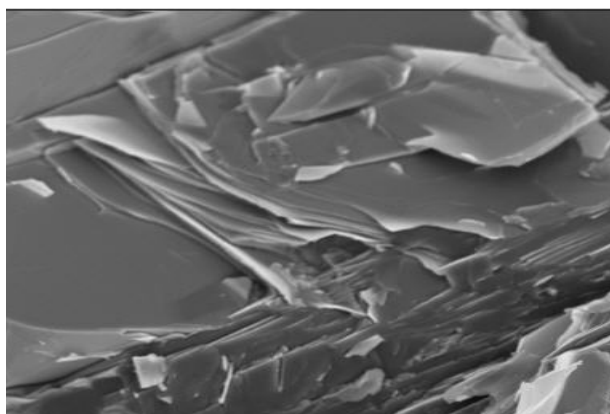


Рис. 4. Микроструктура образца номинала  $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$  ( $n=9$ ), полученного обжигом при  $846^\circ\text{C}$ , 24 ч.

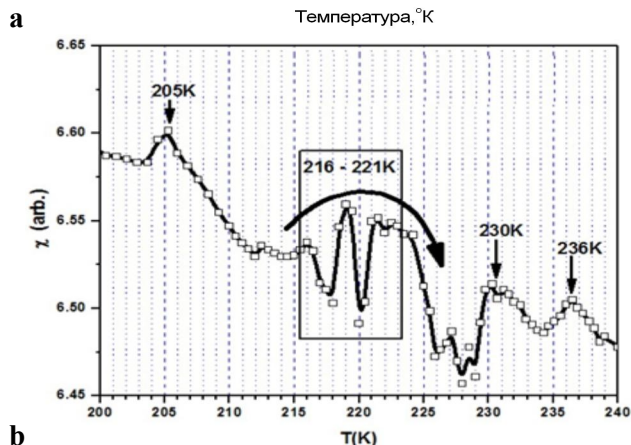
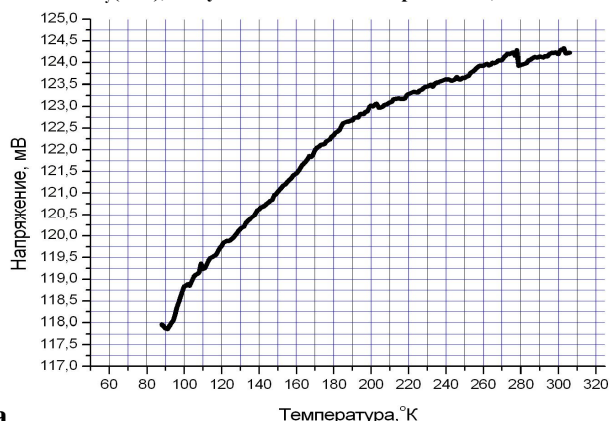


Рис. 5. Температурная зависимость изменения напряжения магнитного поля от температуры образца номинального состава  $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$  ( $n=9$ ).

высокотемпературных фаз-гомологов ряда  $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$  ( $n=5, 7, 9, 12, 15$ ). Образование высокотемпературных сверхпроводящих фаз-гомологов, установленное во всех исследованных образцах, определялось сериями квазирасщеплений и новыми рефлексами (преимущественно в малоугловой области), что представлено, как пример, на рис. 3 для образца ( $n=9$ ) и на рис. 2 а,б. Резкое возрастание интенсивности пиков с индексами  $[00L]$  указывало на высокую текстуру вдоль кристаллографической оси “с”. Определение степени текстурированности по фактору Лоттеринга показало:

$$F_{[0010]} = 68-73\%, F_{[0012]} = 60-65\% \text{ и } F_{[0014]} = 59-64\%.$$

Микроструктура образцов ряда  $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$  ( $n=5, 7, 9, 12, 15$ ) после обжига была идентична и имела характерное пластинчатое строение, представленное на сколе образца номинала  $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$  ( $n=9$ ), как пример (рис. 4).

Исследование температуры перехода в сверхпроводящее состояние показало возрастание  $T_c$  в образцах с “ $n \geq 5$ ”. На температурных зависимостях изменения напряженности (пропорционального сопротивлению) от температуры проявлялись эффекты, отнесенные к новым высокотемпературным сверхпроводящим фазам, обнаруженным в температурном интервале с  $T_c = 205-273$  К (рис. 5 а,б).

Эти результаты сопоставимы с эффектами, наблюдаемыми при исследовании взаимного поведения магнита и образца, содержащего сверхпроводящие фазы. Магнит размерами  $4 \times 4 \times 1$  мм отбрасывался от образца-диска в определенном направлении при комнатной температуре. Направленное отталкивание магнита от образца можно связать с морфологией образца, характеризующейся преимущественно направленными зернами-кристаллами, создающими соответственно направленное магнитное поле. Таким образом, очевидна связь электрофизических свойств и слоистой структуры целевого материала с условиями синтеза прекурсоров и сверхпроводящих образцов.

