

07;12

## Фотовосстановление гамма-облученных фторидных стекол

© П.Б. Басков, В.В. Сахаров, В.А. Степанов,  
П.А. Степанов, П.В. Курдявко

Всероссийский научно-исследовательский институт химической технологии РАН, Москва  
ГНЦ РФ Физико-энергетический институт им. акад. А.А. Лейпунского, Обнинск  
E-mail: stepanov@ippe.obninsk.ru

Поступило в Редакцию 16 апреля 2002 г.

Исследованы изменения оптических свойств стекол на основе фторидов циркония (ZBLAN) и алюминия (ФГ) после гамма-облучения до дозы 1.2 Gy. После облучения наблюдается размытие и сдвиг фундаментального края поглощения в область больших длин волн. На стеклах наблюдался эффект самовосстановления оптических свойств — уменьшение радиационно-наведенного поглощения без влияния внешних воздействий.

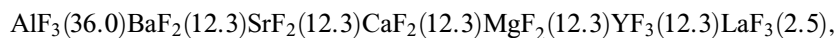
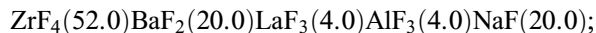
Исследован процесс фотовосстановления оптических свойств гамма-облученных фторидных стекол при облучении светом интенсивностью  $1-3 \text{ mW/cm}^2$  в диапазоне длин волн от 400–1200 nm. Обнаружено, что скорость фотоотжига гамма-облученных стекол ФАС и ZBLAN максимальна при 600 nm.

Использование различных типов стекол в оптических системах радиационных устройств имеет ряд существенных ограничений, связанных с уменьшением спектрального диапазона прозрачности при радиационных воздействиях. Спектральный диапазон прозрачности традиционно используемых кварцевых стекол в результате радиационного облучения может сужаться от 0.2–4.0 до 0.3–2  $\mu\text{m}$ . Фторидные стекла прозрачны в более широком спектральном диапазоне 0.2–7.0  $\mu\text{m}$ , который уменьшается после облучения до 0.4–6.0  $\mu\text{m}$  [1,2]. Отличительным свойством фторидных стекол является восстановление оптического пропускания после радиационного окрашивания без каких-либо внешних воздействий. Например, просветление в два раза гамма-облученных стекол на основе фторида циркония происходит за сутки при комнатной температуре. Это позволяет рассматривать фторидные

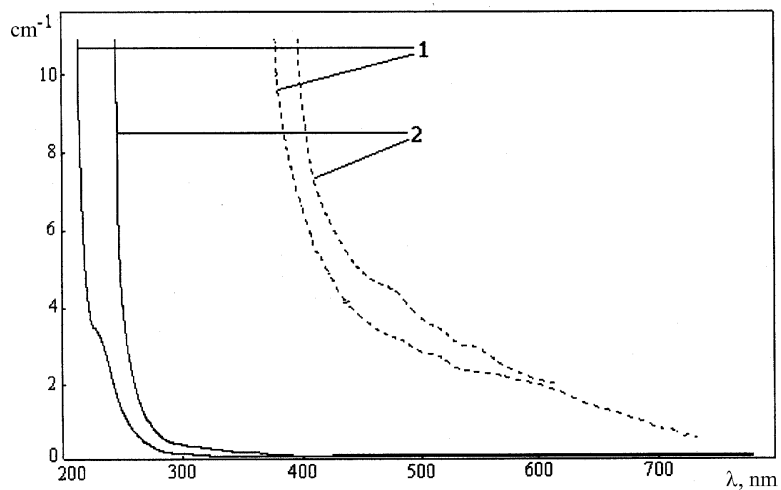
стекла в качестве материалов для принципиально отличающегося от традиционного направления создания оптических радиационно-стойких материалов — разработки самовосстанавливающихся в условиях радиационных облучений материалов. В этой связи представляет интерес процесс восстановления оптического пропускания облученных фторидных стекол низко-интенсивным светом в спектральном диапазоне их использования.

В работе [2] исследовалось фотовосстановление гамма-облученных до дозы 6 kGy стекол на основе фторидов циркония и гафния. Было обнаружено, что при изменении длины волны света от 570 до 360 nm, при котором энергия квантов света приближалась к ширине запрещенной зоны, и происходил рост оптического поглощения, наблюдалось увеличение скорости фотовосстановления. В данной работе исследовали восстановление оптических свойств гамма-облученных фторидных стекол при облучении светом в видимом и ближнем ИК-диапазонах.

