

February 2021

EFFECT OF LIGHT ON THE RESISTANCE OF Bi/Pb SUPERCONDUCTORS SYNTHESIZED BY SOLAR ENERGY

GULAMOVA Dilbara

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

ECHONKULOV Elyor

Materials Science Institute, SPA "Physics-Sun", elyoreschonkulov94@mail.ru

JALILOV Dilshod

Materials Science Institute, SPA "Physics-Sun", dilshod_jalilov@list.ru

BOBOKULOV Sirojiddin

Materials Science Institute, SPA "Physics-Sun", siroj-1705@mail.ru

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

 Part of the [Materials Science and Engineering Commons](#)

Recommended Citation

Dilbara, GULAMOVA; Elyor, ECHONKULOV; Dilshod, JALILOV; and Sirojiddin, BOBOKULOV (2021) "EFFECT OF LIGHT ON THE RESISTANCE OF Bi/Pb SUPERCONDUCTORS SYNTHESIZED BY SOLAR ENERGY," *CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING*: Vol. 2020 : No. 4 , Article 2.

DOI: 10.51348/QYZX3051

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/cce/vol2020/iss4/2>

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.

EFFECT OF LIGHT ON THE RESISTANCE OF Bi/Pb SUPERCONDUCTORS SYNTHESIZED BY SOLAR ENERGY

Dilbara GULAMOVA (gulamova@uzsci.net), Elyor ECHONKULOV (elyoreshonkulov94@mail.ru), Dilshod JALILOV (dilshod_jalilov@list.ru), Sirojiddin BOBOKULOV (siroj-1705@mail.ru), Kamila GULAMOVA (soad.5578124@gmail.com)
Materials Science Institute, SPA "Physics-Sun", Tashkent, Uzbekistan

The aim of the work is to expand the capabilities of solar technologies and areas of practical use of superconductors. The effect of white light on the interaction of superconducting ceramics with a magnet at room temperature was investigated. It has been established that the magnet is "ejected" by ceramic samples of nominal $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$, ($n = 5-20$) under the influence of white light and there is no effect in the dark. The resistance of Bi/Pb superconducting ceramics is reduced by exposure to light compared to resistance in the dark. The resistance of ceramics containing higher superconducting phases $T_c = 267-295 \text{ K}$ is lower in comparison with "nitrogen" ceramics $T_c = 110-120 \text{ K}$.

Keywords: Bi/Pb superconductors ceramic, white light influence, resistance

ВЛИЯНИЕ СВЕТА НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ВІ/РЬ СВЕРХПРОВОДНИКОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИЕЙ

Дильбара ГУЛАМОВА (gulamova@uzsci.net), Элер ЭШОНКУЛОВ (elyoreshonkulov94@mail.ru), Дильшод ЖАЛИЛОВ (dilshod_jalilov@list.ru), Сирожиддин БОБОКУЛОВ (siroj-1705@mail.ru), Камила ГУЛАМОВА (@soad.5578124@gmail.com)
Институт материаловедения, НПО Физика-Солнце, Ташкент, Узбекистан

Целью работы является расширение возможностей солнечных технологий и областей практического использования сверхпроводников. Исследовано влияние белого света на взаимодействие сверхпроводящей керамики с магнитом при комнатной температуре. Установлено "выталкивание" магнита керамическими образцами номиналов $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$, ($n = 5-20$) под воздействием белого света и отсутствие эффекта в темноте. Сопротивление Bi/Pb сверхпроводящей керамики снижается под воздействием света по сравнению с сопротивлением в темноте. Сопротивление керамики, содержащей высшие сверхпроводящие фазы $T_c = 267-295 \text{ K}$ ниже по сравнению с "азотной" керамикой $T_c = 110-120 \text{ K}$.

