

УДК 660.01+543.42

СТЕКЛОВАНИЕ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТЕКОЛ ИТТРИЙБОРАТНОЙ СИСТЕМЫ $\text{PbV}_2\text{O}_4\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-LiF}$

Г.Л.Кочарян, Н.М. Арутюнян, В.П. Тороян, Н.Б. Князян

Институт общей и неорганической химии им. М.Г. Манвеляна НАН РА, г. Ереван, Армения

Исследованы область стеклообразования и диаграмма плавкости системы $\text{PbV}_2\text{O}_4\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-LiF}$ для разработки флинтгов с уменьшенной относительной частной дисперсией в синей области спектра. Методами дифференциально-термического (ДТА), рентгенофазового анализов (РФА) и инфракрасной (ИК) спектроскопии изучены процессы стеклования и структура стекол, температурный интервал ($\Delta T_{\text{кр}}$) и теплота кристаллизации (ΔH) стекол. Представлена диаграмма, связывающая относительную частную дисперсию синтезированных стекол с коэффициентом дисперсии.

Ключевые слова: диаграмма состояния, стеклообразование, кристаллизация, показатель преломления, коэффициент дисперсии, относительная частная дисперсия.

Введение. Стремительное развитие оптоэлектроники, волоконной оптики, светотехники и прецизионного приборостроения потребовало разработки новых стеклообразных материалов с совокупностью оптических и физико-химических свойств, отличающихся высокой устойчивостью к кристаллизации и неизменностью спектрального пропускания в видимой области спектра. Для создания оптических систем, отличающихся отсутствием вторичного спектра и других аберраций, весьма перспективны стекла с высоким показателем преломления, особым ходом и широким интервалом изменения коэффициента дисперсии, уменьшенной или увеличенной относительной частной дисперсией в коротковолновой части спектра [1].

Основой стекол типа флинтгов и тяжелых флинтгов (ТФ) являются силикатные системы, содержащие SiO_2 , Al_2O_3 , Sb_2O_3 , PbO , BaO , ZnO , K_2O ; некоторые марки флинтгов содержат TiO_2 , As_2O_3 , V_2O_5 и т.д. По сравнению с SiO_2 оксид бора – B_2O_3 обладает уменьшенной относительной частной дисперсией в синей части спектра, которую он сохраняет и в стеклах сложного состава. Вследствие низкого показателя преломления стеклообразного B_2O_3 ($n_D \sim 1,464$) в боратные стекла вводится значительное количество высокопреломляющих оксидов, повышающих показатель преломления, а также среднюю дисперсию [2]. Введение в систему на основе основного стеклообразующего оксида B_2O_3 большого количества PbO , BaO и оксидов редкоземельных элементов La_2O_3 , Y_2O_3 , ZrO_2 , Ta_2O_5 позволяет получать

сверхтяжелые кроны (СТК) и ТФ, сочетающие в себе относительно большой показатель преломления ($n_D \sim 1,65 \dots 1,88$) и высокий коэффициент дисперсии ($v_D \sim 55 \dots 35$). При введении фторидов удастся увеличить v_D , а также получить особый ход относительных частных дисперсий [3].

В литературе нет сведений о диаграммах плавкости и равновесия фторсодержащих иттрий-литиевооборотных систем, об оптических характеристиках стекол, позволяющих разработать практические составы оптических стекол с требуемыми параметрами и технологическими свойствами. Целью работы является исследование области стеклообразования и диаграммы плавкости системы $PbB_2O_4-Y_2O_3-LiF$, кристаллизационной способности, оптических постоянных и физико-химических свойств стекол в зависимости от состава и температуры.

Экспериментальная часть и обсуждение результатов. Для синтеза стекол использовались ортоборная кислота, оксиды иттрия и свинца (свинцовый сурик) и фторид лития марки “х.ч.”. Синтез стекол осуществлялся в корундовом и платиновом тиглях в температурном интервале $1050 \dots 1300$ °C. Дериватографические исследования термических эффектов при нагревании шихт и характеристических температур стекол проводились на дериватографе Q-1500 с показателем преломления стекла на рефрактометре ИРФ-23, рентгеновские исследования закристаллизованных стекол – на дифрактометре URD-63 с $CuK\alpha$ с никелевым фильтром, а ИК спектры снимались на приборе UR-20, скорость сканирования составляла $64 \text{ см}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}$.

