

А. Д. ЛЕВКОВИЧ, М. С. МУЛМЕД (ИРАК), А. Н. ПЕРЦЕВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГЛОЩЕННЫХ БЕТА-ЧАСТИЦ ПО ГЛУБИНЕ ПОГЛОТИТЕЛЯ

Изучение распределения поглощенных бета-частиц в веществе представляет интерес с точки зрения их прохождения через среду и, в частности, при использовании позитронов для исследования структурных и электронных свойств вещества [1]. Для электронных и позитронных источников кривая распределения может быть получена из измеренной функции пропускания бета-частиц; для позитронных источников применяется метод амплитудно-временного отбора аннигиляционных гамма-квантов, свидетельствующих о гибели позитрона [2]. Первый способ шире по применению, второй является более корректным. Поэтому целесообразно сопоставить результаты, полученные обоими методами в одинаковых условиях (источник, геометрия, вещество). Например, измеренные первым методом массовые коэффициенты поглощения позитронов ^{22}Na для никеля и бериллия равны 25 и 19 $\text{см}^2/\text{г}$ соответственно [3] (источник расположен вплотную к поглотителю, исследовалась область стабилизации энергетических распределений); второй метод дал 77 и 30 $\text{см}^2/\text{г}$ соответственно [4]. Существует неясность в характере распределения остановившихся бета-частиц: расчет дает кривые с максимумом, положение которого зависит от порядкового номера вещества [1]; первый метод в указанной выше геометрии для никеля и бериллия качественно подтверждает расчеты [5]; второй метод для металлов приводит к экспоненциальным кривым [4, 6, 7].

В данной работе источником позитронов является ОСГИ на основе радонуклида ^{22}Na активностью $1,2 \cdot 10^5$ Бк, поглотителем выбран алюминий. Установка для измерений по первому способу и их методика (за

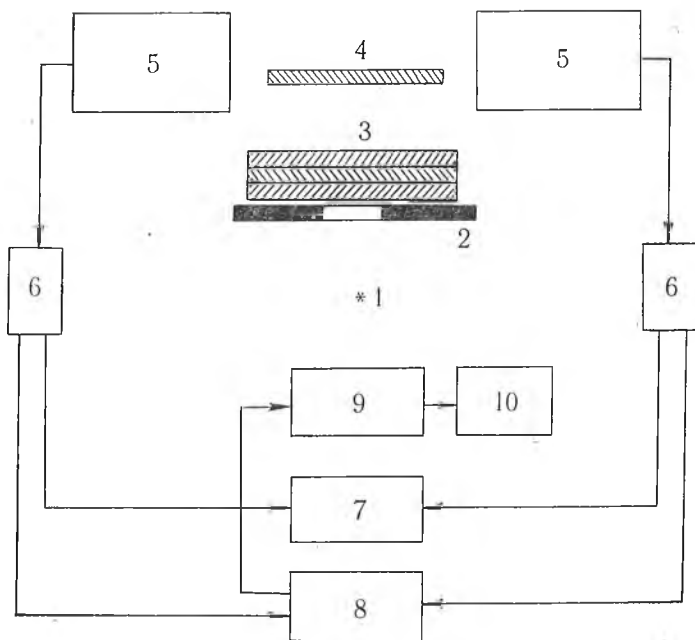


Рис. 1. Блок-схема установки:

1 — источник ^{22}Na ; 2 — диафрагма; 3 — наращиваемый поглотитель; 4 — базовый поглотитель; 5 — сцинтилляционные зонды; 6 — радиометры; 7 — схема совпадений с формирователем; 8 — сумматор; 9 — многоканальный анализатор; 10 — цифрпечатающее устройство

