

ВИХОДИ ПРОДУКТІВ ФОТОПОДІЛУ ^{237}Np ПРИ МАКСИМАЛЬНІЙ ЕНЕРГІЇ ГАЛЬМІВНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ 17.5 МЕВ

О.О. Парлаг, В.М. Маслюк, О.І. Лендел, В.А. Пилипченко*

Інститут електронної фізики НАН України

88000, м. Ужгород, вул. Університетська, 21, 9а, Україна E-mail: ier@ier.uzhgorod.ua

*Ужгородський національний університет, 88000 м. Ужгород, вул. Підгірна, 46.

Методом напівпровідникової гамма-спектрометрії проведено виміри кумулятивних виходів уламків фотоподілу ^{237}Np при максимальній енергії гальмівного випромінювання 17.5 МеВ.

ВСТУП

Фотоподіл – один із каналів розпаду збудженого ядра. При відносно низьких енергіях збудження (до 30 МеВ) ядерні реакції проходять через стадію утворення складового ядра, і тому у властивостях його продуктів проявляються як особливості взаємодії фотонів з ядром, так і характеристики подільної системи [1].

На теперішній час накопичено багатий експериментальний матеріал з масових спектрів уламків фотоподілу для великої кількості ядер [2].

Однак існуючі теоретичні моделі пояснюють лише деякі аспекти цих розподілів. До цього часу не існує єдиної теорії здатної описати всю різноманітність

процесу поділу. Тому виникає необхідність подальшого накопичення експериментальних даних фотоподілу актинідних ядер.

Особливий інтерес представляють експериментальні дослідження характеристик фотоподілу ядра ^{237}Np [5 – 8], оскільки воно знаходиться на умовному кордоні легких та важких актинідів.

В даній роботі представлено результати вимірів кумулятивних виходів уламків фотоподілу ^{237}Np , отриманих методом напівпровідникової гамма-спектрометрії [3] при максимальній енергії гальмівного випромінювання 17.5 МеВ.

ЕКСПЕРИМЕНТ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Вимір кумулятивних виходів уламків фотоподілу ^{237}Np здійснювався методом напівпровідникової гамма-спектрометрії [3, 4].

Ідентифікація уламків фотоподілу проводилася по енергіям гамма-квантів, які ними випромінювалися. Проведено аналіз внеску у фотопіки від інших нуклідів-уламків з близьким за енергією

гамма-випромінюванням, які утворювалися в даній реакції [4].

Мишені, які використовувались для досліджень, являли собою диски оксиду ^{237}Np діаметром активного шару 11.5 мм і товщиною 20 мкм, які наносилися на Al-підложки діаметром 30 мм. Домішки ^{238}Pu та ^{239}Pu в мишені становили 2×10^{-9} та 6×10^{-7} г відповідно. Накопичування уламків

фотоподілу здійснювалося алюмінієвими фольгами - колекторами товщиною 0.1

мм, які встановлювалися перед шаром подільного матеріалу мішені.