Для синтеза фторидных стекол использовали фториды металлов с содержанием примесей  $10^{-3}$ – $10^{-4}$  мас%. Были синтезированы фторцирконатные (ZBLAN) и фторалюминатные (FA) стекла состава (% mol):



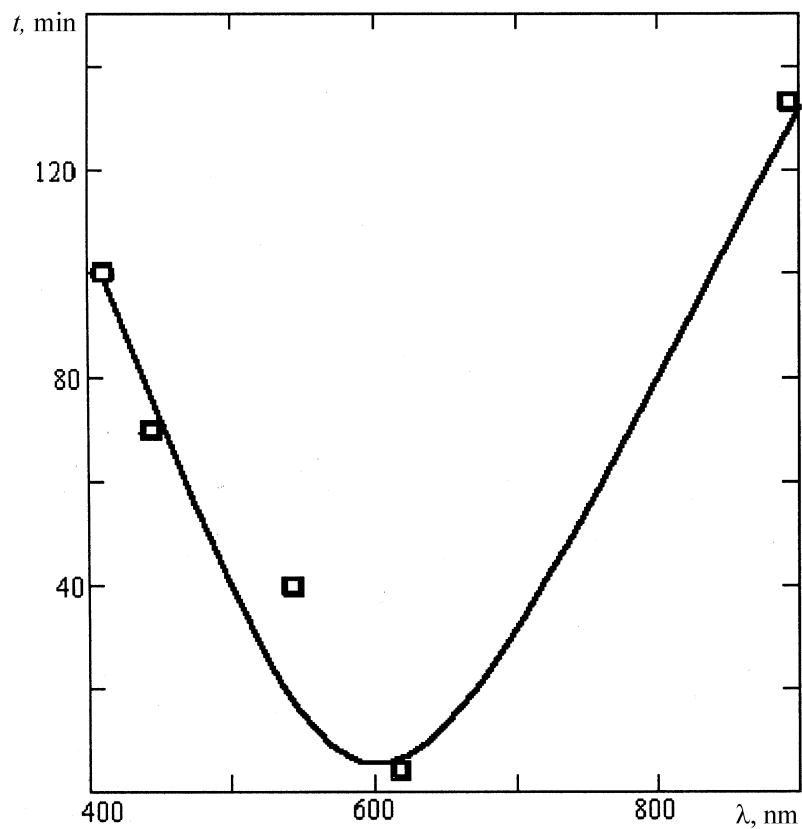
которые были облучены при комнатной температуре на гамма-источнике  $\text{Co}^{60}$  (мощность дозы 1 Gy/s) до доз  $1.2 \cdot 10^6$  и  $10^5$  Gy соответственно. Спектры оптического поглощения стекол до и после облучения приведены на рис. 1. В облученных образцах наблюдается сдвиг в область больших длин волн на  $\sim 200$  nm и размытие фундаментального края поглощения. Для фотоотжига использовался свет ртутной лампы высокого давления в диапазоне 400–1200 nm. Спектральная ширина полос для выделенных длин волн составляла 10–15 nm при интенсивности светового потока 1–3 mW/cm<sup>2</sup>. Время полного восстановления пропускания фиксировалось по совпадению (с точностью 1%) спектров пропускания исходных и облученных стекол в диапазоне 400–700 nm.



**Рис. 1.** Спектры оптического поглощения фторидных стекол до (сплошная линия) и после гамма-облучения (пунктирная линия): 1 — фторцирконатное (доза  $1.2 \cdot 10^6$  Gy), 2 — фторалюминатное (доза  $10^5$  Gy)

Для стекла FA зависимость времени полного фотовосстановления от длины волны света представлена на рис. 2. Существенное возрастание скорости процесса происходит при увеличении  $\lambda$  от 400 до 600 nm. В области ближнего ИК-диапазона процесс фотовосстановления резко замедляется. Преимущественное стимулирование восстановления „красным“ светом наблюдалось также и для стекла ZBLAN.

Как показано в [3], уменьшение оптического пропускания гамма-облученных стекол в диапазоне длин волн ниже края фундаментального поглощения обусловлено оптическими неоднородностями в стеклах, возникающими вследствие заполнения мелких электрон-дырочных ловушек радиационными носителями заряда и их миграции к структурным неоднородностям. Полученный результат свидетельствует о наличии слабого резонансного поглощения в „красной“ области, которое, по-видимому, связано с переходами с уровней мелких ловушек, релаксация которых приводит к исчезновению оптических неоднородностей.



**Рис. 2.** Зависимость времени полного восстановления оптического пропускания гамма-облученного стекла FA в диапазоне длин волн 380–900 nm от длины волны фотовоздействия (интенсивность  $2 \text{ mW/cm}^2$ ).

Обнаруженный эффект ускорения восстановления оптических свойств фторидных стекол при воздействии низко-интенсивным светом, длина волны которого находится в окне прозрачности материалов, можно использовать при разработке радиационной оптики на основе фторидных стекол.

## Список литературы

- [1] *Griscom D.L.* // Journal of Non-Cryst. Solids. 1989. V. 113. P. 146–160.
- [2] *Hobson P.R., Imre D.C.*, et al. Dense, fast, radiation-tolerant fluoro-hafnate glass scintillators for electromagnetic calorimeters in high energy physics. Proc. Int. Conf. n Inorganic Scintillators and Their Application, SCINT 95.
- [3] *Деменков П.В., Ибрагимов Р.Л., Плаксин О.А.* и др. Радиационно-индуцированная оптическая неоднородность в кварцевых стеклах. Препринт ФЭИ-2764, 1999. 20 с.