

мира по показателю экономической конкурентоспособности); объем ВВП в сфере информации и телекоммуникаций, развитие электронного правительства (В рейтинге ООН по уровню развития электронного правительства (United Nations E-Government Survey 2016), который составляет один раз в два года (Беларусь оказалась на 49-м месте из 193) и другие.

Сводный индекс (E-Government Development Index) нашей страны, который вычисляется по трем основным показателям, достиг 0,6625 (при общемировом EGD I - 0,4922). Выше всего оценили эксперты ООН индекс человеческого капитала - 0,8716. Общий уровень развития телекоммуникационной инфраструктуры - на 0,6304 «балла», индекс широты охвата и качества предоставления онлайн-услуг с результатом 0,4855 замкнул тройку.

Республика Беларусь, при многомерной государственной поддержке высокотехнологических отраслей, имеет все предпосылки к инновационной стратегии развития производства и должна полностью реализовать себя в сфере информационных технологий, которая становится двигателем экономического развития в современных

условиях, что позволит стране занимать лидирующие места в мировом распределении товаров и услуг.

Анализ развития информационной экономики в Беларуси показал, что она формируется в недрах традиционной промышленной экономики быстрыми темпами и приводит к изменениям во всех секторах экономики, таким образом, становясь отдельным стратегически важным ресурсом. Идея создания в Республике Беларусь Парка высоких технологий (ПВТ), как особой экономической зоны со специальным налогово-правовым режимом для развития ИТ-бизнеса, создала в Беларуси условия для развития индустрии экспортно-ориентированного программирования и иных экспортных производств, основанных на высоких технологиях, а также для концентрации кадрового, научно-производственного и инвестиционно-финансового потенциала для повышения конкурентоспособности национальной экономики.

### Литература

1. Национальная стратегия устойчивого социально-развития Республики Беларусь на период до 2020 года.

УДК 621

## АНАЛИЗ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ СИСТЕМАХ С ЦЕЛЬЮ СОЗДАНИЯ МАТЕРИАЛОВ С СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ Шабуря М.А., Колонтаева Т.В.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

В последнее время можно отметить возросший интерес к исследованию фазовых состояний в многокомпонентных сегнетоэлектрических системах, твердых растворах различных сегнетоэлектрических материалов.

Твёрдые растворы – основа всех важнейших конструкционных материалов. Свойства твёрдых растворов регулируют их составом, термической или термомеханической обработкой. Легированные полупроводники и многие сегнетоэлектрики, являющиеся основой современной твердотельной электроники, также являются твёрдыми растворами. Кристаллическим твёрдым телам свойственна способность образовывать твёрдые растворы. В большинстве случаев эта фаза ограничена узкими пределами концентраций, но известны системы с непрерывным рядом твёрдых растворов.

Физико-химический анализ позволяет проанализировать исходные системы для синтеза различных материалов электронной техники. Одним из направлений теории физико-химического анализа является изучение топологии диаграммы. Диаграмма состояния (фазовая диаграмма) графически изображает все возможные состояния термодинамической системы при изменении

основных параметров состояния. Для сложных систем, состоящих из многих фаз и компонентов, построение диаграммы состояния является единственным методом, позволяющим на практике установить, сколько фаз и какие конкретно фазы образуют систему при данных значениях параметров состояния [1].

В классическом физико-химическом анализе системы исследовались только в равновесном состоянии. На таких диаграммах любая точка описывает состояние системы.

Физико-химический анализ, используют для исследования и синтеза новых соединений в результате необратимых реакций в неравновесных системах. Исследование систем в процессе перехода в равновесное состояние позволяет установить не только существование конечных продуктов, но и промежуточных соединений, а также образующихся неустойчивых веществ.

Путем построения и геометрического анализа диаграмм состояния (в координатах «состав-температура») можно обнаружить существование химических соединений, синтез которых позволяет получить материалы с уникальными свойствами.

Целью данной работы является изучение и анализ диаграмм состояния двухкомпонентных

систем «BaO–TiO<sub>2</sub>» и «Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–TiO<sub>2</sub>» для синтеза керамических материалов с сегнето-электрическими свойствами.

Диаграмма состояния двухкомпонентной системы «BaO–TiO<sub>2</sub>» представлена на рисунке 1.

