



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

## К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

- (21) 3407267/18-21  
(25) 3407266/18-21  
(22) 16.03.82  
(46) 30.12.83. Бюл. № 48  
(72) В.А.Курнаев, А.С.Савелов  
и Е.С.Гусарова  
(71) Московский ордена Трудового  
Красного Знамени инженерно-физический институт  
(53) 621.384 (088.8)  
(56) 1. Афросимов В.В. и др. Много-  
канальный анализатор энергетического  
и массового спектров атомных частиц,  
ЖТФ, т. XIV, вып. 1, 1975, с. 56-66.  
2. Духанов В.И. и др. Масс-спек-  
трометр с импульсным позиционно-чувст-  
вительным детектором ионов на основе  
микроканальных пластин, ПТЭ, 1980,  
№ 3, с. 170-173.

(54) (57) МАГНИТНЫЙ СПЕКТРОМЕТР, содер-  
жащий вакуумную камеру с патрубком  
для ввода пучков заряженных частиц,  
входную щель, электромагнит с полюс-  
ными наконечниками и жестко соединен-  
ные между собой фланец с электричес-  
кими вводами, детектирующую сборку,  
входной и выходной магнитные экраны,  
и диафрагму с п сквозными отверстия-  
ми, отличающийся тем, что,  
с целью повышения чувствительности,  
в нем полюсные наконечники размещены  
в полости вакуумной камеры и закреп-  
лены на фланце, а их внутренняя по-  
верхность выполнена в виде п пря-  
молинейных участков, угол наклона ко-  
торых определяется из следующего  
соотношения:

$$\operatorname{ctg} \alpha_k^i = \frac{[\operatorname{ctg}^2 \alpha_0 (\psi^i \operatorname{ctg} \psi^i - 1) - \operatorname{ctg} \alpha_0 (2 \operatorname{ctg} \psi^i + \psi^i) + 1] \left( \frac{\ell_i}{r_0^i} \right)^2 + \psi^i \frac{\ell_1}{r_0^i} (1 - \psi^i \operatorname{ctg} \psi^i)}{[2 \operatorname{ctg}^2 \alpha_0 \psi^i + \operatorname{ctg} \alpha_0 \psi^i \operatorname{ctg} \psi^i - \operatorname{ctg} \alpha_0 - \operatorname{ctg} \psi^i] \left( \frac{\ell_i}{r_0^i} \right)^2 - (\psi^i \operatorname{ctg} \psi^i + 1) \frac{\ell_1}{r_0^i} - \psi^i}$$

где  $\alpha_k^i$  - угол наклона прямолинейных  
участков внутренней поверх-  
ности наконечников к сред-  
ней траектории пучков иссле-  
дуемых заряженных частиц;  
 $\ell_1$  - входное плечо спектрометра;  
 $\alpha_0$  - угол наклона внешней поверх-  
ности полюсных наконечников

$r_0^i$  - радиус кривизны средней  
траектории  $i$ -го пучка,  
 $i=1, 2, \dots, n$ .

$k$  - направлению пучка на вхо-  
де спектрометра;  
 $\psi^i$  - угол поворота  $i$ -го пучка  
в однородном магнитном поле

Изобретение относится к измерительной технике, в частности к корпускулярной спектрометрии, и может быть использовано, например, для исследования массового и энергетического спектров плазмы.

Известен магнитный спектрометр, содержащий вакуумную камеру с патрубком для ввода пучков заряженных частиц, входную щель, электромагнит с полюсными наконечниками, диафрагму и детектирующую сборку, причем полюсные наконечники выполнены с прямолинейными входной и выходной границами [1].

Недостатком данного устройства является низкая чувствительность ввиду отсутствия стигматической фокусировки и значительной погрешности юстировки электромагнита.

