

1850-3-1002
ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АН УССР

Препринт КИЯИ-84-13

З.М.Биган, В.М.Мазур, И.В.Соколюк

ФОТОВОЗБУЖДЕНИЕ ИЗОМЕРОВ

167^mEr , 179^mHf , 183^mW

В ОБЛАСТИ ЭНЕРГИИ 4-17 МЭВ

КИЕВ-1984

З.М.Биган, В.М.Мазур, И.В.Соколик

ФОТОВОЗБУЖДЕНИЕ ИЗОМЕРОВ ^{167m}Er , ^{179m}Er , ^{183m}W
 В ОБЛАСТИ ЭНЕРГИЙ 4 - 17 МэВ

Определены экспериментальные сечения образования изомеров ^{167m}Er , ^{179m}Er , ^{183m}W в реакциях (γ, γ') и (γ, n) . Измерения проводились при энергии 4-17 МэВ. Получены экспериментальные оценки изомерных соотношений при энергии 6 МэВ.

The experimental cross sections are determined for isomer formation ^{167m}Er , ^{179m}Er , ^{183m}W in reactions (γ, γ') and (γ, n) . Measurements were carried out under 4-17 MeV. Experimental estimation of the isomer ratio are obtained under 6 MeV.

^{167m}Er , ^{179m}Er , ^{183m}W isomers photoexcitation
 in the energy range 4-17 MeV

Z.M.Bigan, V.M.Mazur, I.V.Sokolyuk

АКАДЕМИЯ НАУК УССР

Э.М.БИШАН, В.М.МАЗУР, И.В.СОКОЛОК

ФОТОВОЗБУЖДЕНИЕ ИЗОМЕРОВ $^{167\text{m}}\text{Br}$, $^{179\text{m}}\text{Ir}$, $^{183\text{m}}\text{W}$
В ОБЛАСТИ ЭНЕРГИЙ 4 - 17 МЭВ

Ключевые слова:

гигантский резонанс, фотоядерные реакции, изомерные ядра, тормозное излучение, мишени ^{168}Er , ^{180}Hf , ^{184}W , нейтроны, метод Пенфольда-Лисса, микротроны, ^{167}Er , ^{179}Hf , ^{183}W , энергия 4-17 МэВ, выход ядерной реакции, электронный пучок, интегральные дозы, количественное отношение, полные сечения реакции, ориентация спина, дипольные моменты, E1 - переходы, изомерные переходы; giant resonance, photonuclear reactions, isomeric nuclei, bremsstrahlung, erbium 168 target, hafnium 180 target, tungsten 184 target, neutrons, penfold-leiss method, microtrons, erbium 167, hafnium 179, tungsten 183, mev range 01-10, mev range 10-100, nuclear reaction yield, electron beams, integral doses, quantity ratio, total cross sections, spin orientation, dipole moments, e1-transitions, isomeric transitions.

Одним из наиболее простых и в то же время наиболее фундаментальных свойств ядерной материи является гигантский дипольный резонанс (ГР).

К настоящему времени значительное число его характеристик известно с хорошей точностью, однако некоторые его свойства, особенно связанные с распадом, являются менее изученными. С этим, по-видимому, связана и наблюдаемая в последнее время экспериментальная активность, направленная на измерение распадных ветвей гигантского резонанса.

Интересным каналом распада Е1 - гигантского резонанса являются реакции (γ, γ') и (γ, n) , приводящие к образованию изомеров.

Настоящая работа посвящена изучению сечений фотообразования изомеров в реакции (γ, γ') на ядрах ^{167}Er , ^{179}Hf , ^{183}W и реакции (γ, n) на ядрах ^{168}Er , ^{180}Hf , ^{184}W .

Измерение кривых выхода

Измерения проводились на тормозном пучке гамма-квантов микро-трона М-30 ИЯИ АН УССР. Выходы реакций $\Upsilon(E)$ измерялись при различных максимальных энергиях тормозного излучения E_{max} в области от 4 до 17 МэВ с шагом $\Delta E = 0,5$ МэВ.

