

ИЗМЕНЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТЕКЛОВИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КОНЦЕНТРИРОВАННЫМИ ПОТОКАМИ ЭНЕРГИИ

Каранчук Д.Я., Пусовская Т.И
Могилевский государственный университет продовольствия
г. Могилев, Беларусь

При исследовании разрушения стекол лазерным излучением обнаружено, что при воздействии на различные стекла повторяющимися импульсами второй гармоники одночастотного АИГ-лазера с ростом числа импульсов происходит увеличение коэффициента светопоглощения, а при облучении стекла К-8 излучением указанного лазера наблюдается изменение интенсивности лазерного излучения, обусловленное изменением показателя преломления под действием лазерного излучения [1].

В настоящее время в оптическом приборостроении все более широкое применение находят оптические элементы с распределенным показателем преломления. Экспериментально установлено, что изменение показателя преломления в стеклах может происходить под действием рентгеновского облучения, облучения частицами высоких энергий в результате радиационного уплотнения стекол или фазовых переходов за счет появления полиморфных модификаций в первоначально аморфной массе. Широко используется для получения градиента показателя преломления метод ионного обмена, основанный на замещении в стеклах ионов на другие с большей или меньшей ионной рефракцией. Создание градиента возможно также методом испарения, сущность которого заключается в нарушении гетерогенного равновесия между стеклом и окружающей газовой фазой. Поскольку при высокой температуре компоненты стекла обладают различной летучестью, в поверхностном слое можно добиться неравномерного удаления компонентов вещества, что ведет к изменению показателя преломления в поверхностном слое. Распределение показателя преломления можно сформировать, варьируя составом смеси, температурным полем, скоростью охлаждения, геометрией образца.

Зависимость физических свойств стекол, в частности, показателя преломления от режима их термообработки, а также возможность получения с помощью лазерного излучения больших температурных градиентов в стекле, позволяет использовать лазерное излучение для формирования профиля показателя преломления в стекле [2,3]. Интересным в этом плане является открытый относительно недавно эффект изменения показателя преломления свинцово-силикатных стекол в условиях нелинейного поглощения лазерного излучения [4]. Эффект приводит к значительному перераспределению интенсивности проходящего излучения даже в оптических элементах толщиной ≤ 1 мм. Установлено, что механизм изменения показателя преломления связан с появлением в объеме стекла нестабильных центров окраски и сводится к нагреву материала из-за дополнительного поглощения на длине волны возбуждающего излучения.

Оптические элементы с фокусирующими свойствами могут быть созданы в результате термической обработки пористых стекол [5,6]. Основным механизмом, позволяющим формировать в пористом стекле линзы, является снижение вязкости силикатной матрицы и последующее затекание пор под действием сил поверхностного натяжения. Этот процесс идет до тех пор пока стекло не остынет или приобретет монолитную структуру и минимальную площадь поверхности, обычно при локальном спекании с помощью лазерного излучения – сферическую. Линзовые свойства

модифицированной таким образом пористого стекла определяется не только геометрией его поверхности, но и величиной показателя преломления, который зависит от пористости. Обычно линзы, изготовленные лазерным спеканием, характеризуются сложной структурой показателя преломления, что связано с соответствующей структурой температурных полей в подложке. Подробно механизм спекания пористых стекол под действием лазерного излучения рассмотрен в [5]. Недостатком способа является то, что для получения положительных микролинз необходимо производить дополнительную обработку – сошлифовыванием вогнутости.

Поскольку оптические свойства материалов определяются их химическим составом, то воздействие лазерного излучения, при котором происходит плавление подложки и изменение ее химического состава, позволяет изменять оптические характеристики подложки. Так, например, показатель преломления многокомпонентного стекла зависит от количественного соотношения элементов в матрице [6]. Изменение относительного содержания серы и селена в стеклах системы сера-селен позволяет изменять показатель преломления в пределах $2 \div 2,9$.

При облучении участка ситалловой пластины СТ-50 лазерным излучением с плотностью светового потока $q=10^5-10^6 \text{ Вт/м}^2$ происходит плавление поверхностного слоя, а при достаточном времени воздействия – плавление пластинки на всю толщину. Относительно быстрое охлаждение расплава до температуры стеклования T_c приводит к затвердеванию материала, в объеме которого в твердом состоянии уже не содержится кристаллическая фаза, т.е. происходит аморфизация вещества и оно становится прозрачным для света. При аморфизации ситалловой пластины на всю толщину выпуклости образуются с двух сторон. Увеличение объема вещества, при переходе его в аморфную фазу, а также действие сил поверхностного натяжения в расплаве позволяет в результате использовать такие выпуклости как фокусирующие элементы, т.е. двояковыпуклые линзы. Параметры таких линз зависят от времени воздействия и плотности мощности излучения, температуры подогрева образца и толщины пластины. Для получения линзовых элементов данным методом, как правило, использовались тонкие пластины толщиной 0,2–0,6 мм, которые в большинстве случаев (в зависимости от времени воздействия излучения) можно считать термически тонкими пластинами.

Литература

1. Гульбинас, И.А. Изменение показателя преломления в стекле К-8 при воздействии повторяющимися импульсами второй гармонии АИГ-лазера / И.А.Гульбинас, И.П.Лукошнюс// Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Тез.докл.науч.конф. – Л., 1988. – С.80
2. Мак, А.А. Использование лазерного излучения для формирования профиля показателя преломления в стекле. / А.А.Мак, В.М.Митькин // Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Тез.докл.науч.конф. – Л., 1988. – С.75.
3. Митькин, В.М. Оптическая неоднородность термообработанных стержней – интерферометров из стекла. / В.М.Митькин, С.А.Винокуров// ОМП. – 1980. – №9 – С.28-30.
4. Ефимов, О.М. Механизм изменения показателя преломления свинцово-силикатных стекол в условиях нелинейного поглощения лазерного излучения. / О.М. Ефимов, А.М.Мекрюков// Оптический журнал. – 1996. – №2 – С.10-13.
5. Вейко, В.П. Лазерное спекание пористых стекол. / В.П.Вейко и др.// Изв.АН СССР. Сер.физ. – 1988. – Т.52, № 9 – С.839-842.
6. Вейко, В.П. Микрооптические элементы на основе локальной модификации структуры пористых стекол. / В.П.Вейко, Г.К.Костюк, И.К.Мешковский// Квантовая электроника. – 1986. – Т.13, №8. – С.1693-1696.