

ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩАЯ ЛАЗЕРНАЯ ЗАПИСЬ КОНТАКТНЫХ МАСОК НА ПЛЁНКАХ МОЛИБДЕНА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ДИФРАКЦИОННОЙ ОПТИКИ

Волков А.В.¹, Моисеев О.Ю.¹, Полетаев С.Д.^{1,2}

¹ Институт систем обработки изображений РАН,

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

Аннотация

Рассмотрена задача уменьшения толщины линий рисунка контактных масок, используемых при формировании микрорельефа дифракционных оптических элементов (ДОЭ) и получаемых при помощи лазерной абляции тонких плёнок тугоплавких металлов. Для получения контактной маски ДОЭ на молибденовых плёнках толщиной порядка 40 нм с применением лазерной абляции записаны шаблоны с элементами рисунка шириной 0,25–0,3 мкм. Это примерно в 3 раза меньше характерных размеров, полученных методом термохимической записи на плёнках хрома аналогичной толщины в стандартном технологическом процессе. Ионно-реактивным травлением в индуктивно связанной плазме через такую маску был сформирован микрорельеф высотой до 300 нм в кварцевой подложке. Показана перспективность применения тонких плёнок молибдена в качестве металлизированных масок при формировании микрорельефа ДОЭ.

Ключевые слова: дифракционный микрорельеф, металлизированная маска, лазерная абляция, термохимическая запись, плёнки молибдена, ионно-реактивное травление.

Введение

Термохимическая лазерная запись [1, 2] контактных масок играет определяющую роль для широкого ряда [3–9] методов формирования микрорельефа дифракционных оптических элементов. В настоящее время для формирования микрорельефа широко используются металлизированные маски на тонких плёнках металлов [1–2, 5], в которых в процессе воздействия сфокусированного лазерного излучения происходит термохимическое преобразование поверхностного слоя рабочего материала. В качестве исходного материала широко используется хром [1–2, 5]. Последовательность формирования микрорельефа в кварцевой подложке в данном случае следующая [5, 7]:

- напыление плёнки хрома заданной толщины на подложку;
- формирование топологического рисунка будущего элемента воздействием лазерного излучения на плёнку;
- создание металлизированной маски жидкостным травлением участков плёнок хрома, не подвергнутых воздействию лазерного излучения;
- плазмохимическое травление подложки через полученную металлизированную маску (формирование микрорельефа в подложке).

Недостатком данной технологии является довольно низкое разрешение. Стандартно достижимый размер элемента структуры в этом случае – порядка длины волны, т.е. около 0,8 мкм [10]. В этой связи актуальной является задача разработки технологических приёмов для создания элементов с повышенным пространственным разрешением.

На основе описанной выше технологической последовательности, например в работе [11], был достигнут размер элемента структуры 0,5 мкм на плёнках хрома толщиной 50 нм, нанесённых термовакuumным способом на подложки из оптического стекла.

В патенте [12] описывается процесс повышения разрешающей способности метода лазерным термохимическим окислением плёнок титана толщиной 3–60 нм, нанесённых на стеклянные подложки.

Характерной чертой исследований, описанных в [1–11], является то, что стойкость к последующему химическому воздействию повышается для участков плёнки, подвергнутых лазерному излучению. В отличие от работ [1–11] нами предлагается подход, основанный на испарении (абляции) участков плёнки, подвергнутых воздействию лазерного излучения.

Цель настоящей работы заключается в экспериментальном исследовании возможности дальнейшего повышения пространственного разрешения дифракционного микрорельефа, формируемого при помощи контактных масок с использованием лазерной записи. Предлагается добиться этого при полном отказе от жидкостных химических процессов литографии за счёт применения новых материалов и других физических эффектов получения бинарных микроструктур.

1. Постановка задачи и предлагаемый подход

В работе [13] была показана возможность абляции молибденовых плёнок пикосекундным лазерным лучом с длиной волны 1064 нм, нанесённых на подслои нитрида кремния толщиной около 140 нм. Основанием служили стеклянные подложки толщиной 3 мм. Абляция плёнок молибдена толщиной около 0,5 мкм осуществлялась воздействием лазерного луча с максимальной плотностью потока энергии 260 Вт/см², и было предположено, что молибден удаляется с поверхности подложки, не испытывая химических превращений.

