

Біلالодін^{1*}, А. Харьяді¹, Картіка Сарі¹, Ю. Сарджоно², Расіто Турсіна³

¹ Кафедра фізики, факультет математики та природничих наук,
Університет Джендерала Содірмана, Пурвокерто, Індонезія

² Дослідницький центр прискорювальних технологій, Національне агентство досліджень та інновацій,
Центральна Джакарта, Індонезія

³ Дослідницький центр прикладних ядерних технологій, Бандунг, Індонезія

*Відповідальний автор: bilalodin@unsoed.ac.id

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ДВОШАРОВОЇ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ ПУЧКА З ВИКОРИСТАННЯМ ДОДАТКОВОЇ НАСАДКИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПУЧКА ЕПІТЕРМАЛЬНИХ НЕЙТРОНІВ ЯК ДЖЕРЕЛА НЕЙТРОНІВ ДЛЯ БОР-НЕЙТРОН-ЗАХОПЛЮВАЛЬНОЇ ТЕРАПІЇ

Двошарова система формування пучка (DLBSA) – це система, що перетворює швидкі нейтрони в епітермальні нейтрони. Епітермальні нейтрони, що залишають апертуру в системі DLBSA, розширюються в просторі, тим самим зменшуючи інтенсивність та однорідність пучків епітермальних нейтронів. Тому необхідно вдосконалити конструкцію. Розробка конструкції DLBSA проводилася з використанням додаткових насадок. Насадки розроблено з використанням матеріалів, виготовлених у трьох конфігураціях, а саме: поліетилен з додаванням Ni+LiF, поліетилен з Pb+LiF та поліетилен з Bi+LiF. Результати моделювання показують, що додавання насадки в DLBSA може каналізувати пучок більш спрямовано з високою інтенсивністю. Додавання насадок з поліетилену з Ni+LiF створює пучок епітермальних нейтронів, що відповідає стандартам МАГАТЕ.

Ключові слова: додаткова насадка, двошарова система формування пучка, епітермальний нейтрон, бор-нейтрон-захоплювальна терапія.

Bilalodin^{1*}, A. Haryadi¹, Kartika Sari¹, Y. Sardjono², Rasito Tursinah³

¹ Department of Physics, Faculty of Mathematics and Natural Science,
Jenderal Soedirman University, Purwokerto, Indonesia

² Research Center for Accelerator Technology, National Research and Innovation Agency, Central Jakarta, Indonesia

³ Research Center for Applied Nuclear Technology, Bandung, Indonesia

*Corresponding author: bilalodin@unsoed.ac.id

DESIGN DEVELOPMENT OF DOUBLE-LAYER BEAM SHAPING ASSEMBLY USING EXTENSION NOZZLE TO INCREASE THE QUALITY OF EPITHERMAL NEUTRON BEAM AS A BORON NEUTRON CAPTURE THERAPY NEUTRON SOURCE

Double layer beam shaping assembly (DLBSA) is a system that moderates fast neutrons into epithermal neutrons. The epithermal neutrons that leave the aperture in the DLBSA system are broadened in the space, thereby reducing the intensity and homogeneity of the epithermal neutron beams. Therefore, it is necessary to improve the design. The development of the DLBSA design was carried out using an extension nozzle. The nozzles are designed using materials made in three configurations, namely Ni+LiF load polyethylene, Pb+LiF load polyethylene, and Bi+LiF load polyethylene. The simulation results show that the addition of a nozzle at the tip of the DLBSA can channel the beam more directionally with high intensity. The addition of nozzles with Ni+LiF load PE material produces an epithermal neutron beam that meets the IAEA standards.

Keywords: extension nozzle, double layer beam shaping assembly, epithermal neutron, boron neutron capture therapy.

