

настроен на свой диапазон масс, что обеспечивает более широкий динамический диапазон исследуемых масс ионов. Спектры от отдельных приемников ионов 5 поступают в устройство обработки сигналов 11 и отображаются блоком индикации 12.

Поскольку ионы проходят сквозь полусферическую мишень 1 одним сфокусированным потоком, большая площадь полусферической мишени 1 является рабочей, что обеспечивает большой коэффициент сбора ионов, а, следовательно, увеличивает чувствительность пылеударного масс-спектрометра. Путь, пройденный ионами от любой точки соударения микрометеорита с полусферической мишенью 1 до одного из приемников ионов 5 постоянен, что устраняет зависимость результатов измерений от места соударения и обеспечивает увеличение достоверности результатов работы пылеударного масс-спектрометра.

Тороидальные дефлекторы дополнительно фокусируют ионные пакеты, увеличивая разрешающую способность (разрешающая способность достигает 500). К тому же каждый из тороидальных дефлекторов настроен на свой диапазон масс, внутри которого разрешающая способность максимальна. Таким образом удаётся избежать уменьшения разрешающей способности на больших массах. Такое деление диапазона положительно сказывается на увеличении общей разрешающей способности масс-спектрометра.

Настройка тороидальных дефлекторов осуществляется посредством изменения геометрических параметров R2 и R1 (рисунок 5) внешнего и внутреннего электродов и расстояния между ними, а также изменением напряжений на электродах. Угол  $\varphi$ , исходя из условий фокусировки вычисляется:

$$\varphi = \arctg \frac{R_{OTP} + L}{R_{OTP} L + 1},$$

где  $R_{OTP}$  – эффективный радиус иммерсионной линзы,  $L$  – расстояние от выхода тороидального дефлектора до соответствующего приёмника ионов.

#### Список литературы

1. Пылеударный масс-спектрометр. Патент Р.Ф. №2326465. Бюл. 16 от 10.06.2008г. Н.Д. Семкин, К.Е. Воронов, А.В.Пияков, И.В. Пияков, Р. А. Помельников.
2. Пылеударный масс-спектрометр. Патент Р.Ф № 2235386, Бюл.24 от 27.08.2004г. Н.Д. Семкин, К.Е. Воронов, Пияков И.В., Р. А. Помельников.

УДК 629.7.064

## **УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЯХ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ**

Потудинский А.А., Кудрявцев И.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Интенсивное развитие современной космической техники диктует особые требования к качеству используемых различных технологических жидкостей, в том числе, горюче-смазочных материалов (ГСМ), от которых зависит безаварийная эксплуатация и долговечность работы. Одним из основных критериев пригодности жидкостей для использования при подготовке и в работе космической техники является концентрация воды.

Для автоматического контроля микроконцентраций гигроскопической, сорбированной и кристаллизационной воды в жидкостях предлагается использовать метод кулонометрического титрования реактивом Фишера, который реализован в аппарате «АКВА-901», разработанном в ОНИЛ-16 СГАУ.

В состав устройства входят:

- источник стабильного постоянного тока, обеспечивающий генерацию йода в ячейке;
- амперометрическая измерительная система, определяющая проводимость реактива;
- электролитическая ячейка, в которую вмонтированы генераторные электроды;
- индикаторная система, с помощью которой можно следить за ходом титрования и установить момент окончания титрования;
- магнитная мешалка.

Структурная схема устройства представлена на рисунке 1.

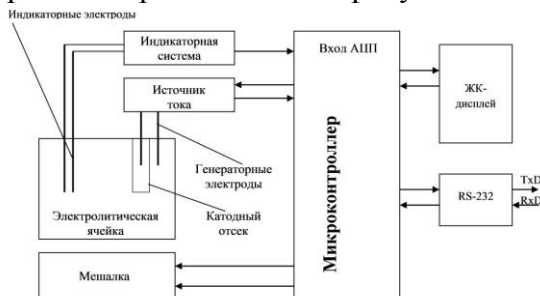
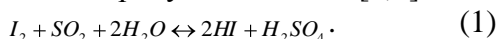
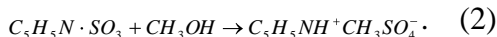
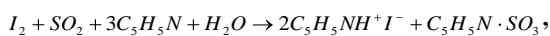


Рисунок 1. Структурная схема анализатора АКВА-901

Принцип работы устройства заключается в реализации электрохимического титрования по методу Карла Фишера. Определение содержания воды основано на окислении двуокиси серы йодом в присутствии воды [1,2]:



В пробе анализируемого вещества, смешанного с безводным растворителем, например метанолом, воду титруют реактивом, содержащим йод, двуокись серы, пиридин и метанол. Окислительно-восстановительная реакция протекает в два этапа:



Вода непосредственно не реагирует с йодом, а наряду с метанолом служит источником ионов кислорода.

