

УДК 666.11.01:537.311.32

Студ. А.И. Гелай

Науч. рук. доц. к.т.н. М.В. Дяденко

(кафедра технологии стекла и керамики, БГТУ)

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ РАДИОЗАЩИТНЫХ СТЕКОЛ

Радиозащитные стекла предназначены для защиты людей от воздействия электромагнитного излучения. Основными механизмами такой защиты являются отражение, поглощение и многократное отражение. Поглощение электромагнитного излучения обусловлено вынужденными колебаниями электрических зарядов (или атомов) в переменном поле электромагнитной волны, вследствие чего изменяются амплитуда и фаза их гармонических колебаний и, как результат, происходит преобразование электромагнитной энергии в тепловую.

Взаимодействие стекол с электромагнитным полем предопределяет комплекс особых требований к ним: требуемое значение тангенса угла диэлектрических потерь и коэффициента отражения электромагнитного излучения СВЧ-диапазона [1].

Целью настоящей работы является разработка составов радиозащитных стекол, обеспечивающих ослабление электромагнитной энергии. Такие стекла должны иметь электронную или ионную проводимость. Электронная проводимость достигается путем введения в их состав оксидов переходных металлов, катионы которых находятся в различных степенях окисления. Ионная проводимость обусловлена значительным содержанием в стекле оксидов щелочных металлов.

Для синтеза указанного типа стекол выбрана система $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$, при следующем содержании компонентов, мол. %: 17,5–27,5 Na_2O ; 10–17,5 B_2O_3 и 62,5–72,5 SiO_2 . Выбор системы обусловлен необходимостью достижения поставленной цели путем введения в состав стекол значительных количеств катионов щелочных металлов, которые являются подвижными вследствие того, что они однозарядные. Однако верхняя граница их использования ограничена содержанием 30 мас. % вследствие того, что значительное количество оксида Na_2O способствует резкому снижению химической устойчивости стекол.

Синтез опытных стекол осуществлялся в газопламенной печи периодического действия при температуре 1500 ± 20 °С. По результатам варки установлено, что все стекла характеризуются требуемой степенью осветления и отсутствием непровара.

Определение кристаллизационной способности опытных стекол проводилось методом градиентной термообработки в интервале температур 650–1100 °С, по результатам которой установлено, что

образцы, включающие 65,0 и 67,5 мол.% SiO_2 , 17,5 и 20,0 мол.% Na_2O в интервале температур 930–1100 °С характеризуются наличием кристаллической корки. Высокая устойчивость стеклообразного состояния характерна для стекол, включающих 67,5 и 70 мол.% SiO_2 и 10–15 мол.% B_2O_3 .

Плотность опытных стекол определялась методом гидростатического взвешивания. Данный показатель для стекол системы Na_2O – B_2O_3 – SiO_2 изменяется в пределах от 2490 до 2577 кг/м^3 (рисунок 1).

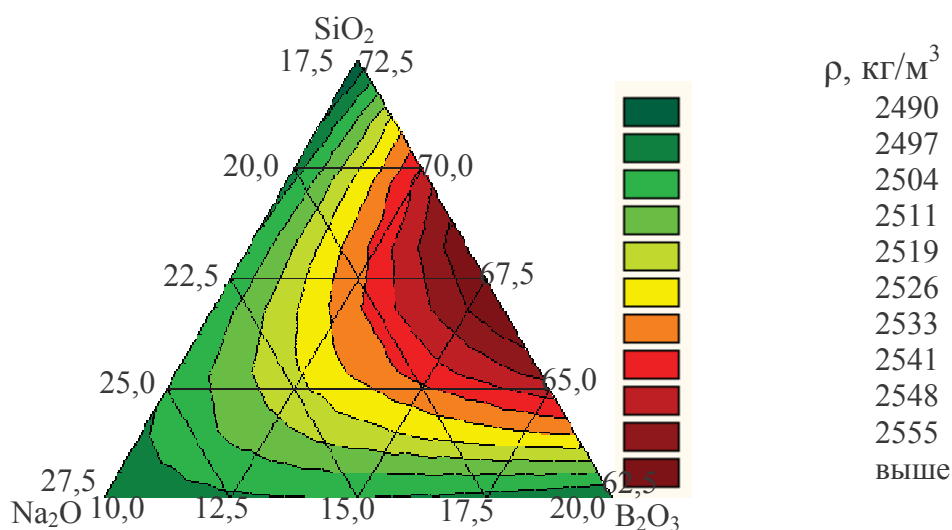


Рисунок 1 – График зависимости плотности опытных стекол от их химического состава

Определяющее влияние на величину плотности опытных стекол оказывают оксиды Na_2O и B_2O_3 . Как известно [2, 3], с увеличением доли оксидов щелочных металлов, плотность стекол увеличивается, что обусловлено повышением плотности упаковки структурных элементов. С другой стороны, повышение количества оксида бора в составе стекол при постоянном содержании оксидов щелочных металлов обуславливает изменение соотношения трех- и четырехкоординированного бора, которое определяется величиной $\text{Na}_2\text{O}/\text{B}_2\text{O}_3$. За счет увеличения в структуре стекла доли группировок $[\text{BO}_3]$, которые в противоположность тетрадрам $[\text{SiO}_4]$ занимают больший мольный объем, и происходит снижение плотности опытных стекол.

