

СОЗДАНИЕ НАНОРАЗМЕРНОГО МЕДНОГО ПОКРЫТИЯ В ВИДЕ ДИФРАКЦИОННОЙ ЛИНЗЫ НА ПОВЕРХНОСТИ КВАРЦА

© 2012 Д.В.Нестеренко¹, С.Д.Полетаев¹, Н.А.Расщепкина², В.А.Китаева¹

¹ Институт систем обработки изображений РАН, г. Самара

² Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)

Поступила в редакцию 25.07.2012

В работе описывается создание дифракционной бинарной линзы на основе гальванически осаждённой меди для работы в рентгеновском диапазоне длин волн. Рельеф формировался из слоя резиста, нанесённого на исходную медную плёнку, с помощью электронной литографии. Эксперименты показали присутствие после проявления резиста тонкой, непроводящей ток плёнки на исходной медной поверхности. Это препятствует дальнейшему гальваническому осаждению сплошного слоя меди. Следовательно, дальнейшие исследования должны быть направлены на отработку режима литографии с целью проработки слоя резиста на полную толщину.

Ключевые слова: электронно-лучевая литография, дифракционная бинарная линза, электролиз, плазменное травление, гальванопокрытие.

ВВЕДЕНИЕ

Использование мягкого рентгеновского излучения в оптических системах позволяет достигать высокого разрешения в задачах микроскопии и структурного анализа¹. Значительное поглощение материалов в рентгеновском диапазоне накладывает определённые ограничения на их выбор для изготовления оптических элементов – линз Френеля, зонных пластинок, дифракционных решёток^{1,2}. Дифракционная бинарная линза представляет собой кольцевую дифракционную решётку с переменным периодом, фокусирующую свет в первом порядке дифракции (зонная пластинка)^{3,4}. Изготовление зонных пластинок с заданными характеристиками из меди или никеля, которые имеют низкое поглощение в рентгеновском диапазоне, является актуальной научно-практической проблемой⁵. К сожалению, разработанные ранее методы формирования дифракционного микрорельефа для оптических элементов инфракрасного⁶, видимого^{7,8} и даже ультрафиолетового⁹ диапазонов не подходят для создания дифракционной рентгеновской оптики. Дополнительным этапом, необхо-

димым для создания дифракционных оптических элементов рентгеновского диапазона, является создание тончайшего (десятки нанометров) медного покрытия исходного рельефа, полученного, например, в резисте средствами электронной литографии. Наиболее распространённым методом нанесения металлических покрытий в дифракционной оптике является гальванопластика¹⁰. В частности, при создании отражающих фокусаторов лазерного излучения дальнего инфракрасного ИК-диапазона¹¹, предназначенных для использования в различных лазерных технологиях¹², используется гальваническое покрытие металлом толщиной в несколько микрон. Однако у фокусаторов ИК-диапазона ширина зон³ на несколько порядков больше, чем у рентгеновских зонных пластинок, поэтому для создания металлических покрытий необходима отработка специальных режимов, исследованию которых и посвящена настоящая статья.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассмотрим создание наноразмерного медного покрытия в виде дифракционной линзы на поверхности кварца как решение одной из задач на пути к разрешению данной проблемы. Решение сформулированной задачи представим как реализацию трёх последовательных этапов:

- 1) подготовка поверхности кварца;
- 2) формирование рельефа методом электронно-лучевой литографии (ЭЛЛ);
- 3) нанесение медного покрытия.

ЭЛЛ формирует 2D растровую картину в резисте, что позволяет изготавливать микро-

Нестеренко Дмитрий Владимирович, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник лаборатории лазерных измерений.

Полетаев Сергей Дмитриевич, стажер-исследователь лаборатории микро- и нанотехнологий.

E-mail: sergpolet@gmail.com

Расщепкина Наталья Афанасьевна, кандидат химических наук, доцент кафедры химии.

