ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ СЛЕДОВ В ЯДЕРНЫХ ЭМУЛЬСИЯХ

Определение числа проявленных зёрен в следах заряженных частиц играет важную роль в исследованиях ядерных процессов при помощи толстослойных эмульсий. Если ионизирующая способность частицы мала, то зёрна могут быть сосчитаны под микроскопом. Техника такого счёта доведена до высокого совершенства [1, 2]. В современных электронно-чувствительных эмульсиях типа G5 частицы с повышенной удельной

ионизацией создают столь плотные следы, что отдельные зёрна перекрываются и счёт зёрен ненадёжен или невозможен.

Некоторые авторы[3] в этом случае прибегают к методу частичного проявления (избирательного проявления, или недопроявления), чтобы улучшить различимость зёрен в следах сильно ионизирующих частиц. Однако это может привести к потере следов слабо ионизирующих частиц и к невозможности сравнительного изучения быстрых и медленных частиц в одной и той же эмульсии.

Определение удельной ионизации по числу δ-электронов[4] в следах сильно ионизирующих частиц страдает тем недостатком, что иногда трудно решить, связан ли данный след электрона со следом многозарядной частицы. Кроме того, если число δ-электронов превосходит 20 на 100 μ следа, то счёт сильно затрудняется и ошибки значительно возрастают.

Метод экспонирования стопки пластинок[5], в которой чередуются высокочувствительные и малочувствительные эмульсии, также обладает недостатками — можно ожидать нелинейной зависимости плотности зёрен от потерь энергии в малочувствительных эмульсиях, что обусловливает необходимость тщательной калибровки каждой партии пластинок. Кроме того, необходимо специальное проявление этих пластинок, и следы приходится прослеживать на всём их пути через стопку пластинок.

Авторы реферируемой работы[6] пытались разрешить эту задачу иным путём, исходя из того, что даже в весьма плотных полностью проявленных следах в электронночувствительных эмульсиях должно существовать некоторое изменение плотности вдоль следа и различие плотностей следов частиц разной скорости и заряда. Авторам удалось обнаружить эти различия и установить зависимость между скоростью, массой и остаточным пробегом, аналогичную зависимости, получаемой по способу счёта зёрен. Для этого был использован фотоэлектрический метод измерения количества света, поглощаемого следом.

Оптическая часть установки состоит из микроскопа с окуляром Гюйгенса. В плоскости изображения в окуляре находится стеклянная шкала с ценой деления 0,1 *мм*, которая позволяет определять перемещение следа. Непосредственно над шкалой помещается подвижная щель, также находящаяся в плоскости изображения. Щель располагается параллельно изображению следа, так чтобы он проходил по её центру. Наблюдение следа во время этих операций производится через боковую глазную линзу в тубус окуляра. Расходящийся пучок света из щели падает на катод фотоумножителя. Так как проявленные зёрна непрозрачны, то измеряемый фототок пропорционален площади щели, не экранированной изображением следа. После отсчёта фототока по гальванометру с чувствительностью 10^{-8} *а*/деление, след перемещается перпендикулярно длине щели до вывода из щели и измеряется фототок свободной щели. Разность между этими двумя отсчётами является мерой площади изображения следа и плотности зёрен в нём. Ширина щели выбирается в зависимости от ширины следа. Она должна в 3—4 раза превосходить ширину изображения следа. Измерения следов мезонов, протонов и более тяжёлых частиц в эмульсии G5 производились со щелями шириной 0,15—0,20 *мм*, что соответствует 1,5—2,0 μ в плоскости объекта (средняя ширина следа протона к концу пробега равна около 0,5 μ). Длина щели определяется различными факторами — чем она больше, тем слабее влияние статистических флуктуаций плотности зёрен[7] и меньше число отсчётов при измерении всего следа. Короткая щель необходима при изогнутых или круто идущих в эмульсию следах. Авторы всегда пользовались щелью, соответствующей 30 μ следа. Из показаний гальванометра в отсутствии и в присутствии следа и из размеров щели легко определить площадь и среднюю ширину отрезка следа

в щели. Производя измерения для последовательных отрезков следа можно найти те же величины для любого остаточного пробега. В этих единицах площади или средней ширины авторы выражают плотность следов.

Предварительные измерения показали, что фотоэлектрическая плотность следа пропорциональна плотности по методу счёта зёрен, что воспроизводимость измерений вполне удовлетворительна, что световой поток

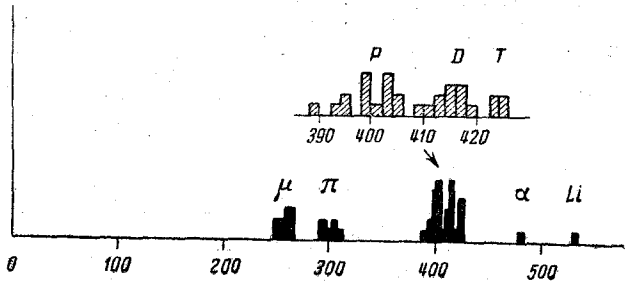

Рис. 1.

и показания гальванометра пропорциональны площади щели. Эти результаты указывают на надёжность нового метода.