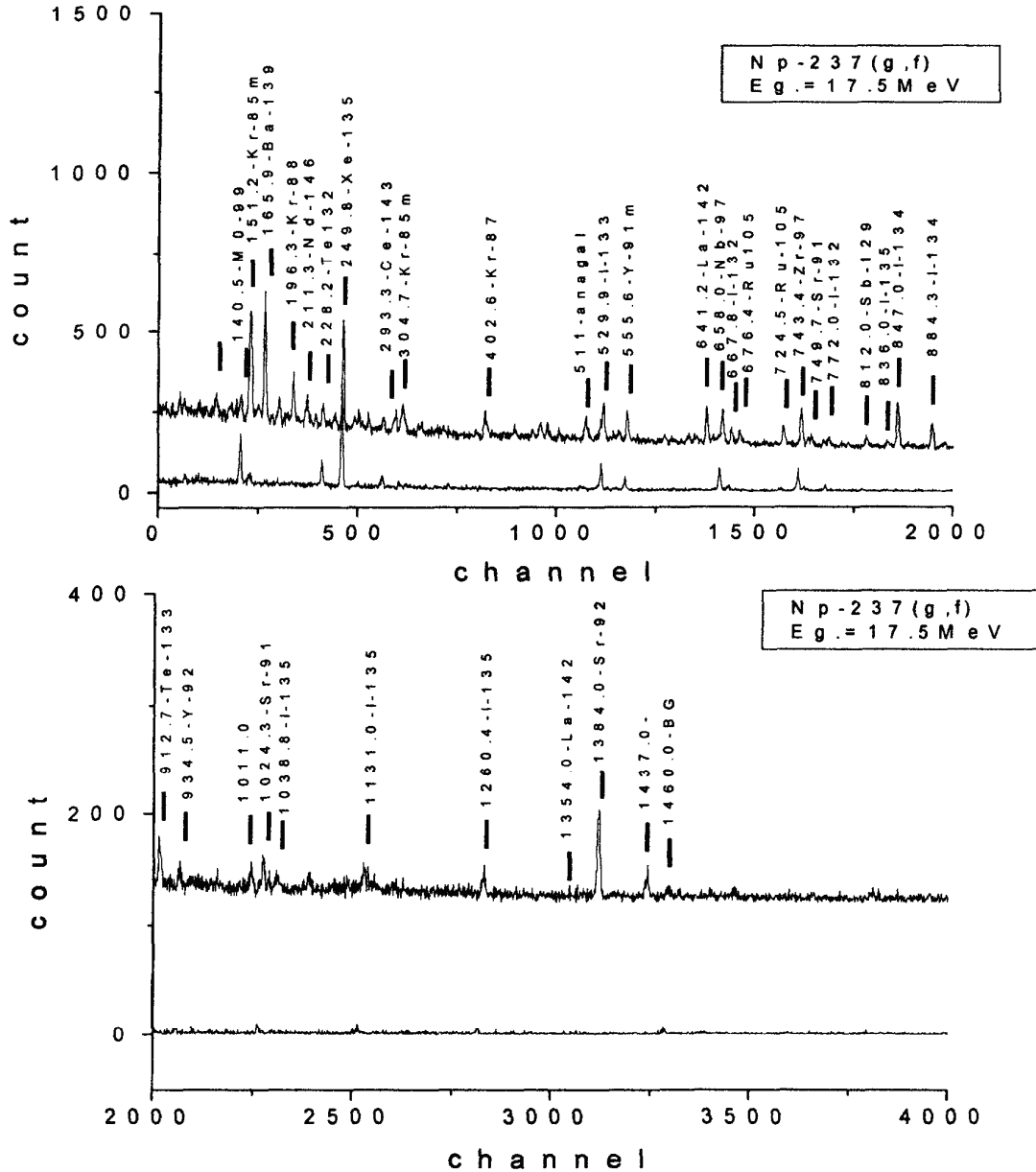


Рис. 1. Спектр гамма-квантів уламків фотоподілу Np-237 при максимальній енергії гальмівного випромінювання 15 MeV. (Час опромінення 3 години. Час виміру 0.5 годин. Час охолодження – 1.68 годин - верхній спектр, 18.50 годин – нижній спектр).

В процесі експерименту використовувалися збірки – “сандвічі” (шар подільного матеріалу – колектор). Опромінення збірок – “сандвічів”

здійснювалося на електронному прискорювачі ІЕФ НАН України - мікротроні М-30. Час активації становив - 3 години. Під час активації зразків проводився

контроль чистоти пучка гальмівного випроїнювання товщиною 0.1 мм, які

ТАБЛИЦЯ 1: Ядерно - фізичні характеристики нуклідів-уламків фотоподілу.