Пучок электронов выводился из ускорителя и падал на тормозную мишень из тантала толщиной 0,5 мм. Затем тормозной пучок гамма-квантов, сформированный системой коллиматоров, проходил через тонкостенную ионизационную камеру, размещенную непосредственно перед изучаемым образцом. Чувствительность этого монитора калибровалась алюминиевой абсолютной камерой /1,2/.

Методика измерений заключалась в следующем. В момент установления образца в пучок одновременно включалась регистрация дозы гамма-излучения, прошедшего через образец. После набора определенной дозы транспортное устройство доставляло образец в блок измерения. Время измерений устанавливалось в соответствии с периодом полураспада изомера и составляло для эрбия - 10, гафния - 60 и вольфрама - 15 с. После окончания регистрации наведенной активности процедура измерений повторялась. Все процедуры: установка образца на облучение, подача на измерение, выдержка времени и т.д. осуществлялись автоматически.

Интегрирование дозы излучения, прошедшего через образец, осуществлялось RC - цепочкой, постоянная времени которой подбиралась равной постоянной распада исследуемого изомера. Напряжение на RC - цепочке измерялось усилителем постоянного тока У5-9 и цифровым прибором Б7-16. В конце и начале каждого измерения контролировался дрейф нуля дозиметрической аппаратуры.

С целью уменьшения возможной фоновой активности, наведенной тепловыми нейтронами, изучаемые образцы при облучении помещались в кадмиевый экран.

Проводилась проверка возможного возбуждения изомерных состояний путем неупругого рассеяния гамма-квантов и нейтронов на исследуемой мишени из фона в экспериментальном зале. Для этого измерялась активность образцов, выведенных из пучка и помещенных на расстоянии нескольких сантиметров от его оси. Измерения показали, что фоновая активность была незначительной.

При обработке полученных данных вводилась поправка на просчеты измерительной аппаратуры. Учитывалось также самопоглощение гамма-квантов наведенной активности в образце. Величина фотоэффективности установки контролировалась набором стандартных радиоактивных источников (ОСТИ).

Исследуемые образцы изготавливались из окислов обогащенных изотопов эрбия, гафния и металлического вольфрама. Обогащенные изотопы запрессовывались в тонкостенные алюминиевые контейнеры с внут-

ренным диаметром 20 и 30 мм. Лигатурная масса каждой пробы составляла 2 г. (см. табл.).

Изотопный состав мишеней в %

- 1) ^{167}Er (^{166}Er - 1,6; ^{167}Er - 95,3; ^{168}Er - 2,8; ^{170}Er - 0,3).
- 2) ^{168}Er (^{166}Er - 0,37; ^{167}Er - 0,72; ^{168}Er - 98,3; ^{170}Er - 0,61).
- 3) ^{179}Hf (^{176}Hf - 0,2; ^{177}Hf - 1,5; ^{178}Hf - 4,6; ^{179}Hf - 73,4; ^{180}Hf - 20,0).
- 4) ^{180}Hf (^{176}Hf - 0,2; ^{177}Hf - 0,8; ^{178}Hf - 2,2; ^{179}Hf - 2,5; ^{180}Hf - 94,8).
- 5) ^{183}W (^{180}W - ; ^{182}W - 2,11; ^{183}W - 96,305; ^{184}W - 1,58; ^{186}W - 0,005).
- 6) ^{184}W (^{180}W - 0,02; ^{182}W - 0,6; ^{183}W - 0,98; ^{184}W - 96,3; ^{186}W - 2,12).

Распад изомера измерялся сцинтиляционным детектором с кристаллом NaI (Т1) (Ø 63 x 63), сигнал с которого подавался на амплитудный анализатор. Количество радиоактивных ядер определялось по интенсивности соответствующих линий, характеристики которых хорошо известны /3/: для ^{167}Er линия с энергией $E = 0,208$ МэВ, ^{179}Hf - 0,217 МэВ и ^{183}W - 0,0607 МэВ.

Обсуждение результатов

Выходы реакций $\gamma(E)$ связаны с сечением $\sigma(E)$ простым соотношением:

где k - нормировочный множитель, $\Phi(E_0, E)$ - функция, описывающая тормозной спектр. Из измеренных кривых выходов $Y(E)$ реакций $^{167}\text{Er}(\gamma, \gamma')$, ^{167}Er , $^{179}\text{Hf}(\gamma, \gamma')$, ^{179}Hf , $^{183}\text{W}(\gamma, \gamma')$, ^{183}W сечения $\mathcal{G}(E)$ были рассчитаны методом Пенфольда-Лисса /2,4/. Расчет проводился с шагом 1 МэВ. Полученные экспериментальные сечения представлены на рис.1. Указанные ошибки - статистические. Неопределенность энергетической шкалы составляла 1,5%.