Существует еще одна особенность. Реакция требует наличие свободного йода, а в рабочем растворе его нет, поскольку ионы йода связаны ионами метанола. Пропуская ток через этот раствор, свободный йод генерируется путем окисления ионов  $I^-$  на аноде:



который уже может реагировать с другими компонентами раствора.

Измерение количества электричества, израсходованного при электролизе, позволяет определить количество прореагировавшего вещества. Если при электролизе через раствор протекает  $Q$  кулонов, то по закону Фарадея количество прореагировавшего вещества  $m$  (г) равно:

$$m = \frac{QM}{nF}, \quad (4)$$

где  $M$  — формульная масса окисляющегося или восстанавливающегося компонента;

$Q$  - количество электричества;

$n$  - число электронов, принимающих участие в электропревращении одного атома, иона или молекулы вещества;

$F$  - число Фарадея.

Кулонометрическое титрование отличается высокой точностью и большой чувствительностью. Метод характеризуется также быстротой, не требует высокой квалификации оператора. При использовании этого метода отпадает необходимость в стандартизации растворов и приготовлении калибровочных графиков по образцам с известным содержанием определяемого вещества.

В данном устройстве реализовано биамперометрическая индикаторная система с двумя электродами [3].

При кулонометрическом титровании через раствор пропускается стабилизированный ток строго определенной величины. Поэтому для определения количества электричества достаточно измерить лишь время титрования. При этом точность определения количества оттитрованной воды зависит от погрешности определения конечной точки титрования. Данная погрешность имеет систематическую составляющую, определяемую параметрами преобразователя тока в напряжение, и случайную, определяемую флуктуациями напряжения на индикаторных электродах, обусловленными неравномерностью обтекания электродов реактивом. Систематическая погрешность автоматически компенсируется, с помощью специальных алгоритмов коррекции.

Для снижения влияния флуктуаций напряжения индикаторных электродов на результаты измерения было предложено использовать интегрирующее звено, позволяющее проводить аппаратное или программное усреднение измерительного сигнала. Проведённые эксперименты показали, что применение такого звена позволяет сглаживать флуктуации напряжения на индикаторных электродах.

Однако увеличение постоянной времени интегрирующего звена приводит к снижению быстродействия измерительной системы. При этом происходит перетитрование, что ведёт к увеличению погрешности определения концентрации воды.

В результате экспериментов было определено оптимальное значение постоянной времени, которое обеспечило более точное определение конечной точки титрования и снижение относительной погрешности до 15% в диапазоне от 10 до 1000 мкг/мл.

#### Список литературы

1. Riedel-de Haen Eugen Scholz Reagents for Karl Fischer Titration. Hydranal – manual / Riedel-de Haen // Seelze, 1995. – 129с.
2. Ничуговский Г.Ф. Определение влажности химических веществ / Г.Ф. Ничуговский // Л.: Химия, 1977. 200с.
3. Ничуговский Г.Ф. Электрохимические методы измерения влажности / Г.Ф. Ничуговский // Спб.: Янус, 2005. – 170с.

УДК 767.378.

### **ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ДАТЧИКОВ МИКРОМЕТЕОРОИДОВ**

Телегин А.М.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королёва  
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В настоящее время космические аппараты (КА) проектируются с учетом длительного пребывания их в космическом пространстве. Элементы конструкций таких аппаратов в полете подвергаются влиянию факторов космического пространства, в частности, воздействию частиц космического мусора, что может привести к выходу из строя дорогостоящего оборудования (солнечные батареи, антенны, радиаторы и т. д.). За большинством частиц следят наземными методами, но мелкие частицы не поддаются наблюдению (из – за малости их размеров), причем таких частиц много, в том числе и микрометеороиды. Поэтому для КА необходимо получать информацию о состоянии окружающей микрометеороидной обстановки, а также о частицах космического мусора в реальном времени. Для этого нужна современная научная аппаратура.