E-mail: rassshhepkina.natalja@rambler.ru

Китаева Виктория Александровна, инженер лаборатории микро- и нанотехнологий. E-mail: febri@yandex.ru

структуры произвольной формы. В областях проработки резиста¹³ открывается доступ к подложке, на которой можно сформировать медный рельеф методом электролиза. Тогда подготовка поверхности подложки из кварца заключается в создании токопроводящего слоя, необходимого для нанесения медного покрытия методом электролиза, и нанесении на неё резиста.

Известен ряд способов создания медного покрытия на токопроводящих поверхностях, которые состоят из двух последовательно реализуемых этапов:

1) подготовка поверхности к нанесению покрытия;

2) нанесение покрытия методом электролиза¹⁰.

Задача нанесения медного покрытия на дифракционный рельеф, который создаётся из полимерного материала, осложняется тем, что известные стадии этапа подготовки металлической поверхности перед нанесением медного покрытия использовать нельзя. Следовательно, нужно разработать такой способ создания и подготовки металлической поверхности перед нанесением покрытия, который не разрушает присутствующий на ней рельеф и обеспечивает её электропроводность.

Токопроводящую поверхность на кварце можно создать, напыляя на него слой металла, например, медь.

Для получения равномерных по толщине сплошных покрытий на предварительно подготовленной металлической поверхности, особенно на рельефной поверхности, используют электролиты с высокой рассеивающей способностью. Рассеивающая способность электролита зависит от характера распределения тока на поверхности катода, то есть от сложности его рельефа, и от того, как изменяется выход металла по току с повышением плотности тока. Меднение производят из кислых (сульфатные, фторборатные, фторсиликатные) и щелочных (цианистые, пиррофосфатные, этилендиаминовые, аммиакатные) электролитов. Цианистые и пиррофосфатные электролиты обладают наибольшей рассеивающей способностью и позволяют получить осадки с мелкокристаллической структурой. Однако в щелочной среде ($\text{pH} = 8,5 - 9,5$), создаваемой в цианистых и пиррофосфатных электролитах, возможно окисление меди и деформация рельефа из резистов на основе эфиров метакриловой кислоты. Кроме того, недостатком цианистых электролитов является их высокая ядовитость. Анализ составов и режимов работы сульфатных электролитов меднения показал, что они просты по составу, дают плотные, гладкие осадки при малой толщине. Присутствие в электролите кислоты позволит удалить оксиды с поверх-

ности токопроводящего слоя, изготовленного из меди. Окисление этого слоя возможно как при его создании на кварце, так и на стадии нанесения и сушки резиста. Следовательно, использование сульфатного электролита для формирования медного рельефа позволит не проводить травление токопроводящего слоя перед нанесением медного покрытия. Для получения мелкокристаллических осадков и повышения рассеивающей способности сульфатных электролитов в них вводят вещества, в присутствии которых происходит повышение поляризации и перераспределение тока по микропрофилю катода. Поэтому получение медного покрытия на сложной рельефной поверхности из сульфатного электролита всегда является актуальной научно-практической задачей, которая требует оригинального решения.

Проведённый анализ приводит к выводу, что создание наноразмерного медного покрытия в форме дифракционной линзы на поверхности кварца представляет собой сложную проблему, которая требует оригинального решения следующих задач. Во-первых, создание токопроводящего слоя на поверхности кварца, пригодного для нанесения медного покрытия методом электролиза; во-вторых, формирование рельефа методом электронно-лучевой литографии, в ходе которого открывается доступ к токопроводящей поверхности; в-третьих, подбор состава сульфатного электролита и режима электролиза для нанесения меди.

МЕТОДИКА

1. Подготовка поверхности кварца. Токопроводящий слой получали, напыляя последовательно слои хрома и меди в вакууме при температуре $250 - 200^\circ\text{C}$ на предварительно очищенные подложки размером $25 \times 25 \text{ мм}^2$ (образец) из плавленого кварца марки КВ. Для этой цели использовали установку термовакуумного напыления «УВН-2М» и установку «Каролина Д-12А»¹⁴. Слой меди имел толщину 20 нм.

