

**РАДИОФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БОРОСИЛИКАТНЫХ СТЕКОЛ,
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ОКСИДАМИ La_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2** **М.В. Дяденко¹, Д.С. Быченко², А.Г. Сидоревич¹, Е.Д. Василевич², Г.В. Горохов²**¹*Белорусский государственный технологический университет, г. Минск*²*НИИУ Институт ядерных проблем БГУ, г. Минск*

По спектральным характеристикам электромагнитное излучение можно разделить на два вида: низкочастотное, создающее электромагнитное импульсное излучение на частотах ниже 1 МГц, и высокочастотное, обеспечивающее излучение СВЧ-диапазона (сверхвысокочастотные волны или микроволны).

При длительном воздействии СВЧ-излучений развивается болезнь, связанная с нарушением функций всех регуляторных систем, в результате чего резко падает производительность труда и наблюдаются нарушения психики. Чтобы обеспечить безопасность людей, эксплуатирующих различные электромагнитные объекты, необходимо знать условия их функционирования, факторы, механизм и признаки облучения, предельно допустимые уровни ЭМ-поля, возможные последствия и защитные меры от его влияния.

В последнее время все более значительную роль приобретают стекла, способные ослаблять электромагнитное излучение в СВЧ-диапазоне. Особенностью данного типа стекол является их способность отражать или ослаблять СВЧ-излучение. Взаимодействие стекол с электромагнитным излучением предопределяет комплекс особых требования к ним, наряду с отсутствием кристаллизации: требуемое значение диэлектрической проницаемости, суммарная величина поглощения и отражения электромагнитного излучения СВЧ-диапазона должна быть не менее 50 %, величина плотности стекол должна быть достаточно высокой, т.к. ее уровень определяет степень отражения такого излучения.

В предыдущих работах нами выполнены базовые исследования электрофизических и физико-химических свойств щелочных боросиликатных стекол, для синтеза которых была выбрана система $Na_2O-B_2O_3-SiO_2$. С целью повышения ослабляющей способности боросиликатных стекол проведено модифицирование стекла оптимального состава щелочной боросиликатной системы оксидами La_2O_3 , ZrO_2 и TiO_2 , вводимыми последовательно взамен SiO_2 в количестве от 2,5 до 7,5 мол. %.

Процесс ослабления электромагнитного излучения сверхвысокочастотного диапазона стеклом связан с преобразованием энергии этого излучения в тепловую либо электрическую. Для этого оно должно характеризоваться высокими значениями диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь, быть термостойким, а его структура должна обеспечивать наличие связей, обуславливающих возникновение релаксационной и деформационной поляризации.

Чем выше степень ковалентности связей в структуре стекла, тем ниже будет величина поляризации и, как результат, степень ослабления электромагнитного излучения. Критерием ковалентности химической связи служит разность электроотрицательностей элементов. В ряду силикатных стекол наиболее высокой степенью ковалентности связей характеризуется кварцевое стекло, а по мере введения в его состав оксидов-модификаторов возрастает доля немостиковых атомов кислорода и, как результат, связей с более высокой степенью ионности.

Введение оксидов La_2O_3 и ZrO_2 взамен SiO_2 будет способствовать увеличению доли связей $[-Si-O-R-Si-O-]$ (где $R - La^{3+}, Zr^{4+}, Ti^{4+}$) с более высокой степенью ионности, чем связь $[-Si-O-Si-]$. Чем выше поляризующее действие вводимого катиона, тем в более значительной степени будет ослабляться связь $Si-O$ в структурном мотиве $[-Si-O-R-Si-O-]$.

Поляризация представляет собой процесс электростатического воздействия на частицу, в результате которого происходит смещение в ней электрических зарядов. Поляризующее действие иона (т. е. его способность деформировать другой ион) возрастает с увеличением заряда и уменьшением радиуса иона и определяется его электронной структурой. Поляризующее действие иона тем значительнее, чем выше его заряд и меньше радиус. В рамках данной работы более высоким поляризующим действием (более высокой электроотрицательностью) обладает ион титана (1,54), чем ионы лантана (1,10) и циркония (1,33), что подтверждают приведенные данные.

По результатам измерения электромагнитного отклика образцов опытных стекол толщиной $0,9 \pm 0,1$ см установлено, что значения спектральных коэффициентов отражения и пропускания составляют 35–50 % и 50–60 %, соответственно.