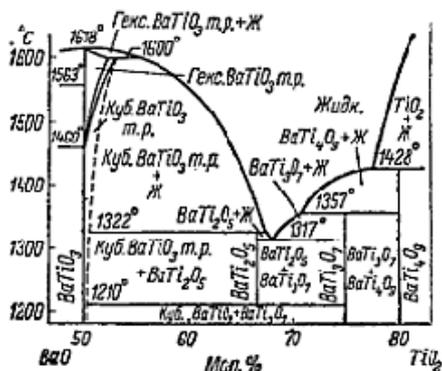


Рисунок 1 – Диаграмма состояния двухкомпонентной системы BaO–TiO<sub>2</sub>

Ряд авторов изучали указанную диаграмму и имеется ряд исследований по качеству образуемых в системе химических соединений [2].

В представленной области концентраций идентифицируются 4 химических соединения: BaTiO<sub>3</sub>, BaTi<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, BaTi<sub>3</sub>O<sub>7</sub>, и BaTi<sub>4</sub>O<sub>9</sub>. Указанные соединения имеют разный тип плавления: первое плавится конгруэнтно без разложения, остальные три - проявляют инконгруэнтное плавление.

Особое внимание уделяется соединению BaTiO<sub>3</sub> так как титанат бария обладает высокими диэлектрическими свойствами, позволяющими применять его в электротехнике и микроэлектронике. Титанат бария отличается высокой диэлектрической проницаемостью, большим пьезомодулем, удобной для технических применений температурой Кюри (120°C), большой механической прочностью, термической устойчивостью. Также это соединение является многоосным сегнето-электриком, т.е. в нём существует несколько возможных направлений спонтанной поляризации – в противоположность сегнетовой соли, которая является одноосной. Поэтому его можно использовать для технических применений в виде поликристаллов (керамики), а не в виде дорогостоящих монокристаллов [3].

Анализ диаграммы (рисунок 1) позволяет установить наличие полиморфных модификаций титаната бария. При комнатной температуре стабильна тетрагональная модификация, при 120 °C она переходит в кубическую форму. Гексагональная модификация стабилизируется после 1460°C. Выше 1618°C соединение переходит в расплавленное состояние.

Перспективным материалом с сегнетоэлектрическими свойствами является титанат висмута, который способен сохранять свои свойства в

широком температурном диапазоне. Это позволяет применять этот материал в радио-, акусто-, и оптоэлектронике.

Титанат висмута синтезируется на основе фазовых превращений в двухкомпонентной системе «оксид висмута–оксид титана», диаграмма которой представлена на рисунке 2 [2].

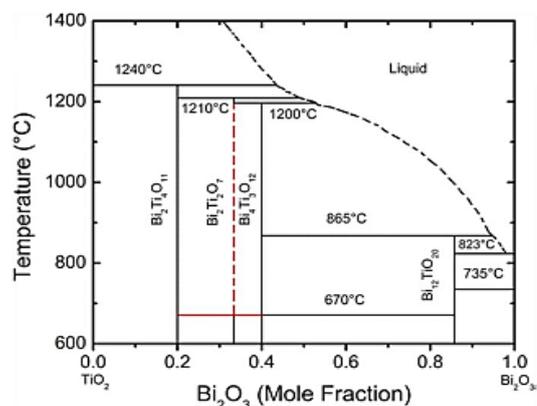


Рисунок 2 – Диаграмма состояния двухкомпонентной системы Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–TiO<sub>2</sub>

Анализ диаграммы показал, что в системе «оксид висмута– оксид титана» образуется 4 химических соединения, которые проявляют инконгруэнтное плавление, при котором происходит разложение исходного соединения с выделением кристаллов другого типа.

Три из четырех соединений являются стабильными: Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>, Bi<sub>2</sub>Ti<sub>4</sub>O<sub>11</sub>, и Bi<sub>12</sub>TiO<sub>20</sub>, а соединение Bi<sub>2</sub>Ti<sub>2</sub>O<sub>7</sub> со структурой пирохлора является метастабильным, поэтому на диаграмме отмечено штрихпунктирной линией. Температура разложения метастабильной фазы выше 670 °C с образованием механической смеси соединений Bi<sub>2</sub>Ti<sub>4</sub>O<sub>11</sub> и Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub>.

Соединение Bi<sub>12</sub>TiO<sub>20</sub> имеет структуру силленита с 12-ти кратным избытком висмута (6Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·TiO<sub>2</sub>). Соединение Bi<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub>O<sub>12</sub> относится так называемым фазам Ауривиллиуса со структурой перовскита. В системе образуется еще одно соединение со слоистой структурой Bi<sub>2</sub>Ti<sub>4</sub>O<sub>11</sub>.

Рассмотренные двухкомпонентные системы являются базовыми для разработки сегнетоэлектрических керамических материалов.