Нанесение позитивного резиста («ЭРП-40» или «495 РММА 11% А») толщиной 400-600 нм на подложки производили на центрифуге «Ро1о» с частотой 5000 об/мин. Затем образцы сушили в конвекционной печи при температуре 180° в течение 30 мин.

2. Формирование решёток методом ЭЛЛ. Электронно-лучевое экспонирование резиста производили с использованием растрового электронного микроскопа (РЭМ) «Supra 25» (30 кэВ, «Carl Zeiss») с литографической приставкой «XENOS XeDraw» («XENOS Semiconductor Technologies GmbH») ¹⁵, позволяющей формиро-

вать заданную картину. Для определения дозы облучения был записан набор тестовых дифракционных решёток периодом 400 нм с диапазоном доз от 70 мкКл/см² до 120 мкКл/см². Проявление резиста проводили в растворе метилизобутилкетона и изопропилового спирта в соотношении 1:3 в течение 40 секунд. После проявления резиста образец промывали в изопропиловом спирте, а затем сушили на центрифуге и в конвекционной печи при температуре 90° в течение 30 минут. После завершения операций формирования рельефа поверхность образца анализировалась на РЭМ с целью выявления дефектов проработки рельефа и определения диапазона доз облучения, использование которого приводит к приемлемым результатам. В областях проработки резиста открывался доступ к подложке. На подложке размером 25x25 мм² (образец) производилась запись 9 или 12 элементов (зонных пластинок). Расчётная площадь одного элемента составляла 0,01571 мм².

Для подготовки поверхности меди перед нанесением методом электролиза медного рельефа проводили плазмохимическое травление ряда образцов с рельефом из резиста «ЭРП-40». Плазменная очистка поверхности меди проводилась на установке ионно-реактивного травления «УТП ПДЭ-125-009» во фторуглеродной плазме⁷. Особенностью этого процесса является то, что наряду с очисткой поверхности меди происходит одновременное травление резиста с высокой скоростью. Поэтому процесс очистки должен быть непродолжительным и проводиться в бескислородной плазме. Режим очистки был следующим: ВЧ мощность, подводимая киндуктору – 150 Вт, расход фреона-14 – 0,6 л/ч, время очистки – 1 мин. Смещение на подложкодержатель не подавалось.

3. Формирование медного рельефа. Нанесение медного покрытия на образцы проводили из сульфатного электролита (60 – 120 г/л сульфат меди, 50 – 75 г/л серной кислоты) с добавкой этилового спирта при режимах электролиза: плотность тока – 0,5 – 2,0 А/дм², температура – 20 – 25°С. Анод изготавливали из рафинированной меди (99,9%).

Толщину медного покрытия определяли с помощью профилографа-профилометра¹⁶.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Слой меди на кварце, полученный на установке «Каролина Д12-А», имел характерный коричневый оттенок. Окраска образца указывала на окисление поверхности меди. В процессе нанесения медного гальванопокрытия происходило частичное разрушение токопроводящего

слоя. Слой меди на кварце, полученный на установке термовакуумного напыления, имел цвет, характерный для металлической меди. Проведена серия опытов, в которых медное покрытие осаждали на слой меди на поверхности кварца, полученный на установке термовакуумного напыления при плотностях тока 0,5; 1; 1,5; 2 А/дм² из сульфатного электролита, содержащего 60, 75, 120, 250 г/л сульфата меди, 30; 50 г/л серной кислоты, 12; 15 г/л этилового спирта. Время осаждения колебалось в пределах от 1 до 30 мин. Контроль качества покрытия (отсутствие разрывов и плотность покрытия, гладкость поверхности) осуществляли визуально с помощью оптического микроскопа.

