

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАССОПЕРЕНОСА ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ЭФФЕКТОВ УСАДКИ ПРИ КОПИРОВАНИИ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

*В.С. Соловьев, П. Перло\**

*Институт систем обработки изображений РАН,*

*\*Исследовательский центр ФИАТ*

На современном этапе существует большое количество технологий изготовления дифракционных оптических элементов (ДОЭ). Например, технология литографического травления, технология на жидких фотополимеризующихся композициях, технология изготовления непрерывного профиля на низкоконтрастных фоторезистах и т.д. После изготовления первичной рельефной матрицы встает вопрос о тиражировании.

При тиражировании ДОЭ, как правило, необходимо снимать промежуточную копию с обратным профилем рельефа. Для этой цели обычно используют термо или фотоотверждаемые композиции, полимеризующиеся по радикальному механизму. Фотоотверждаемые композиции, использовать удобнее, чем термоотверждаемые, т.к. требуются меньшие временные затраты (процесс фотоотверждения можно провести в пределах 15 минут, в то время как термоотверждение, как правило, длится более суток).

Для копирования ДОЭ [1] нами использовались олигоэфиры со средней молекулярной массой (500÷1000). При этом было замечено, что обычное копирование на жидких олигомерах, сенсibilизированных к УФ, дает рябь на поверхности в пределах 0,1÷1 мкм в зависимости от высоты копируемого рельефа (1-10 мкм) - см. рис. 1.

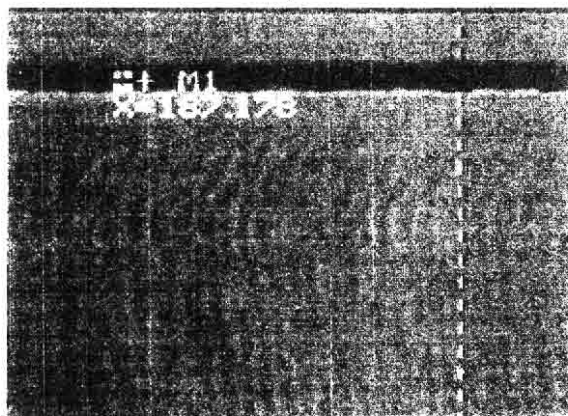
Практически бороться с этим явлением можно только, используя для копирования олигомеры с

большой молекулярной массой, у которых усадка (контракция) снижена до 1% и менее.

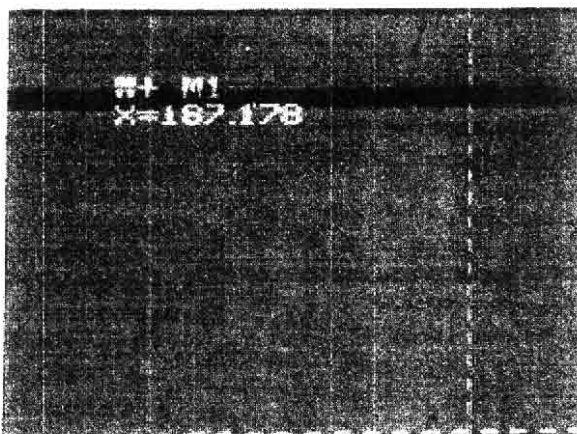
В данной работе предлагается метод нейтрализации эффектов контракции при копировании ДОЭ. Суть состоит в использовании эффекта массопереноса в процессе экспонирования образца [2-4]. Достигается нейтрализация тем, что начальное экспонирование проводится через бинарный растр (в данном случае, при мощности УФ на  $\lambda=365$  нм 1 мвт/см экспонирование через растр длилось 1 мин). Период растра связан с шириной минимальной зоны копируемого ДОЭ. Далее образец экспонируется тем же источником без растра. В итоге получается копия без ряби на поверхности (рис. 2).

Нейтрализация контракции объясняется следующим. В процессе экспонирования образца через растр область выделенной напряженной зоны разбивается на малые участки, размер которых определяется периодом растра, через который происходит начальное экспонирование. В пределах каждого участка (во время экспонирования через растр в начальный период и в период полной засветки без растра) идет процесс массопереноса и, таким образом, перераспределение внутреннего давления, а следовательно, внутренних напряжений в пределах зоны. В данном случае также происходит процесс автоматического выравнивания внутреннего давления, т.к. реализуется процесс течения вещества. В процессе экспонирования через растр, выравнивание

происходит как процесс возрастания объема в светлых участках (в отличии от тривиального случая копирования, когда объем в более светлых участках всегда становится меньше из-за контракции) за счет массопереноса из темных участков



**Рис. 1.** Микрофотография фрагмента зоны ДОО Копия изготовлена обычным способом фотоотверждения. Увеличение  $\times 500$



