

Способы изготовления самонесущих рентгеношаблонов

А. Н. Генцелев, С. Г. Баев

Описаны конструкция и способы изготовления самонесущих высококонтрастных в рентгеновском спектральном диапазоне длин волн ($\lambda \approx 0,6\div 14$ Å) рентгеношаблонов, являющихся инструментом для формирования высокоаспектных резистивных топологий толщиной до 1 мкм и более, причем как из позитивных, так и негативных рентгенорезистов. Подробно описаны два способа изготовления: на основе плазмохимического травления и на основе лазерной резки. Были изготовлены образцы обоими этими способами и проведено их сравнение. Выполненная работа показывает, что таким образом можно изготавливать самонесущие высококонтрастные рентгеношаблоны и LIGA-шаблоны из промышленно выпускаемых фольг тяжелых металлов, таких как тантал и др. с минимальными топологическими размерами до 15 мкм. Способ лазерной резки с использованием мощного фемтосекундного лазера более оперативен и требует существенно меньшей технологической подготовки и меньшего количества операций для его реализации.

Ключевые слова: рентгеношаблон, LIGA-шаблон, плазмохимическое травление, лазерная микрообработка, лазерная резка, LIGA-технология, контраст рентгеношаблона, резистивная маска, аспектное отношение.

DOI: 10.51368/1996-0948-2022-1-75-82

Генцелев Александр Николаевич¹, вед. инженер.

E-mail: ang1209@mail.ru

Баев Сергей Геннадьевич², главный специалист-технолог.

E-mail: baev@iae.nsk.su

¹ Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН. Россия, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 11.

² Институт автоматики и электрометрии СО РАН. Россия, 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Коптюга, 1.

Статья поступила в редакцию 18 ноября 2021 г.

© Генцелев А. Н., Баев С. Г., 2022

Авторы благодарят Ненашеву Л. А. – сотрудника Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова СО РАН за проведение ПХТ на оборудовании института.

Работа выполнена при поддержке
Министерства науки и высшего образования
РФ (государственная регистрация
№ AAAA-A17-117060810013-2).

При изготовлении рентгеношаблонов
использовалось экспериментальное оборудо-
вание ЦКП ИАиЭ СО РАН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев А. А., Лучинин В. В., Мальцев П. П. // Микросистемная техника. Материалы, технологии, элементная база. Электронные компоненты. 2000. № 4. С. 3.
2. Reznikova E. F., Morh J., Hein H. // Microsystem technologies. 2005. № 11. P. 282.
3. Генцелев А. Н., Дульцев Ф. Н., Кондратьев В. И., Лемзяков А. Г. // Автометрия. 2018. № 2. С. 20.
4. Jae Man Park, Jong Hyun Kim, Jun Sae Han, Da Seul Shin, Sung Cheol Park, Seong Ho Son, Seong Jin Park // Materials. 2019. Vol. 12. № 13. P. 2056. <https://doi.org/10.3390/ma12132056>

5. Кузнецов С. А., Генцелев А. Н., Баев С. Г. // Автометрия. 2017. № 1. С. 107.
6. Генцелев А. Н., Кузнецов С. А., Гольденберг Б. Г., Баев С. Г., Лоншаков Е. А. // Поверхность: Рентген-, синхротрон. и нейтрон. исслед. 2017. № 7. С. 32.
7. Bogdanov A. L., Peredkov S. // Microelectronic Engineering. 2000. Vol. 53. P. 493.
8. Генцелев А. Н., Кузнецов С. А., Дульцев Ф. Н., Гольденберг Б. Г., Зелинский А. Г., Кондратьев В. И., Таныгина Д. С. // Автометрия, 2019. № 2. С. 14.
9. Валиев К. А. Физика субмикронной литографии. – М.: Наука, 1990.
10. Neureuther A. R. Investigation be synchrotron radiation / Ed. H. Winick, S. Doniach. – N.Y.; L: Plenum Press. 1980.
11. Feder R., Spiller E., Topalian J. // Polym. Eng. Sci. 1977. Vol. 17. № 6. P. 385.
12. Литвинов Ю. М., Мазуренко С. Н., Матвеев В. М. // Электронная техника. Серия 3. Микроэлектроника. 1989. Вып. 6. С. 1498.
13. Мазуренко С. Н., Мануйлов В. В., Матвеев В. М. // Микроэлектроника. 1990. Т. 19. Вып. 3. С. 284.
14. Генцелев А. Н. // Поверхность: Рентген-, синхротрон. и нейтрон. исслед. 2022 (в печати).
15. Баев С. Г., Бессмельцев В. П., Булушев Е. Д., Голошевский Н. В., Горяев Е. П., Кастеров В. В., Максимов М. В., Смирнов К. К. // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2016. Т. 5. № 2. С. 3.
16. Kamlage G., Bauer T., Ostendorf A., Chichkov B. // Applied Physics A. 2003. Vol. 77. № 2. P. 307.