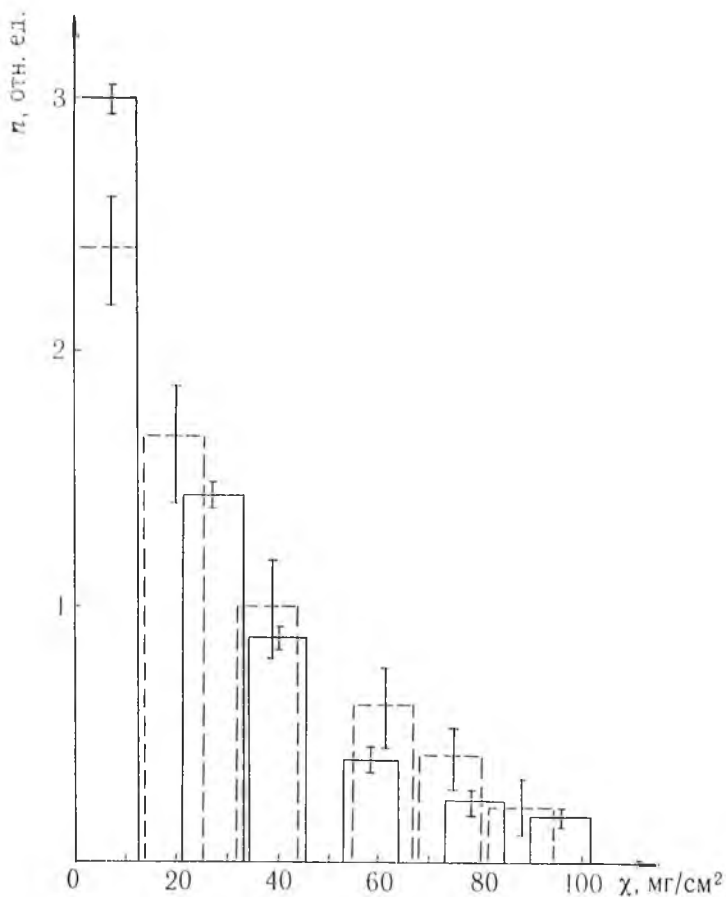


Рис. 2. Распределение поглощенных позитронов ^{22}Na по глубине алюминиевого поглотителя. Сплошные линии — результаты измерений по методу пропускания, пунктирные линии — по методу гамма-гамма совпадений.

исключением геометрии) аналогичны [5]. Исследования по второму методу проводились на установке, блок-схема которой представлена на рис. 1. Быстрые позитроны, испускаемые ^{22}Na , поступают на основной поглотитель варьируемой толщины и далее на базовый поглотитель постоянной толщины ($11,8 \text{ мг/см}^2$). Аннигиляция позитрона с испусканием двух гамма-квантов (угол разлета равен 180°) в подавляющем большинстве случаев происходит после его термализации [2], что эквивалентно его установке в поглотителе. Интенсивность суммарно-совпаденческой линии при настройке окон дискриминаторов на аннигиляционную линию в 511 кэВ пропорциональна числу термализованных позитронов в базовом поглотителе. Изменение интенсивности суммарно-совпаденческой линии в зависимости от толщины основного поглотителя характеризует распределение остановившихся позитронов по глубине поглотителя.

Цикл измерения одной точки включал набор с базовым поглотителем и без него за одно и то же время для определения фона. Использовались промышленные радиометры типа 20046 в комплекте со сцинтилляционными зондами VA-S-50. Разрешающее время схемы совпадений составляло $0,2 \text{ мкс}$.

Геометрия узла источник — диафрагма — поглотитель выглядит так: расстояние источник — диафрагма равно 1 см , радиус диафрагмы $0,5 \text{ см}$, расстояние диафрагма — поглотитель в первом методе и диафрагма — базовый поглотитель во втором составляли 1 см (основной поглотитель размещается на диафрагме). В этом случае средняя геометрическая тол-