Ключевые слова: Bi/Pb сверхпроводящая керамика, белый свет, сопротивление

QUYOSH ENERGIYASIDA SINTEZ QILINGAN Bi/Pb O'TA O'TKAZGICHLAR QARSHILIGIGA YORUG'LIK TA'SIRI

Dilbara GULAMOVA (gulamova@uzsci.net), Elyor ESHONKULOV (elyoreshonkulov94@mail.ru), Dilshod JALILOV (dilshod_jalilov@list.ru), Sirojiddin BOBOKULOV (siroj-1705@mail.ru), Kamila GULAMOVA (soad.5578124@gmail.com)
"Fizika Quyosh" ICHB Materialshunoslik institute, Toshkent, O'zbekiston

Ishning maqsadi quyosh texnologiyalari va supero'tkazgichlardan amaliy foydalanish sohasini kengaytirishdir. Xona haroratida o'ta o'tkazuvchan keramikalarning magnit bilan o'zaro ta'siriga oq nurning ta'siri o'rganildi. $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$, ($n = 5-20$) nominalli keramik namunalarining magnitdan "itarilishi" oq yorug'lik nuri ta'siri ostida va qorong'ulikda o'rganildi. Bi/Pb o'ta o'tkazuvchan keramikaning oq yorug'lik nuri bilan ta'sir etgandagi qarshiligi qorong'ulikdagi qarshiligiga nisbatan kamayadi. $T_c = 267-295 \text{ K}$ bo'lgan yuqori haroratli o'ta o'tkazuvchan fazalarni o'z ichiga olgan keramika qarshiligi, $T_c = 110-120 \text{ K}$ bo'lgan "azotli" keramika qarshiligi bilan taqqoslaganda pastroq.

Kalit so'zlar: Bi/Pb o'ta o'tkazgichlar keramika, oq yorug'lik, qarshilik

DOI: 10.51348/QYZX3051

Введение

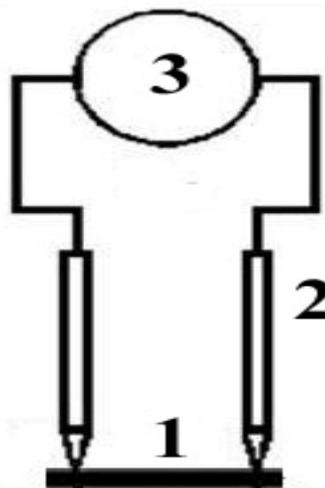
Определяющее влияние метода синтеза на критические свойства сверхпроводящих купратов вызвало многочисленные разработки различных технологий, направленных на полный синтез высокотемпературных Bi/Pb сверхпроводящих материалов [1-8]. Создание новых технологий основано на исследованиях зависимости кристаллохимических и физических свойств сверхпроводников от состава, температуры и времени обжига, давления, состава добавок, среды, парциального давления кислорода, множества различных факторов [9-17]. Наряду с традиционными технологиями в последние годы в литературе представлена "Super Fast Alloys Quenching-T" солнечная технология получения nano структурированных слоистых Bi/Pb купратов, содержащих комнатно-температурные сверхпроводящие фазы [18-20]. Свойства купратов, полученных солнечной технологией, изучены неполно из-

за ограниченного распространения солнечных технологий. Поэтому, необходимость расширения данных о свойствах "солнечных" сверхпроводников и областях их практического применения требует более полного исследования и представит обоснованную базу для осуществления направленного синтеза солнечной энергией материалов со специальными электрофизическими свойствами.

Необходимость поиска новых технологий на основе использования солнечной энергии и расширения областей практического использования "солнечных" материалов определяется также общемировой проблемой энергодефицита. С целью расширения возможностей солнечных технологий и областей практического использования сверхпроводников в этой работе исследовано влияние света при комнатной температуре на сопротивление Bi/Pb сверхпроводящих купратов, полученных солнечной энергией.



a



b

Рисунок 1. Измерение сопротивления сверхпроводящей керамики под воздействием света и в темноте: а – мультиметр RIGOL; б – схема измерения сопротивления 2-х контактным методом.