Поиски новых составов оптических стекол целесообразно искать в новых стеклообразующих системах, т.к. ожидать существенных изменений оптических постоянных стекол заменой компонентов в известных системах малоэффективно. Более результативна разработка малокристаллизующихся стекол с новыми оптическими постоянными путем изучения стеклообразования и свойств стекол новых, ранее неисследованных систем, установления закономерностей стеклообразования и оптимального сочетания компонентов. Определяющим фактором при получении новых стекол с особым ходом показателя преломления и дисперсии являются оптические характеристики основного стеклообразующего оксида. В боратных стеклах изменение оптических постоянных определяется не только оптическими постоянными вводимых в стекло оксида или фторида, но и компонентами, вызываемыми изменением равновесия между разными структурными формами боратных группировок BO_3 и BO_4 . Следовательно, для разработки новых составов стекол следует ориентироваться на результаты исследования стеклообразования и свойств относительно простых, ранее неисследованных систем. Стеклообразующая система B_2O_3-PbO является наиболее важной, перспективной и

чаще всего используемой при разработке легкоплавких оптических стекол, стеклокристаллических цементов. В указанной системе обнаружена большая область стабильной ликвации, а область стеклообразования охватывает диапазон от 23,5 до 80,0 мол.% B_2O_3 [4,5].

Большой интерес вызывают оксидные стеклообразующие системы, включающие фторсодержащие компоненты, что связано с нелинейными изменениями оптических, электрических и механических характеристик синтезированных стекол и эффектом понижения температуры ликвидуса системы [6].

Область образования стекол и диаграмма плавкости системы PbB_2O_4 - Y_2O_3 - LiF приведены на рис. 1. Область стеклообразования непрерывна и расположена между бинарными системами PbB_2O_4 - Y_2O_3 и PbB_2O_4 - LiF концентрационного треугольника. Эвтектические составы в области стеклообразования в бинарных системах образуются при содержании Y_2O_3 5 и 18 мол.% и LiF 35 мол.% соответственно. В данном случае проявляется “эффект температуры ликвидуса”, т.е. относительное повышение стеклообразующей способности системы в области эвтектик, из чего следует, что для образования стекол из расплава нужны низкие температуры ликвидуса при высоких значениях энергии связей элементов системы [5].

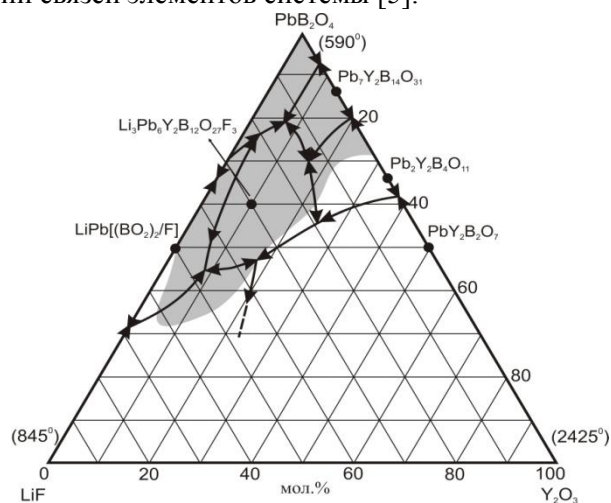


Рис. 1. Диаграмма плавкости, стеклообразования и метастабильной ликвации в системе PbB_2O_4 - Y_2O_3 - LiF

В исследованной области системы PbB_2O_4 - LiF образуется конгруэнтно плавящееся соединение $LiPbB_2O_4F$. Область кристаллизации фазы β - PbB_2O_4 занимает большую часть кристаллизационного поля бинарной системы. Метаборат свинца PbB_2O_4 плавится инконгруэнтно при $580^\circ C$, разлагаясь на