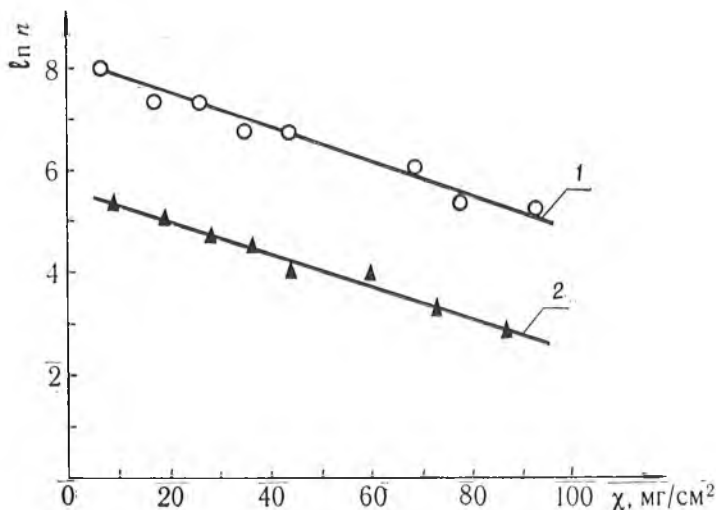


Рис. 3. Распределение поглощенных позитронов ^{22}Na по глубине алюминиевого поглотителя в полулогарифмическом масштабе:

1 — результаты измерений по методу пропускания; 2 — по методу гамма-гамма совпадений

щина поглотителя \bar{x} связана с его поперечной толщиной x соотношением

$$\bar{x} = x \frac{R}{R - \sqrt{R^2 - r^2}} \cdot \frac{1}{2} \ln \frac{R^2}{R^2 - r^2},$$

где R — расстояние источник — край геометрического изображения на поглотителе; r — радиус диафрагмы. В этой геометрии для обоих методов $\bar{x} = 1,04 x$.

Экспериментальные результаты, полученные двумя методами, для удобства совмещены на одном рисунке (2); указаны ошибки, обусловленные статистикой отсчетов. Если n_1 — число отсчетов, определяемых сигналом и фоном, n_2 — только фоном, то число сигнальных отсчетов $n = n_1 - n_2$, среднее квадратичное отклонение $-\sqrt{n_1 + n_2}$.

Значение массового коэффициента поглощения μ и его среднее квадратичная ошибка в предположении экспоненциального закона распределения числа поглощенных позитронов по толщине поглотителя $n(x) = n_0 e^{-\mu x}$ определялись следующим образом. Для каждой пары смежных точек (рис. 3) находились массовый коэффициент поглощения μ_i . Для совокупности из n значений μ_i вычислялось среднее значение $\bar{\mu} = \frac{1}{n} \sum_n \mu_i$

и среднее квадратичное отклонение $\Delta\mu = \sqrt{\frac{\sum_n \mu_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_n \mu_i\right)^2}{n-1}}$.

Получены следующие значения массовых коэффициентов поглощения позитронов ^{22}Na в алюминии: для метода пропускания $\mu = (0,035 \pm 0,005) \text{ см}^2/\text{мг}$, метода гамма-гамма совпадений — $(0,032 \pm 0,003) \text{ см}^2/\text{мг}$. В пределах точности измерения значения μ согласуются, и оба метода указывают на экспоненциальный закон распределения числа поглощенных позитронов по толщине поглотителя. Можно также отметить близость указанных значений μ к приведенным в литературе: $0,0412 \text{ см}^2/\text{мг}$ [6] и $0,0339 \text{ см}^2/\text{мг}$ [7] (в [7] использовался источник ^{22}Na активностью $1,85 \cdot 10^8$ Бк). Оба результата получены методом гамма-гамма совпадений, но геометрии измерений в этих работах разные, что и обуславливает, по-видимому, различие в полученных данных.

Таким образом, результаты данной работы позволяют сделать вывод,

что методы пропускания и гамма-гамма совпадений при одинаковых условиях измерений приводят к эквивалентным значениям массового коэффициента поглощения и законам распределения поглощенных частиц по глубине вещества.

