

А. Ш. Георгадзе, В. М. Павлович

Институт ядерных исследований НАН Украины, Київ

ДЕТЕКТОР РЕАКТОРНЫХ АНТИНЕЙТРИНО НА ОСНОВЕ ПЛАСТМАСОВИХ СЦИНТИЛЯЦІЙНИХ СТРИЖНІВ

Розглянуто проект секціонованого детектора антинейтрино, в якому застосовуються пластмасові сцинтиляційні стрижні $10 \times 10 \times 100$ см, покриті плівкою, що містить гадоліній, зібрані в кубічний блок об'ємом 1 м^3 . Установлені з торців стрижнів суцільні пластмасові світловоди розміром $100 \times 100 \times 10$ см забезпечують розподіл сцинтиляційного світла одночасно між всіма фотоелектронними помножувачами (ФЕП), формуючи специфічний амплітудно-просторовий розподіл (АПР) сигналів ФЕП, характерний для певної ядерно-фізичної події в детекторі. Аналіз АПР дозволяє здійснювати ефективну режекцію фонових подій, забезпечуючи високу ефективність реєстрації подій захоплення антинейтрино в детекторі. На підставі моделювання параметрів детектора методами Монте-Карло за допомогою програм MCNP і ZEMAX було знайдено, що застосування критеріїв відбору дає змогу ефективно розділяти нейтринні та фонові події.

Ключові слова: антинейтрино, сцинтиляційний детектор, нейтринна діагностика.

А. Ш. Георгадзе, В. М. Павлович

Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев

ДЕТЕКТОР РЕАКТОРНЫХ АНТИНЕЙТРИНО НА ОСНОВЕ ПЛАСТМАССОВЫХ СЦИНТИЛЯЦИОННЫХ СТЕРЖНЕЙ

Рассмотрен проект секционированного детектора антинейтрино, в котором применяются пластмассовые сцинтилляционные стержни размером $10 \times 10 \times 100$ см, покрытые гадолинийсодержащей пленкой и собранные в квадратный блок объемом 1 м^3 . Установленные с торцов стержней сплошные пластмассовые световоды размером $100 \times 100 \times 10$ см обеспечивают распределение сцинтилляционного света одновременно между всеми фотоэлектронными умножителями (ФЭУ), формируя специфическое амплитудно-пространственное распределение (АПР) сигналов ФЭУ, характерное для определенного ядерно-физического события в детекторе. Анализ АПР позволяет осуществлять эффективную режекцию фоновых событий, обеспечивая высокую эффективность регистрации событий захвата антинейтрино в детекторе. На основании моделирования параметров детектора методами Монте-Карло с помощью программ MCNP и ZEMAX было найдено, что применение критериев отбора позволяет эффективно разделять нейтринные и фоновые события.

Ключевые слова: антинейтрино, реактор, сцинтилляционный детектор, нейтринная диагностика.

A. Sh. Georgadze, V. M. Pavlovych

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

DETECTOR OF REACTOR ANTINEUTRINOS WITH PLASTIC SCINTILLATION BARS

Project of a segmented antineutrino detector is developed with the use of plastic scintillator rectangular bars $10 \times 10 \times 100$ cm, wrapped in Gd foils and assembled to an array of 1 м^3 active volume. The scintillation array is sandwiched at both sides by the continuous light guides of $100 \times 100 \times 10$ cm size, from which the scintillation light is spreading simultaneously through continuous light guides between all photomultipliers, forming the specific Light Response Function (LRF), which is character to a certain nuclear event in detector. Analysis of LRF allows one effectively reject background events, providing high efficiency detection of antineutrino capture in the detector. Monte Carlo simulations with the help of MCNP and ZEMAX software show that with the use of selection criteria the neutrino events are well separated from the background.

Keywords: antineutrino, reactor, scintillation detector, neutrino diagnostics.

REFERENCES

1. *Mikaelyan L.A.* Neutrino laboratory in the atomic plant (Fundamental and Applied Researches) // Proc. Int. Conf. Neutrino-77. - 1978. - Vol. 2. - P. 383 - 387.
2. *Klimov Yu.V., Kopejkin V.I., Labzov A.A. et al.* // Yader. fizika. - 1990. - Vol. 52, Iss. 6(12). - P. 1574 - 1582. (Rus)
3. *Korovkin V.A., Kodanov A., Yarichin A.D. et al.* // Atomnaya energiya. - 1984. - Vol. 56, Iss. 4. - P. 214 - 218. (Rus)
4. *Klimov Yu.V., Kopejkin V.I., Mikaelyan L.A. et al.* // Atomnaya energiya. - 1994. - Vol. 76, Iss. 2. - P. 130 -135. (Rus)
5. *Bernstein A., Wang Y., Gratta G., West T.* Nuclear reactor safeguards and monitoring with antineutrino detectors // J. Appl. Phys. - 2002. - Vol. 91. - P. 4672 - 4685.
6. *Focused Workshop on Antineutrino Detection for Safeguards Applications: Final Report.* Oct 2008. - International