В нашем случае контактная маска на основе тонкой плёнки молибдена служила для формирования дифракционного микрорельефа в следующей последовательности технологических операций:

- напыление тонкой плёнки молибдена на подложку;

- формирование металлизированной маски элементом воздействием лазерного излучения на плёнку молибдена;
- ионно-реактивное травление в индуктивно связанной плазме подложки через металлизированную маску (формирование микрорельефа в подложке).

Микрорельеф формировался на подложках плавящего кварца марки КВ размером 50×50 мм, толщиной 3 мм и 14 класса чистоты поверхности. Плёнка молибдена наносилась магнетронным способом на установке «Каролина Д-12А» [14] толщиной 40 нм. Формирование топологического рисунка структуры в молибденовой плёнке (металлизированной маски) осуществлялось на станции лазерной записи CLWS200 [5, 13] при следующих параметрах: рабочая длина волны лазерного излучения – 488 нм; мощность, подводимая к головке записи, – около 100 мВт; структура записи – концентрические кольца с шагом 3 мкм и внешним радиусом 2 мм; величина мощности для каждого кольца уменьшалась от 100% до 0 от максимальной мощности с шагом 0,5%. На внешних кольцах при мощностях порядка 80...40 мВт воздействие лазерного излучения приводило к локальному испарению тонкой плёнки молибдена на всю толщину вплоть до кварцевой подложки.

2. Анализ результатов

Результаты исследования профиля микроструктуры, сформированной в молибденовой плёнке при воздействии лазерным лучом различной мощности, представлены на рис. 1. Измерения профиля микроструктуры проводились на сканирующем зондовом микроскопе (СЗМ) Solver-Pro (ЗАО «НТ-МДТ»). На профиле хорошо видна область полного удаления молибдена (полная абляция). Граница достижения критической мощности, при которой абляция прекращается, хорошо заметна (мощность уменьшается слева направо, рис. 1а). По краям сформированных структур видны характерные всплески, которые можно объяснить выбросом материала во время воздействия лазерного луча.

На рис. 2 приведены изображения тех же микроструктур, но полученные на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) “Supra 25” (Carl Zeiss, Германия). На снимках видны чёткие полосы шириной 253...256 нм (рис. 2а, б). На этих же снимках видно, что по краям канавок имеются повреждения плёнки или образование выступающего профиля, что подтверждается данными, полученными с помощью СЗМ.

Ширина «следа» лазерного луча (участки подложки, свободные от плёнки молибдена) составляет 220...300 нм (рис. 1б) и зависит от величины мощности, превышающей необходимую для абляции, что хорошо подтверждает рис. 2б.

Для формирования дифракционного микрорельефа использовалось ионно-реактивное травление кварцевых подложек на установке «Каролина РЕ-15» с индукционным возбуждением плазмы от генератора радиочастотного напряжения 13,56 МГц. Рабочая камера цилиндрической формы планарного типа. Травление велось в среде гексафторида SF₆ [15]. Для стабилиза-

ции разряда в плазмообразующую смесь был добавлен аргон [16–18]. Мощность от ВЧ-источника подводилась к индуктору, установленному сверху внутри камеры. Травление образца 1 проводилось в следующем режиме: мощность индуктора – 400 Вт; мощность на подложкодержателе – 200 Вт; расход гексафторида SF₆ – 4 л/ч; расход аргона Ar – 3 л/ч; давление газа – 5,0·10⁻¹ Па; время травления – 10 мин.

Режим травления образца 2 от режима травления образца 1 отличается только временем травления, которое составило для него 15 мин.

После ионно-реактивного травления подложки остатки маски удалялись.

Результатирующий СЗМ профиль образцов показан на рис. 3а, б. На изображениях видно, что качество поверхности микрорельефа образца 1 выше, чем образца 2, что, вероятно, связано с большим временем травления, в результате чего маскирующая плёнка образца 2 полностью деградировала в плазме, что привело к разрушению поверхности микрорельефа. Помимо этого повышение скорости травления на этих участках можно объяснить изменением химического состава маскирующего слоя в процессе лазерной записи, тем более что высота маски на краях канавок выше, чем на других участках. На представленных рисунках ширина линий для образцов 1 и 2 – 294 и 353 нм соответственно.

