

3. Есман, А. К. Многопереходные солнечные элементы на основе GaInN / GaN / GaInP / GaAs / Si / InGaAsP / А. К. Есман, Г. Л. Зыков, В. А. Потачиц // Проблемы физики, математики и техники. – 2022. – Т. 52, № 3. – С. 18–21.

УДК 538.54.16

Условия получения сверхпроводящих керамик на основе ртути

Савчук Г. К.¹, Летко А. К.², Юркевич Н. П.¹

¹Белорусский национальный технический университет,

²ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению»

Минск, Республика Беларусь

В работе представлены результаты исследований условий синтеза сверхпроводящего соединения $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+x}$ и их влияния на температуру перехода в сверхпроводящее состояние. Установлено, что синтезированные образцы Hg-1201 имеют узкую область гомогенности по кислороду. Получено, что от отношения массы навески к реакционному объему ширину и температуру сверхпроводящего перехода не зависят.

Изучение физики сверхпроводящих материалов непрерывно продолжается с момента открытия явления сверхпроводимости. Идея технического прорыва в этой области остается важной по настоящий день. До сих пор непонятен механизм сверхпроводимости. Не исключено, что он является фононным, или спиновым, или экситонным и т. д. [1].

Целью данной работы является изучение условий получения и их влияния на температуру перехода в сверхпроводящее состояние в сверхпроводниках на основе $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+x}$.

Синтез соединения $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+x}$ (Hg-1201) производился из высокочистых оксидов BaO_2 , HgO и CuO [2; 3]. Гомогенизированная в спирте смесь исходных компонентов прессовалась в таблетки диаметром 0,008 м и толщиной 0,004 м при давлении $500 \cdot 10^6$ Па. Таблетки в алуидовых тиглях помещали в вакуумированные до 10^{-2} Па кварцевые ампулы. Ампулы в стальном контейнере нагревались в печи в течение 1 ч до температуры 700 К, при которой начинается интенсивное разложение оксида ртути HgO . Затем нагрев продолжали со скоростью 30 К/ч до температур 1070–1100 К, при которых ампулы выдерживались от 1 ч до 50 ч. Температуру в печи контролировали с точностью ± 2 К

Рентгенографические исследования, проведенные на синтезированных образцах после предварительной шлифовки поверхности таблеток, показали, что образцы содержат дифракционные максимумы различных фаз. Во избежание влияния возможного текстурирования синтезированных материалов на результаты рентгенофазового анализа он проводился на порошках.

Полученные данные исследований, представленные в табл., показали, что фазовый состав образцов зависит от отношения массы навески к свободному объему ампулы, максимальной температуры синтеза и скорости охлаждения. Соединение $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+x}$ синтезировалось при температурах (1070–1080) К при отношениях массы навески к свободному объему, находящихся в пределах (10–30) мг/см^3 . Количество фазы $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+x}$ в образцах не зависело от длительности синтеза и возрастало при увеличении отношения массы навески к свободному объему ампулы

Таблица

Скорость охл. К/ч	$T_{\text{синт}}$, К	$t_{\text{синтеза}}$, ч	$m/V_{\text{амп}}$ мг/см^3	Фазовый состав	T_c , К	ΔT , К
30	1070	1	10	HgO, Hg-1201	91	11
30	1070	1	20	HgO, Hg-1201	92	10
30	1070	50	20	HgO, Hg-1201	97	4
30	1070	24	8	HgO, Ba_2CuO_3	–	–
30	1070	24	32	HgO, BaO_2	–	–
30	1100	24	20	HgO, Ba_2CuO_3 ,	–	–
15	1070	24	20	HgO, Ba_2CuO_3	–	–
20	1070	24	20	HgO, 120,	96	
400	1070	24	20	HgO, Hg-1201	91	8
50	1100	24	35	HgO, Hg-1201	97	4

При температурах синтеза 1150 К и выше фаза $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+x}$ не обнаруживалась в образцах для всех исследованных интервалов концентраций компонентов, в независимости от скоростей охлаждения. Отсутствовала фаза $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+x}$ в продуктах синтеза и при большом содержании вещества в ампуле ($> 35 \text{ мг/см}^3$), что связано с превышением парциального давления кислорода критического значения, изменяющего характер фазовых равновесий. Этот вывод подтверждается тем фактом, что в этом случае после синтеза образцы содержат фазы BaO_2 и BaCuO_3 , которые в сочетании с фазой Hg-1201 в многофазной системе не встречаются.

