

Институт высоких температур  
АН СССР, Москва

Поступило в Редакцию  
12 февраля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 8

26 апреля 1990 г.

10; 12

© 1990

## РАСШИРЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИЗМЕННЫХ СПЕКТРОМЕТРОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

Ю.Л. Б а д а к е р, Л.Г. Г л и к м а н, С.П. К а р е ц к а я,  
В.М. К е л ь м а н

Разрешающая способность призмных спектрометров заряженных частиц [1] растет с увеличением фокусных расстояний коллиматорной и фокусирующей линз. Однако одновременно удлиняются и плечи спектрометра, т. е. растут габариты прибора. При использовании одиночных электростатических осесимметричных линз, главные плоскости которых всегда расположены вблизи середины линзы, плечо спектрометра оказывается значительно больше, чем фокусное расстояние. Применение дублета из квадрупольных линз [2] позволяет улучшить соотношение между длиной плеча и фокусным расстоянием, т. к. фокальная и главная плоскости, характеризующие свойства этого дублета в плоскости дисперсии, расположены по разные стороны от электродной системы.

Проведенные нами расчеты показали, что такого же эффекта можно достичь и при использовании одиночных трансаксиальных линз. Подобрав радиусы кольцевых щелей и потенциалы электродов, можно найти одиночную трансаксиальную линзу с наружными свойствами. В качестве примера на рис. 1 изображена одна из таких линз. На рис. 1, а показаны электроды линзы и траектории заряженных частиц (пунктиром) в проекции на среднюю плоскость  $xy$ , на рис. 1, б – электроды в сечении плоскостью симметрии  $xz$  и проекции траекторий на эту плоскость. Буквой  $O$  на рисунке отмечена точка пересечения оси симметрии электрического поля со средней плоскостью. Через  $R_1-R_3$  обозначены средние радиусы кривизны кольцевых щелей, разделяющих пластины соседних электродов,  $\varphi_1$  – потенциал первого и четвертого электродов,  $\varphi_2$  и  $\varphi_3$  – второго и третьего. Главные плоскости, фокусные расстояния и фокусы линзы обозначены через  $H$ ,  $f$  и  $F$  соответственно. Кардинальные элементы, относящиеся к плоскости  $xy$ , помечены индексом  $y$ , к плоскости  $xz$ , – индексом  $z$ , индекс 2 означает принадлежность элемента к пространству изображений. В одиночных

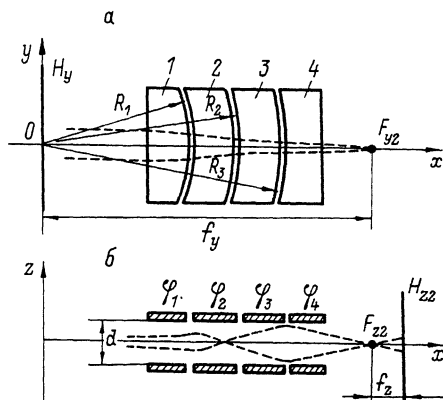


Рис. 1. Четырехэлектродная одиночная трансаксиальная линза. Масштаб в направлении  $z$  в три раза больше, чем в направлениях  $x$  и  $y$ .  $R_1=10$ ,  $R_2=13$ ,  $R_3=16$ ,  $\frac{\varphi_2}{\varphi_1}=0.122$ ,  $\frac{\varphi_3}{\varphi_1}=0.300$ ,  $f_y = x(F_{y2})=22.0$ ,  $f_z = -2.24$ .

трансаксиальных линзах совпадающие друг с другом первая и вторая главные плоскости  $H_{y1}$  и  $H_{y2}$  всегда проходят через ось симметрии поля. На рис. 1 они помечены как  $H_y$ . В подписи к рисунку указаны значения  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ , фокусные расстояния  $f_y$  и  $f_z$ , а также отношения потенциалов на электродах линзы. Величины, имеющие размерность длины, приведены в единицах  $d$  (расстояние между верхней и нижней пластинами каждого электрода). При выполнении расчетов предполагалось, что зазоры между пластинами соседних электродов бесконечно малы. Потенциал  $\varphi$  нормирован так, что кинетическая энергия частиц  $E_k = -e(\varphi + \mathcal{E})$ , где  $\mathcal{E}$  характеризует начальный разброс энергий частиц в пучке.

Линза обеспечивает стигматичную фокусировку параллельного объемного пучка, т. к. ее геометрические и электрические параметры подобраны так, что в пространстве изображений фокальные плоскости  $x=x(F_{y2})$  и  $x=x(F_{z2})$  совмещены. Главные плоскости  $H_y$  вынесены далеко вперед, фокальные  $x(F_{y2})=x(F_{z2})$  расположены в свободном от поля пространстве недалеко от края последнего электрода.

Сравнение рассмотренной трансаксиальной линзы с квадрупольным дублетом из [2] показывает, что при установке в призмный спектрометр они обеспечивают примерно одинаковый выигрыш в длине плеча. Отношение фокусного расстояния к длине плеча для них в 1.5–2 раза больше, чем для осесимметричных одиночных линз. Размеры электродной системы у трансаксиальной линзы больше, чем у дублета, однако она лучше согласуется с электростатической и магнитной призмами, поскольку, как и последние, позволяет работать с широкими пучками.