Синтез сверхпроводящей керамики и методы исследования свойств

Сверхпроводящую керамику получали из прекурсоров, которые готовили из смесей оксидов Bi_2O_3 , PbO , SrSO_3 , CaO , CuO марки “ч”, приготовленных в соотношениях, соответствующих формуле $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$; $n=5,7,9,20$. Смеси порошков – шихты – плавил в Большой солнечной печи (Паркент) при плотности прямой солнечной радиации $400\text{--}600 \text{ W/cm}^2$. Градиент температуры в ванне расплава между фронтальной поверхностью расплава, подвергаемой воздействию концентрированного солнечного потока и водоохлаждаемой подложкой (с противоположной стороны) составлял $\sim 1400 \pm 12 \text{ }^\circ\text{C}$. Закалку расплава осуществляли со скоростью охлаждения $\approx 10^4 \text{ град/сек}$. Керамические образцы готовили в виде дисков диаметром 11–26 мм, толщиной 1,5–3 мм и балочек размером $25 \times 5 \times 5 \text{ мм}$ по традиционной керамической технологии: помол до величины зерна менее $60 \text{ }\mu\text{m}$, одноосное прессование при давлении = $3800\text{--}4000 \text{ dN}$, обжиг на воздухе в температурном интервале $845\text{--}850 \text{ }^\circ\text{C} (\pm 2^\circ)$ в печи “SNOL-1200” с автоматической регулировкой температурного режима. Время обжига изменяли от 3 до 90 ч. Микроструктуру исследовали на электронном микроскопе «ZEISS». Фазовый состав определяли анализом дифрактограмм, снятых на диффрактометре “ДРОН УМ1, Cu-K α излучение, Ni фильтр, скорость съемки – 1 град/мин. Сопротивление исследовали 2-х контактным методом при комнатной температуре равной $25 \text{ }^\circ\text{C}$ под воздействием белого света и в темноте. Расстояние между медными электродами – 3,5 мм. Сопротивление между контактами регистрировали цифровым мультиметром “RIGOLD M3058E” ($U = \pm 0,015\%$; $I = \pm 0,055\%$). На рисунке 1 представлено оборудование и схема измерения сопротивления Bi/Pb керамики.

Критическую температуру сверхпроводящего перехода T_c исследовали методом торсионных колебаний [19, 20] и определяли T_c по температурным зависимостям частоты колебаний $\omega = 2\pi/t$ (где t – период колебаний сверхпроводника в постоянном внешнем магнитном поле $H = 150 \text{ mT}$ в интервале температур ($77 \text{ K} - 300 \text{ K}$). Образец охлаждали FC (field – cool) до температуры 77 K в поле $H = 150 \text{ mT}$ и последующие измерения осуществляли при постоянном “H” в процессе медленного отогрева до комнатных температур в течение 6–8 часов. Одновременно с периодом колебаний исследованы диссипативные процессы измерением логарифмического декремента затухания, сопровождающего сверхпроводящий или структурный переход. Используемая методика позволяла наблюдать и релаксационные явления (реформацию) магнитной структуры относительно приложенного внешнего магнитного поля в процессе изменения температуры.

Результаты и обсуждение

Микроструктура керамики ряда $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$; $n=5\text{--}20$ идентична.

Как пример, на фрагменте рисунка 2 показана морфология образца номинала $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_8\text{Cu}_9\text{O}_y$. Характерной особенностью керамических образцов всего ряда является слоистая нано размерная структура. Формирование такой пластинчатой слоистой микроструктуры связано со структурой исходных прекурсоров. Образование плотно соединенных слоев в нано кристаллитах прекурсоров объясняется влиянием на ванну расплава векторно направленного светового потока и резко градиентными условиями процессов плавления и закалки расплава, характеризующими “Super Fast Alloys Quenching-T” гелиотехнологию [19]. Такие прекурсоры содержат слоистые нано кри-

