

**Г. Є. Положій*, О. Г. Пономарьов, С. В. Колінько, В. А. Ребров, Р. О. Шуліпа,
О. М. Калінкевич, О. В. Калінкевич**

Інститут прикладної фізики НАН України, Суми, Україна

*Відповідальний автор: polojiy_ge@ipflab.sumy.ua

ПРОТОННА ЛІТОГРАФІЯ: СВІТОВИЙ ДОСВІД ТА ПЕРСПЕКТИВИ В УКРАЇНІ

Протонна літографія – перспективний метод літографії, над яким проводяться роботи в багатьох країнах. Цей метод має суттєві переваги над іншими методами літографії, зокрема у відсутності необхідності в попередньо виготовлених масках-шаблонах та високому аспектному відношенні отриманих структур. Численні публікації демонструють перспективні застосування протонної літографії в різних галузях, пов'язаних з тривимірним мікро- та наноструктур. Ця технологія може бути використана і для наноелектроніки, і для тривимірних мікроструктур з високим аспектним відношенням. В Інституті прикладної фізики НАН України розробляються технології протонної літографії. Останніми роками було впроваджено векторний метод літографії та систему електростатичного прибирання протонного пучка, а також проведено експерименти з протонної літографії по плівках хітозану, в тому числі вкритим тонкими плівками металів та сполук металів.

Ключові слова: літографія, протонна літографія, нанолітографія, мікролітографія, тривимірна літографія, малорозмірна структура, хітозан.

**H. Ye. Polozhii*, A. G. Ponomarev, S. V. Kolinko, V. A. Rebrov, R. O. Shulipa,
O. M. Kalinkevich, O. V. Kalinkevich**

Institute of Applied Physics, National Academy of Sciences of Ukraine, Sumy, Ukraine

*Corresponding author: polojiy_ge@ipflab.sumy.ua

PROTON BEAM WRITING: WORLD EXPERIENCE AND PROSPECTIVES IN UKRAINE

Proton beam writing is a promising lithography method that is being developed in many countries. This method has significant advantages over other lithography methods, amongst all, there is the absence of the need for prefabricated pattern masks and a high aspect ratio of fabricated structures. Numerous publications demonstrate prospective applications of proton beam writing in different fields related to micro- and nanostructures fabrication. Proton beam writing may be used both for nanoelectronics and three-dimensional microstructures with a high aspect ratio. Work on proton beam writing technology is being conducted at the Institute of Applied Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine. Last years there were introduced vector proton beam writing method, an electrostatic blanker system for proton beam distortion, and experiments on proton beam writing on chitosan films were conducted, including the films covered with thin films of metals and metal compounds.

Keywords: lithography, proton beam writing, nanolithography, microlithography, three-dimensional lithography, small-sized structure, chitosan.

REFERENCES

1. J.A. Van Kan et al. Micromachining using focused high energy ion beams: Deep Ion Beam Lithography. *Nucl. Instr. and Meth. B* 148 (1999) 1085.
2. J.A. Van Kan, A.A. Bettiol, F. Watt. Hydrogen silsesquioxane a next generation resist for proton beam writing at the 20 nm level. *Nucl. Instr. and Meth. B* 260 (2007) 396.
3. F. Watt et al. Proton beam writing. *Materials Today* 10(6) (2007) 20.
4. A.A. Bettiol et al. Three-dimensional metamaterials fabricated using Proton Beam Writing. *Nucl. Instr. and Meth. B* 306 (2013) 271.
5. F. Watt et al. Ion beam lithography and nanofabrication: A review. *International Journal of Nanoscience* 4(3) (2005) 269.
6. X. Xu et al. Design considerations for a compact proton beam writing system aiming for fast sub-10 nm direct write lithography. *Nucl. Instr. and Meth. B* 404 (2017) 243.
7. I. Rajta et al. Si micro-turbine by proton beam writing and porous silicon micromachining. *Nucl. Instr. and Meth. B* 267 (2009) 2292.
8. V.E. Storizhko et al. The Sumy scanning nuclear microprobe: Design features and first tests. *Nucl. Instr. and Meth. B* 260 (2007) 49.

9. D.V. Magilin et al. Performance of the Sumy nuclear microprobe with the integrated probe-forming system. [Nucl. Instr. and Meth. B 267 \(2009\) 2046](#).
10. S.V. Kolinko et al. Beam scanning control system for proton-beam writing. [East Eur. J. Phys. 3 \(2021\) 134](#).
11. H.E. Polozhii et al. Vector proton beam writing system. [Problems of Atomic Science and Technology 3\(139\) \(2022\) 52](#).
12. M. Caillau et al. Sub-micron lines patterning into silica using water developable chitosan bioresist films for eco-friendly positive tone e-beam and UV lithography. [Proc. of SPIE 10587 \(2018\) 105870S](#).
13. O.V. Kalinkevich et al. Proton Beam Writing on Chitosan Films for Bionanomedicine and Microfluidics: Pilot Experiments. In: [Nanomaterials: Applications & Properties \(NAP-2020\), IEEE 10th Int. Conf., Sumy, Ukraine, 9 - 13 Nov. 2020 \(Sumy, 2020\) 02BA03](#).
14. O.V. Kalinkevich et al. Controllable structures on the surface of natural polymers made by proton beam writing and femtosecond laser treatment. [Low Temperature Physics 48\(4\) \(2022\) 393](#).

Надійшла/Received 22.12.2022