Анализ полученных результатов привёл к двум важным выводам. Во-первых, сплошное, плотное, гладкое покрытие можно получить из электролита, содержащего 60 – 120 г/л сульфата меди, 50 г/л серной кислоты, 15 г/л этилового спирта при режиме электролиза: плотность тока – 1 А/дм², температура – 20 – 25°С. Скорость роста покрытия составляет 6 – 7 мкм/час. Во-вторых, для получения токопроводящего слоя следует использовать установку термовакуумного напыления.

Формирование решёток производилось на 10 образцах, подготовленных так, как описано выше. Изображение фрагмента зонной пластинки одного из этих образцов представлено на рис. 1а. Рельеф из резиста «ЭРП-40» имеет высоту 414 нм, а ширину штрихов – 201 нм. Ширина углублений рельефа составляет 368 нм.

Медное покрытие нанесли на образцы с рельефом из резиста «ЭРП-40» при плотности тока 1 А/дм². Сравнение изображений поверхности разных элементов одного образца показывает, что не происходит образования сплошного покрытия, идёт рост разных по форме, высоте кристаллов меди на поверхности углублений рельефа. При этом образуются крупные кристаллы меди высотой, соизмеримой с высотой рельефа, а его зарастание не происходит. Размеры кристаллов таковы, что они располагаются на поверхности углублений рельефа (рис. 1б). Отсутствие сплошного покрытия можно объяснить неравномерным распределением тока на поверхности углублений рельефа из-за присутствия на ней тонкой непроводящей плёнки с порами разного размера, с разрывами по центру углублений рельефа. Разрывы (большие поры) образуются преимущественно по краям элементов, поэтому там много мелких, например высотой 148 нм, и крупных, например высотой 931 нм, кристаллов (рис. 1в).

Таким образом, сравнение изображений поверхности элементов разных образцов, получен-

