

ИЗМЕРЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО КОЭФФИЦИЕНТА КОНВЕРСИИ  
ЭЛЕКТРОНОВ В ПОЗИТРОНЫ НА ТАНТАЛОВЫХ МИШЕНЯХ ОПТИМАЛЬ-  
НОЙ ТОЛЩИНЫ ДЛЯ  $25 \text{ МэВ} \leq E \leq 60 \text{ МэВ}$

Л. З. Джилаван, А. В. Делеков

УДК 539.914

Сообщаются результаты измерений для тантало-  
вых мишеней толщиной  $T \approx 1,3X_0$  при  $25 \text{ МэВ} \leq E \leq 60 \text{ МэВ}$ ,  
проведена "сшивка" с данными измерений в Сакле и  
Орсе, что позволяет описать поведение дифференци-  
ального коэффициента конверсии электронов в позит-  
роны при  $9 \text{ МэВ} \leq E \leq 220 \text{ МэВ}$ .

Интенсивные вторичные позитронные пучки широко используются  
в современной физике: эксперименты на встречных пучках электро-  
нов и позитронов в накопительных кольцах, получение квазимоно-  
хроматических фотонов при аннигиляции позитронов на лету, иссле-  
дование электродезинтеграции ядер под действием позитронов, изу-  
чение взаимодействия позитронов с кристаллами и т.д.

Основной величиной, характеризующей генерацию позитронов при  
бомбардировке конверторных мишеней электронами, является так на-  
зываемый дифференциальный коэффициент конверсии электронов в  
позитроны:

$$K(E_+, E_-, \theta, Z, T) = I_+ / (I_- \Delta E_+ \Delta \Omega).$$

Здесь  $I_+$  - ток позитронов из конверторной мишени в интервале  
 $\Delta E_+ \Delta \Omega$ ;  $I_-$  - ток электронов, падающих на конверторную мишень;  
 $\Delta E_+$  - абсолютный энергетический разброс захватываемого пучка  
позитронов;  $\Delta \Omega$  - телесный угол, в котором захватывается пучок  
позитронов;  $E_+$  - полная энергия позитронов;  $E_-$  - полная энергия  
электронов;  $\theta$  - азимутальный угол вылета позитронов;  $Z$  - атом-  
ный номер вещества мишени;  $T$  - толщина мишени.

Знание величины  $K$  кроме правильного выбора конверторной ми-

шени позволяет оптимизировать всю структуру установок генерации позитронов. Можно отметить широкую аналогию этих вопросов с проблемами, возникающими при генерации интенсивных вторичных пучков других частиц, например,  $\pi$ -мезонов и нейтронов на "мезонных фабриках", линейных ускорителях электронов (ЛУЭ) и т.д.

Известны проведенные в различных лабораториях теоретические и экспериментальные исследования величины  $K$ . Обзор этих исследований можно найти в работе /1/. Большое количество работ по этому вопросу объясняется как важностью сведений о величине  $K$ , так и теоретическими и экспериментальными трудностями при этих исследованиях, мешающими получению полной картины и приводящими зачастую к неудовлетворительному согласию результатов разных исследований, что особенно характерно для ранних работ.

Трудности теоретических исследований связаны, с одной стороны, с множественностью различных процессов взаимодействия излучения с веществом, ответственных за поведение дифференциального коэффициента конверсии при получении позитронов из толстых мишеней. Формулы, описывающие эти процессы, достаточно сложны, что приводит к дополнительной сложности расчетов. С другой стороны, в области энергий электронов и позитронов  $5 \text{ МэВ} \leq E \leq 100 \text{ МэВ}$ , представляющей наибольший интерес, еще не годится приближение теории каскадных процессов, так что мало надежды упростить расчеты. Этим объясняются сильные несоответствия результатов некоторых расчетов как между собой, так и с данными экспериментов.

Основные трудности экспериментальных исследований величины  $K$  связаны с необходимостью иметь достаточно высокого качества магнитные спектрометры для корректного определения величины  $\Delta Q_{\Delta E}$  при измерении позитронных спектров, мониторирующую аппаратуру для измерения слабых позитронных токов на уровне больших фонов от конверторной мишени и, наконец, широкий доступный диапазон энергий электронного пучка с приемлемыми интенсивностями и возможность выделения большого пучкового времени для получения полноты картины. Этим объясняется некоторое несоответствие экспериментальных результатов между собой и некоторая обрывочность большинства из них.