**Рис. 2.** Микрофотография фрагмента зоны ДОО Копия изготовлена с использованием раstra на начальном этапе фотоотверждения. Увеличение  $\times 500$

Таким образом, по окончании экспонирования через растр, мы имеем выделенную область ДОО, разбитую на зоны, определяемые черно-белым растром. В светлых местах имеем области уплотнения олигомера с повышенной конверсией, когда степень подвижности ограничена, но в то же время в этих зонах достаточно много вещества в жидкой фазе. Таким образом, две ограничивающие слой поверхности сверху и снизу (2 подложки из стекла) после экспонирования через растр имеют сцепление только в местах локализации этих зон. При дальнейшей полной засветке без раstra процесс полимеризации

идет быстрее в бывших светлых зонах, где область давления уже была больше, в силу законов трехмерной полимеризации сетчатых олигоэфиров [5].

Следовательно, происходит стягивание ограничивающих поверхностей именно "бывшими" светлыми зонами. Так как в этих зонах локализуется достаточное количество жидкой фазы вещества, то происходит обратное движение олигомера или массоперенос в противоположном направлении тому, которое было в процессе экспонирования через растр. Таким образом происходит выдавливание "лишней" жидкой фазы из "бывших" светлых участков и заполнение ей "бывших" темных участков. В результате имеем эффект сглаживания внутренних напряжений при копировании рельефных поверхностей композициями с усадкой. Если объемная усадка не превышает 5-7% происходит практически идеальное копирование рельефной поверхности. В пределах разрешающей способности интерференционного микроскопа (0,03мкм) "ряби" на поверхности обнаружить не удалось.

Эффект сглаживания ясно виден при сопоставлении рис.1 и рис.2, на которых приведены микрофотографии поверхности одной зоны дифракционной линзы с высотой зон 10 мкм и шириной 300 мкм. Результаты дальнейших экспериментов показали, что для любых зон с периодом от 50 до 2000 мкм также происходит полное исчезновение "ряби".

#### **Благодарность**

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда фундаментальных исследований (грант № 96-15-96026)

#### **Литература.**

1. В.А. Сойфер "Введение в дифракционную микрооптику" Самара 1996.
2. А.с. 1624864 СССР, МКИ В 29 Д II/00 Способ изготовления рельефно-фазовых фокусирующих элементов В.С. Соловьев, В.А. Сойфер, И.Н.Сисакян, Ю.Б. Бойко, В.М. Гранчак и И.И. Дилунг.
3. В.С.Соловьев, Ю.Б. Бойко Получение элементов компьютерной оптики на жидких фотополимеризующихся композициях // Компьютерная оптика. Вып.8. – М.: МЦНТИ, 1990. – С. 74-76.
4. Boiko Y.B., Granchak V.M., Dilung I., Solovjev V.S., Sisakian I.N., Sojfer V.A. Relief holograms recording on liquid photopolymerizable layers // Proceeding SPIE, V. 1238 p. 253-257
5. А.А. Берлин, Т.Я. Кефели, Г.В. Королев "Полиэфиракрилаты" М. 1967.

# Use of mass transfer to remove shrinkage effects when copying optical elements

V.S. Soloviev, P. Perlo  
Image Processing Systems Institute of RAS  
<sup>1</sup>FIAT Research Center

## *Abstract*

This paper proposes a method for neutralizing the effects of contraction when copying DOEs. The method uses the effect of mass transfer during the exposure of the sample [2-4]. Neutralization is achieved by the fact that the initial exposure is performed through a binary raster (in this case, at UV power at  $\lambda = 365$  nm 1 MW/cm, exposure through the raster lasts 1 min). The raster period is related to the width of the minimum zone of the copied DOE. Then the sample is exposed with the same source without a raster. The result is a copy without ripples on the surface (Fig. 2).

*Citation:* Soloviev VS, Perlo P. Use of mass transfer to remove shrinkage effects when copying optical elements. Computer Optics 1998; 18: 138-139.

## *References*

- [1] Soifer VA. Introduction to diffractive microoptics. Samara: Samara State Aerospace University; 1996: 95.
- [2] Soloviev VS, Soifer VA, Sisakyan IN, Boyko YB, Granchak VM, Dilung II. A method of production of relief-phase focusing elements. Inventor's certificate 1624864 USSR, MKI B 29 D II/00.
- [3] Soloviev VS, Boiko YB. Fabricating elements of computer optics in liquid photopolymerizable compositions. Computer Optics 1990; 8: 74-76.
- [4] Boiko YB, Granchak VM, Dilung II, Soloviev VS, Sisakyan IN, Soifer VA. Relief holograms recording on liquid photopolymerizable layers // Proceeding SPIE, V. 1238 p. 253-257
- [5] Berlin AA, Kefeli TY, Korolev GV. Polyester Acrylates. Moscow: Nauka Publisher; 1967: 140.