Известен магнитный спектрометр, содержащий профилированную вакуумную камеру с патрубком для ввода пучков заряженных частиц, входную щель, электромагнит с прямолинейными полюсными наконечниками, размещенный вне камеры, юстировочное приспособление и жестко соединенные между собой фланец с электрическими вводами, детектирующую сборку, входной и выходной магнитные экраны и диафрагму с  $n$  сквозными отверстиями [2].

$$\operatorname{ctg}^2 \alpha_k^i = \frac{\left[ \operatorname{ctg}^2 \alpha_0 (\psi^i \operatorname{ctg} \psi^i - 1) - \operatorname{ctg} \alpha_0 (2 \operatorname{ctg} \psi^i + \psi^i + 1) \left( \frac{\ell_1}{r_0^i} \right)^2 + \psi^i \frac{\ell_1}{r_0^i} (1 - \psi^i \operatorname{ctg} \psi^i) \right]}{2 \left( \operatorname{ctg}^2 \alpha_0 \psi^i + \operatorname{ctg} \alpha_0 \psi^i \operatorname{ctg} \psi^i - \operatorname{ctg} \alpha_0 - \operatorname{ctg} \psi^i \right) \left( \frac{\ell_1}{r_0^i} \right)^2 - (\psi^i \operatorname{ctg} \psi^i + 1) \frac{\ell_1}{r_0^i} - \psi^i}$$

где  $\alpha_k^i$  - угол наклона прямолинейных участков внутренней поверхности наконечников к средней траектории пучков исследуемых заряженных частиц;  
 $\ell_1$  - входное плечо спектрометра;  
 $\alpha_0$  - угол наклона внешней поверхности полюсных наконечников к направлению пучка на входе спектрометра;  
 $\psi^i$  - угол поворота  $i$ -го пучка в однородном магнитном поле;  
 $r_0^i$  - радиус кривизны средней траектории  $i$ -го пучка,  
 $i=1, 2, \dots, n$ .

На фиг. 1 представлен предлагаемый спектрометр, горизонтальный разрез; на фиг. 2 - сечение А-А на фиг. 1; на фиг. 3 и 4 - варианты выполнения выходной границы полюсных наконечников.

Магнитный спектрометр содержит вакуумную камеру 1 с патрубком 2 для ввода пучков заряженных частиц, в котором расположена входная щель 3, размещены входной 4 и выходной 5 магнитные экраны, полюсные наконеч-

Недостатком известного спектрометра является низкая чувствительность, обусловленная погрешностью юстировки и отсутствием стигматической фокусировки пучков заряженных частиц, т.е. одновременной фокусировки в вертикальной и горизонтальной плоскостях, что снижает светосилу спектрометра. Кроме того, профилирование вакуумной камеры, вызванное тем, что размеры детектирующей сборки превышают величину зазора электромагнита, усложняет данное устройство, снижает его надежность.

Цель изобретения - повышение чувствительности магнитного спектрометра.

Указанная цель достигается тем, что в магнитном спектрометре, содержащем вакуумную камеру с патрубком для ввода пучков заряженных частиц, входную щель, электромагнит с полюсными наконечниками и жестко соединенные между собой фланец с электрическими вводами, детектирующую сборку, входной и выходной магнитные экраны и диафрагму с  $n$  сквозными отверстиями, полюсные наконечники размещены в полости вакуумной камеры и закреплены на фланце, а их внутренняя поверхность выполнена в виде  $n$  прямолинейных участков, угол наклона которых определяется из следующего соотношения

ниги 6, диафрагма 7 и детектирующая сборка 8. Сигналы с детектирующей сборки 8 выводятся через фланец 9. Магнитные экраны 4 и 5 прикреплены через фиксаторы 10 с помощью болтов к полюсным наконечникам 6. Последние посредством уголков 11 присоединены к фланцу 9, причем диафрагма 7 и детектирующая сборка 8 монтируются на опорной пластине 12, удерживаемой уголками 11 и прикрепленной к выходному экрану 5. Для калибровки спектрометра предусмотрены цилиндр 13 Фарадея и датчик 14 магнитного поля. Вакуумная камера 1 с полюсными наконечниками 6 расположена в зазоре электромагнита 15. На фланце 9 размещены электрические вводы 16. Полюсные наконечники 6 имеют входную 17 и выходную 18 границы.