Заключение

В работе экспериментально показана возможность создания оптических структур субмикронного разрешения, в том числе с элементами меньше дифракционного предела (0,25 мкм), на основе сухого травления кварца через контактные маски, получаемые методом лазерной абляции молибденовой плёнки. Уменьшение характерных размеров дифракционного микрорельефа позволяет [19–22] создавать ДОЭ с меньшим фокусным расстоянием, с большей апертурой или ДОЭ, рассчитанные на меньшую рабочую длину волны. Конечно, предлагаемые в статье усовершенствования годятся не для всех [23–25] технологических подходов, но могут быть эффективно использованы для широкого ряда [3–11] методов формирования дифракционного микрорельефа. Дальнейшие исследования предполагается проводить по пути формирования и использования более тонких плёнок (25 нм и менее), что должно привести к дальнейшему увеличению разрешения лазерной записи.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, гранта Президента РФ поддержки ведущих научных школ НШ-4128.2012.9, гранта РФФИ № 13-07-97005 и федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (соглашение № 8027 от 12.07.2012 г.).

Литература

1. Вейко, В.П. Исследование пространственного разрешения лазерной термохимической технологии записи дифракционных микроструктур / В.П. Вейко, В.И. Корольков, А.Г. Полещук, А.Р. Саметов, Е.А. Шахно, М.В. Ярчук // Квантовая электроника. – 2011. – Т. 41, № 7. – С. 631-636.

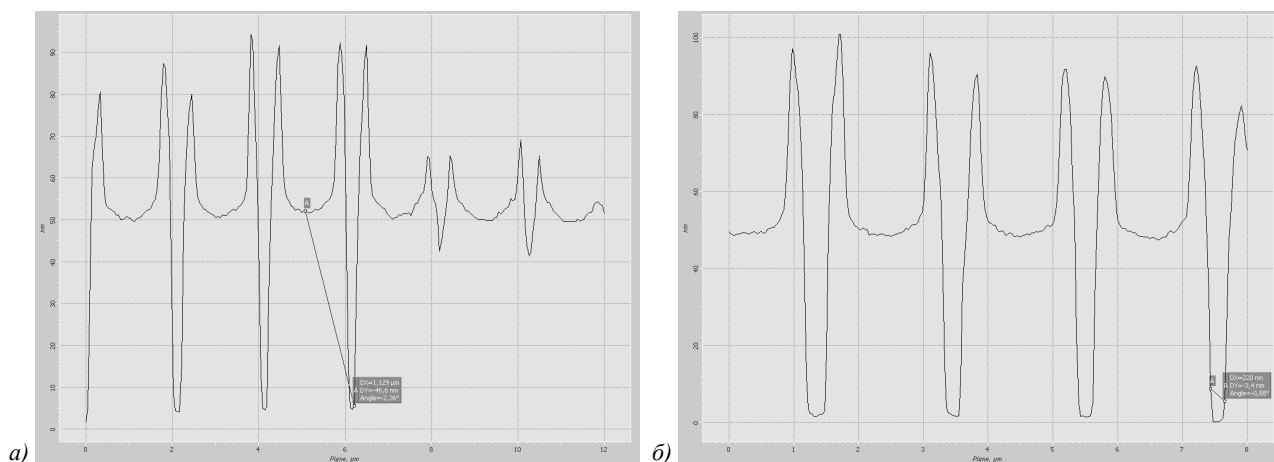


Рис. 1. СЭМ результаты профиля молибденовой плёнки после лазерной записи: граница в начале прожига при достижении критической мощности (а), записанные структуры с шириной линии 220 нм (б)