Коэффициент поглощения во всем диапазоне измерений не превышал 5 % для всех рассмотренных образцов стекол. Максимальная величина коэффициента отражения (порядка 50 %)

наблюдалась у стекла с содержанием ZrO_2 5,0 мол. %, при общем коэффициенте пропускания электромагнитного излучения СВЧ-диапазона 45 %.

Установлено, что введение TiO_2 в составы щелочных боросиликатных стекол в количестве 2,5–7,5 мол. % (рисунок) вызывает значительное снижение величины пропускания электромагнитного излучения (на 12 % по сравнению с другими образцами).

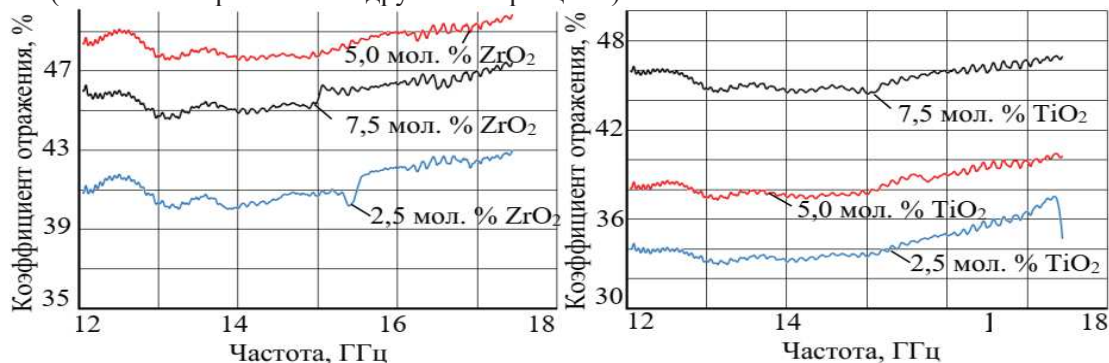


Рисунок – Зависимость коэффициента отражения СВЧ-излучения от содержания: а – ZrO_2 , б – TiO_2

На наш взгляд, это связано с формированием в структуре стекла областей с повышенной поляризуемостью, обуславливающих общий рост эффективной диэлектрической проницаемости материала и, как результат, увеличение коэффициента отражения.

Одной из основных физических характеристик, присущих непосредственно материалу, а не образцу, является комплексная диэлектрическая проницаемость.

В диапазоне частот 20 Гц–1 МГц спектры ϵ измерялись при помощи анализатора иммитанса широкополосного E7-28. Для проведения исследований комплексной диэлектрической проницаемости стекол с различными типами добавок, исследуемые образцы в виде плоскопараллельных пластин помещались между двумя электродами измерительной ячейки, которая представляет собой плоский конденсатор.

Диэлектрическая проницаемость исследованных стекол в рассматриваемом диапазоне не обладает выраженной дисперсией, что позволяет рассмотреть ее концентрационную зависимость на фиксированной частоте 15 ГГц. Действительная часть диэлектрической проницаемости находится в диапазоне 5,5–7,0 и обладает существенной зависимостью от концентрации вводимого оксида (La_2O_3 , ZrO_2 , TiO_2). Примечательно, если стекло содержит в своем составе La_2O_3 , зависимость носит монотонно-возрастающий характер, а для стекол остальных составов, включающих оксиды титана и циркония, наблюдается насыщение.

Таким образом, все исследованные стекла характеризуются существенно диэлектрическим поведением и малой диссипацией энергии в СВЧ-диапазоне. Данные свойства позволяют рассматривать боросиликатные стекла в качестве материала для элементов СВЧ-соединений.

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СТЕКОЛ ДЛЯ СВЕТОВЕДУЩЕЙ ЖИЛЫ ЖЕСТКОГО ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

М.В. Дяденко, И.А. Левицкий

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск

Производство жесткого оптического волокна и изделий на его основе является достаточно трудоемким. В Республике Беларусь данное производство характеризуется повышенным браком продукции, который обусловлен склонностью промышленного стекла для световедущей жилы марки ТБФ-10 к кристаллизации в процессе вытягивания волокна. Это в свою очередь ограничивает возможность выпуска конкурентоспособной продукции.

Оптическое волокно состоит из световедущей жилы и одной (светоотражающей) или двух (светоотражающей и защитной) оболочек. Световедущая жила служит для передачи световой энергии, сконцентрированной на входном торце, на его выходной торец путем полного внутреннего отражения светового луча.

Основным материалом для изготовления жесткого оптического волокна по-прежнему остается оптическое стекло.