жидкость состава 52,0 мол.%PbO и 48,0 мол.%B₂O₃ и кристаллы PbB₄O₇. В литературе имеются данные о существовании трех полиморфных модификаций метабората – высокотемпературный α-PbB₂O₄, низкотемпературные β-PbB₂O₄ и γ-PbB₂O₄ [7]. Прозрачные стекла в системе PbB₂O₄-LiF образуются до 40 мол.% фторида, далее за составом фторбората LiPbB₂O₄F как в бинарной, так и в тройной системах расположена область опалесцирующих стекол [8]. Снижение температуры ликвидуса приводит к увеличению протяженности области стеклообразования, прилегающей к стороне диаграммы PbB₂O₄-LiF, и занимает часть системы, богатой модификаторами. Отличительной особенностью тройной системы является то, что область стеклообразования при совместном введении Y₂O₃ и LiF практически не выходит за пределы линии диаграммы с постоянным содержанием Y₂O₃ ≈ 20 мол.%. Концентрационные пределы областей стеклообразования в сечениях псевдотройной системы зависят от содержания Y₂O₃. При постоянном содержании 10 мол.%Y₂O₃ область весьма велика и распространяется до состава с 65 мол.%LiF. В исследованной области псевдобинарной системы PbB₂O₄-Y₂O₃ образуются три тройных конгруэнтно плавящихся соединения Pb₇Y₂B₁₄O₃₁, Pb₂Y₂B₄O₁₁ и PbY₂B₂O₇, где область кристаллизации фазы Pb₇Y₂B₁₄O₃₁ занимает большую часть кристаллизационного поля бинарной системы. В тройной системе PbB₂O₄-Y₂O₃-LiF выявлено образование нового тройного конгруэнтно плавящегося соединения Li₃Pb₆Y₂B₁₂O₂₇F₃. Состав соединения практически расположен в центре области стеклообразования системы, примыкающей к бинарной фторсодержащей системе PbB₂O₄-LiF.

Анализ термограмм стекол показывает, что данные по изменению температуры ликвидуса от содержания фторида и оксида иттрия во многом коррелируют со значениями температурного интервала кристаллизации стекол (ΔT_{кр}). При изучении процесса кристаллизации в зависимости от удельной поверхности (степени измельчения стекла) выявлено некоторое смещение температурных эффектов в сторону более низких температур, хотя в целом температурный интервал и теплота перехода (ΔH) - процесса кристаллизации изменяются незначительно. Для бинарной системы с LiF можно отметить следующее: несмотря на снижение температуры ликвидуса и интервала кристаллизации при введении фторида, с увеличением концентрации фторида в стеклах увеличивается относительная интенсивность экзотермических эффектов. Устойчивые двухкомпонентные стекла с LiF получаются при содержании фторида до 30...35 мол.%. Приведенные зависимости температурного интервала кристаллизации и теплоты кристаллизации стекол от состава (рис. 2) показывают, что в системе PbB₂O₄-Y₂O₃ относительно устойчивые стекла расположены вблизи эвтектических составов, о

чем свидетельствуют низкие значения $\Delta T_{кр}$ и ΔH кристаллизации стекол. Экзоэффекты при нагревании стекол, содержащих 20...25 мол.% Y_2O_3 , представляют собой четко выраженные узкие контуры с большой высотой, что свидетельствует о повышенной кристаллизационной способности и низкой величине активационного барьера кристаллизации. При совместном присутствии в стекле катионов, резко отличающихся ионным радиусом и силой поля, устойчивость к расстеклованию возрастает. Как показали результаты РФА продуктов кристаллизации стекол, усиление кристаллизационной способности стекол при низких концентрациях фторида (не более 20 мол.%) практически не влияет на природу кристаллических фаз. Следовательно, фторид лития до определенной концентрации играет роль инициатора кристаллизации, облегчая возникновение зародышей и способствуя более интенсивному протеканию процесса, что на термограммах стекол проявляется увеличением интенсивности пиков экзотермических эффектов.

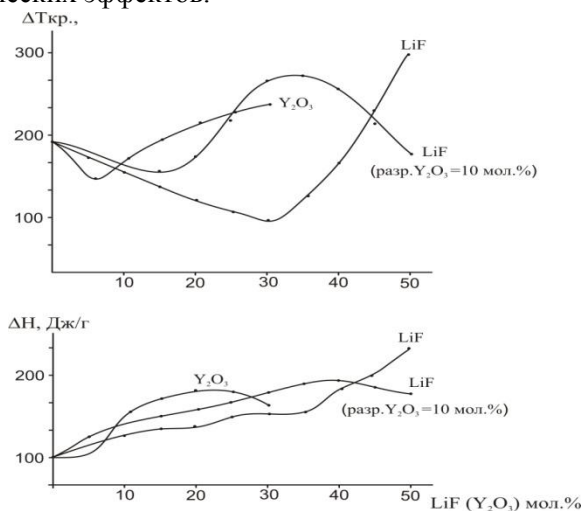


Рис. 2. Зависимости температурного интервала ($\Delta T_{кр}$) и теплоты кристаллизации (ΔH) стекол систем $PbB_2O_4-Y_2O_3$, PbB_2O_4-LiF от состава