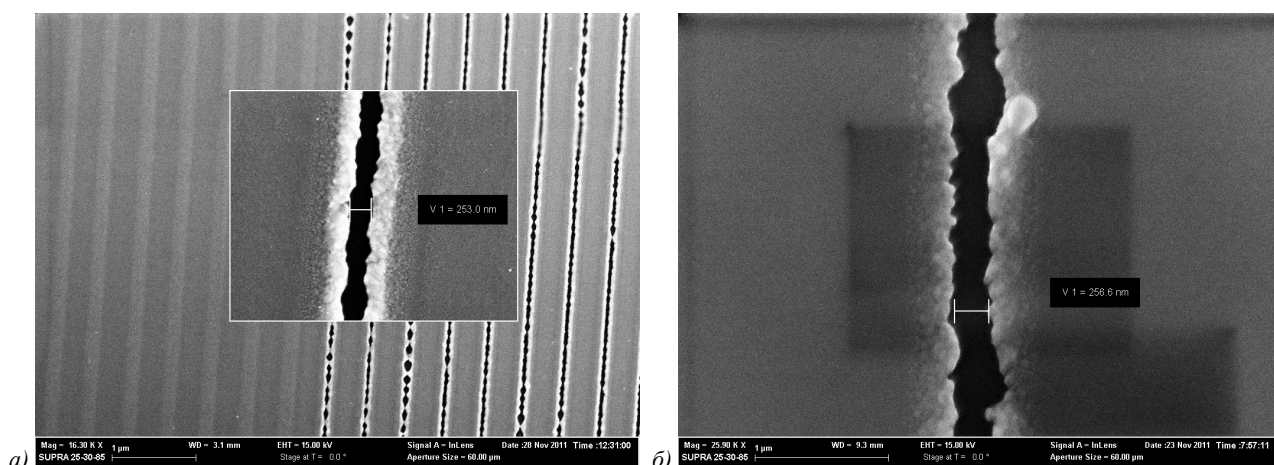


Рис. 2. СЭМ изображение образца после лазерной записи: граница в начале прожига при достижении критической мощности (а), увеличенный фрагмент изображения (б)

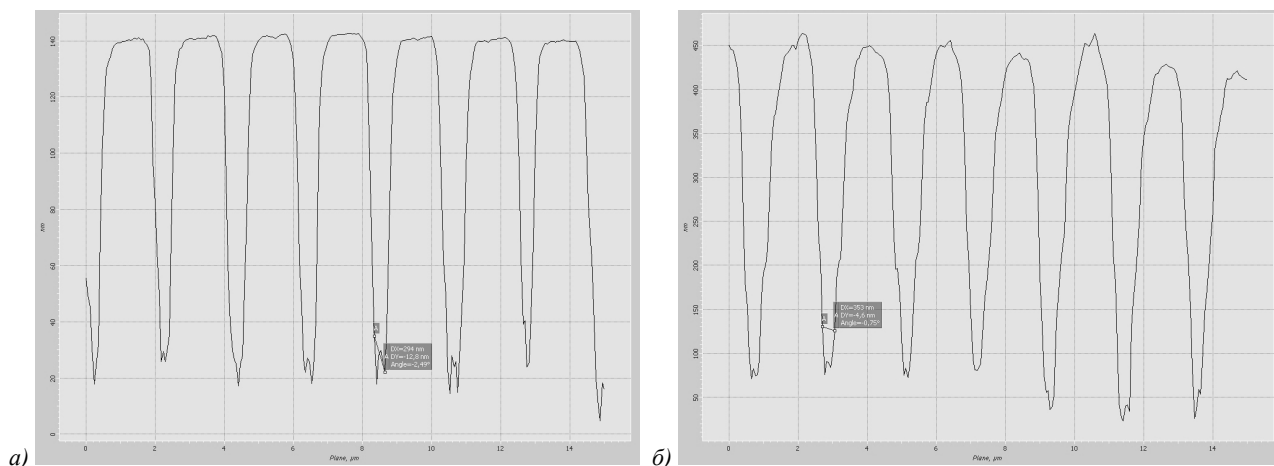


Рис. 3. СЭМ микрорельеф, сформированный травлением в индуктивно связанной плазме: профиль образца 1 (а) профиль образца 2 (б); ширина линии 294 нм и 353 нм соответственно

