

Полупроводниковые приборы. — М., 1973, вып. 12, с. 171. 2. Карпеченко В.Г., Иноземцев С.А., Лойцнер Э.М. Защитные и стабилизирующие свойства фосфатных и свинцовых стекол. — Электронная техника. Сер. Полупроводниковые приборы — М., 1969, вып. 2, с. 84. 3. Шулъц И.А., Семалис У.Я., Бука Я.А. Область стеклообразования и химическая устойчивость стекол систем  $WO_3-P_2O_5-SiO_2$  и  $WO_3-P_2O_5-SiO_2-RO$ . — В сб.: Физика и химия стеклообразных систем. Рига, 1977, вып. 5, с. 38–49. 4. Белис И.Я., Миллере И.В. Стеклообразование и кристаллические фазы в системе  $BaO-P_2O_5-WO_3$ . — В сб.: Физика и химия стеклообразных систем. Рига, 1977, вып. 5, с. 50–59. 5. Синтез силикофосфатных и силикованадатных стекол и изучение их свойств /ЗН. Шалимо, А.П. Молочко, И.Л. Раков, Е.В. Горбачова. — В сб.: Новые неорганические стекла. Рига, 1979, с. 10–12. 6. Ушаков Д.Ф., Баскова Н.Ф. Стеклообразование в бесщелочных борофосфатных системах. — Физика и химия стекла, 1976, т. 2, № 1, с. 42–46. 7. Ушаков Д.Ф., Баскова Н.Ф., Тарлаков Ю.П. Особенности структуры бесщелочных борофосфатных стекол. — Тез. докл. VI Всесоюз. совещ. по стеклообразн. состоянию. Л., 1975, с. 120–123.

УДК 666.112.2.016

В.И.РУСАК, Л.М.СИЛИЧ

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕКЛООБРАЗОВАНИЯ И КРИСТАЛЛИЗАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ СТЕКОЛ В ВЫСОКОГЛИНОЗЕМИСТОЙ ЧАСТИ СИСТЕМЫ $MgO-BaO-Al_2O_3-TiO_2-SiO_2$

Система  $MgO-BaO-Al_2O_3-TiO_2-SiO_2$  привлекает внимание исследователей с точки зрения возможности синтеза в ней стеклокристаллических материалов с комплексом повышенных физико-механических и диэлектрических свойств, а также повышенной жаропрочностью.

Стеклообразование в данной системе установлено ранее авторами [1] при температуре синтеза  $1500^\circ C$ , в которой область стеклообразующих составов ограничивалась содержанием  $Al_2O_3$  от 5 до 15 мол. %.

С целью выяснения возможности получения технологичных стеклокристаллических материалов с высокой жаропрочностью данная система исследовалась при более высоких температурах синтеза.

Области стеклообразования устанавливали в высокоглиноземистой части системы  $MgO-BaO-Al_2O_3-TiO_2-SiO_2$  в сечениях с постоянным содержанием  $TiO_2$  и переменными  $BaO$  от 5 до 20 и  $MgO$  от 2,5 до 20 мол. %.

При синтезе стекол использовали химически чистые реактивы и обогащенный кварцевый песок Лоевского месторождения. Стекла варили в корундовых тиглях емкостью 50 мл в газовой печи при температуре  $1600^\circ C$  с выдержкой от 1 до 3 ч в зависимости от состава. Результаты исследования показали, что в сечении с 5 мол. %  $BaO$  стекла образуются в ограниченной области составов при содержании  $MgO$  свыше 2,5 мол. %. Для большинства стеклообразующих составов этого сечения характерно преобладание окиси магния над окисью бария. При переходе к сечению с 10 мол. %  $BaO$  область стеклообразования значительно расширяется за счет увеличения в составах содержания

окси алюминия, в стекла может быть введено до 30 мол. %  $Al_2O_3$ . При дальнейшем увеличении  $BaO$  от 15 до 20 мол. % наблюдается постепенное сокращение области стеклообразования, граница стеклообразования сдвигается в сторону меньшего количества  $Al_2O_3$ . В стеклообразующих составах окись магния либо преобладает над окисью бария, либо содержится примерно в равных количествах. Это дает основание предположить, что в системе  $BaSiO_3-MgSiO_3$  эвтектика, по-видимому, смещена в сторону большего количества  $MgSiO_3$ , благодаря чему стекла легче образуются при преобладании  $MgO$  над  $BaO$ .

