

УДК 535.015

МОДИФИКАЦИЯ СОСТАВА ФОТОТЕРМОРЕФРАКТИВНОГО СТЕКЛА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОБЪЕМНО-ФАЗОВЫХ ГОЛОГРАММ С ПОНИЖЕННЫМ РАССЕЯНИЕМ

Харисова Р.Д. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – Игнатъев А.И.
(Университет ИТМО)

В докладе определены подходы к решению задач по снижению рассеяния в голографических решетках, записанных на фототерморефрактивном стекле. Синтезировано несколько рядов ФТР стёкол с модифицированным составом по содержанию галогенидов, серебра, церия и сурьмы. Проведены исследования спектральных свойств синтезированных стекол и наностеклокерамик на их основе.

Введение. Фототерморефрактивное стекло (ФТР) – фотоструктурируемое натрий-цинк-алюмосиликатное стекло, содержащее в составе галогены (F и Br или Cl) и легированное ионами церия, сурьмы и серебра. Эти добавки участвуют в процессе фототермоиндуцированной кристаллизации, делающей возможной на таких стёклах запись объёмно-фазовых голограмм. Это происходит следующим образом: при облучении УФ-излучением происходит ионизация ионов Ce^{3+} , освободившийся фотоэлектрон захватывается ионами Ag^+ , превращая их в нейтральные атомы, или ловушками в виде ионов Sb^{5+} . После УФ-облучения следует процесс термической обработки, при котором ионы сурьмы выступают донорами электронов для оставшихся ионов серебра. Далее в течение термообработки электронейтральные атомы серебра объединяются в молекулярные кластеры. Последующая термообработка приводит к росту наночастиц серебра и образованию на них смешанной кристаллической оболочки в виде $\text{AgHal} - \text{NaHal}$ ($\text{Hal} = \text{Br}$ или Cl). На этой кристаллической оболочке вырастают нанокристаллы NaF , показатель преломления которых (1,32) меньше показателя матрицы стекла (1,49) и показателя смешанной кристаллической оболочки. Таким образом, в облучённой части стекла показатель преломления ниже показателя преломления необлучённой области ($\Delta n \sim 1000$ ppm).

На сегодняшний день записанные в ФТР стекле брэгговские решётки широко применяются в спектральных и угловых селективных устройствах, элементах для фазовой синхронизации в многомодовых лазерах, спектральных мультиплексорах лазерных пучков, элементах для компрессии и декомпрессии сверхкоротких лазерных импульсов. Также голографические решётки в ФТР стекле, активированном редкоземельными ионами, позволяют создать лазерные элементы с распределённой обратной связью.

Однако нерешённой проблемой остаются большие оптические потери в фазовых голограммах на ФТР стекле, которые, прежде всего, связаны с рассеянием на нанокристаллах NaF . В связи с этим необходимо исследование возможности модификации состава ФТР стекла для понижения рассеяния на кристаллической фазе.

Основная часть. Уменьшение доли рассеянного света возможно при уменьшении размеров рассеивающих кристаллов рефрактивной фазы (наночастиц серебра с кристаллической оболочкой фторида натрия). При этом для того, чтобы общее изменение показателя преломления не уменьшалось, необходимо добиться увеличения количества таких наночастиц для сохранения объёмной доли кристаллической фазы. Для решения этой задачи было рассмотрено два подхода: 1) увеличение содержания серебра и 2) увеличение содержания добавок CeO_2 и Sb_2O_3 , участвующих в образовании наночастиц серебра.

В работе были рассчитаны составы и синтезированы две серии стёкол (бромидная и хлоридная) на основе системы $\text{Na}_2\text{O}-\text{ZnO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{NaF}-\text{NaHal}$ (где $\text{Hal}=\text{Cl}$ или Br концентрации 1,4 мол.%), содержащих в составе CeO_2 , Sb_2O_3 и Ag_2O . В этих сериях

содержание серебра по сравнению со стандартным составом коммерческого ФТР стекла (0,006 мол. %) было увеличено в 2, 5 и 10 раз. Температура стеклования для всех стекол измерялась методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) на приборе NETZSCH STA 449F1 и для всех образцов составила примерно 473°С.

При синтезе было показано, что невозможно получить прозрачные стёкла для записи решёток Br серии с содержанием серебра в 5 и более раз больше стандартного, т. к. при такой концентрации серебро восстанавливается и окрашивает стекло в жёлтый или коричневый цвет. Бромидное стекло с удвоенной концентрацией серебра прозрачно, бесцветно и, согласно результатам ДСК, может использоваться для записи голографических решёток, т.к. имеет экзотермический кристаллизационный пик на термограмме.

Все стёкла С1 серии прозрачны, бесцветны, светочувствительны (что показывает наличие полосы церия в спектрах поглощения) и также пригодны для записи брэгговских решёток по результатам ДСК.

Выводы. Определены подходы к решению проблемы рассеяния света в объёмно-фазовых голограммах на ФТР стекле. Впервые синтезировано хлоридное ФТР стекло с повышенным содержанием Ag_2O (вплоть до 0,06 мол. %), содержащее фториды. Показано, что на нём возможна запись голографических решёток. Показано, что в бромидное ФТР стекло невозможно ввести больше 0,03 мол. % Ag_2O .

Харисова Р.Д. (автор)

Подпись

Игнатьев А.И. (научный руководитель)

Подпись