

ОБ ИССЛЕДОВАНИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАНОВИВШИХСЯ В ВЕЩЕСТВЕ БЫСТРЫХ ЭЛЕКТРОНОВ

К. А. ДЕРГОВУЗОВ, О. Б. ЕВДОКИМОВ, Б. А. КОНОНОВ

(Представлена научным семинаром физико-технического факультета)

Характер радиационных нарушений в веществах определяется спектром электронов, низкоэнергетическая часть которого может быть оценена по распределению остановившихся электронов. Форма и относительная полуширина распределения дают сведения о влиянии многократного рассеяния и флуктуаций потерь энергии на прохождение электронов в толстых слоях веществ.

В данной статье сообщается конструкция и испытание прибора для снятия распределения остановившихся в веществе электронов $I(x)$ от бетатрона с начальной энергией от 2 до 15 мэв. Приведены результаты измерений в алюминии и меди.

Конструкция детектора и его характеристики

Распределение остановившихся в веществе электронов измерялось перемещением тонкой пластины исследуемого материала — собирающего электрода 1 детектора (рис. 1) — по глубине исследуемого вещества путем наращивания толщины поглотителя перед ним. За собирающим

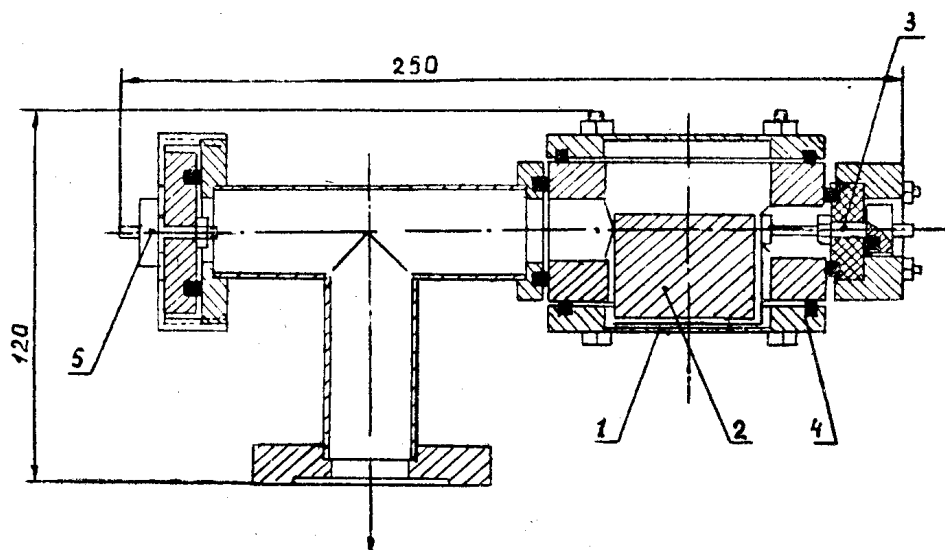


Рис. 1. Конструкция детектора остановившихся электронов

электродом установлен обратный рассеиватель из исследуемого материала с толщиной, большей максимального пробега электронов источника, что позволяет сравнивать результаты измерений с расчетами для полубесконечного поглотителя.

Чтобы избежать влияния ионизации [1] на показания прибора, воздух из его объема откачивался.

Для исследования величины оптимального рабочего давления снята зависимость показаний прибора от давления внутри него, приведенная на рис. 2. Кривая получена при энергии электронов 7,9 мэв и толщине алюминиевого поглотителя перед детектором 10 мм. Рабочая область