Структура одного из трех инконгруэнтно плавящихся боратов свинца - βPbB_2O_4 , который является соединением, включающим более 50 масс.% PbO , и строится из цепочечных полиионов из борокислородных треугольников и тетраэдров, резко отличается от структуры конгруэнтно плавящегося тетрабората - PbB_4O_7 , в котором все атомы бора имеют тетраэдрическую координацию по кислороду. Следует отметить, что при стекловании этого бората значительная часть атомного бора переходит в тригональную координацию [9]. Поэтому судить о структуре стекол на основании диаграммы состояния B_2O_3-PbO неправомерно. На большом количестве боратов показано,

что валентные колебания связей В - О в треугольниках VO_3 имеют полосы поглощения в областях $1100\ldots1300$ и $600\ldots800 \text{ см}^{-1}$, а в VO_4 полосы проявляются в области $900\ldots1000 \text{ см}^{-1}$ [10]. В ИК спектре стекла состава PbB_2O_4 прослеживается наличие основных полос поглощения в областях $1100\ldots1500$, $800\ldots1100 \text{ см}^{-1}$, обусловленных преимущественно проявлением колебаний связей в VO_3 и VO_4 группировках, а также в области $500\ldots620 \text{ см}^{-1}$, связанных как с деформационными колебаниями связей В-О, так и связей Ме-О (Li, Pb) в $\text{Me}(\text{O},\text{F})_4$ и $\text{Me}(\text{O},\text{F})_6$ группах. При введении Y_2O_3 в исходное стекло (рис. 3) и увеличении количества наблюдается уменьшение в спектрах полос поглощения антисимметричного валентного колебания связей О-В-О ($1200\ldots1230 \text{ см}^{-1}$) и антисимметричного деформационного колебания связей О-В-О ($610\ldots630 \text{ см}^{-1}$). Сужение всех линий указывает на уменьшение степени разупорядоченности структурной сетки стекол по сравнению с исходной сеткой стеклообразного метабората при введении Y_2O_3 .

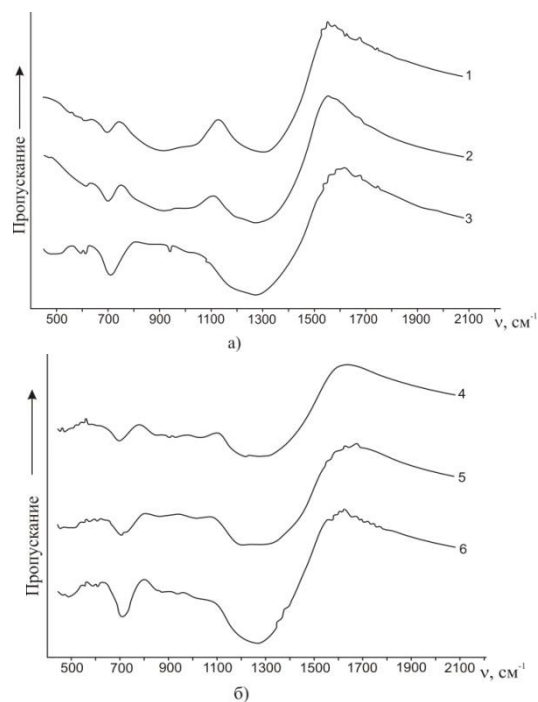


Рис. 3. ИК спектры поглощения стекол системы $\text{PbB}_2\text{O}_4\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-LiF}$:
а- спектры поглощения стекол бинарной системы $\text{PbB}_2\text{O}_4\text{-Y}_2\text{O}_3$ (1- 10; 2- 20; 3- 30 мол. % Y_2O_3), б- спектры поглощения стекол тройной системы по разрезу $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{LiF}=1$ (4 -20; 5 - 30; 6 - 40 мол. % ($\text{Y}_2\text{O}_3+\text{LiF}$))

