

*Д-р техн. наук Г. Н. Шабанова¹, Е. В. Христин¹,
д-р техн. наук С. М. Логвинков²*

*(¹НТУ «Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков, Украина;*

*²Харьковский национальный экономический университет,
г. Харьков, Украина)*

Расчетная оценка температур службы сегнетокерамических барийстронциевых титанатов

Сегнетоэлектрические материалы на основе соединений системы BaO—SrO—TiO₂ разрабатываются с учетом воздействия высокой электромагнитной нагрузки и нагрева, что вызвало необходимость проведения оценки максимальных температур службы составов выбранного сечения.

Из анализа литературных данных и проведенных ранее расчетов установлено, что соединения изучаемой трехкомпонентной системы BaO—SrO—TiO₂, а именно: BaTiO₃, SrTiO₃, Sr₂TiO₄, Sr₃Ti₂O₇, BaTi₂O₅, входящие в тройные сечения Sr₃Ti₂O₇—BaTiO₃—SrTiO₃ и SrTiO₃—BaTiO₃—BaTi₂O₅, обладают интересующими высокими физико-техническими свойствами [1—3]. Данные соединения при синтезе обеспечивают формирование серии твердых растворов титанатов бария и стронция, способных придавать материалу комплекс заданных электрофизических свойств: большую диэлектрическую проницаемость, наличие петли диэлектрического гистерезиса, высокие электрооптические свойства [4]. Такое сочетание свойств отвечает понятию сегнетоэлектрики и может существенно способствовать конкурентоспособности разрабатываемых материалов [5]. Поэтому представляется важным изучение выбранной области твердых растворов в системе BaO—SrO—TiO₂ для прогнозирования свойств получаемых сегнетокерамических материалов, оптимизации их составов и условий службы, в связи с чем был произведен расчет температур и составов эвтектик перспективных областей.

Для построения поверхностей ликвидуса бинарных и тройных эвтектических сечений наиболее приемлемым для расчетов выбрано уравнение Эпштейна—Хауланда. Подобные методы расчета широко используются в технологии тугоплавких

неметаллических и силикатных материалов [6]. Исходные данные для расчета представлены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные для расчета температур и составов эвтектик
выбранных сечений системы BaO—SrO—TiO₂

| Соединение | Количество атомов в соединении | Температура плавления, К | Литературный источник |
|--|--------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| SrTiO ₃ | 5 | 2313 | [7] |
| Sr ₃ Ti ₂ O ₇ | 11 | 1853 | [8] |
| BaTiO ₃ | 5 | 1883 | [8] |
| BaTi ₂ O ₅ | 8 | 1588 | [8] |

Характеристики эвтектических точек и температур сечений исследуемой системы приведены в табл. 2 и на рис. 1, 2 (принятые сокращения: В — BaO, S — SrO, Т — TiO₂).

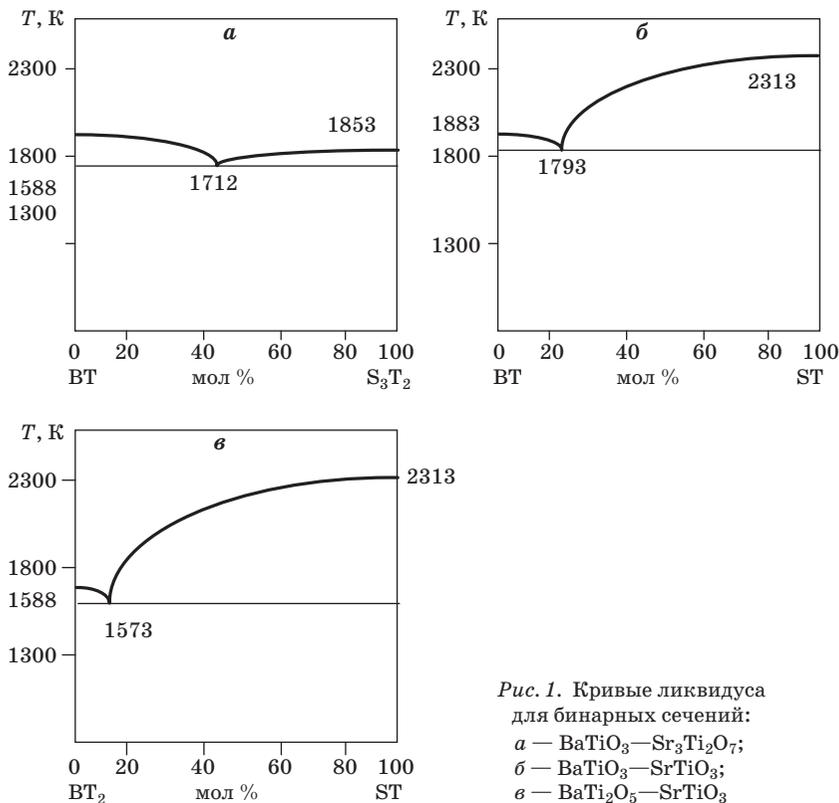


Рис. 1. Кривые ликвидуса для бинарных сечений:
а — BaTiO₃—Sr₃Ti₂O₇;
б — BaTiO₃—SrTiO₃;
в — BaTi₂O₅—SrTiO₃