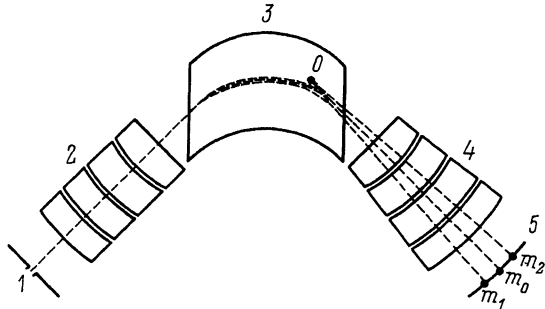


Рис. 2. Призменный масс-спектрограф. 1 – выходная щель источника ионов, 2 – коллиматорная линза, 3 – магнитная призма, 4 – фокусирующая линза, 5 – поверхность изображений, с которой совмещаются щели приемников, либо позиционно-чувствительный детектор. Пунктиром показаны осевые траектории пучков с различными массами.

Применение одиночных трансаксиальных линз делает возможным создание призменных масс-спектрографов, предназначенных для одновременной регистрации широкого участка спектра масс. Ионно-оптическая схема одного из таких спектрографов показана на рис. 2. Принципиально важным для обеспечения его работоспособности является расположение фокусирующей линзы. Остановимся на этом подробнее. В линейном приближении обратные продолжения прямолинейных после прохождения магнитного поля участков осевых траекторий, соответствующих пучкам ионов с различными массами, пересекаются в одной точке. Если необходимо одновременно регистрировать сравнительно небольшой диапазон масс, фокусирующую линзу следует расположить так, чтобы ось симметрии ее поля проходила через эту точку (см. рис. 2). Тогда воздействие линзы на пучки ионов различных масс оказывается одинаковым. При расширении диапазона одновременно регистрируемых масс линейное приближение становится несправедливым, и точка пересечения обратных продолжений прямолинейных участков осевых траекторий для различных масс переходит в отрезок прямой. И тогда оптимальным становится такое расположение фокусирующей линзы, при котором ось симметрии ее поля проходит примерно через середину этого отрезка. Фокусирующее действие магнитной призмы в направлении, перпендикулярном к средней плоскости, отличается для различных масс, т. к. оно зависит от угла выхода ионов из поля магнитной призмы. Именно этим, по существу, и ограничивается диапазон одновременно регистрируемых масс. Наши исследования показали, что при выборе линз с нужным отношением фокусных расстояний горизонтального и вертикального направлений одновременно могут регистрироваться массы, отличающиеся в несколько раз. Главным достоинством рассмотренных спектрографов является то,

что их линейная дисперсия по массе определяется только углом отклонения ионов и не зависит от линейных размеров магнита, вследствие чего дисперсия может быть очень большой даже при небольших отклоняющих магнитах.

### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] К е л ь м а н В.М., К а р е ц к а я С.П., Ф е д у л и -  
н а Л.В., Я к у ш е в Е.М. Электронно-оптические элементы  
призменных спектрометров заряженных частиц. Алма-Ата:  
Наука КазССР, 1979. 232 с.
- [2] П е т р о в И.А. // ЖТФ. 1975. Т. 45. № 10. С. 2203-  
2208.

Поступило в Редакцию  
12 февраля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 8

26 апреля 1990 г.

05.1; 05.3; 12

© 1990

### КОРРЕЛЯЦИЯ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЙ С КРИТИЧЕСКИМ ДАВЛЕНИЕМ ВЗРЫВНЫХ ЭФФЕКТОВ В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ *Ge-Se* ПРИ СИЛЬНОМ СЖАТИИ

В.П. Х а н, Е.Г. Ф а т е е в

С тех пор, как Бриджмен [1] обнаружил взрывообразные явления в твердых телах при сильном одноосном сжатии, еще не устоялись представления о механизме этих процессов. Однако известно, что критическое давление взрывных эффектов зависит от рода вещества, величины и скорости деформаций сжатия, геометрии образца, жесткости наковалея и др. [2, 3]. В существующих интерпретациях явления допускается, что при одноосном сжатии (изотермический процесс) вещества появляется сильное механическое поле (порожденное ударной волной), приводящее твердое тело в состояние сильной проницаемости, когда все процессы протекают без энергии активации. Данное предположение не объясняет связь критических параметров давления и объема тела, при которых протекает взрывообразный эффект. В работе [4] остановлено внимание на механизме протекания критических явлений, в основе которого лежат возможные при одноосном сжатии структурные превращения (полиморфные и фазовые переходы) с образованием зародышей новой фазы с отличной от исходного вещества плотностью. Изменение плотности в локальных объемах тела приводит к общему быстрому (за  $\sim 10^{-5}$  -  $10^{-7}$  с) адиабатическому сжатию твердого тела (аналог