Значительно уменьшается общая интенсивность полосы в области $1350...1400\text{ см}^{-1}$ и одновременно наблюдается низкочастотное смещение этой полосы. Резко возрастает интенсивность группы полос, расположенных в областях $600...700\text{ см}^{-1}$ и $1100...1350\text{ см}^{-1}$, что свидетельствует о повышении соотношения $\text{BO}_3 / \text{BO}_4$. При введении LiF смещение полосы $1000...1350\text{ см}^{-1}$ в низкочастотную область свидетельствует об изменении положения в матрице стекла тригонально координированных атомов бора и вхождении $\text{Li}(\text{O},\text{F})_4$, $\text{Pb}(\text{O},\text{F})_4$ в анионный каркас стекла [11].

В стеклообразных системах изменение показателя преломления и молекулярной рефракции зависит от природы катионов, анионов и их геометрического окружения. В целом, как и следовало ожидать, значения n_D и R стекол возрастают при увеличении в стекле концентрации ионов с высокой поляризуемостью.

В стеклах системы $\text{PbB}_2\text{O}_4\text{-Y}_2\text{O}_3$ кислород в наибольшей степени влияет на величину молекулярной рефракции (исключение Pb^{2+}), которая прямо пропорциональна ионной поляризуемости. Под влиянием вторичной поляризации O^{2-} катионом иттрия расстояние В-О увеличивается и связь ослабляется. Исходя из сказанного, следует, что увеличение рефракции с увеличением концентрации Y_2O_3 в стекле связано с большей поляризуемостью кислорода в структурных элементах В-О-У по сравнению с первоначальными элементами В-О-В [12]. На рис. 4 приведены зависимости n_D , R стекол от состава. Представлены как экспериментальные, так и расчетные данные показателя преломления стекол в зависимости от состава стекла. Для сравнения приведены также значения соответствующих величин для стекол с La_2O_3 , свидетельствующие о меньшей ковалентности химической связи Ме-О в лантанборатных стеклах.

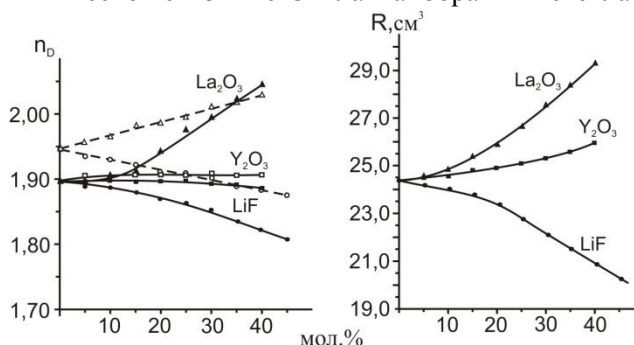


Рис. 4. Зависимости показателя преломления (n_D) и молекулярной рефракции (R) стекол систем $\text{PbB}_2\text{O}_4\text{-Y}_2\text{O}_3$ (La_2O_3) и $\text{PbB}_2\text{O}_4\text{-LiF}$ от состава

Для получения апохроматных систем, дающих и передающих совершенное изображение, в которых исправлены сферохроматические аберрации и

вторичный спектр, необходимо синтезировать стекла с высоким показателем преломления, высоким и низким коэффициентами дисперсии.

Уменьшение значений n_D фторсодержащих стекол при увеличении фторида, несмотря на уменьшение рефракции стекол, связано с постепенным снижением концентрации иона Pb^{2+} с одновременной заменой кислорода (рефракция- R_O^{2-} в боратных стеклах равна $3,45 \text{ см}^3 \cdot \text{г-ион}$) на слабополяризующийся фтор ($R_F^- < 2,44 \text{ см}^3 \cdot \text{г-ион}$). На графике (рис. 4) пунктирными линиями приведены также расчетные величины показателя преломления синтезированных стекол (использованы формулы аддитивности Аппена для многокомпонентных бороалюмосиликатных стекол). Показатель преломления стекол определяется относительно высокой точностью $\sim 0,02\%$, и несоответствие экспериментальных и расчетных данных объясняется низкой относительной долей четырёхкоординированных атомов бора в структуре стекол. При высоких концентрациях модификатора в связи с координационными переходами $B(O,F)_4 \rightarrow B(O,F)_3$ (парциальные числа n_i для BO_4 и BO_3 групп соответственно равны 1,610 и 1,464) уменьшить значения дисперсии практически невозможно [3].