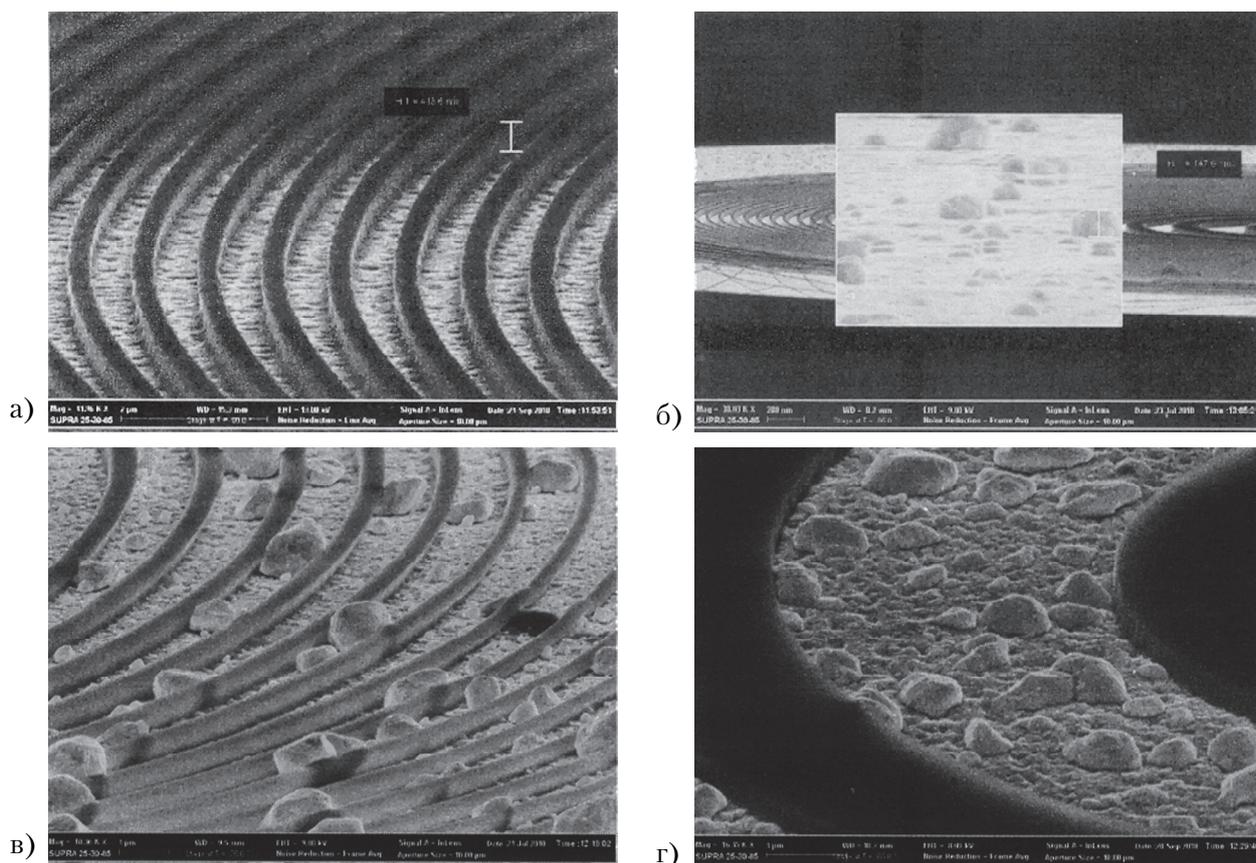


Рис. 1. Изображение фрагмента зонной пластинки из резиста «ЭРП-40»: до нанесения медного покрытия (а); край зонной пластинки после нанесения медного покрытия (б); центр зонной пластинки после нанесения медного покрытия (в); центр зонной пластинки после плазмохимического травления образца и нанесения на него медного покрытия (г)

ных при одинаковых условиях, показало, что сплошное медное покрытие не образуется.

Для удаления непроводящей плёнки с поверхности меди проводили плазмохимическое травление ряда образцов с рельефом из резиста «ЭРП-40» перед нанесением медного рельефа.

Изображения поверхности зонных пластинок указывают на то, что в результате обработки образца в плазме высота рельефа уменьшается и увеличивается число пор в резистивной маске. На рис. 1г приведено одно из таких изображений. Сходство изображений поверхности углублений рельефа внутри элемента и поверхности резистивной маски за пределами элемента подтверждает высказанную гипотезу о том, что на поверхности медной основы присутствует непроводящая тонкая плёнка, которая препятствует нанесению меди и образованию сплошного медного покрытия. Высота кристаллов, образовавшихся при одном и том же режиме электролиза на краях одного из элементов и на поверхности резистивной маски за пределами элемента после плазмохимического травления, составляет 931 нм и 820 нм соответственно. Эти результаты также подтверждают высказанную гипотезу.

Изображение зонной пластинки образца после плазмохимического травления и нанесения медного покрытия, полученное с помощью «SE2 Детектора» РЭМ, приведено на рис. 2. На медной основе (тёмная и однородная по структуре основа) хаотично расположены светлые образования неправильной формы, разного размера – медное покрытие. Медные кристаллы растут только по центру углублений рельефа. Резист на изображении отсутствует. Медная основа имеет однородную структуру. Следовательно, распределение тока на ней должно быть равномерным. Тогда почему на ней не образуется сплошного гальванопокрытия? Образование несплошного покрытия можно объяснить неравномерным распределением тока на поверхности углублений рельефа из-за присутствия на ней тонкой непроводящей плёнки с порами разного размера, с разрывами по центру углублений рельефа.

Медное покрытие нанесли на аналогичный образец с рельефом из резиста «495РММА 11% А» при описанных выше условиях. Получили сплошное, плотное гальванопокрытие из меди с выраженным рельефом только в центральной части зонной пластинки (рис. 3).