Енергія Гамма-кванті (кеВ).	Абсолютний вихід гамма-кванті (%)	Досліджувані нуклід – уламок.	Період напіврозпаду (годин)	Період напіврозпаду попередника (годин)
140.5	90.7	Mo-99	66.02	0.043
151.2	74.6	Kr-85m	4.48	0.048
165.9	18.8	Ba-139	1.39	0.16
181.7		Mo-99	66.02	0.043
196.3	26.3	Kr-88	2.48	0.00463
211.3	27.3	Nd-146	1.73	0.008
228.2	88.0	Te-132	78.28	0.07
249.8	100.0	Xe-135	9.10	6.61
293.3	41.3	Ce-143	33.02	0.23
304.7	14.6	Kr-85m	4.48	0.048
364.5	82.4	I-131	192.96	30.0
402.6	49.4	Kr-87	1.27	0.0154
462.8	30.7	Cs-138	0.54	0.24
469.4	18.0	Ru-105	4.44	0.127
529.9	87.3	I-133	20.8	0.92
555.6	95.1	Y-91m	0.83	9.48
617.0	42.9	Ag-112	3.14	21.13
641.2	52.5	La-142	1.54	0.18
658.0	98.5	Nb-97	1.20	16.91
667.8	98.7	I-132	2.28	78.28
676.4	15.5	Ru-105	4.44	0.127
724.5	48.0	Ru-105	4.44	0.127
743.4	97.9	Zr-97	16.91	0.00103
749.7	24.4	Sr-91	9.48	0.016
772.0	76.4	I-132	2.28	78.28
812.0	45.0	Sb-129	4.41	0.0372
836.0	41.0	I-135	6.61	0.00533
847.0	95.4	I-134	0.88	0.69
884.3	65.3	I-134	0.88	0.69
912.7	62.8	Te-133	0.92	0.0417
934.5	13.8	Y-92	3.54	2.71
1024.3	33.5	Sr-91	9.48	0.016
1038.8	7.8	I-135	6.61	0.00533
1131.0	22.8	I-135	6.61	0.00533
1260.4	30.3	I-135	6.61	0.00533
1384.0	90.0	Sr-92	2.71	0.00147
1354.0	2.60	La-141	3.92	0.3
1595.0	96.5	La-140	40.2	308.3

встановлювалися перед шаром подільного матеріалу мішені. В процесі експерименту використовувалися збірки – “сендвічі” (шар подільного матеріалу – колектор).

Опромінення збірок – “сендвічів” здійснювалося на електронному прискорювачі ІЕФ НАН України - мікротроні М-30. Час активації становив - 3 години. Під час активації зразків проводився контроль чистоти пучка гальмівного випромінювання.

Виміри серій гамма-спектрів уламків поділу проводилися за допомогою спектрометричного комплексу СЕГ-40Ge-1К на базі Ge(Li) – детектору об'ємом 100 см³. з відносною енергетичною роздільною здатністю ~ 0.5 % для лінії Co-60 - 1333 кеВ. Абсолютна ефективність реєстрації гамма-квантів визначалася за допомогою набору стандартних джерел ЗСПГ та з використанням гамма-випромінювання радіоактивних нуклідів у ланцюжках розпаду уламків поділу, утворених в реакції ²³⁵U(n_{th},f). Час виміру гамма-активностей колекторів уламків фотоподілу ²³⁷Np становив 0.5 - 2 годин. Виміри проводилися на протязі 200 годин.

На рисунку 1 представлено про-ідентифіковані спекри уламків фотоподілу ²³⁷Np при різних часах охолодження.

У результаті проведених спектрометричних вимірів, були про-ідентифіковані гамма-піки, які відповідають слідуочим нуклідам-уламкам фотоподілу ²³⁷Np: ⁸⁵Kr, ⁸⁷Kr, ⁸⁸Kr, ⁹¹Y, ⁹¹Sr, ⁹²Sr, ⁹²Y, ⁹⁷Nb, ⁹⁷Zr, ⁹⁹Mo, ⁹⁹Tc, ¹⁰⁵Ru, ¹¹²Ag, ¹²⁹Sb, ¹³¹I, ¹³²I, ¹³²Te, ¹³³Te, ¹³³I, ¹³⁴I, ¹³⁵I, ¹³⁵Xe, ¹³⁸Cs, ¹³⁹Ba, ¹⁴⁰La, ¹⁴¹La, ¹⁴²La, ¹⁴³Ce, ¹⁴⁶Nd, значення ядерно - фізичних характеристик яких наведені у Таблиці 1.

Кумулятивні виходи розраховувалися відносно виходів уламків-реперів ¹³²Te (228.2 кеВ) та ¹³³I (529.9 кеВ).

На Рис. 2. наведені експериментальні значення кумулятивних виходів уламків фотоподілу ²³⁷Np при енергії гальмівних гамма-квантів 17.5 МеВ та при енергії 25 МеВ [5].

Статистична похибка виміру інтенсивностей фотопіків, індукованих уламками, відповідаючих асиметричній області масового розподілу не перевищувала 2 - 5 %, а для симетричної ~ 9 %. Відносні кумулятивні виходи уламків, отримані для вказаних реперів, узгоджувалися з точністю не гірше 1 %.