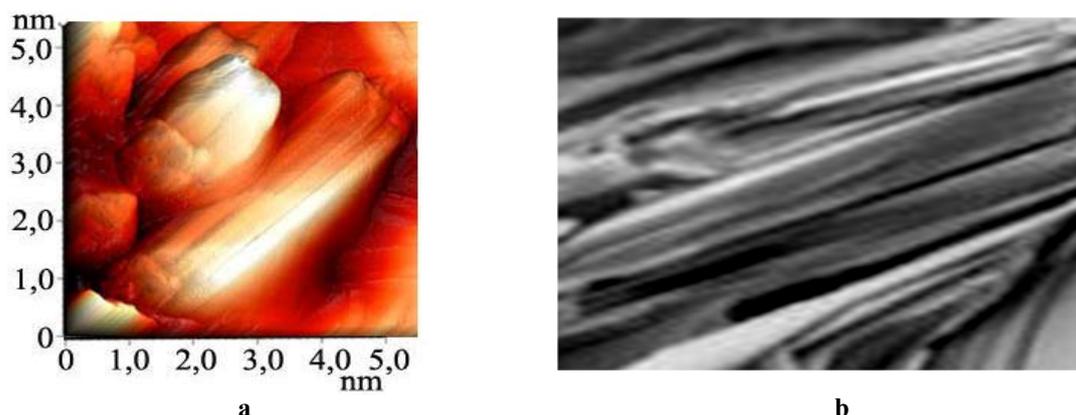


Рисунок 2. Слоистая нано размерная структура: а – прекурсора; б – керамики номинального состава $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$, $n=9$.

сталлиты-зародыши и аморфную фазу, при взаимодействии которых по перитектической реакции образуются сверхпроводящие фазы и формируется слоистая структура керамики.

Фазовый состав керамики зависел от времени термообработки и номинального состава. Время термообработки образцов всего ряда более 60 часов в температурном интервале 846-850 °С приводило к образованию 98% объемной доли фазы Bi/Pb $T_c=110$ К. При термообработке образцов номиналов $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$, ($n=20$) менее 24 часов получены комнатно – температурные сверхпроводящие фазы $T_c=295-315$ К [23].

Эксперимент по взаимодействию сверхпроводящей Bi/Pb керамики с магнитом на свету и в темноте показан на (рис. 3). Без света магнит находится на керамическом образце (рис. 3а). Под воздействием белого света магнит выталкивается сверхпроводящей керамикой (рис. 3б).

Выталкивание магнита происходит в определенном направлении по вектору светового потока. Изменение сопротивления керамики номинальных составов $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$, $n=9, 20, 30$ в темноте и под воздействием белого

света представлено на графике (рис.4). Сопоставление величин сопротивления показывает снижение сопротивления под воздействием света. Сопротивление понижалось с увеличением “n” по ряду $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$, $n=9, 20, 30$. У керамики, с объемной долей 98,4% фаз $T_c=110\text{K}$ ($n=9$) сопротивление было наибольшим и составляло в среднем в темноте 75(Ohm) и под воздействием света 68 Ohm. В образцах состава ($n=20$), содержащих комнатно - температурные ВТСП фазы сопротивление снижалось относительно керамики ($n=5,9$).

Независимо от номинального состава сохранялась тенденция уменьшения сопротивления под воздействием света относительно сопротивления в темноте. Сопоставление сопротивления в темноте и под воздействием света (рис. 4) с температурой сверхпроводящего перехода показывает, что сопротивление образцов коррелировало с критической температурой сверхпроводящего перехода. Так, образцы с $T_c=110-120$ К имели более высокое сопротивление как на свету, так и в темноте по сравнению с образцами, содержащими высшие сверхпроводящие фазы $T_c>250$ К.