Тем не менее, в результате рассмотрения экспериментальных данных можно констатировать следующее:

I. Оптимальная толщина конвертора для получения позитронов

является слабой функцией энергии электронного пучка  $E_-$  и для мишеней с большим  $Z$  (Ta, W, Pt, Au, Pb) равна  $I+2$  радиационным длинам ( $X_0$ ) при  $20 \text{ МэВ} < E_- < 100 \text{ МэВ}$ , медленно возрастая с ростом  $E_-$ .

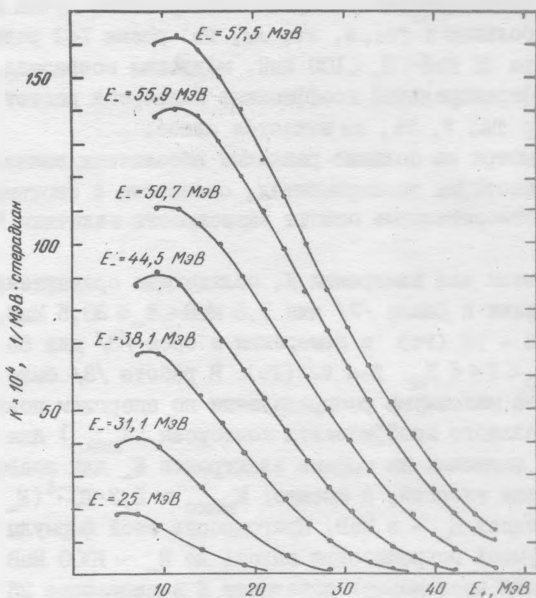
2. Дифференциальный коэффициент конверсии растет с ростом  $Z$ , но для ядер Ta, W, Pt, Au меняется слабо.

3. Несмотря на большие различия абсолютных значений, полученных в некоторых экспериментах, связанные с систематическими ошибками, относительные ошибки зависимости величины  $K$  от  $T$ ,  $E_+$ ,  $E_-$  малы.

4. Имеются два измерения  $K$ , обладающие сравнительной полнотой: измерения в Сакле /2/ для  $9,3 \text{ МэВ} \leq E_- \leq 30,5 \text{ МэВ}$ ,  $0,18 X_0 \leq T \leq 2,1 X_0$ ,  $Z = 78$  (Pt) и измерения в Орсе /3/ для  $55 \text{ МэВ} \leq E_- \leq 220 \text{ МэВ}$ ,  $0,4 X_0 \leq T \leq 4 X_0$ ,  $Z = 82$  (Pb). В работе /3/ было найдено, что величина максимума распределения по энергиям позитронов  $E_+$  дифференциального коэффициента конверсии ( $K_{\text{макс}}$ ) линейно зависит от энергии падающих на мишень электронов  $E_-$  для исследованного ими диапазона энергий, а именно:  $K_{\text{макс}} \approx 2,3 \cdot 10^{-4} (E_- - 2I) \text{ МэВ}^{-1} \cdot \text{ср}^{-1}$ , здесь  $E_-$  - в МэВ. Пригодность этой формулы подтверждается с разумной погрешностью вплоть до  $E_- \sim 1000 \text{ МэВ}$  /1/.

Мы решили исследовать поведение  $K$  в диапазоне  $25 \text{ МэВ} \leq E_- \leq 60 \text{ МэВ}$ , т.е. в области энергий, перекрывающей энергетические диапазоны работ /2,3/. Измерения проводились с использованием некоторых элементов созданной в лаборатории фотоядерных реакций ИЯИ АН СССР на базе ЛУЭ системы получения позитронов и квазимонохроматических аннигиляционных фотонов /4/. На основе уже установленных экспериментальных результатов, указанных выше, были проведены измерения на одном виде материала мишени (был выбран Ta) и при одной толщине мишени, близкой к оптимальной ( $T \approx 1,3X_0$ ). Эти измерения позволяют "сшить" данные работ /2,3/ и, таким образом, найти зависимость  $K_{\text{макс}}$  для  $9 \text{ МэВ} \leq E_- \leq 220 \text{ МэВ}$  (или даже для более высоких значений  $E_-$ ), что по существу перекрывает весь диапазон энергий, интересный с точки зрения практического использования данных по дифференциальному коэффициенту конверсии электронов в позитроны. Для проведения этих измерений был рассчитан и создан магнитный спектрометр /5/.