Таблица 2

Характеристики некоторых эвтектических точек в системе BaO—SrO—TiO₂

| № п/п | Сечение | T _{эвт} , К | Состав эвтектики, мол. % | | |
|-------|--|----------------------|--------------------------|----------------|----------------|
| | | | X ₁ | X ₂ | X ₃ |
| 1 | BaTiO ₃ —Sr ₃ Ti ₂ O ₇ | 1712 | 59,6 | 40,4 | — |
| 2 | BaTiO ₃ —SrTiO ₃ | 1793 | 76,5 | 23,5 | — |
| 3 | BaTi ₂ O ₅ —SrTiO ₃ | 1573 | 90,5 | 9,5 | — |
| 4 | Sr ₃ Ti ₂ O ₇ —BaTiO ₃ —SrTiO ₃ | 1678 | 31,7 | 53,3 | 15,0 |
| 5 | SrTiO ₃ —BaTiO ₃ —BaTi ₂ O ₅ | 1510 | 7,0 | 28,5 | 64,5 |

Анализируя полученные результаты расчетов, можно утверждать, что композиции сечений выбранной области могут применяться при изготовлении сегнетокерамических материалов и изделий из них в условиях нагрева и импульсной электромагнитной нагрузки с температурой службы до 1200—1380 °С.

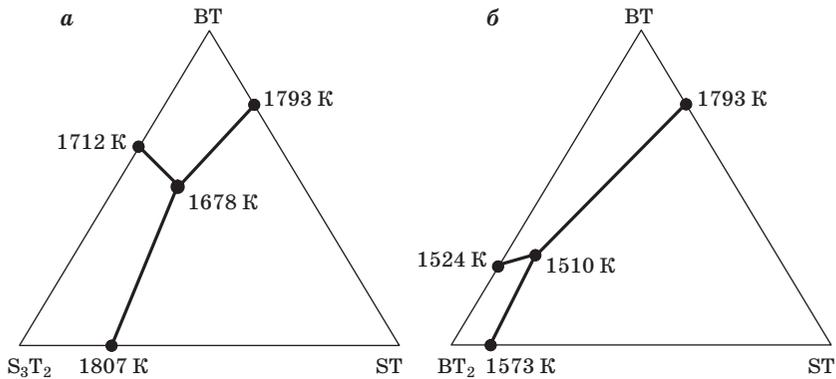


Рис. 2. Кривые ликвидуса тройных сечений:

а — Sr₃Ti₂O₇—BaTiO₃—SrTiO₃; б — SrTiO₃—BaTiO₃—BaTi₂O₅

Расчетные сведения имеют важное значение для практики обоснованного выбора температур спекания исследуемых составов композиций.

Заключение

Таким образом, расчеты по составам и температурам эвтектик двух- и трехкомпонентных сечений системы BaO—SrO—TiO₂ позволяют целенаправленно управлять технологическими параметрами при получении на основе соединений изучаемой

системы сегнетокерамических материалов, обладающих набором требующихся нелинейных вольт-амперных характеристик.

Библиографический список

1. Синтез сегнетокерамических материалов на основе композиций системы BaO—SrO—TiO₂ / Шабанова Г. Н., Логвинков С. М., Христич Е. В. [и др.] // Вісник НТУ «ХПИ». — Х. : НТУ «ХПИ», 2008. — № 41. — С. 169—174.

2. Термодинамический анализ обратимости взаимных твердофазных реакций системы BaO—SrO—TiO₂ / Шабанова Г. Н., Логвинков С. М., Христич Е. В. [и др.] // Вісник НТУ «ХПИ». — Х. : НТУ «ХПИ», 2008. — № 33. — С. 76—82.

3. Христич Е. В. Исследование свойств сегнетокерамик Ba_{1-x}Sr_xTiO₃, допированных Zr, Pb и Sn, в сильных электрических полях / Е. В. Христич, В. В. Вытришко, О. Л. Резинкин // Вестник НТУ «ХПИ» — Х. : НТУ «ХПИ», 2012. — № 21. — С. 33—42.

4. Исследование влияния допирующих добавок на диэлектрическую проницаемость сегнетокерамических материалов / Е. В. Христич, С. М. Логвинков, Г. Н. Шабанова [и др.] // Зб. наук. пр. ВАТ «УкрНДІВогнетривів ім. А. С. Бережного». — Х. : Каравела, 2010. — № 110. — С. 130—136.

5. Сегнетоэлектрики и антисегнетоэлектрики / Г. А. Смоленский, В. А. Бокков, В. А. Исупов [и др.]. — Л. : Наука, 1971. — 476 с.

6. Epstein L. F. Binary mixture of UO₂ on other oxides / L. F. Epstein, W. H. Howland // J. Amer. Ceram. Soc. — 1953. — V. 36, № 10. — P. 334—335.

7. Бабушкин В. И. Термодинамика силикатов / В. И. Бабушкин, Г. М. Матвеев, О. П. Мчедлов-Петросян. — М. : Стройиздат, 1986. — 408 с.

8. Глушко В. П. Термические константы веществ / В. П. Глушко. — М. : Изд-во АН СССР, 1979. — Вып. 9. — 574 с.

Рецензент к. т. н. Солошенко Л. Н.