Список литературы

1. Воробьев С. А. Прохождение бета-частиц через кристаллы. М., 1975.
2. Гольданский В. И. Физическая химия позитрона и позитрония. М., 1968.
3. Перцев А. Н., Ходасевич В. В., Ахмед Бакр, Касьяко И. В., Крымский А. А., Урбан О. П. // Весті АН БССР. Сер. фіз.-энерг. навук. 1986. № 2. С. 119.
4. Ахмед Бакр, Абдель Мосз. Энергетические распределения бета-частиц при прохождении через бериллий и никель. Канд. дисс. Минск, 1988.
5. Ахмед Бакр, Левкович А. Д., Перцев А. Н. // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 1: Физ. Мат. Мех. 1987. № 2. С. 63.
6. Spradell L. E., Rupaal A. S., Patrick J. P. // Phys. Rev. 1973. V. B. 8. P. 4072.
7. Купчишин А. И., Кузьминых В. А., Мукашев К. М., Тронин Б. А., Федченко Р. Г. Физика атомного ядра и космических лучей. Алма-Ата, 1985. С. 14.

Поступила в редакцию 15.02.90.

УДК 548.5 : 669.76

В. Г. ШЕПЕЛЕВИЧ

СТРУКТУРА И КИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФОЛЬГ СПЛАВОВ ВИСМУТ-СУРЬМА

При средних скоростях кристаллизации бинарных сплавов Bi—Sb и тройных сплавов Bi—Sb—Te, Bi—Sb—Sn, используемых для изготовления термоэлементов [1] и преобразователей Холла [2], образуется устойчивая дендритная структура [3], ухудшающая технические параметры материалов. В последние три десятилетия успешно развиваются методы получения фольг скоростным охлаждением из расплава, благодаря чему создается более равномерное распределение компонентов в твердых растворах [4]. В данной работе представлены экспериментальные результаты по изучению структуры и кинетических свойств фольг сплавов Bi—8% Sb, Bi—8% Sb — 0,02% Te и Bi—8% Sb — 0,05% Sn (используются атомные проценты), полученных скоростным охлаждением из жидкой фазы.

Фольги исследуемых материалов получали при кристаллизации капли расплава, выброшенной на внутреннюю отполированную поверхность вращающегося со скоростью 3000 об/мин медного цилиндра диаметром 20 см. Скорость охлаждения при таких условиях кристаллизации составляла $\sim 10^6$ К/с [4].

Рентгеноструктурный анализ текстуры фольг проводился на дифрактометре ДРОН-3 в медном излучении. Для расчета полюсных плотностей дифракционных линий $\{10\bar{1}2\}$, $\{10\bar{1}4\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{10\bar{1}5\}$, $\{20\bar{2}2\}$, $\{10\bar{1}7\}$, $\{20\bar{2}5\}$, $\{21\bar{3}0\}$, $\{12\bar{3}5\}$ и (0009) использовался метод Харриса [5]. Металлографические и рентгеноспектральные исследования выполнялись с помощью микроскопа ММУ-3 и установки РЭММА-200. Измерения удельного электросопротивления ρ , коэффициента Холла R и дифференциальной термо-ЭДС α осуществлялись компенсационным методом в интервале 77—300 К.

Фольги исследуемых сплавов, полученные скоростным охлаждением из жидкой фазы, имели поликристаллическую структуру и толщину 20—60 мкм. Большинство зерен было ограничено внешними поверхностями. Рентгеноспектральные исследования показали равномерное распределение сурьмы в фольгах.

Полюсные плотности дифракционных линий $\{10\bar{1}2\}$, $\{10\bar{1}4\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{10\bar{1}5\}$, $\{10\bar{1}7\}$, $\{20\bar{2}2\}$, $\{20\bar{2}5\}$, $\{21\bar{3}0\}$, $\{12\bar{3}5\}$ и (0009) фольг сплавов Bi—8% Sb, Bi—8% Sb — 0,02% Te и Bi—8% Sb — 0,05% Sn приведены