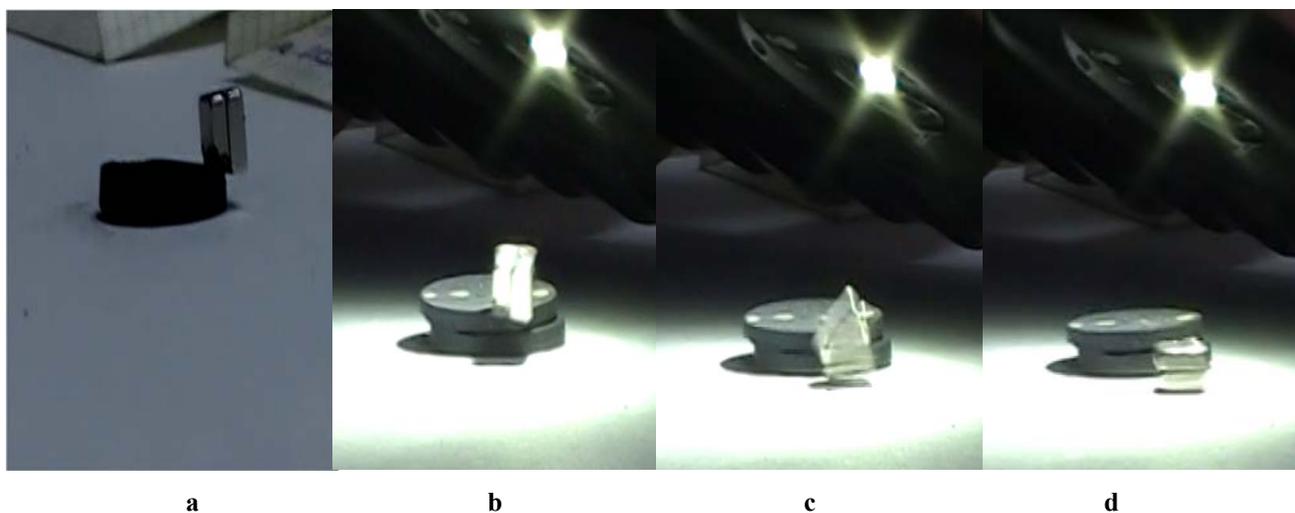


Рисунок 3. Влияние белого света на взаимодействие магнита со сверхпроводящей керамикой номинального состава $\text{Bi}_{1,7}\text{Pb}_{0,3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(19)}\text{Cu}_{(20)}\text{O}_y$: исходное положение магнита на керамике (а), начало проявления эффекта выталкивания магнита(б), положение вытолкнутого магнита в воздухе (с, d).

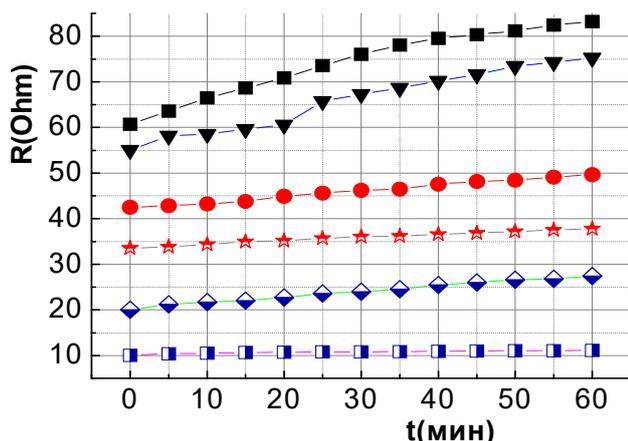


Рисунок 4. Изменение сопротивления сверхпроводящей керамики номиналов $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$ ($n=9,20,30$) в темноте и под воздействием белого света: \blacksquare - в темноте, \blacktriangledown - белый свет; \bullet - в темноте, \star - белый свет; \blacklozenge - в темноте, \blacksquare - белый свет.

Заклучение

Установлено, что под воздействием белого света проявляется эффект выталкивания магнита от керамики ряда $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$, ($n=9,20,30$). Сопротивление керамики по ряду гомологов с увеличением “n” снижается под воздействием света. Наличие в составе керамики высших сверхпроводящих фаз $T_c > 200$ К [23] определяет более низкое сопротивление относительно образцов с низкими критическими температурами сверхпроводящего перехода $T_c = 110$ К. Описанные эффекты влияния света на проявление эффекта Мейсснера при комнатной температуре свидетельствуют о том, что свойства сверхпроводящих фаз даже при их небольшом объемном содержании оказывают влияние на сопротивление образца в целом в гомофазной керамике $\text{Bi}_{1.7}\text{Pb}_{0.3}\text{Sr}_2\text{Ca}_{(n-1)}\text{Cu}_n\text{O}_y$, ($n=5-20$).