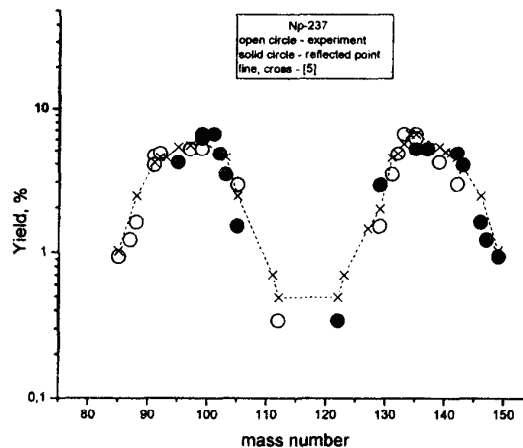


Рис. 2. Експериментальні значення відносних кумулятивних виходів уламків фотоподілу ²³⁷Np: світлі кружки - наші дані при максимальній енергії гальмівних гамма-квантів 17.5 МеВ темні кружки – їх відзеркалені значення (A=116.96 а.о.м.), пунктирна лінія з крестиками – 25 МеВ [5].

ВИСНОВОК

Методом напівпровідникової гамма-спектрометрії проведено виміри кумулятивних виходів уламків фотоподілу ^{237}Np при максимальній енергії гальмівного випромінювання 17.5 MeV. Значення виходів при вказаній енергії отримані вперше. Вони добре узгоджуються з існуючими експериментальними даними [5–8].

Калібровка спектрометра по абсолютній ефективності при проведенні досліджень здійснювалася з використанням гамма-випромінювання уламків, утворених в реакції $^{235}\text{U}(n_{\text{th}}, f)$ [4], що дозволило суттєво підвищити точність вимірів.

1. Парлаг О.О. Масові розподіли уламків фотоподілу актинідних ядер // 36.: Елементарні процеси в атомних системах. (ЕПАС'98). Ужгород. - 1998. - С. 161 – 167.
2. Варламов В.В. и др. Фотоядерные данные. Фотоделение ядер. // М.: Изд. МГУ, - 1989, - с. 53.
3. Заика Н.И., Кибкало Ю.В., Лендел А.И., Парлаг О.О. и др. Исследование массовых и угловых распределений осколков вынужденного деления актинидных ядер методом п/п гамма-спектрометрии. // Доповіді ювіл. конф. ІЕФ – 93, присв. 75-річчю АН України. - 1993. Ужгород, – С. 196 – 199.
4. Парлаг О.О., Маслюк В.Т., Лендел О.І. та інш. // Особливості виміру кумулятивних виходів уламків фотоподілу актинідних ядер. Науковий вісник Уж.У. Серія Фізика. – 2002. - № 11. – С.
5. Кондратько М., Мосесов А., Петржак К. и др. // Выходы продуктов фотоделения Np-237. Физика атомного ядра и элементарных частиц. Часть 2. М: ЦНИИАтоминформ. – 1983. - С. 168 - 172.
6. Nakamura T., Yamadera A., Kase T. Et. al. // Product Yields for the Photofission of Np-237 and U-238 with 20 – and 30 – MeV Bremsstrahlung. CIRIC Annual Report. – 1986. – V. 2. – P. 1 - 4.
7. Yamadera A., Kase T., Nakamura T. Et al. // Product Yields for the Photofission of U-238, Np-237 and Pu-239. - CIRIC Annual Report. – 1987. – V. 3. – P. 1 - 5.
8. Yamadera A., Kase T., Nakamura T. Et al. // Product Yields for the Photofission of U-235, U-238, Np-237 and Pu-239. - CIRIC Annual Report. – 1988. – V. 1. – P. 1 - 5.

PRODUCT YIELDS FOR THE PHOTOFISSION OF ^{237}Np WITH 17.5 – MEV BREMSSTRAHLUNG

O.O. Parlag, V.T. Maslyuk, O.I. Lendel, V.A. Pilipchenko*

Institute of Electron Physics National Academy of Science of Ukraine,
21, Universitetska str., 88000 Uzhgorod, Ukraine.

E-mail: iep@iep.uzhgorod.ua

*Uzhgorod National University, 46, Pidgirna str., 88000 Uzhgorod, Ukraine.

Mass spectra of fragment for bremsstrahlung photon induced fission of ^{237}Np have been measured for photon energy 17.5 MeV by gamma-spectrometry method.