

ТЕСТИРОВАНИЕ КРИОГЕННОГО ИСТОЧНИКА МЕДЛЕННЫХ МОНОХРОМАТИЧЕСКИХ ПОЗИТРОНОВ

И. Н. Мешков, В. Н. Павлов, А. О. Сидорин, С. Л. Яковенко

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

В работе представлены результаты тестирования криогенного источника медленных монохроматических позитронов (КРИММП) на основе радиоактивного изотопа ^{22}Na , разработанного в ОИЯИ. Для формирования монохроматического пучка из непрерывного β^+ -спектра 0–0,5 МэВ используется замедлитель — твердый неон, намораживаемый на специальную подложку, которая охлаждается до температуры 5–7 К. На тестовом источнике изотопа ^{22}Na получен пучок медленных позитронов интенсивностью $5,8 \cdot 10^3$ част./с, со средней энергией 1,2 эВ, шириной спектра 1 эВ. Доля замедленных позитронов составила 1 % от полного потока.

The results of test of the cryogenic source of slow monochromatic positrons based on the ^{22}Na isotope designed and constructed at JINR are presented. Positrons emitted from radioactive source ^{22}Na have a very broad energy spectrum up to 0.5 MeV. To generate monochromatic beam of slow positrons the solid neon is used as a moderator. The solid neon allows forming slow positron beam of the energy of 1.2 eV at the spectrum width of 1 eV. The efficiency of the moderation is 1% of the total positron flux.

PACS: 29.25.-t; 41.75.-i

ВВЕДЕНИЕ

Созданный в ОИЯИ криогенный источник медленных монохроматических позитронов является ключевым элементом инжектора позитронов низкой энергии [1] накопителя ЛЕРТА [2], предназначенного для получения остронаправленных потоков позитрония и генерации антиводорода [3]. При создании источника позитронов была выбрана схема с радиоактивным изотопом ^{22}Na в качестве эмиттера позитронов. Высокоэнергичные позитроны, испускаемые при распаде этого изотопа, попадают в замедлитель и за счет ионизационных потерь замедляются до тепловых скоростей. В качестве замедлителя выбран твердый неон [4–6].

В работе описываются результаты тестирования КРИММП.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТОКА МЕДЛЕННЫХ ПОЗИТРОНОВ

Эксперименты по измерению характеристик потока медленных позитронов источника КРИММП проводились с тестовым радиоактивным изотопом ^{22}Na активностью 0,8 МБк [7]. Для детектирования пучка медленных монохроматических позитронов была

разработана схема измерения [8]. В ходе экспериментов исследовалась зависимость параметров спектра медленных позитронов от толщины замедлителя.

С ростом толщины замедлителя происходит рост выхода медленных позитронов (рис. 1). Максимум выхода медленных позитронов соответствует толщине замедлителя 130 мкм. Дальнейший рост толщины замедлителя приводит к уменьшению выхода.

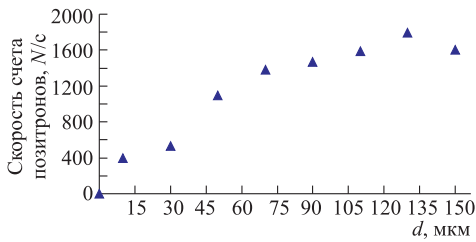


Рис. 1. Зависимость выхода медленных позитронов от толщины замороженного замедлителя

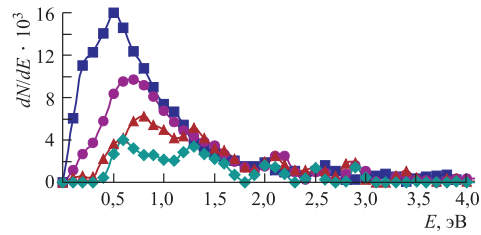


Рис. 2. Зависимость счета позитронов от энергии при толщинах замороженного замедлителя, мкм: 30 (◆), 50 (▲), 90 (●), 130 (■)

Впервые для данного типа источников была измерена зависимость формы спектра медленных позитронов от толщины замороженного слоя (рис. 2–4). Формирование спектра начинается с толщины замедлителя 10 мкм. Но только при толщине 70 мкм спектр приобретает гауссову форму. С увеличением толщины замороженного слоя спектральная плотность в максимуме растет (рис. 2), а ширина спектра уменьшается (рис. 3). При этом также уменьшается средняя энергия вылетающих позитронов (рис. 4).