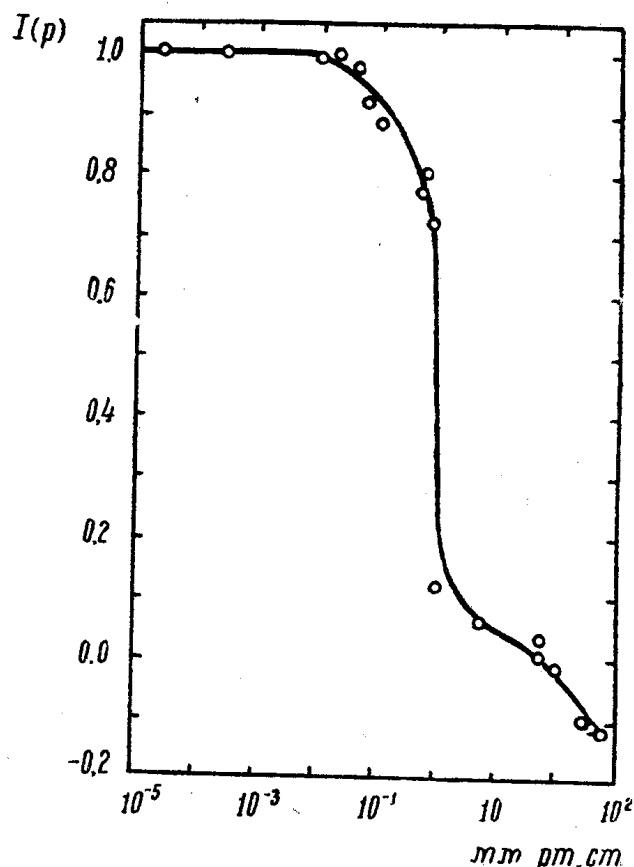


Рис. 2. Зависимость показаний прибора от давления воздуха внутри него в максимуме распределения при энергии электронов

начинается с давления 10^{-2} мм рт. ст.; наблюдаемое обращение знака измеряемого тока свидетельствует о том, что при атмосферном давлении прибор работает в режиме конденсаторной ионизационной камеры.

Точность получения распределения остановившихся электронов зависит и от толщины собирающего электрода. С целью определения оптимальной толщины электрода проведено исследование ее влияния на точность снятия распределения. Оказалось, что толщина электрода в 2,5% ÷ 5% от среднего полного пробега электронов обеспечивает необходимую точность. В этом случае, с одной стороны, измеряемый ток имеет приемлемую величину, а с другой — распределения снимаются

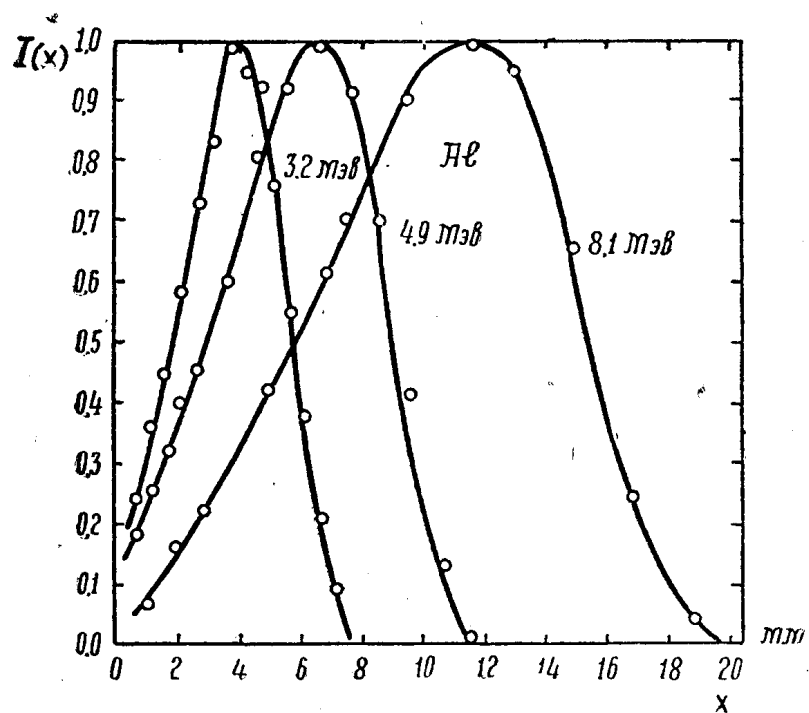


Рис. 3. Экспериментальные распределения остановившихся электронов в алюминии при начальных энергиях 3,2; 4,9 и 8,1 мэв