Поскольку во всех мишенях в качестве примеси присутствовали другие, в том числе более тяжелые изотопы (см.табл.), то для учета вклада реакции $A(\gamma, n)^{A-1}$ в выход фотообразования изучаемых изомеров параллельно измерялись выходы реакций $^{168}\text{Er}(\gamma, n)$, $^{167\text{m}}\text{Er}$, $^{180}\text{Hf}(\gamma, n)$, $^{179\text{m}}\text{Hf}$ и $^{184}\text{W}(\gamma, n)$, $^{183\text{m}}\text{W}$. Полученные из кривых $Y(E)$ сечения $\mathcal{G}(E)$ приведены на рис.2. Из сравнения их с полными сечениями (γ, n) видно /5,6,7/, что их максимумы для гафния и эрбия в пределах ошибок совпадают, в то же время максимум сечения $\mathcal{G}(E)$ для вольфрама несколько сдвинут в сторону больших энергий.

Ядра ^{167}Er , ^{179}Hf , ^{183}W - тяжелые деформированные ядра, довольно близкие по своим характеристикам. Пороги реакций (γ, n) для них близки и составляют 6,41, 6,1 и 6,2 МэВ соответственно. Все изучаемые сечения реакции (γ, γ') на этих ядрах имеют максимум в области порога реакции (γ, n) , однако их величина существенно меняется в зависимости от разницы спинов основного и изомерного состояний. Минимальное сечение $\mathcal{G}(E)$ получено для ядра ^{183}W , разность спинов $\Delta I = |I_g - I_m|$ для которого максимальна ($\Delta I = 5$), а максимальное - для ^{167}Er , для которого $\Delta I = 3$.

Фотовозбуждение гигантского дипольного резонанса довольно широко изучалось в интересующей нас области ядер /5,6,7/. Поскольку изучаемые ядра деформированные, то ГР имеет двугорбую форму, обычно описываемую двумя лоренцовыми кривыми. Такая функция довольно неплохо описывает экспериментальные данные на расстоянии 1-2 ширины ГР от максимума резонанса. Экстраполяция лоренцианов в области энергии 6 МэВ позволяет сделать оценку полного сечения поглощения фотонов в этой области и, используя измеренные данные, произвести оценку экспериментального изомерного отношения $\eta_{\text{эксп.}}$. Так как параметры гигантского ЕГ - резонанса от ядра к ядру в изучаемой области меняются довольно мед-

