

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

4620/83

29/VIII-83

13-83-426

В.И.Кузнецов, В.В.Овчинников,
В.Д.Селезнев, В.Д.Акиншин

ЦИФРОВОЙ
ДИФФУЗИОННЫЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОР

1983

Существующие способы контроля состава газовых смесей, основанные на использовании ряда оптических, электромагнитных, химических и звуковых явлений, как правило, сложны, инерционны и обладают невысокой точностью.

Ниже описан простой диффузионный газоанализатор, который сочетает высокую точность и экспрессность при измерении концентраций бинарных газовых смесей. Принцип действия предлагаемого газоанализатора заключается в следующем. Если бинарную смесь газов выпускать в вакуум через систему каналов из объема V в течение времени t , то изменение давления смеси в объеме за это время будет зависеть от ее первоначального состава. Эта зависимость, особенно существенная в свободно молекулярном режиме, может быть использована для определения концентрации смеси. Действительно, если через совокупность m параллельных капилляров радиусом R и длиной l пропускать смесь газов в свободно молекулярном режиме, то вследствие отсутствия межмолекулярных столкновений каждый компонент будет двигаться независимо от другого со скоростью, определяемой формулой Кнудсена:

$$v_i = \frac{2}{3} \frac{R}{l} V_{t_i} \frac{\Delta n_i}{n_i} \quad /1/$$

где $V_{t_i} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_i}}$, n_i , m_i - средняя тепловая скорость, числовая плотность и масса молекул i -того компонента.

Используя закон сохранения числа частиц каждого компонента в объеме /см. рисунок/ и формулу /1/, легко получить зависимость давления бинарной смеси газов P от времени при ее истечении из объема в вакуум:

$$P = P_0 \left[c e^{-\frac{t}{\tau_1}} + (2 - c) e^{-\frac{t}{\tau_2}} \right], \quad /2/$$

где P_0 , $c = \frac{n_1}{n_1 + n_2}$ - первоначальное давление и концентрация смеси; $\tau_i = \frac{3}{2} \frac{lV}{\pi R^3 m_i V_{t_i}}$ - время релаксации парциального давления i -того компонента в объеме V .

Чувствительность измерений будет определяться выражением

$$\frac{\partial P}{\partial c} = P_0 \left(e^{-\frac{t}{\tau_1}} - e^{-\frac{t}{\tau_2}} \right), \quad /3/$$

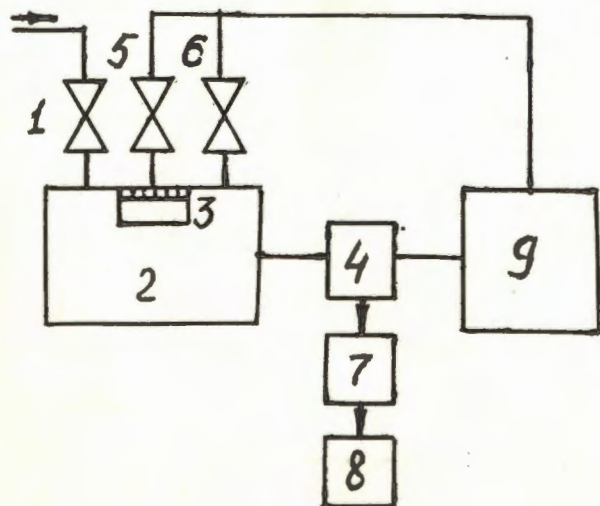
представляющим собой зависимость с явно выраженным максимумом, которому будет соответствовать некоторое оптимальное время изменения:

$$t_{\text{опт.}} = \frac{3}{2} \frac{\ell V}{\pi R^3 m} \frac{\ln \frac{V_{t_1}}{V_{t_2}}}{V_{t_1} - V_{t_2}}. \quad /4/$$

Выбор приемлемых, достаточно малых значений $t_{\text{опт.}}$ определяется

величиной $\frac{\ell V}{R^3 m}$, в которой на радиус капилляров R налагается

жесткое ограничение, связанное с необходимостью обеспечения свободно молекулярного режима течения. Поэтому необходимое для экспрессности уменьшение $t_{\text{опт.}}$ достигается подбором объема V , длины капилляров ℓ и их числа m . Стекланные капилляры трудно изготовить радиусом менее 50,0 мкм. Область, описываемая формулой Кнудсена, при таких размерах будет отвечать давлениям $P < 40$ Па. Поэтому для анализа газовых смесей при атмосферном давлении целесообразно использовать так называемые полиядерные фильтры, которые изготавливаются с помощью пучка тяжелых ионов



из различных полимерных пленок^{/1/}. Используя фильтры подобного типа с диаметром пор ~ 10,0 нм, можно проводить анализ различных газовых смесей в кнудсеновском режиме при давлении ~ 10⁵ Па.

Схема газоанализатора показана на рисунке. Объем /2/ и одна полость цифрового емкостного преобразователя давлений /4/ /2/ заполняются анализируемой смесью газов через кран /1/ до некоторого абсолютного давления P_0 , соответствующего частоте LC-генератора /7/, измеряемой частотомером /8/ при закрытом вентиле /5/ /другая полость преобразователя /4/ сообщается с вакуумной системой /9//. Затем кран /1/ закрывается и открывается вентиль /5/, исследуемая смесь через мембрану /3/ вытекает в вакуумную систему /9/.

Концентрация анализируемой смеси определяется по остаточному давлению в системе, соответствующему оптимальному времени достижения конечного давления $t_{\text{опт.}}$, и может быть найдена согласно выражению /2/ или по градуировочным кривым для данной смеси газов. После анализа смесь откачивается через кран /6/, и система снова готова к работе.

Высокая точность регистрации концентрации /10⁶/ определяется предварительной градуировкой и возможностью цифровой регистрации давления в объеме /2/ с большой точностью, то есть возможностью считывания с прибора до восьми разрядов цифр. Время одного анализа не превышает 2-3 минут. Расход газа на анализ зависит от величины объема /2/, который может быть равен 10 см³ и менее.

Таким образом, данный диффузионный газоанализатор позволяет проводить достаточно точный и экспрессный контроль состава газовых смесей с выводом данных на цифropечать.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность академику Г.Н.Флерову за плодотворные обсуждения и постоянный интерес к данной работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Флеров Г.Н. УФН, 1974, 114, вып.2, с. 361-369.
2. Борисов С.Ф. и др. ПТЭ, 1972, №4, с. 209.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 июня 1983 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

ДЗ-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
ДЗ,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

Кузнецов В.И. и др.

Цифровой диффузионный газоанализатор

13-83-426

Описано устройство - цифровой диффузионный газоанализатор, принцип работы которого основан на различных диффузионных способностях газовых компонент при их истечении через мембрану в вакуум. Показано, что для проведения точного анализа целесообразно в качестве мембран применять полиядерные фильтры, а по изменению давления в известном объеме, содержащем смесь газов неизвестной концентрации, за время истечения смеси через мембрану можно определить концентрации компонент с точностью 10^6 .

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Kuznetsov V.I. et al.

Digital Diffusion Gas Analyser

13-83-426

Construction and principle of operation of a digital diffusion gas analyser based on different diffusibility of gaseous components flowing through membrane into vacuum are described. It is shown that for accurate analysis it is reasonable to use nuclear track microfilters and with changing a pressure in a certain volume, having unknown gaseous concentrations, for the time of gas mixture outflow through a membrane it is possible to determine concentrations of components with the 10^6 accuracy.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.