Материалы для конденсаторов подразделяют на 3 группы:

- с максимальной диэлектрической проницаемостью;
- с повышенной температурной стабильностью диэлектрической проницаемости;
- с пониженными диэлектрическими потерями [4].

В основе всех этих групп лежат материалы кислородно-октаэдрического типа, например титанат бария и твердые растворы на его основе.

Большое значение имеют модифицирующие добавки, которые оптимизируют свойства сегнетоэлектрических материалов.

Улучшения свойств можно достигнуть либо при получении керамики на основе однофазных твердых растворов, или при формировании двух и более фаз, которые отличаются по свойствам и вызывают сглаживание температурной зависимости диэлектрической проницаемости [4].

Группу сегнетоэлектрических материалов существенно расширяют и дополняют твердые растворы на основе различных соединений. Подобные растворы часто отличаются по своим свойствам от их ингредиентов. Сегнетоэлектрические кристаллы характеризуются многообразием структурных типов и химического состава, что свидетельствует о различии молекулярных механизмов возникновения спонтанной поляризации.

Синтез соединений со стабильными сегнетоэлектрическими свойствами по-прежнему остается актуальным направлением в материаловедении.

#### Литература

1. Аносов В.Я., Озерова М.И., Фиалков Ю.Я., Основы физико-химического анализа / В.Я. Аносов. М.: Наука, 1976. – 504 с.
2. Торопов Н.А. Диаграммы состояния силикатных систем. Справочник / Н.А. Торопов. – Ленинград: Издат. Наука, 1969. – 822 с.
3. Струков, Б.А., Леванюк, А.П. Физические основы сегнетоэлектрических явлений в кристаллах / Б.А. Струков. М.: Наука, 1995. – 240 с.
4. Таиров Ю.М., Цветков В.Ф. Технология полупроводниковых и диэлектрических материалов: учебное пособие для вузов / Ю.М. Таиров, В.Ф. Цветков. – СПб: Издат. Лань, 2002. – 424 с.

УДК 336

### РАЗВИТИЕ МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В КИТАЕ

Мелюшин П.В., Афанасенко А.В.

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

Экономическое и социальное развитие Китая предопределяют существенные изменения в потребительском поведении на самом большом рынке мира. Начиная с 2011 г. агентство МЕС China проводит изучение основных потребительских трендов населения страны. Методика составлению прогноза основана на получении данных от 50 наблюдателей из различных областей страны. Для улучшения методологического подхода, агентство МЕС отобрало наиболее часто упоминаемые наблюдателями тренды и опросило 565 потребителей из 7 городов составить их рейтинг в ходе онлайн-опроса. Затем компания проанализировала данные нескольких исследований по результатам потребления и приверженности к определенным средствам рекламы, выделив количественные данные для того, чтобы составить рейтинг из наиболее часто отмечаемых трендов. В настоящее время ими являются:

**Индивидуальное потребление.** Современные китайцы рассматривают индивидуализм как качество, которым необходимо обладать и которое нужно успешно развивать. Нынешнее поколение китайцев не скрывают наличие собственных интересов. Они охотнее, чем раньше, делятся личной информацией с другими и не стесняются быть центром внимания. Примером этой тенденции является рост популярности персональных медиа, в т. ч. блогов, микро-блогов и личных страниц. У каждого индивида появилась возможность иметь собственную платформу для «вещания» и он, в свою очередь, является

источником информации и центром своей сферы влияния.

**Гибридная экономика.** С развитием экономики и повсеместным распространением Интернета политика сосредоточения исключительно на собственном развитии становится слишком опасной для участников рынка. Все большее количество брендов и категорий экономики начинают экспериментировать с новыми формами совместных предприятий. Развивается социальное телевидение, соединяющее в себе собственное телевидение, мобильные устройства и социальные сети. Ранее не связанные друг с другом категории экономики вступают в альянс, чтобы соответствовать изменившимся нуждам потребителей.

**Повсеместное распространение технологий.** Из-за изменений, произошедших в современном образе жизни, люди стали более зависимыми от науки и технологий. Человек носит с собой целый набор высокотехнологичных и узкоспециализированных устройств. Интеграция технологий становится главным трендом. Многие устройства уже явно или неявно связаны друг с другом. В будущем вместо обилия высокотехнологичных устройств с одной-единственной функцией потребители обнаружат себя окруженными технологиями со всех сторон.

**Бесплатные услуги.** Рыночная концепция «бесплатных услуг» рекомендует предоставлять потребителям возможность приобрести определенные товары и услуги без необходимости пла-