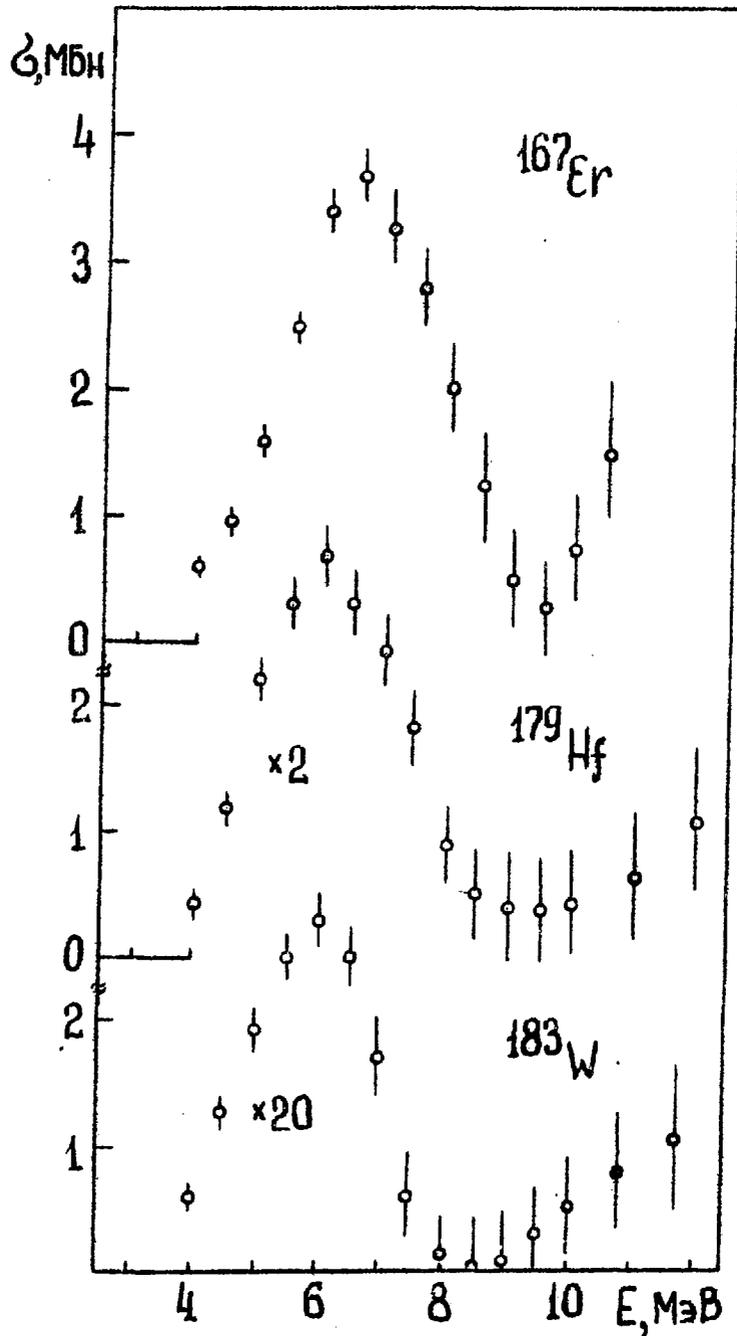


Рис. I. Сечения образования изомеров в реакции (γ, γ')
 для ядер ^{167}Er , ^{179}Hf , ^{183}W

