

**Ф. А. Даневич¹, В. В. Кобичев¹, Р. В. Кобичев^{1,2},
Г. Краус³, В. Б. Михайлик^{3,4}, В. М. Мокіна¹**

¹ Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

² Теплоенергетичний факультет, Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», Київ, Україна

³ Оксфордський університет, Оксфорд, Великобританія

⁴ Джерело синхротронного випромінювання «Діамант», Дідкот, Великобританія

РОЗРАХУНКИ ЗБОРУ СВІТЛОВИХ ФОТОНІВ У СЦИНТИЛЯЦІЙНИХ ДЕТЕКТОРАХ З КРИСТАЛАМИ ВОЛЬФРАМАТУ КАЛЬЦІЮ

Завдяки високим експлуатаційним властивостям оксидні сцинтилятори є перспективними для криогенних сцинтиляційних експериментів, метою яких є дослідження рідкісних ядерних процесів. Для оптимізації світловиходу та енергетичної роздільної здатності було виконано розрахунки методом Монте-Карло ефективності збору світла для різних геометрій сцинтиляційного детектора з кристалом CaWO_4 за допомогою програм Litranі, Geant4 і Zemax. Результати розрахунків співставлено з даними вимірювань світловиходу залежно від форми та стану поверхні кристала, матеріалу та форми відбивача, наявності оптичного контакту. Найкращі результати було отримано з кристалами у вигляді прямої призми з основою у формі трикутника, з повністю шліфованою поверхнею, при використанні дзеркального відбивача у формі зрізаного конуса. Показано, що розрахунки за допомогою пакета Litranі найкраще корелюють із результатами експерименту.

Ключові слова: сцинтиляційний детектор, Монте-Карло моделювання, ефективність збору світла, сцинтилятор CaWO_4 .

**Ф. А. Даневич¹, В. В. Кобычев¹, Р. В. Кобычев^{1,2},
Г. Краус³, В. Б. Михайлик^{3,4}, В. М. Мокіна¹**

¹ Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

² Теплоенергетичний факультет, Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», Київ, Україна

³ Оксфордський університет, Оксфорд, Великобританія

⁴ Джерело синхротронного випромінювання «Діамант», Дідкот, Великобританія

РАСЧЕТЫ СБОРА СВЕТОВЫХ ФОТОНОВ В СЦИНТИЛЯЦИОННЫХ ДЕТЕКТОРАХ С КРИСТАЛЛАМИ ВОЛЬФРАМАТА КАЛЬЦИЯ

Благодаря высоким эксплуатационным свойствам оксидные сцинтилляторы являются перспективными для криогенных сцинтилляционных экспериментов, целью которых является исследование редких ядерных процессов. Для оптимизации световыходу и энергетического разрешения нами были выполнены расчеты методом Монте-Карло эффективности светосбора для различных геометрий сцинтилляционного детектора с кристаллом CaWO_4 с помощью программ Litranі, Geant4 и Zemax. Результаты расчетов сопоставлены с данными измерений световыходу в зависимости от формы и состояния поверхности кристалла, материала и формы отражателя, наличия оптического контакта. Лучшие результаты были получены с кристаллами в виде прямой призмы с основанием в форме треугольника, с полностью шлифованной поверхностью, с использованием зеркального отражателя в форме срезанного конуса. Показано, что расчеты с помощью пакета Litranі лучше коррелируют с результатами эксперимента.

Ключевые слова: сцинтилляционный детектор, Монте-Карло моделирование, эффективность сбора света, сцинтилятор CaWO_4 .

**F. A. Danevich¹, V. V. Kobychев¹, R. V. Kobychев^{1,2},
H. Kraus³, V. B. Mikhailik^{3,4}, V. M. Mokina¹**

¹ Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

² Heat Power Engineering Faculty, National Technical University of Ukraine
"Kyiv Politechnic Institute", Kyiv, Ukraine

³ Department of Physics, University of Oxford, Oxford, UK

⁴ Diamond Light Source, Didcot, UK

SIMULATION OF LIGHT COLLECTION IN CALCIUM TUNGSTATE SCINTILLATION DETECTORS

Due high operational properties, the oxide scintillators are perspective for cryogenic scintillation experiments with aim of study of rare nuclear processes. In order to optimize light yield and the energy resolution we performed calculations of the efficiency of light collection for different geometries of scintillation detector with CaWO_4 crystal by Monte-Carlo method using Litranі, Geant4 and Zemax packages. The calculations were compared with experimental

data in the same configurations, depending on the crystal shape, surface treatment, material and shape of the reflector and presence of optical contact. The best results were obtained with crystals shaped as the right prism with triangle base, with completely diffused surfaces, using mirror reflector shaped as a truncated cone. Simulations by using Litrani have shown the best correlation with experimental results.