2. **Вейко, В.П.** Исследование особенностей многопучковой лазерной термохимической записи дифракционных микроструктур / В.П. Вейко, Д.А. Синёв, Е.А. Шахно, А.Г. Полещук, А.Р. Саметов, А.Г. Седухин // Компьютерная оптика. – 2012. – Т. 36, № 4. – С. 562-571.
3. **Волков, А.В.** Исследование технологии плазменного травления для получения многоуровневых дифракционных оптических элементов / А.В. Волков, Н.Л. Казан-

- ский, О.Е. Рыбаков // Компьютерная оптика. – 1998. № 18. – С. 127-130.
4. **Волков, А.В.** Разработка технологии получения дифракционного оптического элемента с субмикронными размерами рельефа в кремниевой пластине / А.В. Волков, Н.Л. Казанский, О.Е. Рыбаков // Компьютерная оптика. – 1998. – № 18. – С. 130-133.

5. **Poleshchuk, A.G.** Polar coordinate laser pattern generator for fabrication of diffractive optical elements with arbitrary structure / A.G. Poleshchuk, E.G. Churin, V.P. Koronkevich, V.P. Korolkov, A.A. Kharissov, V.V. Cherkashin, V.P. Kiryanov, A.V. Kiryanov, S.A. Kokarev, A.G. Verhoglyad // *Applied Optics*. – 1999. – Vol. 38, N 8. – P. 1295-1301.
6. **Казанский, Н.Л.** Исследование особенностей процесса анизотропного травления диоксида кремния в плазме газового разряда высоковольтного типа / Н.Л. Казанский, В.А. Колпаков, А.И. Колпаков // *Микроэлектроника*. – 2004. – Т. 33, № 3. – С. 209-224.
7. **Казанский, Н.Л.** Исследовательский комплекс для решения задач компьютерной оптики / Н.Л. Казанский // *Компьютерная оптика*. – 2006. – № 29. – С. 58-77.
8. **Pavelyev, V.S.** 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.
9. **Bezus, E.A.** Evanescent-wave interferometric nanoscale photolithography using guided-mode resonant gratings / E.A. Bezus, L.L. Doskolovich, N.L. Kazanskiy // *Microelectronic Engineering*. – 2011. – Vol. 88, N 2. – P. 170-174.
10. **Казанский, Н.Л.** Исследовательско-технологический центр дифракционной оптики / Н.Л. Казанский // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2011. – Т. 13, № 4-1. – С. 54-62.
11. **Агафонов, А.Н.** Анализ зависимости разрешающей способности технологии локального термохимического окисления от параметров структуры светочувствительной плёнки хрома / А.Н. Агафонов, О.Ю. Моисеев, А.А. Корлюков // *Компьютерная оптика*. – 2010. – Т. 34, № 1. – С. 101-108.
12. **Jörgens, R.** Verfahren und Anordnung zur Erzeugung von Strukturen im Submikrometerbereich / R. Jörgens, A. Gorbunov, W. Pompe // *Patent DE19544295A1* – 05.06.1997. G02B 5/18, 21/00.
13. **Heise, G.** Laser ablation of thin molybdenum films on transparent substrates at low fluences / G. Heise, M. Engmaier, C. Hellwig, T. Kuznicki, S. Sarrach, Heinz P. Huber // *Applied Physics A: Materials Science & Processing*. – 2011. – Vol. 102, N 1. – P. 173-178.
14. **Kazanskiy, N.L.** Research and Education Center of Diffractive Optics / N.L. Kazanskiy // *Proceedings of SPIE*. – 2012. – Vol. 8410. – 84100R, DOI: 10.1117/12.923233.
15. **Zeze, D.A.** Reactive ion etching of quartz and Pyrex for microelectronic application / D.A. Zeze, R.D. Forrest, J.D. Carey, D.C. Cox, I.D. Robertson, B.L. Weiss, S. R. P. Silva // *Journal of Applied Physics*. – 2002. – Vol. 92, N 7. – P. 3624-3629.
16. **Xuming, W.** Etching quartz with inductively coupled plasma etching equipment / W. Xuming, Z. Changhe, X. Peng, D. Enven, R. Huayi, L. Liren // *Proceedings of SPIE*. – 2003. – Vol. 5183. – P. 192-198.
17. **Volkov, A.V.** Dry Etching of Polycrystalline Diamond Films / A.V. Volkov, N.L. Kazansky, G.F. Kostyuk, V.S. Pavelyev // *Optical Memory And Neural Networks (Information Optics)*. – 2002. – Vol. 11, N 2. – P. 135-137.
18. **Нестеренко, Д.В.** Создание криволинейных дифракционных решёток для ультрафиолетового диапазона / Д.В. Нестеренко, С.Д. Полетаев, О.Ю. Моисеев, Д.М. Якуненкова, А.В. Волков, Р.В. Скиданов // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 2011. – Т. 13, № 4. – С. 66-71.
19. **Голуб, М.А.** Вычислительный эксперимент с элементами плоской оптики / М.А. Голуб, Н.Л. Казанский, И.Н. Сисакян, В.А. Сойфер // *Автоматрия*. – 1988. – № 1. – С. 70-82.
20. **Казанский, Н.Л.** Исследование дифракционных характеристик фокусатора в кольцо методом вычислительно-го эксперимента / Н.Л. Казанский // *Компьютерная оптика*. – 1992. – № 10-11. – С. 128-144.
21. **Kazanskiy, N.L.** Diffraction investigation of geometric-optical focusators into segment / N.L. Kazanskiy, V.A. Soifer // *Optik*. – 1994. – Vol. 96, N 4. – P. 158-162.
22. **Doskolovich, L.L.** Comparative analysis of different focusators into segment / L.L. Doskolovich, N.L. Kazanskiy, V.A. Soifer // *Optics and Laser Technology*. – 1995. – Vol. 27, N 4. – P. 207-213.
23. **Kazanskiy, N.L.** 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. DOI: 10.1016/j.optlaseng.2011.07.001.
24. **Volkov, A.V.** 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.
25. **Абульханов, С.Р.** Методы изготовления элементов дифракционной оптики резанием на станках с ЧПУ / С.Р. Абульханов, Н.Л. Казанский, Л.Л. Досколович, О.Ю. Казакова // *СТИН*. – 2011. – № 9. – С. 22-27.