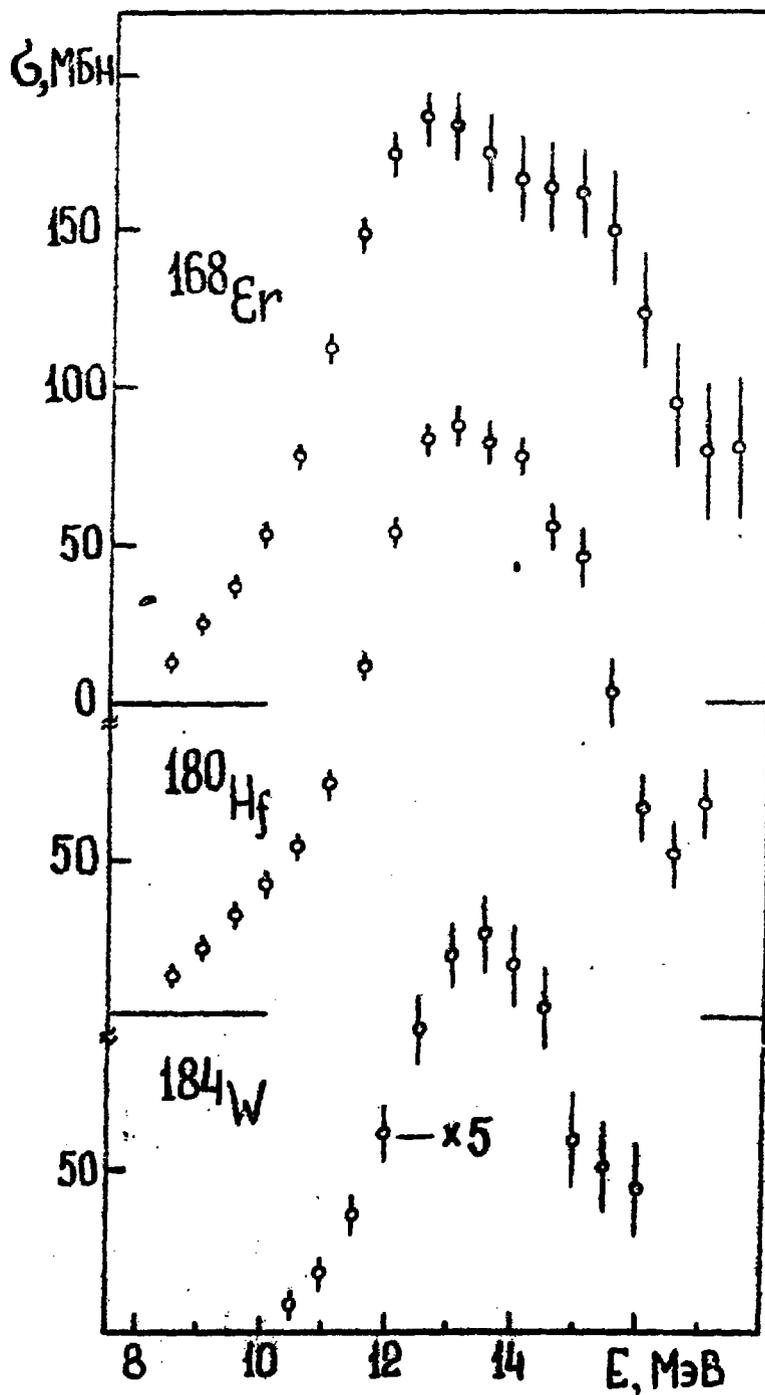


Рис.2. Сечения возбуждения изомеров в реакции (γ , м) для ядер ^{168}Er , ^{180}Hf , ^{184}W

ленно, то при отсутствии сечений для рассматриваемых ядер характеристики ГР брались для их соседей (^{180}Hg , ^{184}W , ^{Nat}Er) /5,6,8/. Приведенная нами оценка при энергии 6 МэВ дала следующие значения $\eta_{\text{эксн}}$: для ^{167}Er - 0,34, для ^{167}Hf - 0,15 и для ^{183}W - 0,014. Полученные значения $\eta_{\text{эксн}}$ также демонстрируют сильную зависимость от разницы спинов ΔI .

Авторы благодарят Трефилова В.Г. за помощь в работе.

Список использованной литературы

1. Flowers V. et al. - Proc.Phys.Soc. 1952, 65, p.266.
2. Богданкевич О.В., Николаев Ф.А. Работа с пучком тормозного излучения. -М.: Атомиздат, 1964.
3. Гусев Н.Г., Дмитриев П.П. Квантовое излучение радиоактивных нуклидов. -М.: Атомиздат, 1977.
4. Penfold A.S., Leiss J.E. - Phys. Rev. 1959, 114, p.1332.
5. Горячев А.М., Залесный Г.Н. - Ядерная физика, 1977, 26, с.465.
6. Горячев А.М., Залесный Г.Н., Тулупов Б.Н. Программа и тезисы XXV совещания по ядерной спектроскопии и структуре атомного ядра.-Л.: Наука, 1975, с.414.
7. Vergere R., Veil H., et al. - Nucl.Phys., 1969, A133, p.417.
8. Сорокин Ю.И., Хрушев В.А., Юрьев Б.А. - Ядерная физика, 1973, 17, с.3.

Рукопись поступила в ОНТИ ИЯИ
20.07.84 г.

Биган Зоя Михайловна,
Мазур Владимир Михайлович,
Соколюк Иван Васильевич

ФОТОВОЗБУЖДЕНИЕ ИЗОМЕРОВ ¹⁶⁷Br, ¹⁷⁹Lu, ¹⁸³Lu
В ОБЛАСТИ ЭНЕРГИЙ 4 - 17 МэВ

Редакторы: Солдатенко Н.А.
Малашкина Л.П.

БФ № 28529	Бумага офсетная	Усл.-печ.л. -0,5
Изд. № КИЯИ-84-13	Печать офсетная	Уч.-изд.л. 0,2
Тип.заказ № 145	Формат бумаги 60x90/16	Тираж 200 экз.
Подписано к печати 31.08.1984 г.		Цена 2 коп.

Институт ядерных исследований АН УССР, ОНТИ
252650, ГСП, Киев-28, проспект Науки, 119

СКГБ с ЭП Института ядерных исследований АН УССР
252650, ГСП, Киев-28, проспект Науки, 119
