

*Одинокое С.Б., доктор технических наук, профессор, доцент*

*Сагателян Г.Р., доктор технических наук, профессор*

*Колючкин В.В., аспирант*

*Соломашенко А.Б., аспирант*

*(Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана)*

## **СОЗДАНИЕ ФАЗОВЫХ ГОЛОГРАММНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНТАКТНОЙ ФОТОЛИТОГРАФИИ<sup>1</sup>**

*Статья посвящена способу получения и тиражирования фазовых голограммных и дифракционных оптических элементов с использованием метода контактной фотолитографии.*

**Ключевые слова:** голограммный оптический элемент, фоторезист, контактная фотолитография, плазмохимическое травление.

## **CREATION OF PHASE HOLOGRAPHIC OPTICAL ELEMENTS BY CONTACT PHOTOLITHOGRAPHY**

*The article is devoted to method of production and replication phase holographic optical elements using the contact photolithography.*

**Keywords:** holographic optical element, photoresist, contact photolithography, plasma etching.

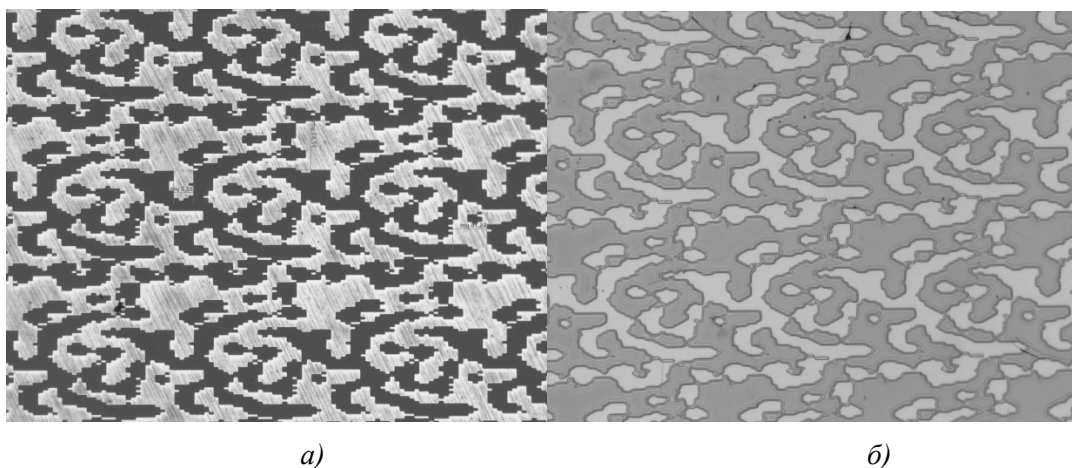
Одним из наиболее значимых практических приложений современной плоской оптики является разработка голограммных оптических элементов (ГОЭ) с бинарным и многоуровневым поверхностным рельефом, получаемых методами лазерной литографии и электронно-лучевой литографии, а также создание на их базе приборов и устройств.

Технологический процесс изготовления амплитудных ГОЭ идентичен технологии изготовления фотошаблонов (ФШ) интегральных микросхем (ИМС) [1] и обычно включает следующие этапы: нанесение на стеклянную полированную пластину металлорезистивного слоя, например тонкопленочного хрома; нанесение электронного резиста и получение ГОЭ методом электронно-лучевой литографии. Для создания фазового ГОЭ изготовленный описанным способом амплитудный ГОЭ можно использовать в качестве промежуточной заготовки, произведя операцию плазмохимического травления (ПХТ) с использованием непрозрачных, покрытых хромом участков в качестве маски [2]. Изготовление амплитудных и фазовых ГОЭ описанным способом характеризуется высокой себестоимостью вследствие того, что все затраты на электронно-лучевую литографию ложатся на единственную групповую заготовку ГОЭ [3, 4].

Важной задачей при этом является отработка технологии контактной фотолитографии для возможности тиражирования фазовых ГОЭ, что существенно снизит время и стоимость их изготовления. Отработка данной технологии проводилась на примере ГОЭ делителя лазерного пучка с минимальным размером структуры 1,5 - 2 мкм. На рис. 1 (а) и 1 (б) приведено изображение ГОЭ и его копии.