Выявленное изменение характера фазообразования в многокомпонентной системе Hg-Ba-Cu-O в зависимости от парциального давления кислорода позволяет сделать вывод о том, что одним из факторов, влияющих на

образование сверхпроводящей фазы $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+x}$, является скорость охлаждения. Все эксперименты по исследованию этого влияния проводились при фиксированной концентрации вещества в ампуле 20 мг/см^3 . Температура на последнем этапе синтеза составляла $1070 \pm 3 \text{ К}$, время выдержки при этой температуре – 24 ч. Установлено, что воспроизводимое образование фазы Hg-1201 происходит при скоростях охлаждения более 15 К/ч , в том числе в режиме выключенной печи ($\approx 400 \text{ К/ч}$). При медленном охлаждении ампулы фаза Hg-1201 не образуется. В этом случае в состав таблеток входят Ba_2CuO_3 , HgO , BaO_2 и другие фазы.

Микроструктурные исследования образцов $\text{HgBa}_2\text{CuO}_{4+x}$ показали, что соединение кристаллизуется в виде тонких пластинок, пустоты между которыми заполняют частицы других фаз.

Из представленной на рис. температурной зависимости диамагнитного отклика фазы Hg-1201 видно, что образцы имеют узкий переход, при чем начало сверхпроводящего перехода и его ширина, как свидетельствуют данные табл., не зависят от отношения массы навески к реакционному объему. Это говорит об узкой области гомогенности по кислороду полученной сверхпроводящей фазы. Следовательно, фаза Hg-1201 при стандартных условиях является метастабильной и имеет верхнюю и нижнюю температуру устойчивости. Заметной зависимости температуры сверхпроводящего перехода T_c фазы Hg-1201 от скорости охлаждения (табл.) не наблюдалось, кроме незначительного изменения ширины ΔT сверхпроводящего перехода при закалке образцов.

Наиболее совершенные сверхпроводящие образцы фазы Hg-1201 имели температуру перехода $T_c = 97 \text{ К}$ при ширине перехода $\Delta T = 4 \text{ К}$.

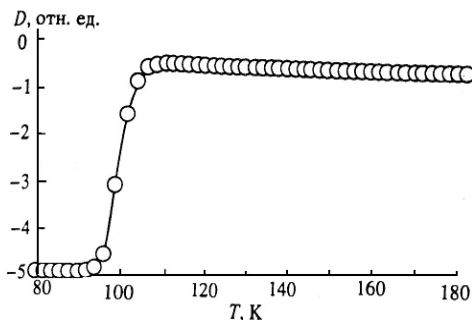


Рис. Температурная зависимость эффекта Мейснера фазы Hg-1201

Литература

1. Чу, С. W. Дырочно-легированные купратные высокотемпературные сверхпроводники / С. W. Чу, L. Z. Дэн, В. Ур. // Physica C: Superconductivity – 2015. – V. 514 – P. 290–313.

2. Акимов, А. И. Керамические материалы (диэлектрические, пьезоэлектрические, сверхпроводящие): условия получения, структура, свойства / А. И. Акимов, Г. К. Савчук // Минск: изд. центр БГУ. – 2012. – 256 с.

3. Akhmedov, A. The influence of production conditions on the electrophysical parameters of piezoceramics for different applications / A. Akhmedov, G. Sauchuk, N. Yurkevich, S. Khudoyberganov, M. Bazarov // E3S Web of Conferences 264, 04020.

УДК 37.01:378.4 (476)

Проектирование и разработка электронного учебно-методического комплекса «Физика атомов и молекул. Радиоактивность»

Юркевич Н. П.¹, Савчук Г. К.¹, Ахмедов А. П.²,
Худойберганов С. Б.², Махмудова Д. Х.²

¹Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь,

²Ташкентский транспортный университет
Ташкент, Республика Узбекистан

В работе рассмотрены основные этапы проектирования и разработки электронного учебно-методического комплекса (ЭУМК) по дисциплине «Физика» для студентов-атомщиков технического университета. Определены основные цели и задачи, на решение которых направлена разработка ЭУМК. Разработана компьютерная программа, позволяющая использовать ЭУМК как в on-line, так и в off-line режимах обучения. Представлена структура и организация материалов лекционных и практических занятий, а также методическое обеспечение лабораторного физического практикума по разделу «Физика атомов и молекул. Радиоактивность».

Целью данной работы является проектирование и разработка электронного учебно-методического комплекса по разделу «Физика атомов и молекул. Радиоактивность» для подготовки специалистов, занимающихся инженерным и техническим обслуживанием атомных станций.

Использование компьютерных технологий при подготовке специалистов технического профиля – основной тренд настоящего времени [1–3]. Это касается не только создания методического сопровождения [4–6], но и учебно-методических комплексов в электронном виде. При проектировании и разработке электронных учебно-методических комплексов (ЭУМК) по курсу физики следует учитывать ряд факторов. Среди них особое внимание должно быть уделено интегрированности учебно-образовательных, методо-