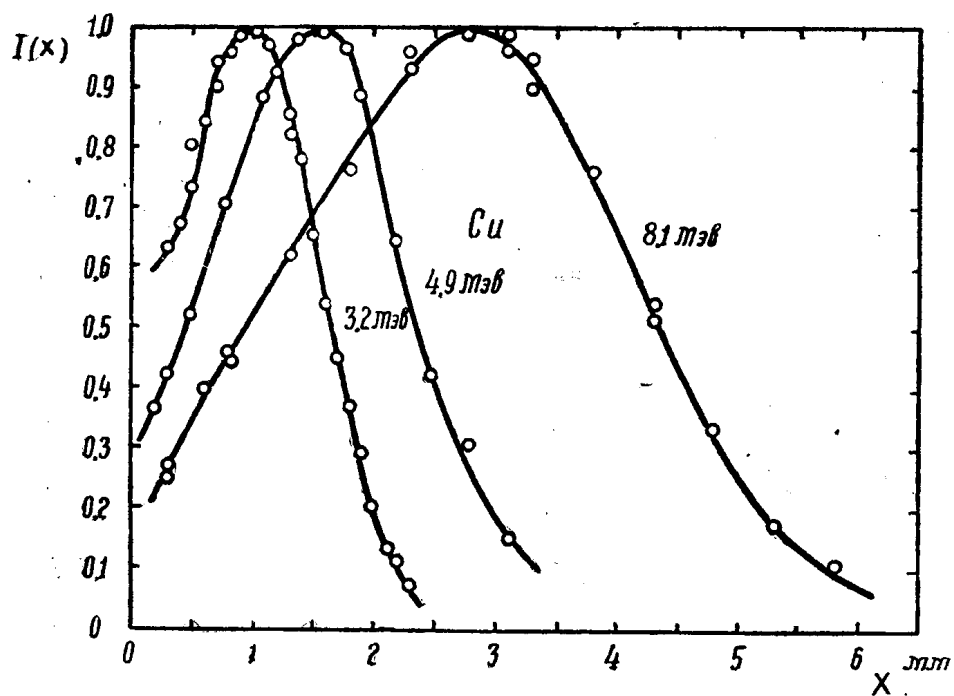


Рис. 4. Экспериментальные распределения оставшихся электронов в меди при начальных энергиях 3,2; 4,9 и 8,1 мэв

с малой ошибкой за счет конечной толщины электрода d . Ошибка не превышает следующей величины:

$$\delta < \left| \frac{(x_1 + d)^n - \frac{n}{2} x_1^{n-1} d + \frac{n(n-1)}{3} x_1^{n-2} d^2}{(x_1 + d/2)^n} - 1 \right|,$$

где n — порядок полинома, которым можно аппроксимировать распределение в пределах толщины собирающего электрода. Показания прибора, деленные на толщину электрода, относились к глубине вещества, соответствующей средней точке толщины электрода.

Для исследования влияния вторичных электронов с энергиями до 10 кэв между собирающим электродом (1), фланцем (4) и обратным рассеивателем (2) устанавливались сетки (на рис. 1) не показаны, на которые подается напряжение от 0 до 10 кэв через ввод (5). Верхний предел определен тем, что подавляющее число вторичных электронов имеет энергию в пределах 10 кэв в исследуемом диапазоне начальных энергий [2].

Нижняя граница исследуемого диапазона, энергий 2 мэв, определяется толщиной переднего фланца (400 мк Al), а верхняя — боковым рассеиванием пучка электронов в веществе. Пучок проходит через коллиматор диаметром 15 мм; при больших размерах заметное число рассеянных в поглотителе электронов минует собирающий электрод, что особенно существенно для веществ с малой плотностью. Дальнейшее уменьшение диаметра коллиматора нецелесообразно из-за малости измеряемых токов.

Измерение тока собирающего электрода производится усилителем постоянного тока микрорентгенометра «Кактус» с компенсацией измеряемого тока, так что усилитель работает как нулевой прибор. Это позволяет исключить ошибку за счет нелинейности усилителя и несоответствия его шкал. Применение вакуумного фторопластового изолятора позволило надежно измерять токи до 10^{-12} а.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Получение распределения $I(x)$ остановившихся электронов достигается наращиванием толщины поглотителя перед детектором и измерением тока с собирающего электрода при данной толщине. Произведены измерения в алюминии и меди при энергиях 3,2; 4,9; 8,1 мэв, результаты представлены на рис. 3 и 4. Все кривые имеют максимумы, которые смещаются в сторону малых толщин при уменьшении энергии и порядкового номера вещества, если даже толщина выражена в единицах среднего действительного пробега электронов источника.

Для характеристики кривой $I(x)$ разумно ввести относительную полуширину: отношение ширины распределения на полувывоте к среднему действительному пробегу. Величины полуширин для Al при энергиях 3,2; 4,9; 8,1 мэв соответственно 0,61; 0,59; 0,57; а для меди при энергиях 3,2; 4,9; 8,1 мэв соответственно 0,63; 0,52; 0,55.

Необходимо отметить следующее практически важное обстоятельство. Крутизна спадающей части кривых в алюминии (задний фронт) значительно выше, чем у кривых прохождения электронов, что позволяет ожидать, что распределения могут послужить основой для определения энергии монохроматического пучка с большей точностью, чем по кривым прохождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. B. Gross, K. A. Wright. Phys. Rev. 114, 725, 1959.
2. Möller C. Ann. Phys., 14, 532, 1932.