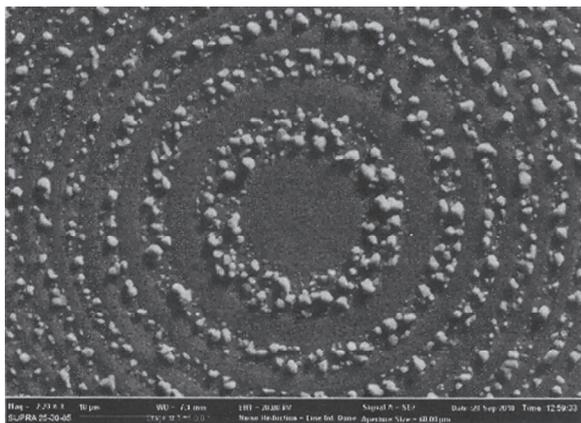


Рис. 2. Изображение фрагмента (центр) зонной пластинки из резиста «ЭРП-40» после плазмо-химического травления образца и нанесения на него медного покрытия, полученное с помощью «SE2 детектора» РЭМ

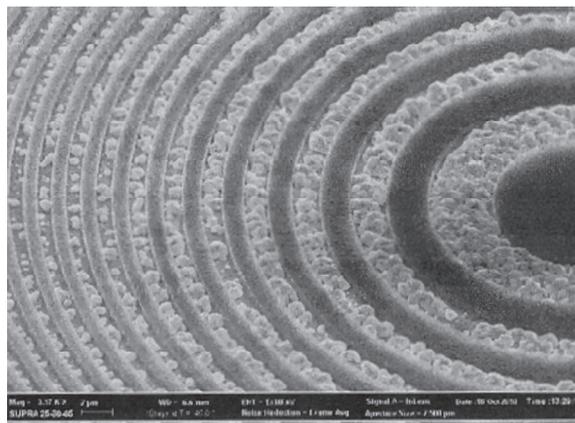


Рис. 3. Изображение фрагмента зонной пластинки из резиста “495 РММА 11% А” после нанесения медного покрытия

ВЫВОДЫ

Исследована возможность использования сульфатного электролита для получения наноразмерного медного покрытия в виде линзы на поверхности из кварца. После записи рельефа из резистов “ЭРП-40” и “495РММА 11% А” на поверхности медной основы присутствует непроводящая тонкая плёнка, которая препятствует нанесению меди и образованию сплошного покрытия внутри элемента. Следует провести исследования, направленные на оптимизацию процесса создания рельефа из электронного резиста и выравнивание рельефа наноразмерного медного покрытия в виде линзы.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при частичной поддержке программы фундаментальных исследований Президиума РАН №24 “Фундаментальные основы технологий наноструктур и наноматериалов”, программы целевых расходов Президиума РАН “Поддержка молодых учёных”, программы №5 фундаментальных исследований Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН “Фундаментальные проблемы физики и технологии эпитаксиальных наноструктур и приборов на их основе”, федеральной целевой программы “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” (государственный контракт №14.740.11.0016 от 01.09.2010 г.) и гранта Президента РФ поддержки ведущих научных школ № НШ-4128.2012.9. Авторы благодарны А.В. Волкову, А.А. Кондорову, Н.Л. Казанскому, Г.Ф. Костюку, В.В. Подлипнову, Р.В. Скиданову и О.Ю. Моисееву за помощь в проведении экспериментов и подготовке статьи.