References

1. **Veiko, V.P.** Study of the spatial resolution of laser thermochemical technology for recording diffraction microstructures / V.P. Veiko, V.I. Korolkov, A.G. Poleshchuk, A.R. Sametov, E.A. Shakhno, M.V. Yarchuk // *Quantum Electronics*. – 2011. – Vol. 41, N 7. – P. 631-636. – (In Russian).
2. **Veiko, V.P.** Researching the features of multibeam laser thermochemical recording of diffractive microstructures / V.P. Veiko, D.A. Sinev, E.A. Shakhno, A.G. Poleshchuk, A.R. Sametov, A.G. Sedukhin // *Computer Optics*. – 2012. – V. 36, N 4. – P. 562-571. – (In Russian).
3. **Volkov, A.V.** The study of plasma etching technology for creation of multi-level diffractive optical elements / A.V. Volkov, N.L. Kazanskiy, O.Ye. Rybakov // *Computer Optics*. – 1998. – N 18. – P. 127-130. – (In Russian).
4. **Volkov, A.V.** Development of technology for creation of diffractive optical elements with submicron dimensions of the relief in the silicon wafer / A.V. Volkov, N.L. Kazanskiy, O.Ye. Rybakov // *Computer Optics*. – 1998. – N 18. – P. 130-133. – (In Russian).
5. **Poleshchuk, A.G.** Polar coordinate laser pattern generator for fabrication of diffractive optical elements with arbitrary structure / A.G. Poleshchuk, E.G. Churin, V.P. Koronkevich, V.P. Korolkov, A.A. Kharissov, V.V. Cherkashin, V.P. Kiryanov, A.V. Kiryanov, S.A. Kokarev, A.G. Verhoglyad // *Applied Optics*. – 1999. – Vol. 38, N 8. – P. 1295-1301.
6. **Kazanskiy, N.L.** Anisotropic etching of SiO₂ in high-voltage gas-discharge plasmas / N.L. Kazanskiy, V.A. Kolpakov, and A.I. Kolpakov // *Russian Microelectronics*. – 2004. – Vol. 33, N 3. – P. 169-182.
7. **Kazanskiy, N.L.** A research complex for solving computer optics problems / N.L. Kazanskiy // *Computer Optics*. – 2006. – N 29. – P. 58-77. – ISSN 0134-2452. – (In Russian).
8. **Pavelyev, V.S.** 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.
9. **Bezus, E.A.** Evanescent-wave interferometric nanoscale photolithography using guided-mode resonant gratings / E.A. Bezus, L.L. Doskolovich, N.L. Kazanskiy // *Microelectronic Engineering*. – 2011. – Vol. 88, N 2. – P. 170-174.
10. **Kazanskiy, N.L.** Research and technological center of diffraction optics / N.L. Kazanskiy // *Bulletin of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. – 2011. – Vol. 13, N 4-1. – P. 54-62. – (In Russian).