REFERENCES

- Tretyakov Y.D., Kazin P.E. Novyye problemy i resheniya v materialovedenii keramicheskikh sverkhprovodyashchikh kupratov [New problems and solutions in materials science of ceramic superconducting cuprates]. *Neorganicheskiye materialy*, 1993, vol. 29, no. 12, pp. 1571-1581.
- Tretyakov Y.D., Goodilin E.A. Khimicheskie principy polucheniya metalloksidnykh sverkhprovodnikov [Chemical principles of preparation of metal-oxide superconductors]. *Uspekhi khimii*, no. 69, pp. 3-40.
- Chen H.L., Stevens R. 2223 Phase Formation in Bi(Pb)-Sr-Ca-Cu-O: II, The Role of Temperature-Reaction Mechanism. *Journal of the American Ceramic Society*, 1992, vol. 75, no. 5, pp. 1150-1159. doi: 10.1111/j.1151-2916.1992.tb05552.x
- Masuda Y., Ogowa R., Kawate Y., Tateshi T. Preparation of Bi based high- T_c superconductors containing Pb and Sb by the sol-gel method. *Journal of Materials Research*, 1992, vol. 7, no. 2, pp. 292-298. doi: 10.1557/JMR.1992.0292
- Grigorashvili Yu.E. Manufacturing technology of the $(\text{Bi,Pb})_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10}$ high temperature superconductors properties. Published in book: *Superconductors - properties, technology, and applications*, 2012, pp. 242-260. doi: 10.5772/1810
- Pozigun S.A., Pan V.M., Alekseyev V.A., Strunnikov V.M., Kaul' A.R., Gorbenko O.Yu. Vysokotemperaturnye sverkhprovodyashchie materialy s vysokimi tokonesushchimi kharakteristikami i metody ikh polucheniya [High-temperature superconducting materials with high current-carrying characteristics and methods of their fabrication]. *Uspekhi fiziki metallov*, vol. 5, no. 2, pp. 167-218.
- Murakami M., Morita M., Doi K., Miyamoto K. A new process with the promise of high J_c in oxide superconductors. *Japanese Journal of Applied Physics*, 1989, vol. 28, no. 7R, pp. 1189-1195. doi: 10.1143/JJAP.28.1189
- Kalyan Sasmal, Bing Lv, Bernd Lorenz, Arnold M. Guloy, Feng Chen, Yu-Yi Xue, and Ching-Wu Chu. Superconducting Fe-Based compounds $(\text{A}1-x\text{Sr}_x)\text{Fe}_2\text{As}_2$ with $\text{A}=\text{K}$ and Cs with transition temperatures up to 37 K. *Physical review letters*, 2008, vol. 101, no. 10, pp. 107007-1-107007-4. doi: 10.1103/PhysRevLett.101.107007
- Paul J. McGinn. Progress in the melt texturing of RE-123 superconductors. *The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society*, 1994, vol. 46, no. 12, pp 31-33. doi: 10.1007/BF03222660
- Guo Y.C., Liu H.R., Dou S.X. Effect of a controlled melt process on phase transformation and electromagnetic properties of BiPbSrCaCuO/Ag superconducting wires. *Applied Superconductivity*, 1993, vol. 1, no. 1-2, pp. 25-31. doi: 10.1016/0964-1807(93)90378-F
- Shimomura Sh., Takahashi K., Seki H., Sakata K., Takenaka T. Preparation of superconductive (Bi, Pb)-Sr-Ca-Cu-O thick films by rapid quenching. *Japanese Journal of Applied Physics*, 1989, vol. 28, no. 4, pp. L612-L614. doi: 10.1143/JJAP.28.L612