Г.Роусон [2] предложил использовать в качестве критерия стеклообразования отношение прочности связи к температуре плавления окисла, выраженной в градусах Кельвина. Чем больше отношение прочности связи к температуре ликвидуса, тем выше способность окислов к стеклообразованию. В данном случае для окиси магния это отношение составляет 0,013, а для  $BaO$  — 0,015  $ккал \cdot моль^{-1} \cdot K^{-1}$ .

Несмотря на то что по критерию Г.Роусона [2]  $BaO$  должен обладать несколько более положительным влиянием на стеклообразование, чем  $MgO$ , результаты данных исследований свидетельствуют о затруднении стеклообразования при увеличении  $BaO$  от 5 до 20 мол. % в изучаемой системе.

Это, очевидно, обусловлено тем, что в многокомпонентных системах добавка нового компонента не только сдвигает поля устойчивости фаз исходной системы, но и приводит к появлению новых полей устойчивости. В настоящей работе была также изучена кристаллизационная способность стекол данной системы в зависимости от химического состава.

В результате изучения кристаллизационной способности синтезированных стекол методом градиентной кристаллизации в интервале температур 700—1400°C в течение 2 ч установлено, что все полученные стекла характеризуются значительной склонностью к кристаллизации. С увеличением в составах количества окиси бария от 5 до 15 мол. % постепенно сужается область стекол, способных образовывать мелкокристаллическую структуру не оплавливающихся при 1400°C. Введение в стекла до 20 мол. %  $BaO$  приводит к сокращению интервала сплошной кристаллизации и появлению составов с рыхлой крупнокристаллической структурой. Отличительной способностью кристаллизации стекол исследуемой системы являются сравнительно высокие нижний и верхний пределы видимой кристаллизации. Начало кристаллизации отмечается лишь в температурном интервале, лежащем выше 960°C (верхний предел — 1400°C).

Устойчивость стекол к деформации при кристаллизации обусловлена количеством образующейся кристаллической фазы и скоростью ее формирования. На процесс кристаллизации, очевидно, оказывают влияние соотношения между  $MgO$  и  $BaO$ , с одной стороны, и  $Al_2O_3$  и  $BaO$  — с другой, т.е. кристаллизационная способность увеличивается с повышением  $BaO$  и  $Al_2O_3$ .

Таким образом, в результате исследования были выявлены области стеклообразующих составов, обладающих удовлетворительными технологическими свойствами для получения стеклокристаллических материалов с повышенной жаропрочностью.

### Л и т е р а т у р а

1. Исследование стеклообразования в системе  $\text{SiO}_2\text{--TiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--MgO--BaO}$  И.М.Бобкова, В.И.Русак, И.А.Трунец, Л.М.Силич. — В сб. Стеклообразные системы и новые стекла на их основе. М., 1971, с. 201—203. 2. Рюсон Г. Неорганические стеклообразующие системы. — М., 1970, с. 33—37.

УДК 666.246.266.34

И.П. ПАКОВ, Н.П. СОЛОВЕЙ,  
З.Н. ШАЛИМО, А.П. МОЛОЧКО

### ИЗУЧЕНИЕ СТЕКЛООБРАЗОВАНИЯ, КРИСТАЛЛИЗАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ И НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ СТЕКЛ СИСТЕМЫ $\text{SrO--ZnO--PbO--SiO}_2$ С ЦЕЛЮ ПОЛУЧЕНИЯ НА ИХ ОСНОВЕ РЕЗИСТОРОВ

При разработке стекол для резисторов основной задачей является получение стекла с высоким электрическим сопротивлением. При этом необходимо, чтобы другие параметры — КТР, химическая устойчивость, температура размягчения — оставались в определенных пределах.

Однако уместно предположить, что качество и свойства получаемых резисторов в значительной степени зависят от применяемого связующего материала. Проведены некоторые исследования влияния стекол различного химического состава на электрические характеристики композиционных материалов [1].

Установлено, что выбор стекла является таким же важным фактором, как подбор проводящей фазы.

Объектом исследования была выбрана система  $\text{SrO--ZnO--PbO--SiO}_2$ , так как в литературе отсутствуют данные по систематическому исследованию стеклообразования и физико-химических свойств данной системы. Кроме того, в этой системе отсутствуют щелочные ионы, и предполагается, что стекла, синтезируемые в ней, должны иметь достаточно высокие электрическое сопротивление и химическую устойчивость.

Определение областей стеклообразования системы осуществлялось в следующих сечениях:

