

УДК 535.371: 535.373: 535.343

## НИЗКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫЙ ИОННЫЙ ОБМЕН ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СЕРЕБРЯНЫХ КЛАСТЕРОВ В НАТРИЕВО-АЛЮМОСИЛИКАТНОМ СТЕКЛЕ

Марасанов Д.В. (Университет ИТМО), Миронов Л.Ю. (Университет ИТМО),  
Сгибнев Е.М. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – доктор физ.-мат. наук, профессор Никонов Н.В.  
(Университет ИТМО)

Уменьшение концентрации ионов серебра в стекле после ионного обмена крайне слабо влияет на набор серебряных кластеров. Серебряные кластеры, сформированные методом низкоконцентрированного ионного обмена, обладают быстрой флуоресценцией и медленной фосфоресценцией. Квантовый выход в стекле после низкоконцентрированного ионного обмена составил 11%.

**Введение.** К сегодняшнему дню серебряные кластеры представляют большой практический интерес. Их особенностью является широкая люминесценция в видимом диапазоне. Уже известно наличие у кластеров быстрой (флуоресценция) и медленной (фосфоресценция) компоненты люминесценции. Вследствие наложения полосы поглощения ионов серебра на полосу кластеров серебра остается непонятен спектр поглощения серебряных кластеров. Также возможно изменение набора серебряных кластеров в стекле. Поэтому, целью данной работы является влияние концентрации нитрата серебра в расплаве на спектрально-люминесцентные свойства серебряных кластеров в натриево-алюмосиликатном стекле.

**Основная часть.** В данном исследовании были использовано стекло, представляющее собой матрицу натриево-алюмосиликатного стекла на основе  $\text{Na}_2\text{O-ZnO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-F}$  системы, активированной оксидом сурьмы  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ . Ионный обмен (ИО) проводился в расплаве  $\text{AgNO}_3/\text{NaNO}_3$  при температуре 320 °С. Для исследования спектрально-люминесцентных свойств были выбраны соответствующие параметры ИО: 5%  $\text{AgNO}_3$  в течение 15 минут и 0,1%  $\text{AgNO}_3$  в течение 24 часов. Далее проводилась последующая термообработка (ТО) при температуре 450 °С длительностью 24 часа. На каждом этапе измерялись спектры поглощения и люминесценции образцов. В последнем шаге, также были измерены спектры люминесценции с задержкой измерения. Длина волны возбуждения составила 340 нм. Результаты исследования показывают, что ионы сурьмы являются донором электронов, тем самым оказывают значительное влияние на формирование серебряных кластеров. После каждого ИО происходит смещение края УФ поглощения в длинноволновую область за счёт поглощения ионов  $\text{Ag}^+$ , внедренных в стекло. Величина смещения изменяется вследствие с концентрацией серебра в расплаве. После ТО наблюдается появление широких полос поглощения и смещение края УФ поглощения в коротковолновую область. Это можно объяснить уменьшением концентрации ионов серебра, а также формированием кластеров серебра. При низкоконцентрированном ИО полосы серебряных кластеров слабые вследствие меньшей концентрации. Спектры люминесценции исходного стекла и после ИО очень слабые. После ТО при каждом ионном обмене полосы люминесценции серебряных кластеров практически не отличаются, кроме их интенсивности. В обоих случаях присутствуют быстрая флуоресценция и медленная фосфоресценция. Флуоресценция представляет собой переход между синглетными уровнями. При времени 40 мкс после возбуждения флуоресценция затухает. Фосфоресценция возникает вследствие перехода между триплетным и основным синглетным уровнями. Из-за потерянной части спектра фосфоресценции спектр умножили на коэффициент, дающий значения в красной области похожие на общий спектр люминесценции. Соотношение флуоресценции к фосфоресценции составляет 1:3 при каждой концентрации нитрата серебра в расплаве. В основном такая люминесценция наблюдается у кластеров  $\text{Ag}_4$ . Квантовый выход после ИО и ТО составляет 66% (5% мол.  $\text{AgNO}_3$ ) и 11% (0,1% мол.  $\text{AgNO}_3$ ).

**Выводы.** В результате проведенного исследования определено, что концентрация нитрата серебра в расплаве крайне слабо влияет на спектрально-люминесцентные свойства сформированных после ИО и ТО кластеров серебра. Разница в основном заключалась в интенсивности люминесценции, и соответственно, значением квантового выхода. Квантовый выход в стекле после ИО при максимальной концентрации нитрата серебра и ТО составил 66%, при минимальной и ТО – 11%. При каждой концентрации нитрата серебра после проведенного ИО и ТО наблюдались флуоресценция и фосфоресценция с соотношением 1:3. Работа финансово поддержана РФФ (проект 20-19-00559).