Выбор конкретных значений углов  $\alpha_k^i$  и  $\psi^i$  можно осуществить, например, полагая  $\alpha_k^i = \text{const}$  или  $\psi^i = \text{const}$  для всех пучков, выделяемых диафрагмой 7 (фиг. 3 и 4).

Устройство работает следующим образом.

Электромagnet 15 подключается к источнику питания и на вход спектрометра подается пучок заряженных частиц. В зазоре между полюсными наконечниками 6 формируется однородное магнитное поле, эффективная граница которого определяется магнитными экранами 4 и 5. В зависимости от энергии частиц или от отношения массы частицы к ее заряду в магнитном поле происходит разделение исследуемого пучка частиц. Диафрагма 7 выделяет из целевого пучка отдельные пучки с определенным значением импульса, которые регистрируются детектирующей сборкой 8, сигналы с которой выводятся через фланец 9. При этом, выполняя выходную границу полюсных наконечников электромагнита зигзагообразной, можно в многоканальном магнитном спектрометре одновременно осуществить фокусировку в горизонтальной и вертикальной плоскостях, т.е. обеспечить стигматическую фокусировку, что невозможно достичь в случае прямой выходной границы. Выполняя каждый участок выходной гра-

ницы криволинейным, можно обеспечить фокусировку более высокого порядка.

Вследствие того, что экраны, полюсные наконечники электромагнита, диафрагма и детектирующая сборка расположены в одной области, а именно внутри вакуумной камеры, становится возможным зафиксировать их взаимное положение, определяемое из расчета ионно-оптической системы.

Указанное соединение позволяет одновременно с фланцем выдвигать всю сборку, что упрощает процесс монтажа и наладки. Таким образом, расположение полюсных наконечников внутри вакуумной камеры и жесткое соединение их с другими элементами позволяет устранить необходимость точной юстировки всего электромагнита относительно камеры.

Размещение полюсных наконечников в полости вакуумной камеры и профилирование их выходной границы позволяет повысить чувствительность спектрометра за счет повышения светосилы спектрометра и устранения ошибки положения электромагнита.