### Заклучение

Сопоставление представленных экспериментальных результатов позволяет предположить образование высокотемпературных сверхпроводящих фаз в температурном интервале 244-262 К в образцах, синтезированных солнечной энергией. В отличие от гранулярной структуры, формирующейся при использовании для синтеза метода твердофазных реакций, синтез солнечной энергией в расплаве и последующая закалка обеспечивают образование в прекурсорах nano размерных зародышей. Nano зародыши представляют низкотемпературные сверхпроводящие фазы Bi/Pb 2201 и 2212, на которых при последующем обжиге формируются кристаллы и слои высокотемпературных сверхпроводящих фаз. Различие состава (переменное содержание

Ca и Cu) при сохранении симметрии кристаллической решетки определяет образование смеси сверхпроводящих фаз, что подтверждается сериями рефлексов вблизи  $2\theta$ , соответствующих базовой системе отражений для высокотемпературных сверхпроводящих фаз. Эти фазы имеют разные параметры элементарной ячейки и, соответственно, различные критические температуры перехода в сверхпроводящее состояние. Поскольку на всех рентгенограммах отмечена высокая текстура сверхпроводящих фаз, нельзя исключить влияние анизотропии и текстуры на повышение критических параметров ВТСП фаз. Высокая текстура и слоистая структура являются факторами, способствующими, по [1-3], возрастанию критической температуры перехода в сверхпроводящее состояние.