ПРИМЕЧАНИЯ

- ¹ Аристов В.В., Ерко А.И. Рентгеновская оптика. М.: Наука, 1991.
Рентгеновская оптика и микроскопия / [под ред. Г. Шмалля и Д. Рудольфа]. М.: Мир, 1987.
- ² Джеймс Р. Оптические принципы дифракции рентгеновских лучей. М.: ИИЛ, 1950.
- ³ Soifer V.A. Zone fringes and phase functions of optical elements // In the book “Methods for Computer Design of Diffractive Optical Elements”, edited by Victor A. Soifer. A Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons, Inc., 2002. P. 7-16.
- ⁴ Многоградационная линза Френеля / М.А. Голуб, Н.Л. Казанский, И.Н. Сисакян, В.А. Сойфер, Г.В. Успенцев, Д.М. Якуникова // Журнал технической физики. 1991. Т. 61, № 4. С. 195-197.
- ⁵ Исследование фокусирующих свойств зонной пластинки для жёсткого рентгеновского излучения / В.В. Котляр, А.Г. Налимов, М.И. Шанина, В.А. Сойфер, Л. О’Фаолайн, Е.В. Минеев, И.В. Якимчук, В.Е. Асадчиков // Компьютерная оптика. 2012. Т. 36, № 1. С. 65-71.
Налимов А.Г., Котляр В.В., Сойфер В.А. Моделирование формирования изображения зонной пластинкой в рентгеновском излучении // Компьютерная оптика. 2011. Т. 35, № 3. С. 290-296.
Котляр В.В. Зонная пластинка на мембране для жёсткого рентгеновского излучения / В.В. Котляр, А.Г. Налимов, М.И. Шанина, В.А. Сойфер, Л. О’Фаолайн // Компьютерная оптика. 2011. Т. 35, № 1. С. 36-41.
- ⁶ Волков А.В. Метод формирования дифракционного микрорельефа на основе послойного наращивания фоторезиста / А.В. Волков, Н.Л. Казанский, О.Ю. Моисеев, В.А. Сойфер // Компьютерная оптика. 1996. № 16. С. 12-14.
A method for the diffractive microrelief forming using the layered photoresist growth / A.V. Volkov, N.L. Kazanskiy, O.Yu. Moiseev, V.A. Soifer // Optics and Lasers in Engineering. 1998. Vol. 29, N 4-5. P. 281-288.
Технология изготовления непрерывного микрорельефа дифракционных оптических элементов / А.В. Волков, Н.Л. Казанский, В.А. Сойфер, В.С. Соловьёв // Компьютерная оптика. 1997. № 17. С. 91-93.
Волков А.В., Казанский Н.Л., Рыбаков О.Е. Исследование технологии плазменного травления для получения многоуровневых дифракционных оптических элементов // Компьютерная оптика. 1998. № 18. С. 130-133.
Formation of diffractive microrelief on diamond film

surface / V.S. Pavelyev, S.A. Borodin, N.L. Kazanskiy, G.F. Kostyuk, A.V. Volkov // Optics & Laser Technology. 2007. Vol. 39, N 6. P. 1234-1238.

Методы изготовления элементов дифракционной оптики резанием на станках с ЧПУ / С.Р. Абульханов, Н.Л. Казанский, Л.Л. Досколович, О.Ю. Казакова // СТИН Станки Инструмент. 2011. № 9. С. 20-27.

⁷ Волков А.В., Казанский Н.Л., Рыбаков О.Е. Разработка технологии получения дифракционного оптического элемента с субмикронными размерами рельефа в кремниевой пластине // Компьютерная оптика. 1998. № 18. С. 133-138.

⁸ Волков А.В., Казанский Н.Л., Моисеев О.Ю. Формирование микрорельефа с использованием халькогенидных стеклообразных полупроводников // Компьютерная оптика. 2002. № 24. С. 74-77.

Казанский Н.Л., Колпаков В.А., Колпаков А.И. Исследование особенностей процесса анизотропного травления диоксида кремния в плазме газового разряда высоковольтного типа // Микроэлектроника. 2004. Т. 33, № 3. С. 209-224.

⁹ Bezus E.A., Doskolovich L.L., Kazanskiy N.L. Evanescent-wave interferometric nano-scale photolithography using guided-mode resonant gratings // Microelectronic Engineering. 2011. Vol. 88, N 2. P. 170-174.

Безус Е.А., Досколович Л.Л., Казанский Н.Л. Формирование интерференционных картин затухающих электромагнитных волн для наноразмерной литографии с помощью волноводных дифракционных решёток // Квантовая электроника. 2011. Т. 41, № 8. С. 759-764.

