

НОВЫЕ ВИДЫ ФОСФАТНЫХ СТЕКОЛ, СПОСОБНЫХ НАКАПЛИВАТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЗАРЯД

Т.К.Павлушкина, О.А.Гладушко

ОАО «Институт стекла» Россия, Москва, 111024, Душинская ул., 7

С каждым годом исследование поляризационных явлений в диэлектриках приобретает все большее значение не только с теоретической, но и с практической точки зрения. Заметно возрос интерес к диэлектрикам, способным проявлять электретные свойства, т.е. способным образовывать устойчивые во времени сильные внутренние или внешние электрические поля, например, в результате накопления объемного электрического заряда.

Весьма перспективным материалом для получения электретов являются неорганические стекла, так как благодаря технологии их получения, свойственной технологии синтеза неорганических стекол, возможно изготавливать образцы различной конфигурации и размеров.

В результате ранних исследований [1] было установлено, что необходимым условием получения устойчивых электретов из стекла является гетерогенность их структуры, причем различия в природе гетерогенности на процесс образования устойчивого поля влияния не оказывает. Остаточная поляризация в таких материалах развивается за счет захвата зарядов на границах раздела двух фаз: «стекло-кристалл» (стеклокристаллические материалы), «стекло-стекло» (ликвидирующие боросиликатные и борфосфатные стекла). Однако, в целом физическая природа электретного эффекта в неорганических стеклах и ситаллах остается неопределенной. Во всяком случае однозначный вывод о влиянии гетерогенности структурной сетки на электретные свойства указанных материалов сделать нельзя.

Известное свойство высокоомных полимерных материалов образовывать объемный электрический заряд при облучении ионизирующим облучением присуще также и фосфатным стеклам, обладающим гомогенной структурной сеткой.

Нами проведено исследование взаимодействия электронных пучков со стеклами, состав которых соответствует метафосфатам щелочных (Li, Na) и щелочноземельных элементов и метафосфатным стеклам с добавками оксидов-модификаторов I-III групп в количестве 5-25 молярных процентов. Исследуемые стекла обладают физико-химическими свойствами, изменяющимися в широких пределах. Температуры стеклования T_g и размягчения T_f для них составляют, соответственно, 245-575⁰С и 269-605⁰С, ТКЛР в диапазоне 20-300⁰С меняется от 54·10⁻⁷ до 178·10⁻⁷ град.⁻¹, плотность от 2,31 до 3,56, показатель преломления от 1,486 до 1,584. Стекла отличаются высокой прозрачностью и отсутствием избирательного поглощения в диапазоне 0,3 – 3,0 мкм и с помощью электронного микроскопа в них не обнаружено дефектов и признаков расслаивания структуры. Величина удельной проводимости стекол при 20⁰С составляла от 10⁻¹³ до 10⁻¹⁵ ом⁻¹см⁻¹.

Исследования проводили на образцах стекол диаметром 25 и 40 мм и толщиной от 1 до 25 мм.

Для оценки объемного заряда использовали метод радиационного зондирования внутренних электрических полей в веществе, основанный на измерении возрастания обратного рассеяния электронов

или определении других характеристик прохождения электронных пучков через диэлектрические материалы при облучении на ускорителе. Облучение проводили потоком электронов с энергией 1,0 и 1,5 Мэв и плотностью потока $5 \cdot 10^{-8}$ А/см² и $3,1 \cdot 10^{-10}$ эл/см².

Экспериментальные исследования позволили установить связь между химическим составом, исходными электрическими характеристиками стекол и свойством образовывать сильные внутренние электрические поля при облучении. Большая величина заряда наблюдается для стекол с меньшей величиной исходной электропроводности, причем наибольший заряд накапливается в стекле метафосфатного состава. Фактором, определяющим величину накопленного заряда, является энергетика структуры стекол. С увеличением силы поля катиона-модификатора, входящего в состав стекла, и с ростом прочности связей уменьшается собственная электропроводность, увеличивается количество глубоких электронных ловушек в запрещенной зоне и происходит увеличение аккумулированного заряда. Например, в стеклах, содержащих низкоатомные катионы-модификаторы Са⁺⁺ и Mg⁺⁺, сила поля которых равна 0,35 и 0,51, соответственно, тормозящее и рассеивающее действие электрического поля на электронные пучки приводит к возрастанию коэффициента обратного рассеяния в 2-2,5 раза, а в стеклах, содержащих катионы Ва⁺⁺ и Sr⁺⁺ (сила поля 0,24 и 0,27, соответственно) – в 1,3 – 1,5 раза. При этом напряженность поля при замене низкоатомных катионов, обладающих большой силой поля, на высокоатомные, обладающие меньшей силой поля, меняется с 2,2 МВ/см для магнийфосфатного стекла до 0,5 МВ/см для барийфосфатного. Анализ устойчивости заряженного состояния показал, что в среднем период снижения напряженности электрического поля в 2 раза в исследуемых стеклах составляет 30-40 дней, после чего напряженность поля сохраняется практически постоянной в течение нескольких месяцев.

Проведенные исследования позволили разработать новые составы технологичных метафосфатных стекол типа $0,5 \text{ P}_2\text{O}_5\text{-}0,45\text{RO-}0,05\text{R}_2\text{O}_3$, характеризующихся высокой воспроизводимостью составов во время синтеза. Указанные стекла под действием облучения способны накапливать электрический заряд и удерживать его в течение длительного времени.

Электретное состояние оказалось устойчивым не только в лабораторных, но и в условиях открытой поверхности космических аппаратов. Использование разработанных стекол в космической технике позволит повысить эффективность радиационной защиты элементов высокоорбитальных космических аппаратов от электронного излучения, что приведет к увеличению в два раза и более срока службы объекта в целом.

Литература:

1. Ауслендер В.Л., Лазарев В.Н., Цетлин В.В. исследование взаимодействия пучков электронов с высокоомным диэлектриком. – ЖТФ, 1983, т.53, №3, С.514-517.