- Atomic Energy Agency Headquarters, 2008.
7. *Alekseev I., Belov V., Brudanin V. et al.* DANSSino: a pilot version of the DANSS neutrino detector // *Phys. Part. Nucl. Lett.* - 2014. - Vol. 11. - P. 473 - 482.
 8. *Kuroda Y., Oguri S., Kato Y. et al.* A mobile antineutrino detector with plastic scintillators // *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A.* - 2012. - Vol. 690. - P. 41 - 47.
 9. *Luther B., Baumann T., Thoennessen M. et al.* MoNA-The Modular Neutron Array // *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A.* - 2003. - Vol. 505. - P. 33-35.
 10. *Battaglieri M., DeVita R., Firpo G. et al.* An anti-neutrino detector to monitor nuclear reactor's power and fuel composition // *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A.* - 2010. - Vol. 617. - P. 209 - 213.
 11. *Llacer J., Andreae S., Veklerov E., Hoffman E.J.* Towards a practical implementation of the MLE algorithm for Positron Emission Tomography // *IEEE Transactions on Nuclear Science.* - 1986. - Vol. 33. - P. 468 - 477.
 12. *Anger H.O.* Scintillation camera // *Rev. Sci. Instrum.* - 1958. - Vol. 29. - P. 27 - 33.
 13. *Radiant ZEMAX*, [Online]. Available: <http://www.radiantzemax.com>
 14. *van der Laan D.J., Schaart D.R., Maas M.C. et al.* Optical simulation of monolithic scintillator detectors using GATE/GEANT4 // *Phys. Med. Biol.* - 2010. - Vol. 55. - P. 1659 - 1674.
 15. *Danevich A.F., Kobychhev R.V., Kobychhev V.V. et al.* Optimization of light collection from crystal scintillators for cryogenic experiments // *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A.* - 2014. - Vol. 744. - P. 41 - 47.
 16. [Online]. Available: <http://www.amcrys-h.com>
 17. *X-5 Monte Carlo Team*, LANL Report LA-UR-03-1987, Los Alamos (2008), <http://mcnp.lanl.gov/>
 18. *Briesmeister J.F.* (Ed.) MCNP - a general Monte Carlo N-particles transport code, version 4c // *Technical Report LA-13709*, Los Alamos National Laboratory, USA, 2000.
 19. *Tretyak V.I.* Semi-empirical calculation of quenching factors for ions in scintillators // *Astropart. Phys.* - 2010. - Vol. 33. - P. 40 - 53.
 20. *Smith D.L., Polk R.G., Miller T.G.* Measurement of the response of several organic scintillators to electrons, protons and deuterons // *Nucl. Instrum. Methods.* - 1968. - Vol. 64. - P. 157 - 166.
 21. *O'Rielly G.V., Kolb N.R., Pywell R.E.* The response of plastic scintillator to protons and deuterons // *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A.* - 1996. - Vol. 368. - P. 745 - 749.
 22. *Chadwick M.B., Herman M., Obložinský P. et al.* ENDF/B-VII.1 Nuclear Data for Science and Technology: Cross Sections, Covariances, Fission Product Yields and Decay Data // *Nuclear Data Sheets.* - 2011. - Vol. 112. - P. 2887 - 2996.
 23. *Brandt S.* *Data Analysis: Statistical and Computational Methods for Scientists and Engineers.* - 4-th Ed. - Springer, 2014. - 523 p.
 24. *Leman E.* *Testing of statistical hypotheses / Trans. from English by Yu. V. Prokhorov.* - Moskva: Nauka, 1979. - 408 p. (Rus)
 25. *Akimov D.Yu., Araujo H.M., Barnes E.J. et al.* The ZEPLIN-III Anti-Coincidence Veto Detector // *Astropart. Phys.* - 2010. - Vol. 34. - P. 151 - 163.
 26. *Ketov S.N., Machulin I.N., Mikaelyan L.A.* *Heterogeneous Rovno antineutrino detector.* - Moskva, 1989. - 12 p. - (Preprint IAE-4912/2). (Rus)
 27. *Abe S., Enomoto S., Furuno K. et al.* Production of Radioactive Isotopes through Cosmic Muon Spallation in KamLAND // *Phys. Rev. C.* - 2010. - Vol. 81. - P. 025807, 17 p.
 28. *Jun C.* Determining Reactor Neutrino Flux // *Nucl. Phys. B (Proc. Suppl.).* - 2012. - Vol. 229 - 232. - P. 206 - 209.

Надійшла 07.04.2015
Received 07.04.2015