Keywords: scintillation detector, Monte Carlo simulation, light collection efficiency, CaWO₄ crystal scintillator.

REFERENCES

1. *Danevich F.A.* Scintillators in particle astrophysics // Proc. of the Intern. Conf. "Engineering of the scintillation materials and radiation technologies" (ESMRT-2008). - Kharkov: ISMA, 2009. - P. 54 - 92. (Rus))
2. *Mikhailik V.B., Kraus H.* Performance of scintillation materials at cryogenic temperatures // Phys. Status Solidi B. - 2010. - Vol. 247, No. 7. - P. 1583 - 1599.
3. *Lorincz E., Erdei G., Peczei I. et al.* Modeling and Optimization of Scintillator Arrays for PET Detectors // IEEE Transactions on Nuclear Science. - 2010. - Vol. 57. - P. 48 - 54.
4. *Melcher C.L.* Scintillation Crystals for PET // The Journal of Nuclear Medicine. - 2000. - Vol. 41. - P. 1051.
5. *Orphan V.J., Muenchau E., Gormley J., Richardson R.* Advanced γ ray technology for scanning cargo containers // Applied Radiation and Isotopes. - 2005. - Vol. 63. - P. 723.
6. *Cherepy N.J., Smestad G.P., Grätzel M., Zhang J.Z.* Strontium and barium iodide high light yield scintillators // Applied Physics Letters. - 2008. - Vol. 92. - P. 083508.
7. *F.A. Danevich, R.V. Kobychew, V.V. Kobychew et al.* Optimization of light collection from crystal scintillators for cryogenic experiments // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A. - 2014. - Vol. 744. - P. 41.
8. *Danevich F.A., Kobychew V.V., Kobychew R.V. et al.* Impact of geometry on light collection efficiency of scintillation detectors for cryogenic rare event searches // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B. - 2014. - Vol. 336. - P. 26 - 30.
9. *Allison J., Amako K., Apostolakis J. et al.* Geant4 developments and applications // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A. - 1996. - Vol. 369. - P. 164.
10. *Agostinelli S., Allison J., Amako K. et al.* Geant4 - a simulation toolkit // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A. - 2003. - Vol. 506. - P. 250 - 303.
11. Home page of Litrani. Режим доступу до ресурсу: <http://gentitfx.fr/litrani/>
12. General presentation of Litrani 2. Режим доступу до ресурсу: <http://gentitfx.fr/litrani/intro/intro2.html>
13. *Gentit F.X.* Litrani: a general purpose Monte-Carlo program simulating light propagation in isotropic or anisotropic media // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A. - 2002. - Vol. 486. - P. 35.
14. Los Alamos National Laboratory: MCNP Home Page. Режим доступу до ресурсу: <https://mcnp.lanl.gov/>
15. *Briesmeister J.F.* MCNPTM - A general Monte Carlo N-particle transport code, Version 4C, LA-13709-M, Los Alamos National Laboratory, 2000.
16. *Electron Gamma Shower Explained.* Режим доступу до ресурсу: <http://durpdg.dur.ac.uk/vvc/egs/Default.htm>
17. *Kawrakow I., Rogers D.W.O.* The EGSnrc code system: Monte Carlo simulation of electron and photon transport: NRCC Report PIRS-701. - Ottawa, 2003. - P. 287.
18. *Zemax* - Optical and Illumination Design Software. Режим доступу до ресурсу: <http://www.radiantzemax.com/en/zemax>
19. *Derenzo S.E., Moses W.W.* Experimental Efforts and Results in Finding New Heavy Scintillators // Heavy Scintillators for Scientific and Industrial Applications: Proc. of the "Crystal 2000" Intern. Workshop / Ed. F. De Notaristefani, P. Lecoq, M. Schneegans. - Editions Frontieres, 1993. - ISBN 9782863321287. - 625 p.
20. *Mikhailik V.B., Kraus H., Miller G. et al.* Luminescence of CaWO₄, CaMoO₄, and ZnWO₄ scintillating crystals under different excitations // Journal of Applied Physics. - 2005. - Vol. 97. - P. 083523.

Надійшла 20.10.2015

Received 20.10.2015