

УДК 548.552.24

К.Д. Малуев (6 курс, каф. ПФОТТ), Г.О. Карапетян, д.х.н., проф.

ВЛИЯНИЕ ИОННОГО ОБМЕНА НА ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАНАРНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ВОЛНОВОДОВ

ABSTRACT: A new description of concentration-dependent ion exchange is presented. The diffusion coefficient is then expressed as a function of the self-diffusion coefficients, excess interaction energy and cation-cation coordination. The modified quasi-chemical description results in excellent fits to experimentally determined concentration-dependent diffusion coefficients for the temperature dependences at the 265-320°. It is shown to be useful for modeling the strong concentration-dependence of ion exchange as used in the development of glasses for micro- and gradient-index optics. But at the 150-190° We have obtained a sensationally results going counter with the theory.

Ионообменные свойства стекол, т.е. их способность замещать подвижные щелочные катионы в своей структуре на другие катионы из жидкой или газообразной фазы, давно получили широкое признание и стали одной из важных физико-химических характеристик стекла. Более того, в последнее время получило распространение понятие «ионообменный синтез стекол», т.е. получение стекол, поверхность которых модифицирована в результате ионообменной обработки для придания ей тех или иных свойств. Множество теоретических и экспериментальных работ посвящены ионному обмену как технологии изготовления высококачественных оптических элементов - планарных волноводов, фазовых и амплитудных дифракционных решеток, микролинзовых растровых объективов.

Согласно Больцману, диффузионная система удовлетворяет условиям второго закона Фика, если концентрационные профили, $C(x,t)$, сформированные в выбранном образце в течение различных времен и с граничными условиями первого рода автомодельны, т.е. на графике в координатах $n, x/\sqrt{t}$ концентрационные профили совпадают. Каждое стекло имеет область температур (около температуры стеклования), где особенность диффузионного процесса по Фику нарушена. Таким образом, для корректного моделирования ионного обмена,

необходимо проверить применимость второго закона Фика $\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$, (где x – координата, t – время, C - концентрация одного из обмениваемых ионов) в выбранном температурном режиме. В противном случае мы будем вынуждены рассматривать более сложную диффузионную модель или изменять температурный режим. Существует методика, которая позволяет определять значение диффузионной энергии активации и проверять, может ли закон Фика применяться, для моделирования процесса ионного обмена в пределах выбранной температуры и диапазонов времен. В данной работе были поставлены следующие задачи:

1. Проведение серии ионообменных обработок стекла ПЛКБ в расплавах азотнокислого серебра с целью получения планарных оптических волноводов;
2. Проведение интегрально-оптических исследований полученных волноводных структур.
3. Расчет профилей показателя преломления в этих структурах;
4. Определение диффузионных параметров стекла ПЛКБ на базе данных, полученных из интегрально-оптических исследований;
5. Экспериментальная проверка определенных параметров стекла путем проведения прямого процесса и сравнения полученных диффузионных профилей показателя преломления с заданными.

В этой работе исследовались стекла типа ПЛКБ. В образцы ПЛК стекла проводился ионный обмен из солевого расплава с составом 38 мол. % KNO_3 + 62 мол.% $AgNO_3$ при тем-

пературах 150-190° С и временах от 24 часов до одной недели. А также проводился ионный обмен с составом 5 мол.% AgNO₃ +95 мол.% эвтектики(50.5 мол.% KNO₃+49.5 мол.% NaNO₃) при температурах 265-320° С.

Из экспериментальных зависимостей, полученных для профилей, при температурах 265-320°С, получено, что для стекол ПЛК в координатах $n, x/\sqrt{t}$ профили показателей преломления совпадают с хорошей точностью и погрешность составляет примерно 1%, что вполне допустимо для применения метода Больциана-Матано для определения зависимости $D(\Delta n)$.

Для профилей, полученных при температурах 150-190°С для стекол ПЛК, в этих координатах профили показателей преломления не совпадают и погрешность составляет примерно 12%, что является недопустимым для применения метода Больциана-Матано для определения зависимости $D(\Delta n)$. Эта проблема требует дополнительных исследований. Возможно, проявилась зависимость коэффициента диффузии не только от температуры, но и от временных процессов на поверхности. Таким образом для нашей задачи необходимо решать уравнение диффузии не с граничными условиями 1-го рода, а 3-го.