

Фотоионизационные детекторы газоанализаторов КОЛИОН-1

Принцип действия

Работа ФИД основана на измерении тока, вызванного ионизацией молекул газов и паров фотонами, излучаемыми источником вакуумного ультрафиолетового (ВУФ) излучения – ВУФ-лампой. На рис. 1 схематически изображен ФИД газоанализаторов КОЛИОН-1.

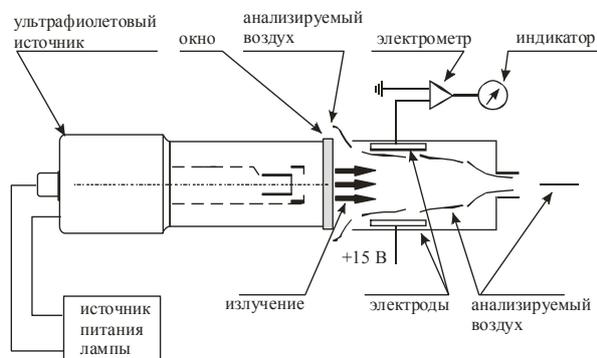


Рис. 1. Схема ФИД газоанализатора КОЛИОН-1

ВУФ-излучение через окно лампы выходит в ионизационную камеру, где установлены два электрода, один из которых соединен с источником питания, а другой с электрометром. В ионизационную камеру подается проба. Под действием излучения компоненты с энергией ионизации, меньшей энергии фотонов, испускаемых ВУФ-лампой, ионизируются, образуя токовый сигнал, величина которого пропорциональна концентрации примесей. При этом компоненты чистого воздуха, а именно кислород, азот, аргон, имеющие более высокие потенциалы ионизации, не ионизируются. Фотоионизационный метод детектирования позволяет измерять концентрации большого числа органических веществ, включая компоненты нефти и нефтепродуктов, в диапазоне от единиц до тысяч мг/м^3 .

ФИД различных изготовителей значительно отличаются друг от друга по стабильности и сроку службы.

Фотоионизационные ВУФ-лампы

Важнейшим элементом ФИД является ВУФ-лампа. К лампе предъявляется ряд жестких требований, касающихся срока службы, стабильности светового потока, потребляемой мощности и пр. Состав спектра, излучаемого лампой, зависит от газового заполнения и материала окна лампы. В качестве рабочей среды в ВУФ-лампах применяется Ar, Kr, Xe или их смеси с He. Для выпуска излучения используются окна из монокристаллов MgF_2 (для Kr, Xe) и LiF (для Ar). На практике в основном применяются ВУФ-лампы Kr/ MgF_2 .

В настоящее время в ФИД применяются два способа питания ВУФ-ламп: постоянным током (тлеющий разряд) и переменным током высокой частоты (безэлектродный разряд). Достоинством ламп тлеющего разряда является стабильность и длительный срок службы.

Высокочастотные безэлектродные лампы имеют меньшую стабильность и меньший срок службы. Их достоинствами являются низкое энергопотребление и миниатюрность. Поэтому некоторые, в основном зарубежные фирмы, применяют в ФИД именно безэлектродные лампы.

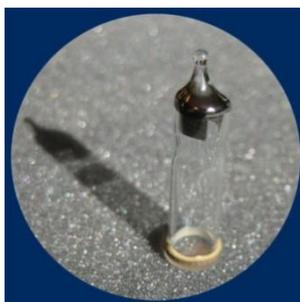


Рис. 2. Безэлектродная ВУФ-лампа

Общим для всех типов ВУФ-ламп является наличие разрядного канала, обычно стеклянного, внутри которого поддерживается излучающий столб плазмы. В процессе работы лампы происходит взаимодействие плазмы с поверхностью стекла с высвобождением из стекла молекул O_2 , CO , CO_2 , H_2O и др., что приводит к изменению газового состава лампы и сокращению ее срока службы. