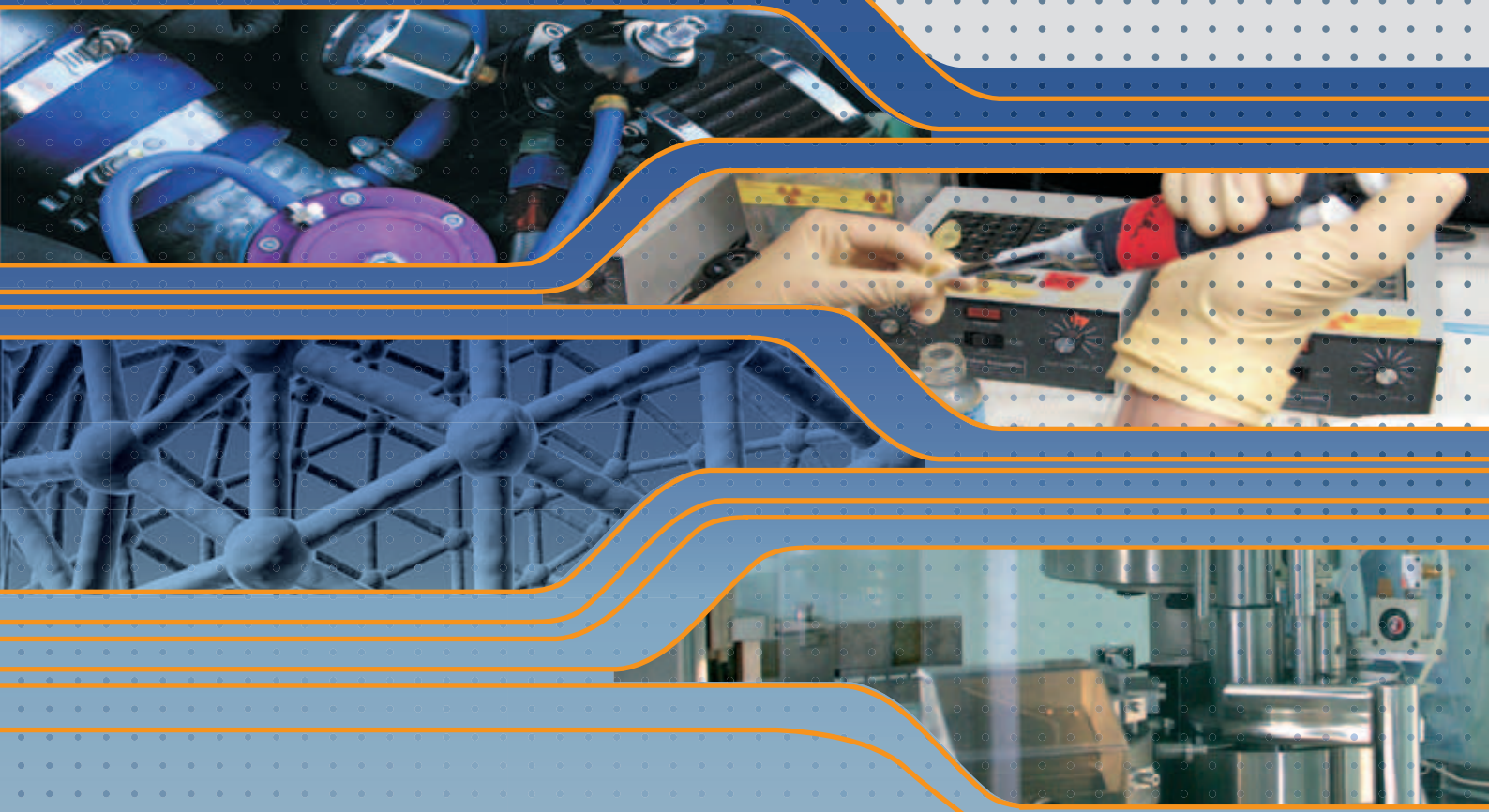


Масс-спектрометры

для атомной энергетики и промышленности

НПО ЦЕНТРОТЕХ
ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСКОРПОРАЦИИ РОСАТОМ

СЕРВИС АНК

ЭЗАН

УЭЖК

СДЕЛАНО В РОССИИ

Содержание

Разработчики и изготовители 2

Приборы масс-спектрометрического контроля. 3

МТИ-350ГМ 4

МТИ-350Т 12

МТИ-350ГС 18

МТХ-350ГП 24

НПО «Центротех»

НПО представляет собой многопрофильное предприятие с мощным производственным и кадровым потенциалом, имеющим в своем составе Особое конструкторское бюро.

Современные методы управления проектами, мобильность, богатый опыт и высокая квалификация коллектива гарантирует своевременность и качество выполнения проектов в любом регионе России и за рубежом.

ФГУП «Экспериментальный завод научного приборостроения со Специальным конструкторским бюро РАН»

Предприятие основано в 1973 году для обеспечения научно-исследовательских институтов АН СССР и других организаций особо сложным оборудованием и приборами. Завод специализировался на выпуске высоковакуумного оборудования, установок молекулярно-лучевой эпитаксии, масс-спектрометров, электронных микроскопов, электронных спектрометров, а также средств автоматизации и обработки данных и т.д.

В настоящее время ФГУП ЭЗАН является самой крупной производственной компанией в составе Российской академии наук и одной из самых крупных приборостроительных организаций в России. Завод разрабатывает и серийно производит масс-спектрометры, оборудование для выращивания профилированных монокристаллов тугоплавких оксидов, установки прецизионного травления и осаждения тонких пленок. ФГУП ЭЗАН обладает высоким инженерным и конструкторским потенциалом, современным и разносторонним производством, развитой инфраструктурой.

ООО «АНК-сервис»

ООО «АНК-сервис» создана в 2013 году на базе Центральной заводской лаборатории Уральского электрохимического комбината (ОАО «УЭХК», госкорпорация Росатом).

Сегодня компания является одним из крупнейших в России независимых центров аналитики и контроля качества веществ и материалов. В компании работает более 110 человек, ежедневно выполняются сотни анализов и испытаний материалов для предприятий Росатома на Урале и других промышленных предприятий.

ООО «АНК-сервис» проводит научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы. Наличие конструкторского бюро и технического участка позволяет разрабатывать и изготавливать специализированное экспериментальное оборудование для решения многих производственных задач.

ОАО «Уральский электрохимический комбинат»

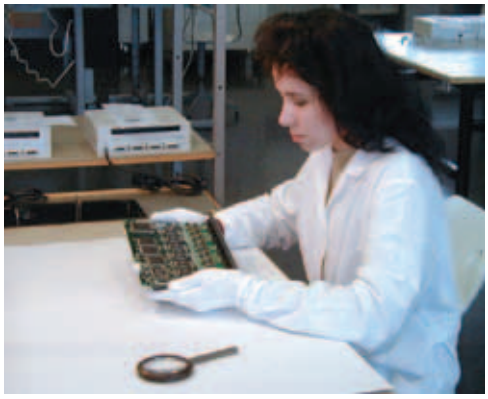
УЭХК начал свою работу в 1949 году. Важным шагом на пути повышения его эффективности стал пуск в начале 60-х годов первого в мире завода по обогащению урана центробежным способом.

Сегодня комбинат - ведущий производитель топлива для атомной энергетики, крупный научный центр атомной промышленности России. Здесь действует одна из лучших в мире по точности и широте диапазона система стандартных образцов урана.

Уникальное оборудование, передовые технологии, высокая культура производства, богатые трудовые традиции коллектива позволяют решать самые сложные задачи.

Масс-спектрометрический контроль является неотъемлемой частью технологии ядерно-топливного цикла, начиная с получения UF_6 в сублимационном производстве и контроля процесса обогащения в разделительном производстве и заканчивая разработкой ТВЭЛов и их переработкой. Он также является единственным аналитическим методом контроля и сертификации готовой продукции.

НПО «Центротех», ФГУП ЭЗАН, ООО «АНК-сервис» и ОАО «УЭХК» совместно производят и поставляют на рынок серию отечественных масс-спектрометров, предназначенных для переоснащения предприятий атомной отрасли современными средствами для проведения прецизионных измерений изотопного, элементного и химического состава. Масс-спектрометры были разработаны специалистами Росатома и Российской академии наук (Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики и автоматизации (ВНИИТФА), Уральский электрохимический комбинат (УЭХК), ООО «АНК-сервис», Институт аналитического приборостроения (ИАнП РАН), ЗАО «СКБ«Спектрон-Аналит», Экспериментальный завод научного приборостроения (ФГУП ЭЗАН)). Вся серия МТИ-350 характеризуется превосходным качеством изготовления, широким использованием современной элементной базы, высокими аналитическими, метрологическими и эксплуатационными характеристиками.



В состав серии вошли следующие приборы:

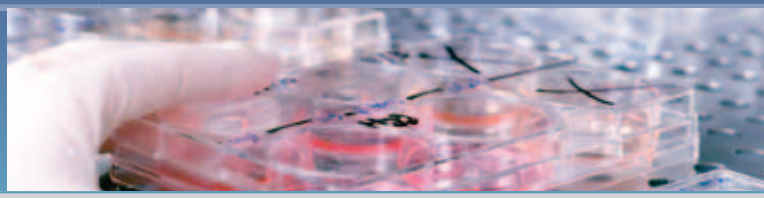
- масс-спектрометр для анализа изотопного состава урана в газовой фазе (в гексафториде урана) МТИ-350ГМ;
- масс-спектрометр для анализа изотопного состава урана, плутония и смешанного топлива (МОХ-топлива) в твердой фазе МТИ-350Т;
- масс-спектрометр для контроля содержания примесей в гексафториде урана МТХ-350ГП;
- масс-спектрометр для контроля сублиматного производства гексафторида урана МТИ-350ГС.

МТИ-350ГМ

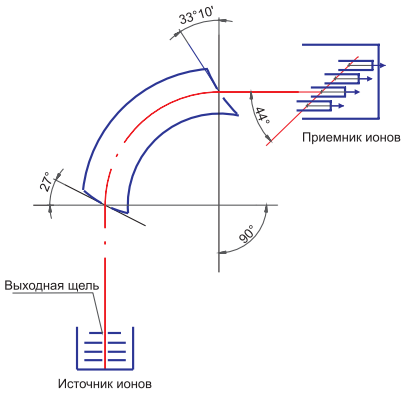
МТИ-350ГМ – современный масс-спектрометр, предназначенный для измерения изотопного состава урана в газовой фазе. Может использоваться в технологическом и товарном контроле на разделительных предприятиях ядерно-топливного цикла. Кроме того, возможно расширение области применения прибора для решения близких задач, имеющихся в других отраслях народного хозяйства. В основу конструкции заложены современные высокотехнологичные решения из области вакуумной и электронной техники, при создании прибора использованы последние достижения отечественной и мировой науки в сфере расчета и конструирования ионно-оптических систем. Аппаратно–программный комплекс масс-спектрометра МТИ-350ГМ позволяет проводить непрерывные круглосуточные измерения изотопного состава гексафторида урана в полностью автоматическом режиме без участия человека.

Особенности

- ионно-оптическая система с высокой дисперсией и оптимально скорректированными аберрациями;
- источник ионов с молекулярным режимом ввода пробы в ионизационную камеру;
- многоколлекторный приемник ионов с регулируемым положением коллекторов;
- система напуска с пониженным потреблением вещества пробы;
- электронная часть, выполненная с применением современной элементной базы;
- управляющая ЭВМ на базе промышленного компьютера повышенной надежности;
- специализированное программное обеспечение, осуществляющее управление прибором и автоматическое измерение изотопного состава.



Ионно-оптическая система

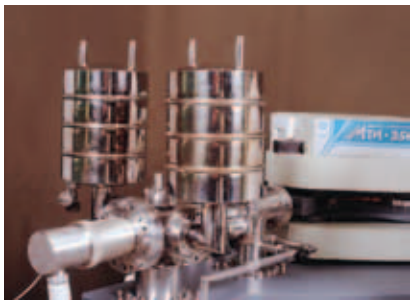


Высокие аналитические характеристики МТИ-350ГМ в значительной степени основаны на использовании уникальной ионно-оптической системы, разработанной с применением новейших математических и программных разработок в области моделирования и проектирования ионно-оптических систем. Масс-анализатор оригинальной конструкции позволяет получить высокие значения дисперсии и разрешающей способности, и в то же время обеспечивает максимальное пропускание ионного пучка, определяющее высокий коэффициент использования пробы. Оптимизация параметров ионно-оптической схемы позволила существенно уменьшить уширение ионного пучка в фокальной плоскости за счет компенсации аберраций.

В вакуумно-аналитической части применено коррозионностойкое исполнение узлов, контактирующих с веществом пробы. Камера источника ионов отделена от камеры анализатора отсечным вентилем. Для поддержания необходимой степени разрежения используются безмасляные средства откачки. Вакуумные соединения выполнены в стандарте «Conflat».

Источник ионов

Источник ионов открытого типа, с ионизацией электронным ударом и боковым напуском газа характеризуется высокой светосилой и оптимальной согласованностью со входными параметрами масс-анализатора. Развитая ионно-оптическая система формирования ионного пучка позволяет тщательно настраивать параметры источника для достижения наилучших результатов анализа.



Для уменьшения коэффициента памяти и повышения точности измерений используется оригинальная конструкция источника ионов с применением молекулярного режима ввода газа. Работу устройства молекулярного напуска обеспечивают две криогенные ловушки, обладающие временем автономной работы не менее 48 часов.

Приемник ионов

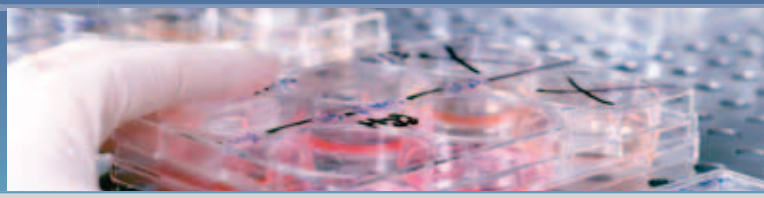
Масс-спектрометр укомплектован четырехколлекторным приемником ионов для одновременной регистрации изотопов урана с атомными массами 234, 235, 236 и 238. Коллекторы приемника выполнены в виде цилиндров Фарадея, защищенных от электромагнитных помех специальными экранами. Коллекторы имеют возможность перемещения перпендикулярно ионному лучу для точной настройки положения.

В состав приемника ионов входит вторичный электронный умножитель (ВЭУ), с помощью которого осуществляется регистрация малых ионных токов.

Электрометрические усилители приемника ионов выполнены на основе современной элементной базы с использованием специализированных микросхем, характеризующихся большим коэффициентом усиления и позволяющих регистрировать рекордно низкие входные токи. Для стабилизации рабочих параметров усилители расположены внутри корпуса, в котором поддерживается низкое давление для лучшей теплоизоляции и минимизации утечек.

Система подготовки и ввода проб

В масс-спектрометре используется специализированная система подготовки и ввода проб, позволяющая подключать до пяти стандартных образцов изотопного состава гексафторида урана и два канала анализа пробы. Анализ проб возможен как с применением пробоотборников, так и при непосредственном подключении к технологическим линиям разделительного производства. При этом работа системы подготовки и ввода проб происходит полностью автоматически под управлением центральной ЭВМ. Использование государственных стандартных образцов изотопного состава урана позволяет выполнять прецизионный изотопный анализ с высокой степенью достоверности.



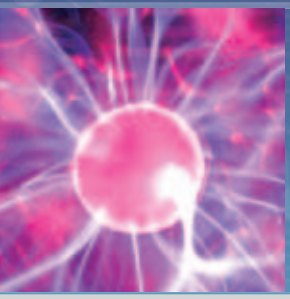
Современный уровень автоматизации

Использование в качестве управляющей ЭВМ промышленного компьютера повышенной надежности позволяет обеспечить работу масс-спектрометра в условиях круглосуточной эксплуатации под воздействием различных неблагоприятных факторов.

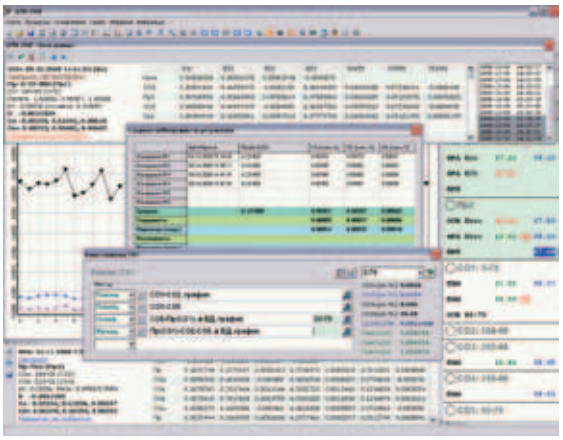
Электронная часть выполнена на основе современной элементной базы. Электронные блоки оснащены автономными микропроцессорными контроллерами, связанными с управляющей ЭВМ и между собой посредством современного высокоскоростного помехозащищенного интерфейса CAN (Controller Area Network). Управление работой отдельных систем и всего прибора в целом возможно как дистанционно, при помощи команд от управляющей ЭВМ, так и автономно - при помощи органов управления и индикации, размещенных на передних панелях блоков. Распределенная система управления МТИ-350ГМ существенно превосходит известные централизованные системы по техническим возможностям и стоимости, обладает высоким потенциалом развития и модернизации, позволяет отказаться от сложных и дорогих программных средств реального времени.

Программный интерфейс шины CAN, единый для всех масс-спектрометров серии МТИ-350, обеспечивает:

- поддержку практически всех внутренних шин современных персональных ЭВМ и широкого диапазона операционных систем;
- одновременную работу с шиной CAN нескольких независимых программных средств;
- универсальность, конфигурируемость и независимость программных средств от используемой CAN-аппаратуры;
- широкие возможности мониторинга шины, диагностики ошибок и программной эмуляции технических средств прибора.



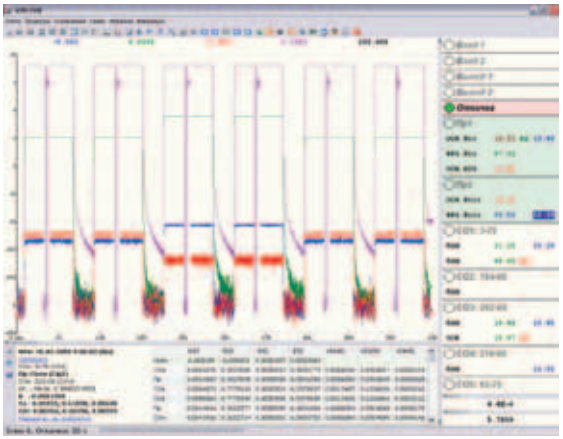
Программное обеспечение

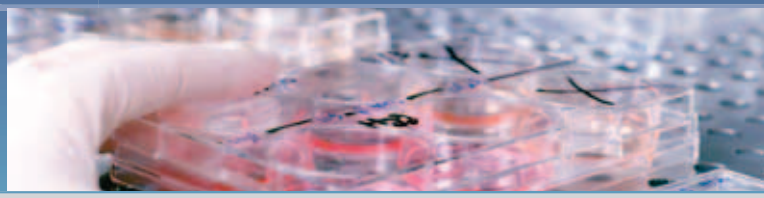


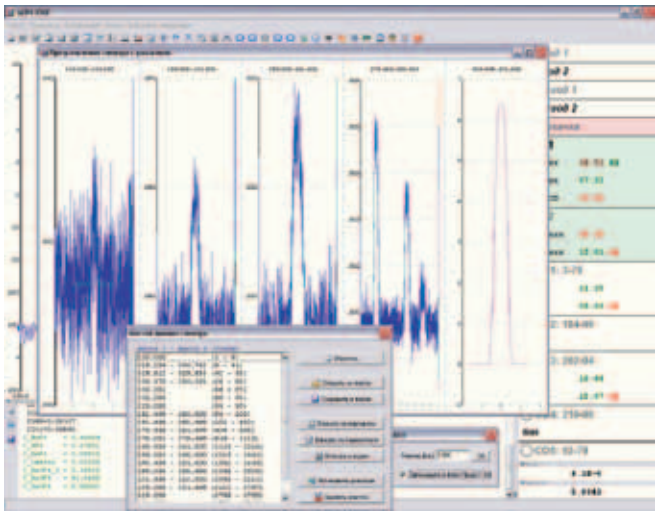
В основе идеологии построения программных средств масс-спектрометров серии МТИ-350 лежит однотипный настраиваемый пользовательский интерфейс, общий коммуникационный протокол и программные средства его поддержки, унифицированные форматы данных и алгоритмы их обработки, гибкий и универсальный подход к автоматизации пользовательских задач на базе встроенного языка программирования.

Функциональные возможности программного комплекса МТИ-350ГМ включают:

- информационный обмен по шине CAN, мониторинг шины;
- тестирование, настройку, калибровку измерительной аппаратуры;
- регистрацию и обработку масс-спектров (масштабирование, сдвиг, наложение, разделение пиков);
- математическую обработку данных (статистические методы, регрессионный анализ, вейвлет-анализ);
- автоматическое выполнение измерений по требованию оператора или по графику круглосуточной работы;
- представление информации, формирование итоговых документов и заполнение баз данных;
- защиту информации от несанкционированного доступа;
- наличие демонстрационного режима работы (эмуляция ионных токов, моделирование пиков масс-спектра, переходных режимов);
- поддержку встроенного языка программирования (интерпретатор, средства отладки, библиотека функций).

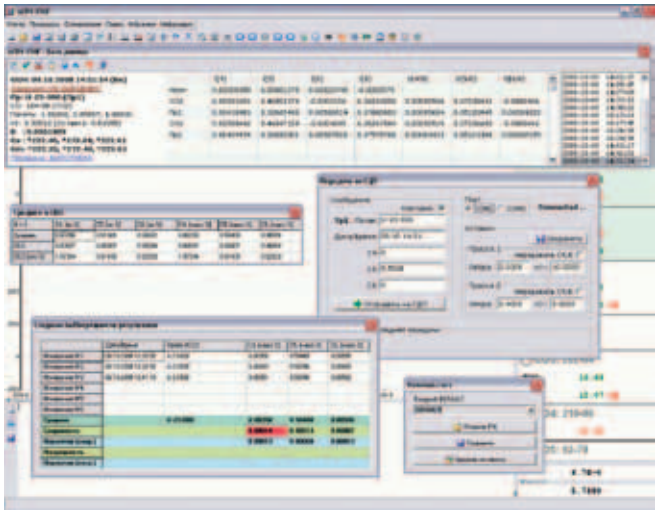






Программный комплекс МТИ-350ГМ обеспечивает непрерывный прецизионный контроль изотопного состава урана в гексафториде урана при использовании масс-спектрометра в линии АСУТС разделительного производства. Измерения проводятся в полностью автоматическом режиме. Анализируются пробы, поступающие из двух технологических трасс либо из двух пробоотборников. При этом выполняются все необходимые операции, связанные с использованием масс-спектрометра в линии АСУТС разделительного производства (отбор пробы, выравнивание давлений пробы и стандартного образца, контроль перепадов давлений в технологических трассах).

Результаты анализов сохраняются в базе данных, а также передаются на пульт управления производством. Далее они статистически обрабатываются и представляются в удобном для пользователя виде.



Кроме измерений изотопного состава урана, программный комплекс МТИ-350ГМ позволяет выполнять автоматический анализ «летучих» примесей в гексафториде урана (фторидов бора, кремния, серы, хрома, молибдена, вольфрама, рения, и др.).

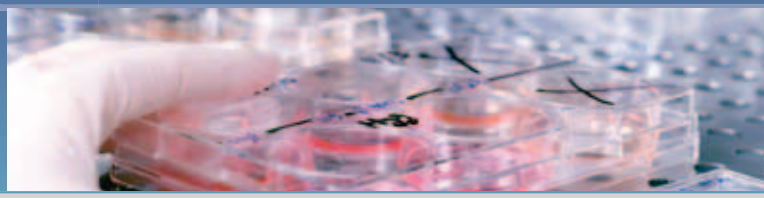
Наличие встроенного языка программирования позволяет пользователю изменять все предустановленные подпрограммы, а также разрабатывать собственные подпрограммы, реализующие аналитический цикл измерений, алгоритмы расчетов, контроль параметров, вывод информации и т.д.

Характеристики МТИ-350ГМ

Разрешающая способность, не менее	1000
Дисперсия, мм	7,2
Нестабильность на склоне пика за 20 минут, не более	$2 \cdot 10^{-5}$
Верхняя граница диапазона масс, а.е.м, не менее	360
Изотопический порог чувствительности, не более	$1 \cdot 10^{-5}$
Неплоскостность вершины, не более	$2 \cdot 10^{-4}$
Расход пробы при молекулярном напуске, мг/час, не более	1,0
Коэффициент памяти, не более	1,004
Время откачки до уровня 0,1%, с, не более	20
Порог чувствительности массовой доли урана, не более	$1 \cdot 10^{-5}$

Относительное стандартное отклонение единичного измерения массовой доли урана, не более, %:	
для ^{235}U в диапазоне (0,05 – 0,5)%	0,07
для ^{235}U в диапазоне (0,5 – 1,0)%	0,05
для ^{235}U в диапазоне (1,0 – 5,0)%	0,02
для ^{234}U, ^{236}U в диапазоне (0,005 – 0,05)%	1,0
для ^{234}U, ^{236}U в диапазоне (0,001 – 0,005)%	5,0
для ^{234}U, ^{236}U в диапазоне <0,001%	10,0

Масс-спектрометр МТИ-350Г зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под №23457-02 и имеет сертификат RU.C.31.005.A №13014.



Прибор оснащен системой защиты от колебаний и пропадания напряжения питающй сети.

Прибор оборудован сигнализацией состояния вакуумной системы и средствами аварийного отключения узлов при ухудшени вакуума

Питание осуществляется от трехфазной сети переменного тока, напряжение 380/220 В частота 50±0,5Гц

Максимальная мощность, потребляемая масс-спектрометром, не превышает 3 кВт

Масса аналитической стойки не превышает 900 кг, стойки напуска 150 кг, электронной стойки 350 кг, рабочего места оператора 200 кг.

Площадь занимаемая масс-спектрометром не превышает 10 м^2

Режим работы – непрерывный круглосуточный

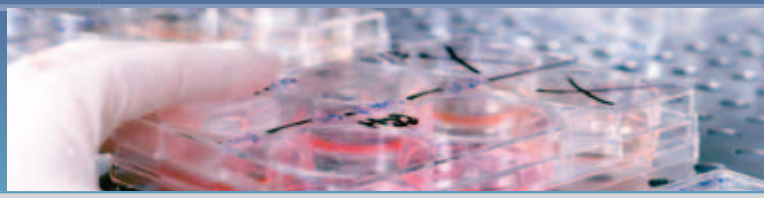
Срок службы – не менее10 лет

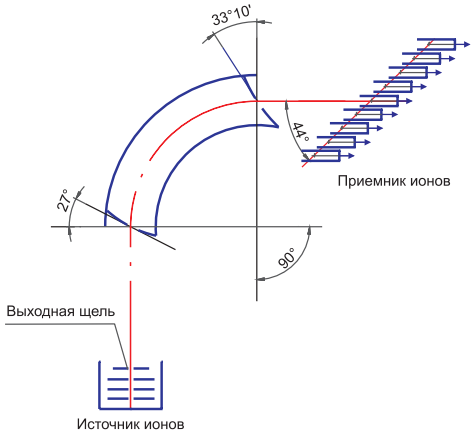
МТИ-350Т

МТИ-350Т – специализированный масс-спектрометр, предназначенный для измерения изотопного состава урана, плутония и смешанного топлива в твердой фазе. Кроме того, прибор может использоваться при проведении измерений в геологии, металлургии и других отраслях, где необходим изотопный или химический анализ веществ в твердой фазе.

Особенности

- термоионизационный двухленточный источник ионов барабанного типа на 11 проб;
- точное позиционирование анализируемой пробы;
- многоколлекторный приемник ионов с регулируемым положением коллекторов;
- электронная часть, выполненная с применением современной элементной базы;
- управляющая ЭВМ на базе промышленного компьютера повышенной надежности;
- специализированное программное обеспечение, осуществляющее управление прибором и автоматическое измерение изотопного состава.

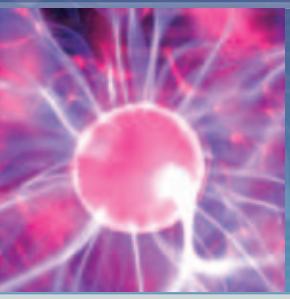




В основе конструкции масс-спектрометра лежит базовая аналитическая часть МТИ-350Г, а также унифицированные блоки электронной части. Базовая конструкция дополнена узлами, разработанными заново в соответствии со спецификой твердофазного анализа – термоионизационным источником и девятиканальным приемником с автоматической подстройкой положения подвижных коллекторов.

Источник ионов

В масс-спектрометре используется термоионизационный двухленточный источник ионов барабанного типа, рассчитанный на размещение одиннадцати проб. Вращение барабана и точное позиционирование анализируемой пробы производится дистанционно при помощи привода, использующего шаговый двигатель и прецизионный контроллер положения (энкодер). Камера источника ионов оборудована специальным окошком, позволяющим контролировать состояние и температуру рабочей пары лент при помощи оптического пирометра. Вакуум в области источника ионов обеспечивается высокопроизводительным турбомолекулярным насосом, дополнительно для поддержания вакуума в области источника ионов используется криогенный насос. Для предварительной откачки, а также для удаления «выхлопа» турбомолекулярного насоса масс-спектрометр укомплектован механическим насосом. Вакуумные камеры источника ионов и масс-анализатора разделены клапаном с электропневматическим приводом, что позволяет производить разгерметизацию камеры источника ионов при замене барабана без ухудшения вакуума в основной части масс-спектрометра.

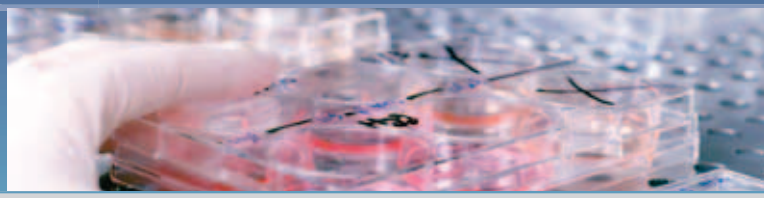


Приемник ионов

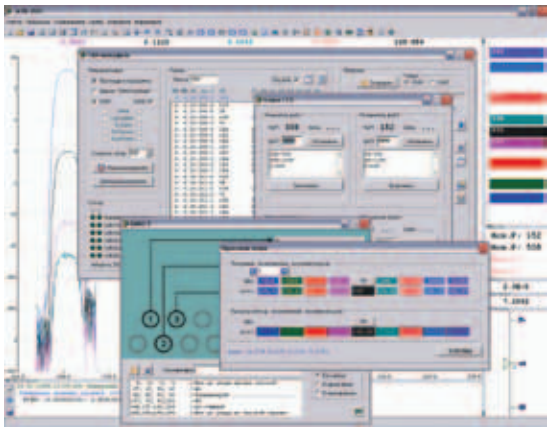
Приемник ионов оснащен девятью коллекторами в виде цилиндров Фарадея – одним неподвижным (центральным) и восемью подвижными – по четыре в строну тяжелых и легких масс от центрального. Внутренняя поверхность цилиндров Фарадея покрыта графитом для повышения поглощающей способности коллектора. Перемещение каждого из подвижных коллекторов осуществляется без нарушения вакуума при помощи индивидуальных приводов, приводимых в действие шаговыми двигателями, управляемыми интеллектуальным контроллером перемещения коллекторов. Для регистрации малых токов приемник укомплектован вторично-электронным умножителем.

Использование в особых условиях

Масс-спектрометр может выпускаться в двух исполнениях - лабораторном варианте, предназначенном для проведения изотопного анализа в обычных лабораторных условиях, и трехзональном варианте, предназначенном для изотопного анализа урана, плутония и смешанного топлива, а также иных высокоактивных проб с соблюдением требований зональной системы защиты персонала по ОТТ 08042462. В зональном исполнении аналитическая часть размещается в ремонтной зоне, где персонал находится кратковременно, в ходе выполнения работ с активными веществами. Кроме того, камера источника ионов в зональном исполнении оборудуется типовым защитным боксом, обеспечивающим защиту персонала при работе с активными пробами. Электронные блоки с органами управления, управляющая ЭВМ, стол оператора размещаются в операторской зоне, где персонал находится постоянно, выполняя измерения и осуществляя контроль работы прибора.

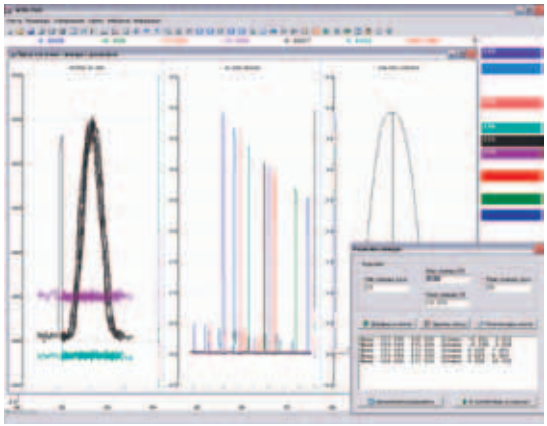


Программное обеспечение



Специфика масс-спектрометрических задач твердофазного анализа предполагает большое разнообразие методов измерений, способов расчета, вариантов представления информации. Невозможно заранее предсказать всю гамму возможных алгоритмов и методик измерения, поэтому методический аппарат был вынесен за рамки исходного текста программ и реализован с помощью встроенного языка программирования. Автоматизация измерений сводится к написанию текста подпрограммы и последующей обработке его интерпретатором. Наличие встроенного языка программирования дает возможность быстрой разработки самим пользователем подпрограмм, реализующих аналитический цикл, алгоритмы расчетов, контроль параметров, вывод информации и т.д.

При использовании подпрограмм, написанных пользователем под конкретные задачи, возможно автоматизированное управление следующими основными величинами: положением барабана, токами ионизатора и испарителя, значением ускоряющего напряжения, потенциалами ионно-оптической системы источника ионов, значением магнитного поля масс-анализатора, положением коллекторов приемника ионов, коммутацией электропневматических клапанов системы откачки и т.д. При этом в скрипте могут закладываться разнообразные условия, в зависимости от которых осуществляется ветвление алгоритма.



В состав ПК МТИ-350Т включен базовый набор из нескольких файлов с примерами использования тех или иных функций встроенного языка программирования и готовых скриптов, позволяющих производить обезгаживание лент, перенастройку приемника ионов и измерение изотопов стронция, неодима и урана, а также выполнение других типовых задач.

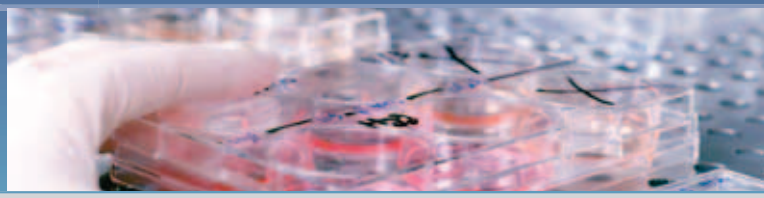
Характеристики МТИ-350Т

Разрешающая способность, не менее	800
Нестабильность на склоне пика за 20 минут, не более	$2 \cdot 10^{-5}$
Верхняя граница диапазона масс, а.е.м, не менее	300
Изотопический порог чувствительности, не более	$1 \cdot 10^{-5}$
Неплоскостность вершины, не более	$2 \cdot 10^{-4}$
Коэффициент использования проб урана и плутония, %, не менее	0,2
Количество позиций в барабане источника ионов	11
Время проведения 10 анализов в автоматическом режиме, ч, не более	8
Количество каналов измерения ионных токов в приемнике ионов	10

Предел допускаемого СКО случайной составляющей относительной погрешности, %:	
для содержания ^{235}U в диапазоне (0,5-1,0)%	0,04
для содержания ^{234}U и ^{236}U в диапазоне (0,0005 – 0,06)%	5,0
для содержания ^{239}Pu в диапазоне (60 до 90) %;	0,05
для содержания ^{241}Pu в диапазоне (1 до 5) %	0,1
Полный средний срок службы масс-спектрометра, лет, не менее	10

Масс-спектрометр МТИ-350Т зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 38604-08 и допущен к применению в Российской Федерации. (Сертификат об утверждении типа средств измерений RU.C.31.005.A №32681)

Для поверки, калибровки, градуировки масс-спектрометра МТИ-350Т как средства измерения и для метрологической аттестации методик выполнения измерения с использованием МТИ-350Т был разработан и аттестован Государственный стандартный образец изотопного состава плутония ГСО 8843-2006.



Дополнительное оборудование

Для облегчения и ускорения работ по пробоподготовке и других рутинных операций, необходимых при эксплуатации, масс-спектрометр МТИ-350Т укомплектован дополнительным оборудованием:

- устройством для изготовления лент испарителя и ионизатора;
- устройством для формирования и приварки лент;
- стендом для обезгаживания и предварительной тренировки лент;
- комплектом для нанесения проб;
- приспособлением для установки и снятия барабана источника ионов;
- герметичным контейнером для транспортировки барабана источника ионов.

Блок прогрева лент предназначен для предварительной тренировки лент и обеспечивает регулируемый вручную ток прогрева лент до 5А раздельно по каждому из двух каналов с контролем по стрелочному прибору. На каждом канале устанавливаются по 11 ионизаторов. В блоке предусмотрена возможность одновременного отключения тока в обоих каналах с помощью таймера. Выбор осуществляется галетным переключателем. Время отключения – 30; 45; 60; 120 минут.

Комплект для нанесения проб. На катоды, которые будут использоваться в качестве испарителей, необходимо перед анализом наносить исследуемое вещество. Для этого используется небольшой блок, позволяющий устанавливать на площадке одновременно до 11 ионизаторов. Каждый ионизатор по очереди устанавливается на площадку нанесения и при помощи дозатора одноканального переменного объема от 0,5 до 10 мкл наносится проба.

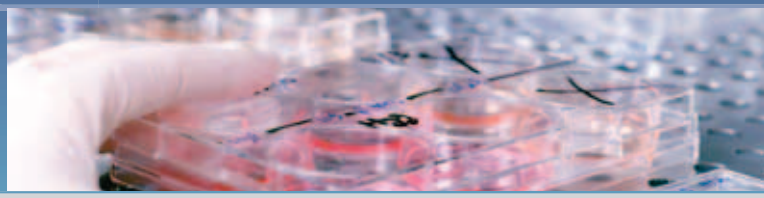
МТИ-350ГС

Масс-спектрометр МТИ-350ГС предназначен для автоматического контроля состава смеси при сублиматном производстве гексафторида урана и оперативного управления технологическим процессом. При сублиматном производстве осуществляется фторирование закиси-окиси урана в пламенном реакторе. Для контроля процесса необходимо анализировать содержание следующих веществ: фторида водорода (HF), азота (N_2), кислорода (O_2), фтора (F_2), аргона (Ar) и гексафторида урана (UF_6). На основании сравнения результатов измерения содержания веществ с заданными уставками производится выработка управляющих и аварийных сигналов.

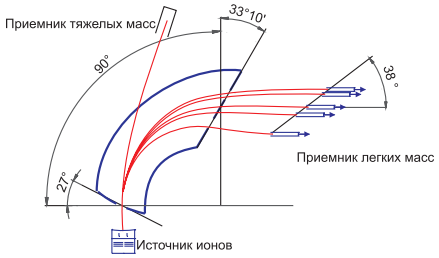
Масс-спектрометр МТИ-350ГС обеспечивает измерение состава газовой смеси и управление работой реактора круглосуточно и непрерывно в полностью автоматическом режиме.

Особенности

- оригинальная ионно-оптическая схема масс-анализатора;
- постоянный магнит с высоко однородным магнитным полем;
- общая граница для входа ионов соединений, раздельные выходные границы для ионов тяжелых и легких компонент;
- регистрация гексафторида урана UF_6 сразу по максимальному числу компонентов его масс-спектра;
- пятиколлекторный приемник легких масс, с регулируемым положением коллекторов;
- в состав прибора входят два запасных источника ионов, хранящихся в специальных вакуумных объемах;
- электронная часть, выполненная с применением современной элементной базы;
- управляющая ЭВМ на базе промышленного компьютера повышенной надежности;
- специализированное программное обеспечение, осуществляющее управление прибором.



Ионно-оптическая схема



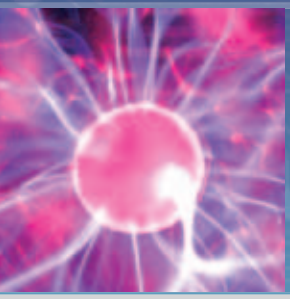
Для обеспечения возможности параллельного измерения ионных токов компонентов газовой смеси, существенно отличающихся массовым числом, в МТИ-350ГС используется специализированный масс-анализатор на основе постоянного магнита, раздельно фокусирующий пучки легких и тяжелых компонентов. Регистрация сфокусированных пучков ионов легких соединений малых масс происходит в пятиколлекторном приемнике ионов легких масс, а регистрация широкого несфокусированного пучка, состоящего из различных осколочных ионов гексафторида урана – в одноколлекторном приемнике тяжелых масс.

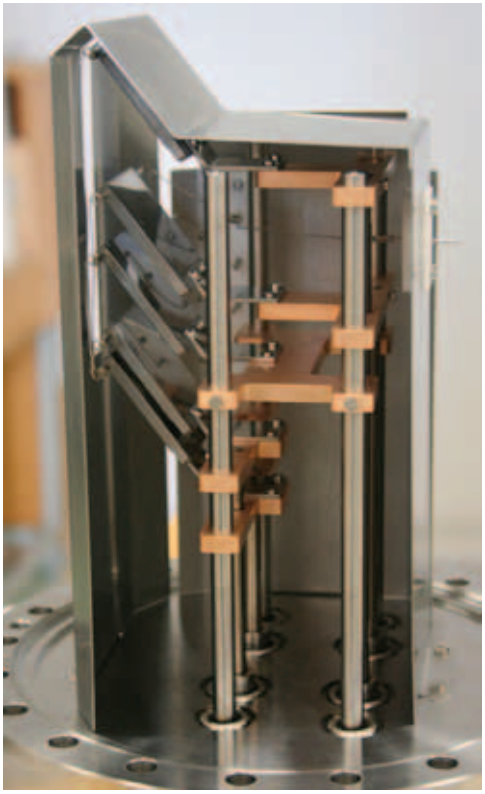
Масс-анализатор обеспечивает фокусировку второго порядка по углу, вследствие чего коэффициент сферической аберрации равен нулю, что позволяет использовать светосильный источник ионов с большим углом горизонтальной расходимости. Кроме того, входная граница магнитного поля обладает существенной вертикальной фокусировкой, что позволяет обеспечить высокое пропускание ионных пучков, как продукта, так и легких масс, на соответствующие коллекторы.

Источник ионов

Ионная пушка источника выполнена по схеме, близкой к классической схеме источника Нира, и состоит из разрезной вытягивающей линзы, фокусирующей линзы, двойной коллимирующей щели с линзой горизонтальной коррекции. Все линзы осуществляют фокусировку в горизонтальной плоскости, фокусировка либо коррекция пучка по вертикали не предусмотрена по причине небольшой длины входного плеча анализатора и сильной вертикальной фокусировки магнитного анализатора. Ширина коллимирующих щелей составляет 0,5 мм.

В камере источника ионов расположена вымораживающая ловушка, предназначенная для конденсации на вымораживающих элементах агрессивных газов, а также для снижения давления в области источника ионов.



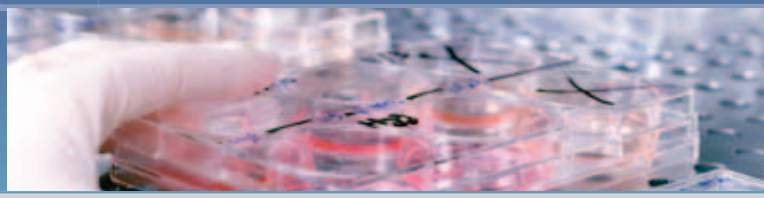


Приемники ионов

В приемнике ионов легких масс предусмотрена одновременная и независимая регистрация ионных токов каждого из пяти легких компонентов при помощи раздельных коллекторов, выполненных в виде цилиндров Фарадея с шириной входной щели 0,8 мм. Центральный коллектор закреплен неподвижно, остальные имеют возможность перемещения вдоль линии фокусов при помощи соответствующих ручных приводов. Входные диафрагмы коллекторов расположены в фокальной плоскости, которая составляет угол 38° с оптической осью анализатора.

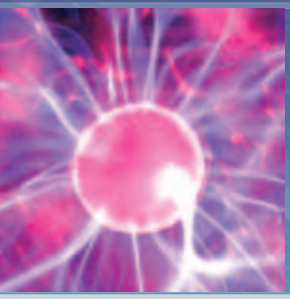
Одноколлекторный приемник ионов тяжелых масс предназначен для одновременной регистрации ионных токов всех компонентов масс-спектра гексафторида урана UF_6. Диапазон массовых чисел, регистрируемых коллектором - от 234 до 352, что способствует увеличению надежности анализа за счет существенного повышения чувствительности и уменьшения зависимости от режима работы источника ионов.

Коллектор имеет конструкцию на основе цилиндра Фарадея, подобную конструкции коллекторов в приемнике легких масс, но ширина входной щели увеличена до 10 мм. Коллектор расположен внутри камеры анализатора на траектории движения компонентов масс-спектра гексафторида урана.



Стойка приготовления калибровочных смесей

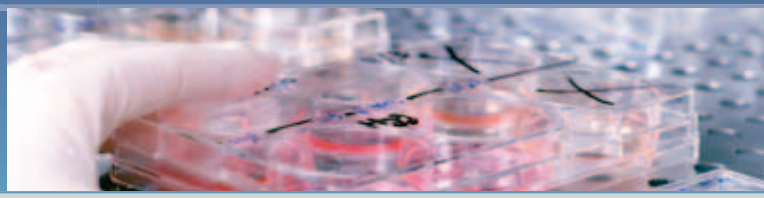
Для обеспечения коммутации газовых потоков в источник ионов, проведения калибровки масс-спектрометра, управления режимом напуска анализируемых проб, приготовления и хранения калибровочных смесей в масс-спектрометре используется стойка приготовления калибровочных смесей (СПКС). Для поддержания проб, содержащих гексафторид урана, в газообразном состоянии, и для предотвращения конденсации гексафторида урана на стенках вакуумных коммуникаций, часть вакуумной схемы СПКС изолирована от окружающей среды при помощи активного термостата, а на элементах и узлах, расположенных внутри термостата, поддерживается температура на уровне от 70°С до 90°С. СПКС оборудована клапанами, обеспечивающими коммутацию газовых потоков в процессе измерений и при приготовлении калибровочных смесей, датчиками и контроллерами давления в различных участках вакуумной схемы, а также нагревателями, датчиками температуры и контроллерами, регулирующими величину нагрева отдельных узлов термостатированной части.



Программное обеспечение

В основе идеологии построения программных средств масс-спектрометров серии МТИ-350 лежит однотипный настраиваемый пользовательский интерфейс, общий коммуникационный протокол и программные средства его поддержки, унифицированные форматы данных и алгоритмы их обработки, гибкий и универсальный подход к автоматизации пользовательских задач на базе встроенного языка программирования.

Специализированное программное обеспечение, входящее в состав прибора, позволяет выполнять настройку прибора и проводить анализ состава газовой смеси в автоматическом режиме. По результатам измерений непрерывно формируется управляющий сигнал, используемый при регулировке режима работы реактора, кроме того, формируется база данных, содержащая информацию о составе газовой смеси за все время измерений. Также при необходимости выдается информация о выходе измеренных значений за заданные пределы, соответствующие нормальному ходу реакции.



Характеристики МТИ-350ГС

Одновременно регистрируемые компоненты анализируемой смеси, (регистрируемые массовые числа)	HF, (20) N_2, (28) O_2, (32) F_2, (38) Ar, (40) UF_6, (234 – 352)
Разрешающая способность, не менее	100
Время откачки до уровня 0,1%, с, не более	20
Нестабильность ускоряющего напряжения, не более	$2 \cdot 10^{-5}$
Верхняя граница диапазона масс, а.е.м, не менее	350
Относительное стандартное отклонение единичного определения содержания компонент анализируемой газовой смеси, не более, %:	10
Полный средний срок службы масс-спектрометра, лет, не менее	10

- Прибор оснащен системой защиты от колебаний и попадания напряжения питающй сети.
- Прибор оборудован сигнализацией состояния вакуумной системы и средствами аварийного отключения узлов при ухудшении вакуума
- Питание осуществляется от трехфазной сети переменного тока, напряжение 380/220 В частота 50±0,5Гц.
- Площадь, занимаемая масс-спектрометром, не превышает 10 $м^2$
- Режим работы непрерывный круглосуточный
- Срок службы 10 лет

МТХ-350ГП

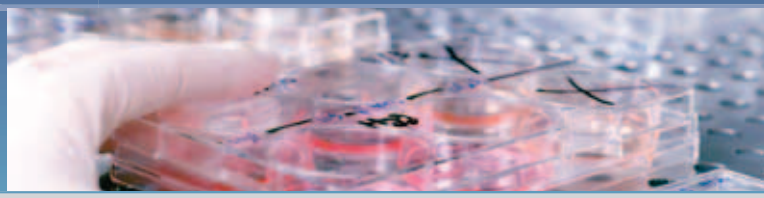
МТХ-350ГП – специализированный масс-спектрометр, предназначенный для анализа содержания примесей в гексафториде урана. Прибор создан на основе базовой аналитической части при использовании унифицированных электронных блоков масс-спектрометров серии МТИ-350.

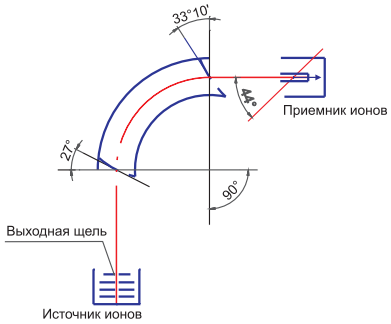
Особенности

Масс-спектрометр МТХ-350ГП оснащен следующими узлами, обеспечивающими выполнение специфических измерительных функций:

- источником ионов с минимальным значением дискриминации по массе;
- приемником ионов с широким динамическим диапазоном;
- системой подготовки и ввода проб с устройством концентрирования примесей.

Масс-спектрометр обеспечивает анализ химически агрессивных веществ с целью обеспечения контроля примесей в газообразном гексафториде урана.





Источник ионов

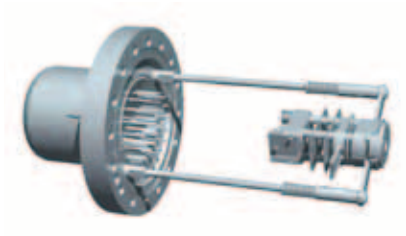
При анализе примесей важную роль играет минимизация дискриминаций по массе, свойственная источниками ионов, выполненных в основном по схеме Нира. Минимизация дискриминаций улучшает точность определения концентраций элементов и соединений, обладающих существенно различающимися массами.

В масс-спектрометре МТХ-350ГП используется источник ионов оригинальной конструкции, обеспечивающий беспрецедентно низкие значения дискриминации по массе. Схема источника принципиально отличается от классического варианта источника Нира, в ионизационной камере отсутствует верхняя крышка, вытягивание и начальную фокусировку ионов обеспечивает иммерсионная линза, создающая однородное электрическое поле в области ионизации. Также уменьшению дискриминации способствуют низкое значение магнитного поля фокусировки ионизирующего электронного пучка и малая пространственная протяженность этого поля, вследствие расположения фокусирующих магнитов в непосредственной близости от ионизационной камеры.

Для возможности изменения разрешающей способности прибора источник ионов оборудован устройством ступенчатого регулирования ширины щели.

Для улучшения откачки области источника ионов предусмотрено использование высоковакуумной криогенной ловушки.

Приемник ионов



Приемник ионов обладает широким динамическим диапазоном измеряемых ионных токов за счет использования оригинальной схемы коммутации ионного пучка на измерительные каналы различной чувствительности. Такой подход позволяет выполнять точный количественный анализ веществ, концентрация которых в анализируемой пробе отличается на несколько порядков. Приемник ионов оснащен устройством плавной регулировки ширины входной щели.

Концентратор примесей

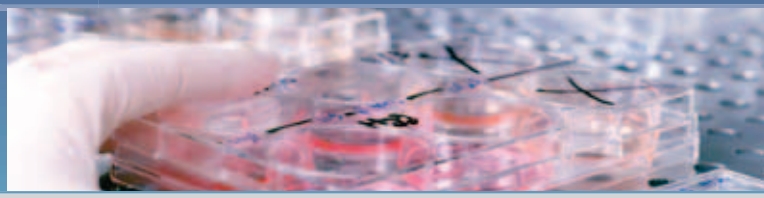
В МТХ-350ГП используется система подготовки и ввода проб, выполненная в виде отдельной стойки. Система ввода проб включает три канала:

- канал прямого анализа;
- канал анализа органических примесей с использованием фтористого натрия;
- канал анализа неорганических соединений с использованием криогенного сублиматора.

Использование селективного пропускания веществ на основе криогенного сублиматора позволяет существенно понизить порог обнаружения примесей различных элементов: бора (BF_3); кремния (SiF_4) фосфора (PF_5, POF_3); серы (SF_6, SOF_2, SO_2F_2); хрома (CrO_2F_2); молибдена (MoF_6); вольфрама (WF_6); рения (ReF_6); легких примесей – фторида водорода (HF), воздушных компонентов (N_2, O_2, Ar, CO_2), а также легких органических соединений, регламентируемых отечественными техническими условиями и спецификациями ASTM.

Программное обеспечение

Программное обеспечение выполнено на основе единого программного комплекса серии МТИ-350. Для обеспечения задач анализа примесей в программное обеспечение встроен язык программирования, при помощи которого пользователь может создавать свои собственные подпрограммы (скрипты), учитывающие специфику анализа в каждом конкретном случае. В целом, программное обеспечение позволяет выполнять анализ содержания примесей в гексафториде урана с использованием методик ОСТ 95.827-94 (для прямого метода) и ОИ 001.465-99 (при использовании различных способов концентрирования примесей).



Характеристики МТХ-350ГП

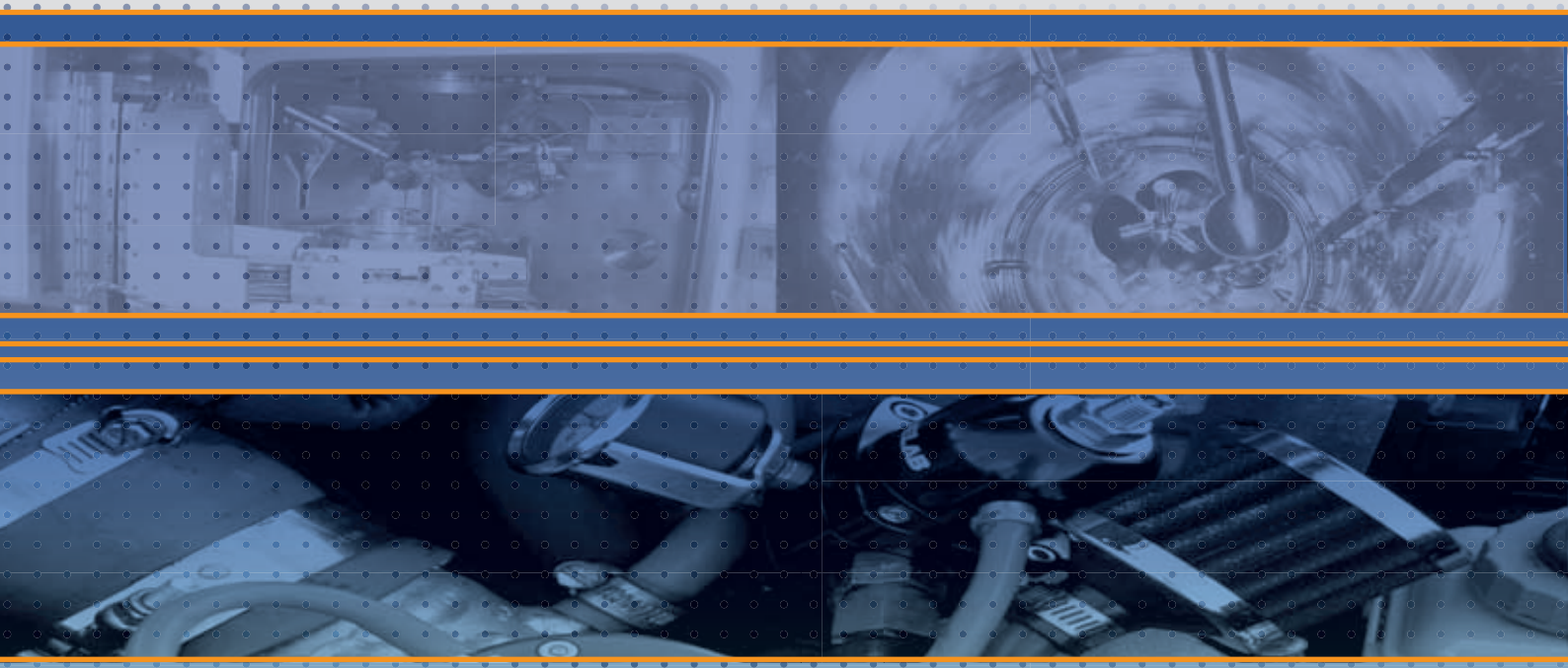
Разрешающая способность, не менее	1000
Нестабильность на склоне пика за 20 минут, не более	$2 \cdot 10^{-5}$
Верхняя граница диапазона масс, а.е.м, не менее	450
Динамический диапазон канала регистрации, не менее	$1 \cdot 10^{8}$
Предел обнаружения примесей при определении их содержания прямым методом, % мол., не более	$1 \cdot 10^{-2}$
Предел обнаружения примесей при использовании концентрирования примесей, % мол., не более	$1 \cdot 10^{-5}$
Относительное стандартное отклонение единичного измерения содержания компонента примеси в гексафториде урана при определении содержания примесей прямым методом, %	30
Относительное стандартное отклонение единичного измерения содержания компонента примеси в гексафториде урана при использовании концентрирования примесей, %	22
Полный средний срок службы масс-спектрометра, лет, не менее	10

Политика в области качества

Наша главная цель - создание высококачественной продукции, удовлетворяющей требованиям и ожиданиям потребителей.

Мы нацелены на непрерывное совершенствование процессов конструирования и производства с тем, чтобы обеспечить стабильное высокое качество продукции.

Мы постоянно совершенствуем нашу систему менеджмента качества, основанную на требованиях ГОСТ Р ИСО 9001-2001.



ООО “АНК-сервис”
Россия, 624130, Свердловская область,
г. Новоуральск, ул. Дзержинского, д. 7
Телефон/Факс: +7 (34370) 5-61-32
Телефон: +7 (982) 701-03-55
http://ank-service.ru
E-mail: info@ank-service.ru

НПО “ЦЕНТРОТЕХ”
Россия, 624130, Свердловская область,
г. Новоуральск, ул. Дзержинского, д. 2
Телефон: +7 (34370) 7-80-05
Факс: +7 (34370) 7-84-00
http://www.ugcmp.ru
E-mail: adm@ugcmp.ru

ФГУП ЭЗАН
РОССИЯ, 142432,
Московская обл., г. Черноголовка,
проспект Академика Семенова, д. 9
Телефон: (495) 993-37-57, 993-49-69, 702-95-74
Факс: (496-52) 4-95-88
http://www.ezan.ac.ru,
E-mail: info@ezan.ac.ru

ОАО «УЭХК»
РОССИЯ, 624130,
Свердловская обл., г. Новоуральск,
ул. Дзержинского, д. 2
Телефон: (34370) 5-70-97, 9-85-00
Факс: (34370) 9-41-41, 5-66-66
http://ueip.org
E-mail: condor@ueip.ru