- Lee S.R., Oleinikov N.N., Gudilin E.A. A modified QMG method of high J_c YBCO preparation. *Journal of Alloys and Compounds*, 1993, vol. 195, no. 1-2, pp. 27-29. doi: 10.1016/0925-8388(93)90679-H
- Lian Z., Pingxiang Z., Ping J., et al. High J_c YBCO superconductors prepared by the “powder melting process”. *IEEE Transactions on Magnetics*, 1991, vol. 27, no. 2, pp. 912-913. doi: 10.1109/20.133325
- Toshihiro Kasuga, Yoshihiro Abe. Formation of Bi-2212 super conducting whiskers from melt-quenched BSCCO containing alumina. *Superconducting Glass-Ceramics in Bi-Sr-Ca-Cu-O*, 1997, pp. 193-205. doi: 10.1142/9789812819413_0009
- Matsumoto K., Mele P. Artificial pinning center technology to enhance vortex pinning in YBCO coated conductors. *Superconductor Science and Technology*. 2010, vol. 23, no. 1, pp. 12-20. doi: 10.1088/0953-2048/23/1/014001
- Yoshida K., Sasakura H., Tsukui S., Mizokawa Y. New Bi-cuprate thin films of $\text{Bi}_2(\text{La,Ca})_2\text{Ca}_{n-1}\text{Cu}_n\text{O}_z$ ($n=3, 4, 5, 6$ and 7) prepared by the laser ablation method. *Physica C: Superconductivity*, 1999, vol. 322, no. 1-2, pp. 25-30. doi: 10.1016/S0921-4534(99)00403-7
- Coskun A., Elik B., Kiyas K., Physical properties of melt casting annealed $\text{Bi}_{1.6}\text{Pb}_{0.4}\text{Sr}_2\text{Ca}_3\text{Cu}_4\text{O}_{12}$. *Turkish Journal of Physics*, 2001, vol. 25, pp. 473-479. doi: 10.1008/85TJ-5894
- Chigvinadze J.G., Ashimov S.M., Akrivos J.V., Gulamova D.D. Kriticheskaya temperatura sverhprovodyashchego perekhoda otdel'nykh faz vismutovykh mnogofaznykh kupratov posle ohlazhdeniya v magnetnom pole [Critical temperature of the superconducting transition of individual phases of multiphase bismuth cuprates after cooling in a magnetic field to a temperature of 77 K]. *Fizika nizkikh temperature*, 2019, vol. 45, no. 4, pp. 386-394.
- Chigvinadze J.G. Effect of Surface and Volume Defects. *Journal of Experimental and Theoretical Physics*, 1972, vol. 63, no. 5, pp. 2144-2148.
- Chigvinadze J.G. Effect of surface and volume defects on the dissipative processes in type-II superconductors. *Journal of Experimental and Theoretical Physics*, 1973, vol. 65, no. 5, pp. 960-962.
- Chigvinadze J.G., Iashvili A.A., Machaidze T.V. On amplitude oscillation of vibrations of strongly anisotropic high-temperature superconductors of BiPbSrCaCuO system. *Physics Letters A*, 2002, vol. 300, no. 2-3, pp. 311-316. doi: 10.1016/S0375-9601(02)00805-8
- Ashimov S.M., Chigvinadze Dzh.G. A Torsion Balance for Studying Anisotropic Magnetic Properties of Superconducting Materials. *Instruments and Experimental Techniques*, 2002, vol. 45, no. 3, pp. 151-155. doi: 10.1023/A:1016048428894
- Gulamova D.D., Ashimov S.M., Chigvinadze J.G. Bi/Pb komnotno-temperaturnye sverhprovodyashchie fazy $T_s=291-295$ K, poluchennye solnechnoy energiy [Bi/Pb room temperature superconducting phases of conducting phases of $T_c=291$ K, 295 K obtained by solar energy]. *Chemistry and Chemical Engineering*, 2019, no. 2, pp. 3-8.