11. **Agafonov, A.N.** The analysis of dependence of resolution of technology of local thermochemical oxidation from parameters of structure of a photosensitive film of chrome / A.N. Agafonov, O.Yu. Moiseyev, A.A. Korlyukov // *Computer Optics*. – 2010. – Vol. 34, N 1. – P. 101-108. – (In Russian).
12. **Jörgens, R.** Verfahren und Anordnung zur Erzeugung von Strukturen im Submikrometerbereich / R. Jörgens, A. Gorbunov, W. Pompe // Patent DE19544295A1 – 05.06.1997. G02B 5/18, 21/00.
13. **Heise, G.** Laser ablation of thin molybdenum films on transparent substrates at low fluences / G. Heise, M. Englmaier, C. Hellwig, T. Kuznicki, S. Sarrach, Heinz P. Huber // *Applied Physics A: Materials Science & Processing*. – 2011. – Vol. 102, N 1. – P. 173-178.
14. **Kazanskiy, N.L.** Research and Education Center of Diffractive Optics / N.L. Kazanskiy // *Proceedings of SPIE*. – 2012. – Vol. 8410. – 84100R, DOI: 10.1117/12.923233.
15. **Zeze, D.A.** Reactive ion etching of quartz and Pyrex for microelectronic application / D.A. Zeze, R.D. Forrest, J.D. Carey, D.C. Cox, I.D. Robertson, B.L. Weiss, S. R. P. Silva // *Journal of Applied Physics*. – 2002. – Vol. 92, N 7. – P. 3624-3629.
16. **Xuming, W.** Etching quartz with inductively coupled plasma etching equipment / W. Xuming, Z. Changhe, X. Peng, D. Enven, R. Huayi, L. Liren // *Proceedings of SPIE*. – 2003. – Vol. 5183. – P. 192-198.
17. **Volkov, A.V.** Dry Etching of Polycrystalline Diamond Films / A.V. Volkov, N.L. Kazansky, G.F. Kostyuk, V.S. Pavelyev // *Optical Memory And Neural Networks (Information Optics)*. – 2002. – Vol. 11, N 2. – P. 135-137.
18. **Nesterenko, D.V.** Creating a curved diffraction gratings for ultraviolet / D.V. Nesterenko, S.D. Poletaev O.Yu. Moiseev, D.M. Yakunenkov, A.V. Volkov, R.V. Skidanov // *Bulletin of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. – 2011. – Vol. 13, N 4. – P. 66-71. – (In Russian).
19. **Golub, M.A.** Computational experiment with plane optical elements / M.A. Golub, N.L. Kazanskiy, I.N. Sisakyan, V.A. Soifer // *Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing*. – 1988. – N 1. – P. 78-89.
20. **Kazanskiy, N.L.** The study of the diffraction characteristics of focusators into the ring by computational experiment / N.L. Kazanskiy // *Computer Optics*. – 1992. – N 10-11. – P. 128-144. – (In Russian).
21. **Kazanskiy, N.L.** Diffraction investigation of geometric-optical focusators into segment / N.L. Kazanskiy, V.A. Soifer // *Optik*. – 1994. – Vol. 96, N 4. – P. 158-162.
22. **Doskolovich, L.L.** Comparative analysis of different focusators into segment / L.L. Doskolovich, N.L. Kazanskiy, V.A. Soifer // *Optics and Laser Technology*. – 1995. – Vol. 27, N 4. – P. 207-213.
23. **Kazanskiy, N.L.** 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. DOI: 10.1016/j.optlaseng.2011.07.001.
24. **Volkov, A.V.** 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.
25. **Abul'khanov, S.R.** Manufacture of diffractive optical elements by cutting on numerically controlled machine tools / S.R. Abul'khanov, N.L. Kazanskiy, L.L. Doskolovich, O.Y. Kazakova // *Russian Engineering Research*. – 2011. – Vol. 31, N 12. – P. 1268-1272.