Результаты наших измерений приведены на рис. 1. На рис. 2 показаны результаты "сшивки" данных настоящей работы для  $K_{\text{макс}}$  с данными работ /2,3/. Большая разница абсолютных значений объяс-

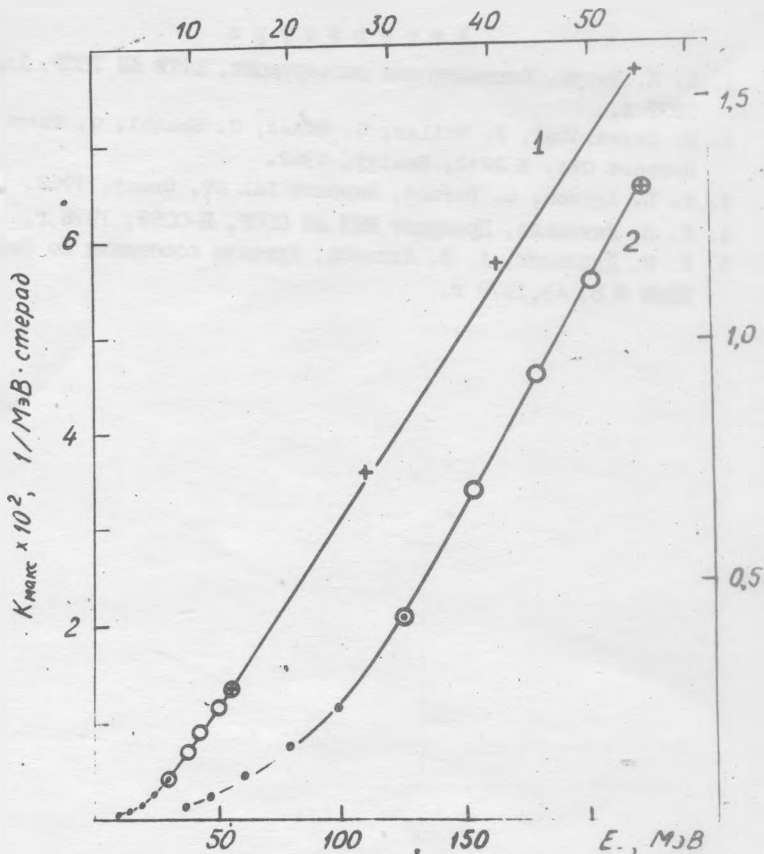


Р и с. I. Зависимости дифференциального коэффициента конверсии  $K$  от энергии позитронов при различных энергиях электронов для танталовой мишени толщиной  $T \approx 1,3 X_0$

няется, по-видимому, тем что авторов работ /2,3/ интересовала прежде всего энергетическая зависимость величины  $K_{\text{МВНС}}$  и в работе /2/, например, был использован не спектрометр, а просто магнит, что могло внести большую ошибку в определении  $\Delta E_+$   $\Delta \Omega$ .

Институт ядерных исследований  
АН СССР

Поступила в редакцию  
17 мая 1979 г.



Р и с. 2. Зависимость  $K_{\text{макс}}(E_0)$  для  $9 \text{ МэВ} \leq E_0 \leq 220 \text{ МэВ}$ . Точками изображены пересчитанные (увеличенные в  $\sim 5$  раз) результаты работы /2/, кружками - результаты настоящей работы, крестами - пересчитанные (увеличенные в 1,6 раза) результаты работы /3/. Левая и нижняя шкалы для кривой 1, правая и верхняя шкалы для кривой 2

### Л и т е р а т у р а

1. А. Н. Фисун, Кандидатская диссертация, ХФТИ АН УССР, Харьков, 1972 г.
2. M. Bernardini, J. Miller, G. Tamas, C. Schuhl, C. Tzara, Rapport CEA, N 2212, Saclay, 1962.
3. T. L. Aggson, L. Burnod, Rapport LAL 27, Orsay, 1962.
4. Л. З. Джлаван, Препринт ИЯИ АН СССР, П-0099, 1978 г.
5. Л. З. Джлаван, А. В. Лелеков, Краткие сообщения по физике ФИАН № 8, 43, 1979 г.