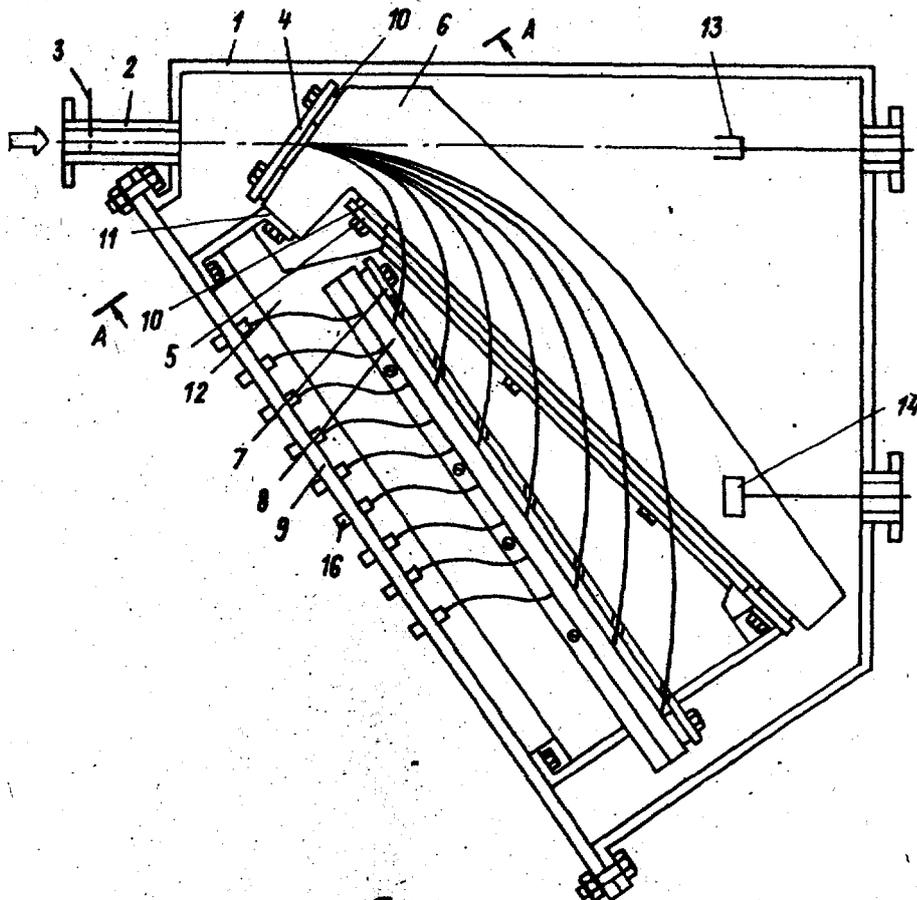
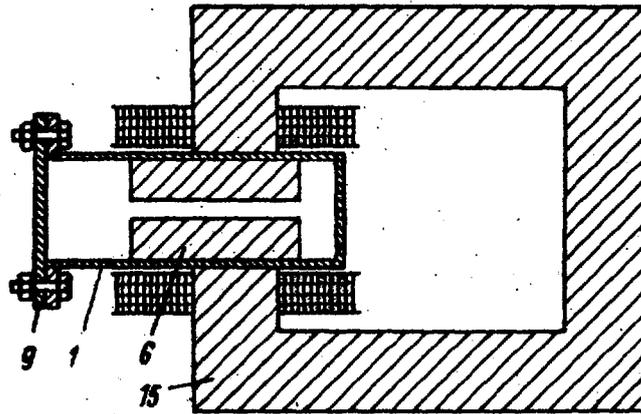
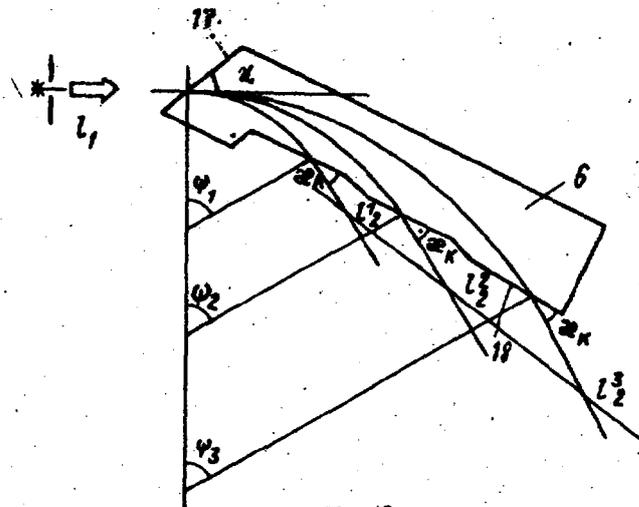


Fig. 1

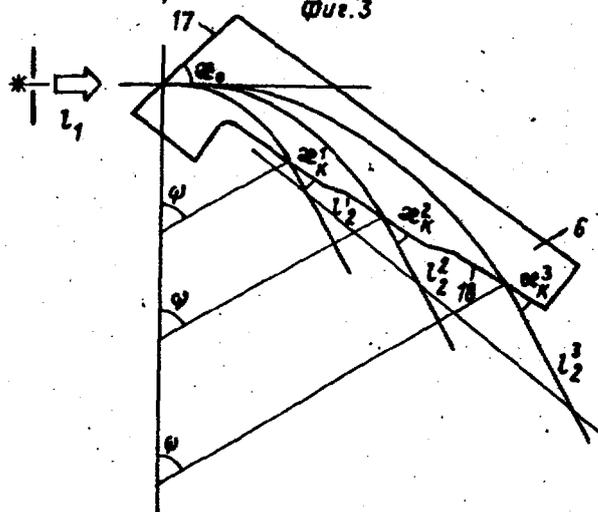
A-A



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4