

Особенности формирования и свойства объемных и рельефных решеток в фотополимерных материалах

П. П. Соколов, Н. Д. Ворзобова

Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

Определены условия получения эффективных объемных голографических решеток, а также формирования рельефных решеток на их поверхности в различных промышленных и лабораторных фотополимерных материалах. Исследованы дифракционные и селективные свойства одномерных и двумерных структур в широком диапазоне углов падения излучения. Даны рекомендации по практическому использованию элементов на основе полученных структур.

Ключевые слова: Дифракционные оптические элементы, Фотополимерные материалы, Голографические решетки.

Цитирование: Соколов, П. П. Особенности формирования и свойства объемных и рельефных решеток в фотополимерных материалах / П. П. Соколов, Н. Д. Ворзобова // HOLOEXPO 2022: XIX Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — Барнаул: ИП Колмогоров И. А., 2022. — С. 142–144.

Введение

Появление новых материалов и практических задач требует и определяет возможность получения новых свойств периодических структур. Если в предыдущие годы интерес к голографическим решеткам был связан преимущественно с возможностью получения высоких селективных свойств, то в последние годы появился ряд задач, требующих сочетания высоких дифракционных свойств с широким диапазоном углов падения излучения.

Целью данной работы являлось исследование процессов формирования и дифракционных свойств решеток различных типов в различных фотополимерных материалах в широком угловом диапазоне.

1. Условия экспериментов

Пропускающие решетки записывались голографическим методом на длине волны 633 нм. В качестве регистрирующих сред использовались промышленные материалы Bayfol HX, NOA 68, Nano Clear и лабораторные акрилатные композиции [1]. Исследование дифракционных и селективных свойств решеток проводилось с использованием экспериментальной установки, позволяющей изменять направление падения излучения (650 нм) в широком диапазоне углов при вращении образца в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Дифракционная эффективность определялась как отношение интенсивности в первом порядке дифракции к интенсивности падающего излучения. Объектами исследования являлись одномерные ненаклонные и наклонные объемные решетки, гибридные и рельефные решетки, а также двумерные структуры.

2. Основные результаты

Для объемных ненаклонных решеток, записанных в материале Bayfol HX, установлены закономерности изменения дифракционной эффективности при изменении угла падения в трехмерном пространстве. Установлено, что при падении излучения в брэгговской плоскости максимальная дифракционная эффективность (более 80%) сохраняется в широком диапазоне углов (более 100°). При отклонении от брэгговской плоскости максимумы дифракционной эффективности сдвигаются в сторону больших углов падения, и максимальная эффективность может достигаться при углах до 70° [2].

Для наклонных решеток выявлены аналогичные закономерности, однако отличительной особенностью является несимметричное расположение брэгговских плоскостей относительно нормали к поверхности решетки.

Особое внимание уделено гибридным структурам – объемным решеткам, на поверхности которых формируются рельефные решетки. Определены особенности и условия формирования таких структур. Показано, что рельефные решетки с наибольшей дифракционной эффективностью (более 45%) могут быть получены в жидких композициях. При этом соотношение дифракционной эффективности объемных и рельефной составляющих гибридной структуры зависит как от экспозиционных факторов, так и свойств материалов. Так в жидких акрилатных композициях при определенных условиях могут формироваться и объемные и рельефные решетки, в композициях NOA 68 – преимущественно объемные решетки, а материалах Nano Clear - рельефные квазиобъемные решетки. Особенностью квазиобъемных решеток является сохранение достаточно высокой дифракционной эффективности в широком диапазоне углов падения излучения – более 100° .

Наряду с одномерными решетками исследованы условия получения эффективных двумерных решеток в промышленных материалах и их дифракционные и селективные свойства.

Полученные результаты представляют как научный, так и практический интерес для решения задач, требующих сочетания высоких дифракционных свойств с широким диапазоном углов падения излучения. В частности, установленные свойства определяют возможность получения дифракционных дефлекторов, перенаправляющих излучение в широком диапазоне углов в одно направление. Исследование эффективности решеток при углах падения, соответствующих реальным траекториям движения Солнца, показало возможность их использования для решения задач солнечной энергетики.

Полученные свойства могут быть использованы также в технологиях защищенной печати, в частности ориентированных на визуальный контроль. Кроме того, полученные свойства определяют возможность применения решеток в качестве эффективных двух- и многоканальных расщепителей световых пучков.

Заключение

Проведено детальное экспериментальное исследование, расширяющее представления о процессах формирования и свойствах периодических структур различных типов в различных

фотополимерных материалах и возможности практических применений материалов и структур для решения практических задач.

Благодарность

Работа поддержана грантом №620167 Университета ИТМО.

Список источников

- [1] **Burunkova Yu.E.** Nanomodified optical acrylate composites / Yu.E. Burunkova, S. A. Semina , L. N. Kaporski, V. V. Levichev // J. Opt. Technol. — 2008. — Vol. 75. — P. 653–657.
- [2] **Vorzobova, N.** Properties of holographic elements based on periodic structures in a wide range of angles of incidence / N. Vorzobova, P. Sokolov // Photonics. — 2021. — Vol 8. — № 12. — P. 562.

Peculiarities of formation and properties of volume and relief gratings in photopolymer materials

P. P. Sokolov, N. D. Vorzobova

ITMO University, Saint-Petersburg, Russia

The conditions for obtaining effective volume holographic gratings, as well as the formation of relief gratings on their surface in various industrial and laboratory photopolymer materials are determined. The diffraction and selective properties of one-dimensional and two-dimensional structures are studied in a wide range of angles of radiation incidence. Recommendations are given for the practical use of elements based on the obtained structures.

Keywords: Diffraction optical elements, Photopolymer materials, Holographic gratings.