На рис. 1 изображена гистограмма, демонстрирующая распределение полной площади последних 400 μ следов μ- и π-мезонов, протонов, дейтеронов, тритонов, α-частиц и ядер лития. При построении гистограммы вводилась поправка на изменение плотности следов с глубиной

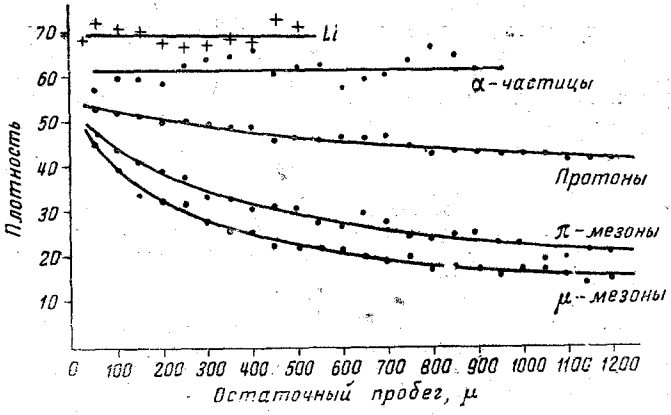

Рис. 2.

их расположения в эмульсии. Эта поправка может быть определена опытным путём тем же фотоэлектрическим методом. Таким образом, новый метод позволяет идентифицировать указанные частицы даже для сравнительно коротких остаточных пробегов. Необходимым условием является равномерное проявление и поправка на глубину следа.

На рис. 2 показана зависимость плотности следа от остаточного пробега в эмульсии G5 для некоторых групп частиц из гистограммы

рис. 1. Плотность представляет среднюю ширину следа в сотых долях микрона.

При помощи нового метода авторы нашли, что средний диаметр проявленного зерна в эмульсии G5 равен 0,59 μ, и установили, что этот диаметр не зависит от плотности зёрен в согласии с давно известным фактом[8] о полной проявляемости зерна независимо от сообщённой ему энергии (если зерно вообще способно проявляться).

Фотоэлектрический метод, основы которого изложены в реферируемой работе, был усовершенствован в дальнейших работах[9, 10]. В работе[9] авторы производили осциллографическую запись выходного напряжения фотоумножителя. Рассеяние света эмульсией не позволяет фотометрировать следы, идущие в глубь эмульсии или расположенные глубоко под её поверхностью. Авторам удалось преодолеть эту трудность путём измерения распределения поглощения по ширине следа (перпендикулярно к его длине). Полуширина полученной таким способом кривой поглощения не зависит от глубины следа в эмульсии и является точной мерой ионизации частицы. Этот метод, даже в случае малопрозрачных эмульсий, является наиболее пригодным из существующих методов определения удельной ионизации частиц с потерями энергии выше 300 *Мэв/г см*^{2} и со скоростями больше 10^{10} *см/сек.* Для удельных потерь энергии между 30 и 100 *Мэв/г см*^{2} фотометрия мало пригодна, так как обладает низкой чувствительностью. Многозарядные частицы, создающие короткие следы ($\geqslant 200$ μ), оканчивающиеся в эмульсии, также могут быть идентифицированы методом измерения полуширины, когда другие способы неприменимы. Эти результаты были получены для следов 98 частиц с удельной ионизацией, изменяющейся от ионизации релятивистских α-частиц до ионизации ядер железа.

В случае однозарядных частиц с массой порядка 1 анализ фотометрических кривых сильно затрудняется. Авторы второй работы[10] предложили другой метод, при помощи которого они предполагают идентифицировать короткие следы даже в случае протонов, α-частиц и мезонов. Ток из фотоумножителя усиливался и поступал на клеммы короткопериодного гальванометра, отклонения которого регистрировались фотографически на светочувствительной бумаге в виде кривой с ординатами, пропорциональными отклонениям. Задача сводится к определению истинного поглощения света следом и точной площади следа. Для этого необходимо учесть эффект рассеяния света эмульсией для каждого исследуемого отрезка следа. Изменение поглощения по ширине данного отрезка следа определялось при помощи ряда щелей возрастающей ширины, например от 0,08 до 1,9 μ (ширина в плоскости объекта). Для щелей уже центральной части следа отклонение гальванометра было бы равно нулю, если бы в следе отсутствовали разрывы и не было бы рассеяния света. Практически гальванометр всегда даёт определённое отклонение, увеличивающееся с шириной щели. В результате теоретического и экспериментального анализа этого явления авторы установили зависимость, позволяющую определить истинную площадь следа с экспериментальной поправкой на эффект рассеяния и разрывы следа.

А. Х.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. C. Lattes, G. Occhialini, C. Powell, Proc. Phys. Soc. **61**, 173 (1948).
2. P. Fowler, Phil. Mag. **41**, 169 (1950).
3. G. Stevens, Fundamental mechanisms of phot. sensitivity, London, 1951, стр. 310.

4. L. Voyvodic, Canad. J. Res. A **28**, 315 (1950); сборник «Фотографический метод в ядерной физике», ИЛ, 1952.
5. H. Bradt, B. Peters, Phys. Rev. **80**, 943 (1951); сборник «Фотографический метод в ядерной физике», ИЛ, 1952.
6. S. v. Friesen, K. Kristiansson, Ark. f. Fys. **4**, 505 (1952).
7. P. Hodgson, Brit. J. Appl. Phys. **3**, 11 (1952).
8. К. Миз, Теория фотографического процесса, М.—Л., 1949.
9. M. Ceccarelli, G. Zorn, Phil. Mag. **43**, 356 (1952).
10. M. Della Corte, M. Ramat, Nuovo Cimento **9**, 605 (1952).