Принципиальная оптическая схема установки для определения внутренних напряжений в композиционном материале «металл — стекло — керамика»

В. С. Костров¹, Н. Т. Шардаков¹, И. М. Бушмакин²

¹Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина ²ОАО «ПО Уральский оптико-механический завод им. Э. С. Яламова»

Трехслойная структура, включающая тонкий слой стекла, зажатый между керамической и металлической подложками и прочно сцепленный с ними, представляет собой композиционный материал, использующийся, в частности, при изготовлении сборочных единиц (стеков) твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ). Поскольку ТОТЭ периодически нагреваются и охлаждаются, их надежная работа возможна только при согласовании ТКЛР керамической и металлической подложек и стекла. Согласование можно считать достигнутым, если уровень внутренних механических напряжений в композите не превысит предел прочности стекла. В настоящее время уровень допустимых напряжений в слоистых композиционных материалах определяется либо расчетным путем [1], либо по результатам натурных испытаний. Однако точность этих методов невелика, поскольку при расчетах не учитываются физико-химические процессы, протекающие на границах сред при формировании композита, а достоверность результатов натурных испытаний ограничена временем испытаний.

В данной работе уровень механических напряжений в слое стекла трехслойного композита «металл — стекло — керамика» предлагается определять по величине двулучепреломления. Принципиальная оптическая схема установки представлена на рис. 1: световой поток от источника коллимируется конденсором, проходит через поляризатор, попадает на исследуемый образец, проходит анализатор и фокусируется с помощью объектива в плоскость матричной площадки цифровой камеры, подключенной к персональному компьютеру или ноутбуку.



Рис. 1. Структурная схема установки для определения внутренних напряжений в стекле: 1 — источник света, 2 — конденсор, 3 — светофильтр, 4 — матовое стекло, 5 поляризатор, 6 — исследуемый образец, 7 — анализатор, 8 — пластинка λ/4, 9 объектив, 10 — цифровая камера, 11 — персональный компьютер

При прохождении линейно-поляризованного излучения через исследуемое стекло меняется состояние его поляризации, и регистрируемая интенсивность света будет зависеть от ориентации образца относительно поляризатора. Определив распределение интенсивности в плоскости матричного приемника, можно восстановить разность фаз в поперечном сечении стекла и, учитывая ее взаимосвязь с механическими напряжениями, определить их величину.

Оптическая система была смоделирована в программном пакете Zemax (представлена на рис. 2). По результатам моделирования была проведена оптимизация системы, сделан подбор компонентов для достижения максимальной освещенности исследуемого образца и выполнен габаритный и энергетический расчет.



Рис. 2. Оптическая схема, смоделированная в программном продукте Zemax с визуализацией светового потока

Список источников

1. Мазурин О. В. Отжиг спаев с металлом. Л. : Энергия, 1980. 140 с.

Создание перспективных материалов на основе стекол для современной энергетики^{*}

Е.С. Кузнецова¹, С.В. Першина^{1,2}, С.Г. Власова¹

¹ Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина ² Институт высокотемпературной электрохимии Уральского отделения Российской академии наук

Многообещающими функциональными материалами для современной энергетик и являются стекла и композиты на их основе, т. к. обладают уникальными свойствами. Знания о процессах кристаллизации стекол позволяют разработать технологию получения материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

К перспективным твердым электролитам для литий-ионных и литий-воздушных аккумуляторов относятся проводники семейства германофосфата лития $\text{LiGe}_2(\text{PO}_4)_3$ со структурой NASICON [1; 2]. При допировании трехвалентными ионами (Al^{3+} , Cr^{3+} , Ga^{3+} и др.) по подрешетке Ge^{4+} электропроводность увеличивается на несколько порядков величины [1], при этом наибольшая литий-ионная проводимость достигается для состава $\text{Li}_{1,5}\text{Al}_{0,5}\text{Ge}_{1,5}(\text{PO}_4)_3$ (LAGP). Однако проводимость керамических проводников LAGP меньше по сравнению с проводимостью стеклокерамики аналогичного состава [1]. Стеклокерамика имеет низкую пористость, компактную микроструктуру, что приводит к улучшенным электрическим свойствам. Ранее были оптимизированы условия кристаллизации литий-алюмогерманофосфатного стекла для получения стеклокерамической мембраны LAGP [2]. С целью модификации ее функ-

^{*} Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 22-23-01099).