Возможность использования радиозащитных стекол на практике в различных сферах народного хозяйства зависит от величины их температуры начала размягчения, которая определяет рабочий диапазон использования данного типа стекол. Определение температуры начала размягчения опытных стекол осуществлялось методом диффе-

ренициально-сканирующей калориметрии (ДСК), по результатам которого установлено, что данный показатель изменяется от 522 до 610 °С.

Как известно [1], энергия радиоволны при ее распространении в веществе преобразуется в другие виды энергии, в частности, в электрическую и тепловую. В связи с этим, радиозащитный материал должен иметь высокую термостойкость, которая зависит в первую очередь от температурного коэффициента линейного расширения (ТКЛР), и характеризоваться полупроводниковыми свойствами.

ТКЛР опытных стекол изменяется от $42,02 \cdot 10^{-7}$ до $72,51 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$. При этом с уменьшением содержания оксида B_2O_3 наблюдается рост данного показателя. Эквимолярная замена SiO_2 на B_2O_3 при постоянном содержании Na_2O в опытных стеклах ведет к значительному снижению температурного коэффициента линейного расширения.

Электропроводность опытных стекол определяется содержанием в их составе оксидов щелочных металлов [4] и для опытных стекол системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ изменяется в пределах $1,5435 \cdot 10^{-6}$ – $1,5212 \cdot 10^{-9} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$. Максимальной величиной данного показателя характеризуются стекла, включающие R_2O 17,5–22,5 и B_2O_3 10–12,5.

Электрофизические свойства опытных стекол оценивались волноводным методом, который позволяет определить коэффициент стоячей волны, коэффициент отражения и показатель ослабления СВЧ-излучения. Это позволяет оценить исследуемый материал с точки зрения практического использования его в исследуемом диапазоне.

Установлено, что минимальные значения тангенса угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$) характерны для стекол, включающих, мол. %: SiO_2 65, Na_2O 17,5–25, B_2O_3 10–17,5. Следует отметить, что при изменении частоты СВЧ-излучения с 1,85 до 2,96 ГГц $\text{tg}\delta$ возрастает. При увеличении частоты с 1,84 до 2,50 ГГц коэффициент отражения опытных стекол на основе системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ уменьшается с 70 до 64 % (рисунок 2). Изменение количества оксида бора от 10 до 12,5 мол. % способствует повышению коэффициента отражения, а последующее его введение в количестве до 17,5 мол. % вызывает снижение данного показателя на 6–8 %.

Химическая устойчивость характеризует способность опытных стекол противостоять химическому воздействию влаги, растворов различных реагентов, которые действуют на его поверхность и изменяют его структуру.

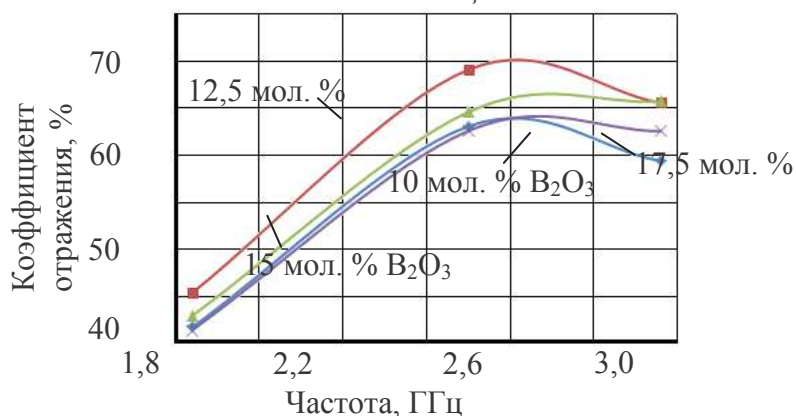


Рисунок 2 – Влияние частоты на коэффициент отражения СВЧ-излучения

Химическая устойчивость стекол определяется его составом: чем ниже доля щелочных оксидов, тем оно более химически стойкое. Все опытные стекла относятся к III и IV гидролитическому классу. Максимальной химической устойчивостью обладают стекла, в которых содержание Na_2O изменяется от 17,5 до 22,5 мол. %, а B_2O_3 – от 12,5 до 20 мол. %.

Для возможности использования опытных стекол в качестве остекления зданий или в качестве прозрачных защитных экранов выполнено определение величины их светопропускания с применением спектрофотометра МС 122 фирмы Proscan (Республики Беларусь).

Все опытные стекла характеризуются незначительным поглощением в области 380–430 нм, что обусловлено наличием примесей оксида железа в составе опытных стекол.

На основании проведенных исследований для синтеза стекол, значительно ослабляющих электромагнитное излучение и отвечающих в максимальной степени предъявляемым к ним требованиям, могут быть использованы составы, включающие, мол. %: Na_2O 20–22,5; B_2O_3 10–12,5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев, О.А. Электромагнитные поля и здоровье человека // Энергия: экологические проблемы. – 1999, №5. – С. 3–5.
2. Павлушкин, Н.М. Химическая технология стекла и ситаллов / Н.М. Павлушкин. – М.: Стройиздат, 1983. – 432 с.
3. Гулоян, Ю.А. Технология стекла и стеклоизделий / Ю.А. Гулоян. – М.: Владимир: Транзит-Икс, 2003. – 480 с.
4. Аппен А.А. Химия стекла / А.А. Аппен. М.: Химия, 1974. – 360 с.