Создание криволинейных дифракционных решёток для ультрафиолетового диапазона / Д.В. Нестеренко, С.Д. - Поletaев, О.Ю. Моисеев, Д.М. Якуникова, А.В. Волков, Р.В. Скиданов // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13, № 4. С. 66-71.

¹⁰ Ильин В.И. Краткий справочник гальванотехника. СПб.: Политехника. 1993.

¹¹ Golub M.A., Sisakian I.N., Soifer V.A. Infra-red radiation focusators // Optics and Lasers in Engineering. 1991. Vol. 15, N 5. P. 297-309.

¹² Focusators for laser-branding / L.L. Doskolovich, N.L. Kazanskiy, S.I. Kharitonov, G.V. Usplenjev // Optics and Lasers in Engineering. 1991. Vol. 15, N 5. P. 311-322. Применение фокусаторов излучения при формировании нанопористых структур твёрдокристаллических материалов / Н.Л. Казанский, С.П. Мурзин, В.И. Трегуб, А.В. Меженин // Компьютерная оптика. 2007. Т. 31, № 2. С. 48-51.

Формирование лазерного излучения для создания наноразмерных пористых структур материалов / Н.Л. Казанский, С.П. Мурзин, А.В. Меженин, Е.Л. Осетров // Компьютерная оптика. 2008. Т. 32, № 3. С. 246-248. Synthesis of nanoporous structures in metallic materials under laser action / N.L. Kazanskiy, S.P. Murzin, Ye.L. Osetrov, V.I. Tregub // Optics and Lasers in Engineering. 2011. Vol. 49, N 11. P. 1264-1267.

¹³ Волков А.В., Казанский Н.Л., Моисеев О.Ю. Исследование процессов нанесения и травления фоторезиста с целью повышения точности формирования микрорельефа широкоапертурных ДОО // Компьютерная оптика. 1999. № 19. С. 143-146.

¹⁴ Казанский Н.Л. Исследовательский комплекс для решения задач компьютерной оптики // Компьютерная оптика. 2006. № 29. С. 58-77.

¹⁵ Казанский Н.Л. Исследовательско-технологический центр дифракционной оптики // Известия Самарского научного центра РАН. 2011. Т. 13, № 4. С. 54-62.

¹⁶ Kazanskiy N.L. Research and education center of diffractive optics // Proceedings of SPIE. 2012. Vol. 8410. 84100R. DOI: 10.1117/12.923233.

CREATING NANOSIZED COPPER COATING AS DIFFRACTION LENSES ON A QUARTZ SURFACE

© 2012 D.V. Nesterenko¹, S.D. Poletayev¹, N.A. Rasshchepkina², V.A. Kitayeva¹

¹ Image Processing Systems Institute of the RAS, Samara

² Samara State Aerospace University named after S.P. Korolyov (National Research University)

Creation of a diffraction binary lens on the basis of galvanic besieged copper for work in a x-ray range of lengths of waves is described. The relief was formed of a layer of the resist put on an initial copper film, by means of electronic lithograph. Experiments showed presence after manifestation of a resist thin, nonconducting a film current on an initial copper surface. It interferes with further galvanic sedimentation of a continuous layer of copper. Therefore, further researches should be directed on working off of a mode of lithograph for the purpose of study of a layer of a resist for full thickness.

Key words: electron beam lithography, diffractive binary lens, electrolysis, plasma etching, electrodeposits.

Dmitriy Nesterenko, Candidate of Physics and Mathematics, Researcher of Laser Measurements Laboratory.

Sergey Poletayev, Trainee-Researcher of Micro- and Nanotechnologies laboratory. E-mail: sergpo-let@gmail.com

Natalya Rasshchepkina, Candidate of Chemistry, Associate Professor at the Chemistry Department.

E-mail: rasshchepkina.natalja@rambler.ru

Victoria Kitayeva, Engineer of Micro- and Nanotechnologies

Laboratory. E-mail: fe-bri@yandex.ru