Как видно из приведенных кривых, в пределах исследованных составов значения n_D , v_D и R в зависимости от состава стекла имеют разные функциональные зависимости, что способствует выбору компонентов для получения стекол с заданными значениями n_D , v_D и относительной частной дисперсией - γ_{g-F} . Стекла с La_2O_3 отличаются от стекол с Y_2O_3 , имеющих те же значения n_D с меньшим коэффициентом дисперсии - v_D . На основе исследованных систем разработаны практические составы стекол типа особых флинтгов (ОФ) с высокими значениями n_D и уменьшенными относительными дисперсиями.

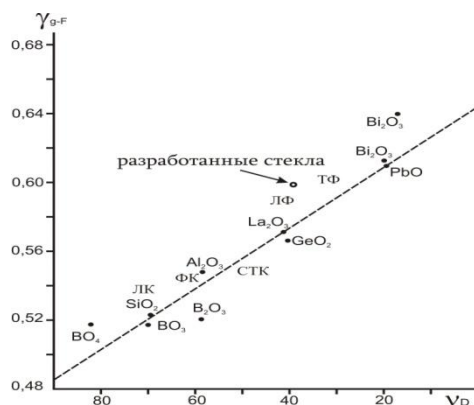


Рис. 5. Диаграмма связи “относительная частная дисперсия (γ_{g-F})- коэффициент дисперсии (v_D)”

На рис. 5 приведена диаграмма, связывающая относительную частную дисперсию с коэффициентом дисперсии исследованных стекол. В диаграмму внесены известные стекла разных типов и основные оксидные компоненты стекол (значения n_g и γ_{g-F} расчетные). Пунктирная линия проведена через точки оксидов B_2O_3 , PbO , SiO_2 , La_2O_3 , Bi_2O_3 , которые выступают в качестве основных компонентов многих оптических стекол. Как видно из диаграммы, точка стеклообразного B_2O_3 значительно отклоняется от нормальной прямой. Примечательно, что борный ангидрид при четверной координации лежит выше, а при тройной – ниже прямой. Следовательно, характер пространственного расположения и способ связи координационных полиэдров боратных групп являются определяющим фактором и играют существенную роль в формировании оптических свойств боратных стекол.

Заключение. В результате проведенных исследований выявлены область образования и область устойчивых к кристаллизации стекол в системе PbB_2O_4 - Y_2O_3 - LiF . Определено поле первичной кристаллизации нового тройного конгруэнтно плавящегося соединения $Li_3Pb_6Y_2B_{12}O_{27}F_3$. Оценены приращения оптических постоянных и термофизических свойств при совместном введении в стеклообразующую систему LiF и Y_2O_3 . Показано, что вследствие низкого показателя преломления стеклообразователя B_2O_3 для синтеза флинт в состав стекол следует вводить значительные количества высокопреломляющих оксидов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ефимов А.М.** Стекла на основе редких элементов // В кн.: Свойства и разработка новых оптических стекол. - Л., 1977. - С. 216.
2. **Демкина Л.И.** Показатель преломления, средняя дисперсия и плотность борного ангидрида и боросиликатных стекол // Физ. хим. стекла. - 1993. - Т. 19, № 1. - С. 177-193.
3. Справочник технолога – оптика / Под общ. ред. **С.М. Кузнецова** и **М.А. Окатова**. - Л.: Машиностроение, 1983. - 414 с.
4. **Мазурин О.В., Стрельцина М.В., Швайко-Швайковская Т.П.** Свойство стекол и стеклообразующих расплавов: Справочник. - Л.: Наука, 1980. - Т. 4, ч. 1. - 443 с.
5. **Роусон Г.** Неорганические стеклообразующие системы. - М.: Мир, 1970. - 312 с.
6. **Киприанов А.А., Карпухина Н.Г.** Оксигалогенидные силикатные стекла // Физ. и хим. стекла. - 2006. - Т. 32, № 1. - С. 1-22.
7. **Леонюк Н.И., Леонюк Л.И.** Кристаллохимия безводных боратов.- М.: Изд. МГУ, 1983. -176 с.
8. **Кочарян Г.Л., Арутюнян Н.М., Тороян В.П., Князян Н.Б.** Оптические свойства стекол лантанборатной системы LiF - La_2O_3 - PbB_2O_4 // Хим. журн. Армении. - 2013. - Т. 66, № 1. - С. 258-266.