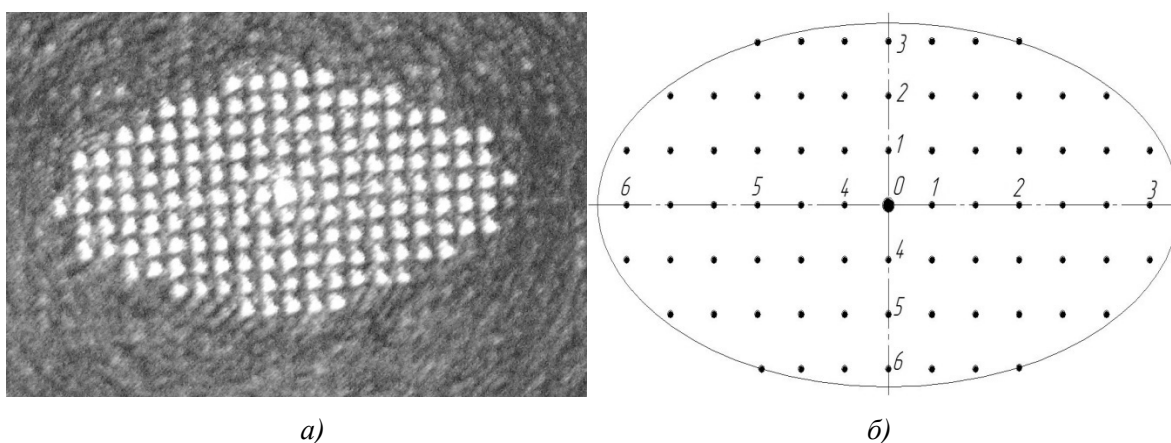
---

<sup>1</sup> **Финансирование:** Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.132.21.1602 «Разработка технологии получения голограммных микрооптических элементов и исследование их параметров для оптических систем миниатюрных дисплеев и индикаторов». **Funding:** The study was supported by The Ministry of education and science of Russia, project 14.132.21.1602.



**Рис. 1.** ГОЭ для лазерного делителя пучка (а) и его копия (б), полученная методом контактной фотолитографии

Технологический процесс изготовления фазового ГОЭ состоит из следующих операций: нанесение на рабочую поверхность кварцевой полированной пластины магнетронным распылением слоя хрома толщиной 110 нм (необходимого для последующего ПХТ); нанесение методом центрифугирования на слой хрома слоя позитивного фоторезиста (ФР) толщиной 400 нм (экспериментально подобранная оптимальная толщина слоя, при которой обеспечивается необходимое качество переноса структуры ГОЭ методом контактно литографии, как показано на рисунке 1 (б)); изготовление на щелочном стекле амплитудного ГОЭ, используемого в качестве ФШ; экспонирование ФР на заготовке ГОЭ через ФШ и проявление ФР до слоя хрома; жидкостное травление хрома до стекла через маску, образованную полимеризованным ФР; ПХТ кварцевого стекла через хромовую маску на расчетную глубину.



**Рис. 2.** а) Изображение, формируемое ГОЭ;  
б) Контрольные точки изображения для сравнения эталонного ГОЭ и его копии

Сравнение изображений эталонного ГОЭ (рис. 1а) и ГОЭ (рис. 1б), полученного методом контактной фотолитографии показывает, что разработанный технологический процесс обеспечивает высокую точность переноса структуры ГОЭ с разрешающей способностью 1,5 – 2 мкм. Для определения дифракционной эффективности изготовленных ГОЭ производили измерения мощности светового пучка в центре изображения (нулевой порядок, точка 1) и дифрагированного пучка (точка 2), как показано на рисунке 2, при помощи прибора OPHIR. Результаты измерений представлены в табл. 1.

**Результаты измерений мощности в контрольных точках изображения**

ГОЭ	Мощность излучения, мВт				
	Центральный пучок (т. 0)	Дифрагированный пучок			
		т. 1	т. 2	т. 3	т. 6
Эталонный	4,3	0,17	0,17	0,16	0,16
Копия	4,5	0,18	0,16	0,15	0,14

Полученные результаты свидетельствуют о том, что технология контактной фотолитографии может быть использована при получении и тиражировании фазовых ГОЭ с применением ПХТ для получения ГОЭ на стекле, а проведенные измерения свидетельствуют о достаточно высоком качестве получаемых элементов, что дает возможность использования данного метода при тиражировании ГОЭ для лазерных делителей пучков, прицельных устройств, голографических индикаторов и др.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. *Черняев В.Н.* Технология производства интегральных микросхем и микропроцессоров. Учебник для ВУЗов – М.: Радио и связь, 2007 - 464 с.
2. *Одинокое С. Б., Сагателян Г. Р.* Технология изготовления дифракционных и голограммных оптических элементов с функциональным микрорельефом поверхности методом плазмохимического травления. - Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Приборостроение. – № 2, 2010. - С. 92-104.
3. *Odinokov S. B., Sagatelyan H. R.* The Design and Manufacturing of Diffraction Optical Elements to Form a Dot-Composed Etalon Image within the Optical Systems. - Optics and Photonics Journal, 2013, 3, 102-111.
4. Экспериментальные исследования процесса плазмохимического травления стекла при изготовлении дифракционных и голограммных оптических элементов / С. Б. Одинокое, Г. Р. Сагателян, А. С. Гончаров, М. С. Ковалев, А. Б. Соломашенко и Н. М. Вереникина. Наука и образование / № 05, май 2012.