REFERENCES

1. W.A.G. Sauerwein. Principles and Roots of Neutron Capture Therapy. In: *Neutron Capture Therapy* (Berlin, Heidelberg: Springer, 2012) p. 1.
2. M.A. Hassanein et al. An optimized epithermal BNCT beam design for research reactors. *Progress in Nuclear Energy* 106 (2018) 455.
3. J.A. Kreiner et al. Present status of accelerator-based BNCT. *Reports of Practical Oncology and Radiotherapy* 21(2) (2016) 95.
4. S.Yu. Taskaev. Accelerator based epithermal neutron source. *Physics of Particles and Nuclei* 46 (2015) 956.
5. J.G. Fantidis, G. Nicolaou. Optimization of beam shaping assembly design for boron neutron capture therapy based on a transportable proton accelerator. *Alexandria Engineering Journal* 57(4) (2018) 2333.

6. Yu Lu et al. GEANT4 simulations of the neutron beam characteristics for $^9\text{Be}/^7\text{Li}$ targets bombarded by the low energy protons. *Nucl. Instrum. Methods B* 506 (2021) 8.
7. H. Tanaka et al. Experimental verification of beam characteristics for cyclotron-based epithermal neutron source (C-BENS). *Applied Radiation and Isotopes* 69(12) (2011) 1642.
8. R.L. Moss. Critical review with an optimistic outlook, on boron neutron capture therapy (BNCT). *Applied Radiation and Isotopes* 88 (2014) 2.
9. Bilalodin et al. Optimization of double layered beam shaping assembly using genetic algorithm. *Polish Journal of Medical Physics and Engineering* 24(4) (2018) 157.
10. T. Sato et al. Particle and Heavy Ion Transport code System (PHITS) version 2.52. *J. Nucl. Sci. Technol.* 50(9) (2013) 913.
11. *Current Status of Neutron Capture Therapy. IAEA-TECDOC-1223 (Vienna: IAEA, 2001) 302 p.*
12. M. Türkmen et al. A New method in beam shaping: Multi-objective genetic algorithm method coupled with a Monte-Carlo based reactor physics code. *Progress in Nuclear Energy* 99 (2017) 165.
13. M. Asnal et al. An evaluation on the design of beam shaping assembly based on the D-T reaction for BNCT. *Journal of Physics: Conference Series* 611 (2015) 012031.
14. Y. Kasesaz et al. Design of an epithermal neutron beam for BNCT in thermal column of Tehran research reactor. *Annals of Nuclear Energy* 68 (2014) 234.
15. A. dos Santos et al. Tree heavy reflector experiment in the IPEN/MB-01 reactor: stainless steel, carbon steel and nickel. *Nuclear Data Sheets* 118 (2014) 568.
16. Bilalodin et al. Optimization and analysis of neutron distribution on 30 MeV cyclotron-based Double layer Beam Shaping Assembly (DLBSA). *Nuclear Physics and Atomic Energy* 20(1) (2019) 70.
17. S.F. Masoudi, F.S. Rasouli. BNCT of skin tumors using the high-energy D-T neutrons. *Applied Radiation and Isotopes* 122 (2017) 158.
18. M. Asnal, T. Liamsuwan, T. Onjun. An evaluation on the design of beam shaping assembly based on the D-T reaction for BNCT. *Journal of Physics: Conference Series.* 611 (2015) 012031.
19. R. Ogawara et al. Polyethylene moderator optimized for increasing thermal neutron flux in the NASBEE accelerator-based neutron field. *Radiation Measurements* 137 (2020) 106358.
20. Bilalodin et al. Characteristics in Water Phantom of Epithermal Neutron Beam Produced by Double Layer Beam Shaping Assembly. *ASEAN Journal on Science and Technology for Development* 36(1) (2019) 9.
21. K. Sato. Improved design of the exit of a beam shaping assembly for an accelerator-driven BNCT system in Nagoya University. Proc. of the Int. Conf. on Neutron Optics (NOP2017). *JPS Conf. Proc.* 22 (2018) 011003.

Надійшла/Received 15.09.2021