1969 г. Июнь *Том 98, вып. 2*

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

БИБЛИОГРАФИЯ

019.941:539.107

Progress in Nuclear Techniques and Instrumentation, vol. 3 (F. J. M. Farley, Ed., CERN), North-Holland Publishing Company, New York — Amsterdam, 1968, 255 стр.

Серия «Progress in Nuclear Techniques and Instrumentation» начала свое существование в 1965 г. В 1968 г. вышел третий том под редакцией Ф. Фарли. Том содержит три весьма интересные обзорные статьи: Б. Монтегю «Сепарация частиц высоких энергий» (стр. 1—66), Г. Эван «Полупроводниковые спектрометры» (стр. 67—157) и Т. Алвегер, И. Улер «Электромагнитные изотопные сепараторы для лабораторных целей» (стр. 159—246). Статьи не связаны между собой и будут рассмотрены ниже одна за другой.

Современный уровень исследований по физике высоких энергий во многом характеризуется развитием методики сепарации частиц по массам. Статья Монтегю посвящена одному из самых новых и, пожалуй, наиболее перспективному направлению — высокочастотной сепарации частиц. Автор является крупным специалистом в этой области и в начале 60-х годов возглавлял работу по созданию высокочастотного сепаратора ЦЕРНа, успешный запуск которого был осуществлен в 1965 г.

В рассматриваемой статье анализируются основные типы высокочастотных или, точнее, электродинамических сепараторов частиц: Пановского — Шнелла, Векслера — Петухова, уже осуществленные за рубежом и в Советском Союзе, а также ряд других оригинальных схем сепарации частиц, предложенных за последние годы разными авторами. Основное внимание уделяется разбору высокочастотного сепаратора типа Пановского — Шнелла (характеристике электромагнитных полей — гибридных волн, используемых в отклоняющих системах, оптике высокочастотных сепараторов). Автор подробно рассматривает инженерные вопросы, связанные с созданием такого сепаратора, анализирует требования и допуски, которые должны быть выдержаны при проектировании, изготовлении и наладке этих сложных устройств.

В заключительной части обзора рассматриваются перспективы дальнейшего развития высокочастотного метода сепарации. Нельзя не согласиться с автором, что наиболее многообещающим для данного метода является создание сверхпроводящих отклоняющих систем. В этом случае станет возможным использование высокочастотных сепараторов не только в экспериментах с пузырьковыми камерами, но и при электронных методах регистрации частиц.

Что касается использования высокочастотных сепараторов для ускорителей на энергию выше 100 *Гэв*, то повышения эффективности сепарации можно будет достичь как за счет уменьшения рабочей длины волны, на которой работает отклоняющее устройство, и увеличения длины сепаратора, так и путем предварительной группировки первичного пучка высокочастотным полем. Весьма эффективными для сепарации могут оказаться высокоэнергичные пучки, которые, по-видимому, в недалеком будущем будут получены на протонных ускорителях, основанных на методе коллективного ускорения ионов, предложенном В. И. Векслером.

Автор статьи «Полупроводниковые спектрометры» Эван является одним из пионеров использования германиевых γ-спектрометров; им сделан большой вклад в технологию изготовления этих приборов. Развитие полупроводниковых спектрометров привело к важным изменениям техники эксперимента в ядерной физике. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с другими детекторами ядерного излучения. Сюда относятся: большая разрешающая способность, высокая эффективность регистрации, линейность в большом диапазоне энергий, быстрое время нарастания импульсов, малые размеры, большая плотность. Вместе с тем полупроводниковые спектрометры относительно дешевы, доступны и просты в эксплуатации.

Полупроводниковым детекторам за их сравнительно короткую историю был посвящен ряд обзорных статей; они неоднократно обсуждались на конференциях, материалы которых опубликованы; издано несколько книг, среди них одна — советских

авторов Ю. К. Акимова, А. И. Калинина, В. Ф. Кушнирука, Х. Юнгклауссена «Полупроводниковые детекторы ядерных частиц и их применение». Статья Эвана полезна тем, что автор сжато и целенаправленно излагает на 80 страницах все, что нужно знать физику-экспериментатору для использования полупроводниковых детекторов. Теоретические основы упомянуты в нескольких словах, технология изготовления вовсе опущена, изложены лишь основные требования к электронике. Это оправдано, так как полупроводниковые спектрометры изготавливаются промышленностью, основные блоки электронной аппаратуры разработаны, их совершенствование является делом специалистов.

В статье описаны различные типы полупроводниковых спектрометров, обращено внимание на особенности их работы: требования к температуре, толщина чувствительного и «мертвого» слоев, временные параметры, свойства материала (кремний, германий), факторы, влияющие на разрешение. Удачно написан раздел о спектроскопии тяжелых заряженных частиц. На конкретных примерах освещены детали применения полупроводниковых детекторов для α-спектрометрии, на пучке ускорителя, для регистрации тяжелых ионов и осколков деления и идентификации частиц. В разделе о γ-спектроскопии впервые сделан полный обзор этой области применения германиевых спектрометров. Этот раздел написан наиболее подробно. Техника полупроводниковых детекторов начинает играть заметную роль в спектроскопии электронов и быстрых нейтронов. Специфические особенности этих задач и достигнутые результаты также освещены в статье.

Статья Алвегера и Улера посвящена электромагнитным лабораторным масс-сепараторам, которые в последние годы все интенсивнее внедряются в практику физического эксперимента. Их применение позволяет выполнять изящные эксперименты на ускорителях высоких энергий и на пучках тяжелых ионов, дающие ценную информацию о свойствах изотопов, далеких от линии β-стабильности. Чаще всего без масс-сепаратора такие эксперименты вообще невозможны. К этим приборам предъявляется ряд специфических требований, из которых основное — большая эффективность выделения малых количеств изотопов при высокой разрешающей способности. В этом направлении достигнуты значительные результаты: по эффективности (10—20%) лабораторные масс-сепараторы приближаются к промышленным, а по разрешающей способности (до 2000) они не уступают часто масс-спектрометрам. Существенно увеличено быстродействие масс-сепараторов. Последние образцы ионных источников позволяют выделять изотопы с временем жизни в несколько десятков миллисекунд.

Техника лабораторных масс-сепараторов освещена в литературе в виде отдельных публикаций. В статье Алвегера и Улера сделана попытка систематизировать данные оригинальных работ. Она полезна для первого ознакомления с проблемой, именно эта цель преследовалась авторами. Поэтому специальный раздел посвящен описанию принципа действия прибора и введению различных понятий. В разделе о получении и формировании ионных пучков кратко, на конкретных примерах описывается работа плазменного ионного источника, особенности задачи извлечения ионов из плазмы и формирования пучков. Описаны методы подготовки малых количеств вещества для доставки в источник.

Интересно написан раздел о массовом анализе ионного пучка. Оптика заряженных частиц здесь затронута лишь бегло. Основное внимание уделено вопросу достижения максимального коэффициента обогащения; детально рассмотрены все факторы, влияющие на этот параметр. Наконец, авторы уделили много внимания приемным устройствам масс-сепараторов. В специальном разделе систематизированы данные о пробегах ионов и о накоплении вещества на различных подложках. Здесь же имеются указания на различные технические приемы получения однородных протяженных слоев, стабилизации положения изображения в приемнике сепаратора, контроля свойств пучка и разделенных образцов. В последнем разделе статьи авторы коснулись специфических требований к масс-сепараторам, работающим в линии с ускорителем или реактором. Коротко упомянута также тенденция к использованию изотопных сепараторов в качестве источников атомных пучков.

И. Н. Семенюшкин, Г. М. Тер-Акопян