9. Григорьян С.А., Чеховский В.Г., Петров Ю.А., Халилев В.Д. ИК спектры стекол системы $\text{PbB}_2\text{O}_4\text{-PbGeO}_3\text{-PbF}_2$ // Физ. хим. стекла. - 1988. - Т. 14, № 5. - С. 784-787.
10. Weir C.E., Schroder R.A. Infrared spectra of the crystalline inorganic borates // J. Phys. Chem. - 1964. - V. 68A, № 5. - P. 465-486.
11. Костанян К.А., Князян Н.Б., Мурадян С.Г., Гаспарян Л.А. Исследование боратных фторсодержащих стекол как основа для твердых электролитов // Хим. ж. Армении. - 2004. - Т. 57, № 1-2. - С. 14-17.
12. Spectroscopic studies of $\text{Ln}_2\text{Ca}_3\text{B}_4\text{O}_{12}\text{-Nd}^{3+}$ (Ln = Y, La, Gd) crystals / B.V. Mill, A.M. Tkachuk, E.L. Belokoneva et al // J. Alloys Comp. - 1998. - V. 275-277. - P. 291 -294.

*Поступила в редакцию 07.05.2014.
Принята к опубликованию 11.07.2014.*

ԱՊԱԿԵԳՈՅԱՑՈՒՄԸ ԵՎ ԱՊԱԿԵՆԵՐԻ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ ԻՏՐԻՈՒՄԲՈՐԱՏԱՅԻՆ $\text{PbB}_2\text{O}_4\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-LiF}$ ՀԱՄԱԿԱՐԳՈՒՄ

Գ.Լ. Քոչարյան, Ն.Մ. Հարությունյան, Վ.Պ. Թորոյան, Ն.Բ. Կնյազյան

Ուսումնասիրվել են $\text{PbB}_2\text{O}_4\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-LiF}$ համակարգի ապակեգոյացման տիրույթը, հալման դիագրամը՝ սպեկտրի կապույտ տիրույթում ցածր հարաբերական դիսպերսիայով ֆլինտների սինթեզման համար: ԴԹԱ, ՌՖԱ, ԻԿ-սպեկտրագնման եղանակներով հետազոտվել են հալույթների ապակեգոյացման պրոցեսները և ապակիների կառուցվածքը, դրանց բյուրեղացման ջերմությունը (ΔH) և բյուրեղացման ջերմաստիճանային միջակայքը (ΔT_{cr}): Ներկայացված է սինթեզված ապակիների դիսպերսիայի գործակցի և հարաբերական մասնակի դիսպերսիայի փոխկապվածության դիագրամը:

Առանցքային բառեր. վիճակի դիագրամ, ապակեգոյացում, բյուրեղացում, բեկման ցուցիչ, դիսպերսիայի գործակից, հարաբերական մասնակի դիսպերսիա:

GLASS FORMATION AND OPTICAL PROPERTIES OF GLASSES OF YTTRIUM-BORATE SYSTEMS $\text{PbB}_2\text{O}_4\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-LiF}$

G.L. Kocharyan, N.M. Harutyunyan, V.P. Toroyan, N.B. Knyazyan

The glass formation area and the fusibility diagram of the investigated $\text{PbB}_2\text{O}_4\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-LiF}$ system for developing flints with reduced relative dispersion in the blue part of the spectrum are investigated. By differential thermal analysis DTA, refractometric IR, RFA analysis methods, the processes of phase formation and the glass structure, the temperature interval (ΔT_{cr}) and the heat (ΔH) of the glass crystallization are investigated. The diagrams showing the relation of the dispersion coefficient to the refraction index and the relative dispersion of the glasses synthesized are introduced.

Keywords: condition diagram, glass formation, crystallization, refraction index, dispersion coefficient, relative particular dispersion.