PACS: 85.40.Hp

Methods of manufacturing self-supporting X-ray templates

A. N. Gentselev¹ and S. G. Baev²

¹ Institute of Nuclear Physics

11 Acad. Lavrent'ev Ave., Novosibirsk, 630090, Russia

E-mail: ang1209@mail.ru

² Institute of Automatics and Electromeasuring

1 Acad. Koptug Ave., Novosibirsk, 630090, Russia

Received November 18, 2021

The design and methods of manufacturing self-supporting high-contrast in the X-ray spectral wavelength range ($\lambda \approx 0.6\div 14 \text{ \AA}$) X-ray masks are described, which are a tool for the formation of high-aspect resistive topologies with a thickness of up to 1 mm or more, both of positive and negative X-ray resists. Two manufacturing methods are described in detail, namely: on the basis of plasma chemical etching and on the basis of laser micro-processing (laser cutting). Samples were made by both of these methods and their comparison was carried out. The work carried out shows that these methods can be used to produce self-supporting high-contrast X-ray masks and LIGA-masks from industrially produced heavy metal foils, such as tantalum and other with minimum topological dimensions up to 15 microns. The method of laser cutting using a powerful femtosecond laser is more efficient and requires significantly less technological preparation and fewer operations for its implementation.

Keywords: X-ray mask, LIGA-mask, plasma chemical etching, laser micro-processing, laser cutting, LIGA technology, contrast of the X-ray mask, resist mask, aspect ratio.

DOI: 10.51368/1996-0948-2022-1-75-82

REFERENCES

1. A. A. Vasil'ev, V. V. Luchinin, and P. P. Mal'cev, *Elektronnye komponenty*, No. 4, 3 (2000).
2. E. F. Reznikova, J. Morh, and H. Hein, *Microsystem technologies*, No. 11, 282 (2005).
3. A. N. Gentslev, F. N. Dul'tsev, V. I. Kondrat'ev, and A. G. Lemzyakov, *Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing* **54** (2), 127 (2018).
4. Jae Man Park, Jong Hyun Kim, Jun Sae Han, Da Seul Shin, Sung Cheol Park, Seong Ho Son, and Seong Jin Park, *Materials* **12** (13), 2056 (2019). <https://doi.org/10.3390/ma12132056>
5. S. A. Kuznetsov, A. N. Gentslev, and S. G. Baev, *Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing* **53** (1), 88 (2017).
6. A. N. Gentslev, S. A. Kuznetsov, B. G. Goldenberg, S. G. Baev, and E. A. Lonshakov, *J. Surf. Invest. X-ray, Synchrotron Neutron Tech.*, No. 7, 32 (2017).
7. A. L. Bogdanov and S. Peredkov, *Microelectronic Engineering* **53**, 493 (2000).
8. A. N. Gentslev, S. A. Kuznetsov, F. N. Dultsev, B. G. Goldenberg, A. G. Zelinsky, V. I. Kondratyev, and D. S. Tanygina, *Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing* **55** (2), 115 (2019).
9. K. A. Valiev, *Physics of Submicron Lithograph* (Nauka, Moscow, 1990) [in Russian].
10. A. R. Neureuther, *Investigation of Synchrotron Radiation* / Ed. H. Winick, S. Doniach. (N.Y.; L: Plenum Press, 1980).
11. R. Feder, E. Spiller, and J. Topalian, *Polym. Eng. Sci.* **17** (6), 385 (1977).
12. Yu. M. Litvinov, S. N. Mazurenko, and V. M. Matveev, *Elektronnaya tekhnika. Seriya 3. Mikroelektronika*, No. 6, 1498 (1989).
13. S. N. Mazurenko, V. V. Manujlov, and V. M. Matveev, *Mikroelektronika* **19** (3), 284 (1990).
14. A. N. Gentslev, *J. Surf. Invest. X-ray, Synchrotron Neutron Tech.* (in print) (2022).
15. S. G. Baev, V. P. Bessmel'cev, E. D. Bulushev, N. V. Goloshevskij, E. P. Goryaev, V. V. Kasterov, M. V. Maksimov, and K. K. Smirnov, *Interesko Geo-Sibir'* **5** (2), 3 (2016).
16. G. Kamlage, T. Bauer, A. Ostendorf, and B. Chichkov, *Applied Physics A* **77** (2), 307 (2003).