PRECISION LASER RECORDING ON A MOLYBDENUM FILMS FOR DIFFRACTIVE MICRORELIEF FORMATION

A.V. Volkov¹, O.Yu. Moiseev¹, S.D. Poletaev^{1,2}

¹*Image Processing Systems Institute of the RAS,*

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

Abstract

The problem of reducing the thickness of the lines of contact pattern masks used in the formation of micro-relief of diffractive optical elements (DOEs) and produced by laser ablation of thin films of refractory metals. For contact mask of DOEs on molybdenum films with thickness of 40 nm using a laser ablation patterns recorded with elements of the picture width 0.25–0.3 μm. This is approximately 3 times smaller than the characteristic dimensions, obtained by thermochemical recording chromium films of the same thickness in the standard process. Reactive ion etching in an inductively coupled plasma through a mask was formed micro-relief height up to 300 nm in a quartz substrate. We have shown promising applications of thin films of molybdenum as a metallic mask in the formation of microrelief of DOEs.

Key words: diffractive microrelief, metallic mask, laser ablation, thermochemical recording, film molybdenum, reactive ion etching.

Сведения об авторах



Волков Алексей Васильевич, заведующий лабораторией микро- и нанотехнологий Института систем обработки изображений РАН, по совместительству – профессор кафедры наноинженерии Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). Основные сферы научных интересов: исследование технологических режимов плазмохимического травления материалов, используемых при создании дифракционных оптических элементов (ДОЭ); исследование и разработка технологий формирования микро рельефа ДОЭ; синтез микро- и наноструктур, имеющих определённое функциональное назначение.

E-mail: volkov@ssau.ru, volkov@smr.ru.

Alexey Vasilyevich Volkov, Doctor of Engineering, professor of Nanoengineering sub-department of S.P. Korolyov Samara State Aerospace University (National Research Univer-

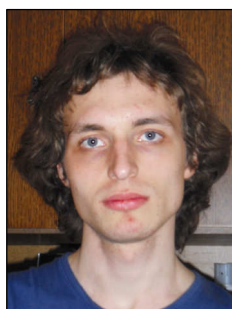
sity), head of Micro- and Nano-technology Laboratory of the Image Processing Systems Institute of the RAS. Research interests: diffractive microoptics, nanophotonics, micro- and nanostructure fabrication methods.



Моисеев Олег Юрьевич, 1959 года рождения, окончил в 1982 г. 5-й факультет Куйбышевского авиационного института. В 2000 г. защитил кандидатскую диссертацию. На данный момент занимает должность старшего научного сотрудника Института систем обработки изображений РАН. Область научных интересов: технологические процессы создания микроструктур дифракционной оптики.

E-mail: moiseev@smr.ru.

Oleg Yurevich Moiseev, Candidate of Technical Sciences; senior staff scientist of the Image Processing Systems Institute of the RAS. Research interests: technological process of diffractive optics.



Полетаев Сергей Дмитриевич, 1985 года рождения, окончил Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет) (СГАУ) по специальности «Проектирование и технология радиоэлектронных средств», работает инженером в СГАУ, аспирант кафедры нанотехнологии, стажёр-исследователь Института систем обработки изображений РАН. Область научных интересов: технология создания дифракционных оптических элементов.

E-mail: sergpolet@gmail.com.

Sergey Dmitriyevich Poletayev, the 1985th year of birth, graduated from Samara State Aerospace University a name of academician S.P. Korolyov (National Research University) (SSAU) in the specialty «Design and technology of radio-electronic means», the graduate student of chair of Nanoengineering works as the engineer in SSAU, probationer-researcher of the Image Processing Systems Institute of the RAS. Area of scientific interests: creation technology of diffraction optical elements.

Поступила в редакцию 27 марта 2013 г.