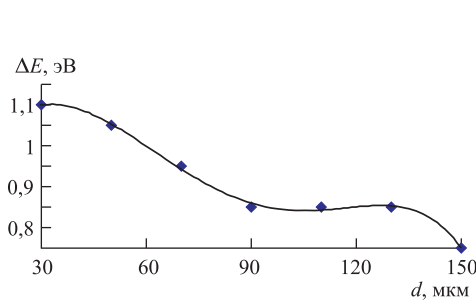


Рис. 3. Зависимость ширины спектра позитронов на полувысоте от толщины замороженного замедлителя

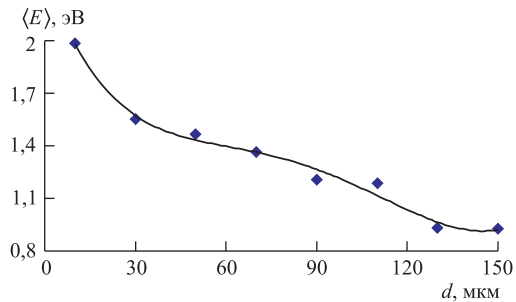


Рис. 4. Зависимость средней энергии позитронов, вылетающих из замедлителя, от толщины замедлителя

После прекращения наморозки выход позитронов продолжает расти в течение нескольких часов. При этом число регистрируемых медленных позитронов увеличивается на 12% (рис. 5).

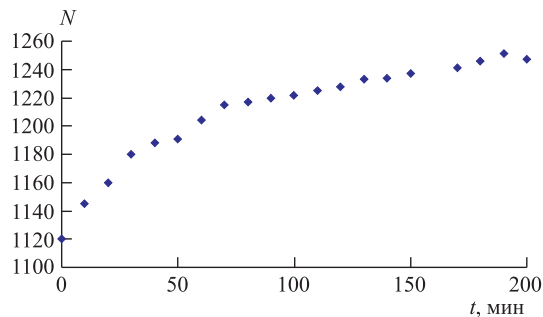


Рис. 5. Пример эволюции выхода медленных позитронов после прекращения наморозки замедлителя

После оптимизации толщины замедлителя доля замедленных позитронов составила 1 % от полного потока. Ширина спектра составила 1 эВ при средней энергии позитронов 1,2 эВ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создан и испытан источник медленных монохроматических позитронов.

Впервые измерена зависимость спектра медленных позитронов от толщины замедлителя. Уже первые эксперименты позволили достичь эффективности замедлителя, соответствующей мировым показателям [4–6]. На тестовом источнике изотопа ^{22}Na получен пучок медленных позитронов интенсивностью $5,8 \cdot 10^3$ част./с, со средней энергией 1,2 эВ, шириной спектра 1 эВ. Доля замедленных позитронов составила 1 % от полного потока.

Авторы выражают благодарность М. Чарлтону и Л. Йоргенсену за ценные консультации, В. Г. Шмаровозу за предоставление и отладку детектирующей электроники, А. П. Кабаченко за изготовление МКП-детектора, Н. А. Лебедеву, Д. В. Философову, А. Н. Королеву, А. Ф. Новгородову за изготовление источника ^{22}Na и В. Б. Бруданину за эффективную поддержку, позволившую осуществить данную работу.

Работа поддержана грантом РФФИ № 05-02-16320.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропов В. К. и др. Инжектор позитронов низкой энергии // АЭ. 2003. Т. 94, вып. 1. С. 68–70.
2. Meshkov I. N. et al. Positron storage ring LEPTA // Proc. of ECOOL'03, Japan, 2003. Nucl. Instr. Meth. A. 2004. V. 532. P. 172–176.
3. Meshkov I. N. et al. Positron Storage Ring for Positronium and Antihydrogen Generation in Flight: The LEPTA Project // Proc. of LEAP'03. Nucl. Instr. Meth. B. 2004. V. 214. P. 186–190.

4. *Mills A. P., Jr., Gullikson E. M.* Solid Neon Moderator for Producing Slow Positrons // *Appl. Phys. Lett.* 1986. V. 49. P. 1121.
5. *Greaves R. G., Surko C. M.* Solid Neon Moderator for Positron Trapping Experiments // *Can. J. Phys.* 1996. V. 74. P. 445–448.
6. *Khatri R. et al.* Improvement of Rare-Gas Solid Moderators by Using Conical Geometry // *Appl. Phys. Lett.* 1990. V. 57. P. 2374–2376.
7. *Лебедев Н. А. и др.* Метод изготовления источника позитронов на основе ^{22}Na // Тез. докл. 54-го Междунар. совещ. по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра. Белгород, 2004. С. 314.
8. *Павлов В. Н. и др.* Инжектор позитронов для накопителя LEPTA // Письма в ЭЧАЯ. 2006. Т. 3, №7(136). С. 63–67.

Получено 18 января 2007 г.