### REFERENCES

1. Tret'yakov Yu.D., Kazin P.Ye. Novyye problemy i resheniya v materialovedenii keramicheskikh sverkhprovodyashchikh kupratov [New problems and solutions in materials science of ceramic superconducting cuprates]. *Neorganicheskiye materialy*. Moscow, 1993, vol. 29, no. 12, pp. 1571-1581.
2. Kazin P.Ye., Tret'yakov Yu. D., Lennikov V.V., Jansen M. Formirovaniye Bi<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>CaCu<sub>2</sub>O<sub>8</sub> + sverkhprovodnika s Mg<sub>1-x</sub>Cu<sub>x</sub>O, vkluchaya sovместimost' faz i vliyaniye puti prigotovleniya na mikrostrukturu i svoystva materiala [Formation of Bi<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>CaCu<sub>2</sub>O<sub>8</sub>+superconductor with Mg<sub>1-x</sub>Cu<sub>x</sub>O inclusions the phases compatibility and the effect of the preparation route on the material microstructure and properties]. *Vestnik mater. Khimreagent*. Moscow, 2001, vol. 11, pp. 168-172.
3. Tret'yakov Yu.D., Gudilin Ye.A., Khimicheskiye printsipy polucheniya metalloksidnykh sverkhprovodnikov [Chemical principles of metal oxide superconductors]. *Uspekhi khimi*, Moscow, 2000, vol. 69, no. 3, pp. 3-40.
4. Masuda Y., Ogowa R., Kawate Y., Tateshi T. Polucheniye vysokotemperaturnykh sverkhprovodnikov na osnove Bi, sodержashchikh Pb i Sb, metodom zol'-gel' [Production of high-temperature superconductors based on Bi containing Pb and Sb by the sol-gel method]. *Zhurnal materialovedeniya*, 1992, vol. 7, no. 2, pp. 292-298.
5. Grigorashvili Yu.E. *Manufacturing technology of the (Bi, Pb)<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>Ca<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>10</sub> high-temperature superconductor*. IntechOpen, Open Access book publishing. 2012, 436 p. DOI: 10.5772/38203 Available at: <https://www.intechopen.com/books/superconductors-properties-technology-and-applications/manufacturing-technology-of-the-bi-pb-2sr2ca2cu3o10-high-temperature-superconductor>
6. Akopyan V.F., Parinov I., Chang S., Sverkhprovodimost': metody polucheniya vysokotemperaturnykh sverkhprovodnikov [Superconductivity: methods for producing temperature superconductors]. RELGA, 2019, no. 1. (In Russ.) <http://www.relga.ru/Environ/WebObjects/tgu-www.woa/wa/Main?level1=main&level2=articles&textid=2556> (accessed 4.01.2019)
7. Chiang K., Shey S.I., Khuan Yu.T., Li V.Kh., Vu P.T. Production of high-purity 110K phase in the superconducting system (Bi, Pb) -Sr-Ca-Cu-O using the solution method. *Physica C, Sverkhprovodimost'*, 1990, vol. 170, no. 5-6, pp. 383-387.
8. Verma I., Kumar R., Ganesan V., Banerdzhi A., Das B. Synthesis and Magnetic Properties of (Bi,Pb)<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>Ca<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>10+δ</sub> superconductors. *Journal of superconductivity and Novel Magnetism*, 2012, vol. 25, no. 4, pp. 785-789.
9. Abe Yo. Superconducting glass-ceramics in BiSrCaCuO. *Nagoya Institute of Technology*. Japan, 1997. pp. 45-71.
10. Tarascon J.M., Le Page Y., Barbois P. et al. Crystal Substructure and Physical Properties of the Superconducting Phase Bi<sub>4</sub>(Sr,Ca)<sub>6</sub>Cu<sub>4</sub>O<sub>16+x</sub>. *Phys. Rev. B*. 1988, vol.37, no. 16, pp. 9382-9389.
11. Rabinovich K.S., Samoilenko L.L., Chneyder A.G. Cposob polucheniya sverkhprovodyashchego materiala na osnove Bi-2223 s kriticheskoy temperaturoy perekhoda 197K. [A method for producing a superconducting material based on Bi-2223 with a critical transition temperature of 197K]. Patent RF, no. 2568463, 2015.
12. Komarov A.O., Kazonov A.I., Kruglov V.S. YA dr. Razrabotka tekhnologicheskikh protsessov polucheniya legirovannykh Bi-2212 provodnikov s vikovoy tokonesushchey spocobnoctyu [Development of technological processes for obtaining doped by-2212 conductors with high current-abilities]. *Perspektivnyye materialy*, 2001, no. 1, pp. 87-93.
13. Kazin P.Ye., Poltayets V.V., Kuznetsov M.S. i dr. [Phase compactibility and preparation of Bi-2212-Sr1-xCaxIn2O4 composite]. *Supercond. Sci. Technol.*, 1988, no. 11, pp. 880-886.
14. Chay E., Tan I. The upper limit for T<sub>c</sub> "new" superconductors with high T<sub>c</sub>. *Phys.Lettr. A.*, 1989, vol.134, pp. 253-256.
15. Gulamova D.D., Bobokulov S., Bakhronov KH. Solnechnyye tekhnologii dlya sinteza i issledovaniya sverkhprovodyashchey keramiki Bi<sub>1,7</sub>Pb<sub>0,3</sub>Sr<sub>2</sub>Ca<sub>(n-1)</sub>Cu<sub>n</sub>O<sub>y</sub> (n=3-5). *Ogneupory i promyshlennaya keramika*, 2016, no. 1, pp. 35-39.
16. Gulamova D.D., Akrivos Dzh., Chigvinadze Zh.G. Resonance dans les couches supraconductrices refroidi rapidement: Bi<sub>1,7</sub>Pb<sub>0,3</sub>Sr<sub>2</sub>Ca<sub>(n-1)</sub>Cu<sub>n</sub>O<sub>(2n+4+δ)2</sub> (n=3-5)]. *Superconductivity Meeting*, Stambul, 2012. 14 p.
17. *Solar high-temperature furnaces* University of California (Russ. ed.: Solnechnyye vysokotemperaturnyye pechi]. Sbornik pod redaktsiyey. Baum V.A. Moscow, Publ. inostr. lit., 1960. 470 p.).
18. Gulamova D.D., Ismailova T.U., Turdiyev Yu.Ch. i dr. [Effect of concentrated solar radiation on the properties of oxide systems. Renewable energy sources and solar science] *Trudy mezhdunarodnoy konferentsii «Vozobnovlyayemye istochniki energii i geliomaterialovedeniye»* [Proceedings of the International Conference "Renewable Energy and Solar Materials"]. 2005, pp.184 – 185.
19. Gulamova D.D. [The effect of solar energy concentrate on oxide properties]. Tezisy mezhdunarodnogo simpoziuma *Conc.Technol.* [Abstracts of the international symposium *Conc.Technol.*, 1999, Kel'n, p. 98.
20. Acrivos J.V., Chigvinadze J.G., Gulamova D.D. Bond resonance and superconductivity in (Bi<sub>1,7</sub>Pb<sub>0,3</sub>Sr<sub>2</sub>Ca<sub>n-1</sub>Cu<sub>n</sub>O<sub>2n+4+1</sub>)<sub>2</sub>] *Tezisy Mezhdunarodnoy konferentsii «Sverkhprovodimost' i magnetizm»* [Abstracts of the International Conference "Superconductivity and Magnetism"], Stambul, 2012, p. 12.
21. Gulamova D.D., Azimov S.A., Suleymanov S.KH., Vliyaniye skorosti okhlazhdeniya na fazovyy sostav titanatov redkozemel'nykh elementov, [Influence of a cooling rate on phases composition of the rare earths titanates]. *Neorganicheskiye materialy*, 1987, vol. 23, no. 11, pp. 1875-1877.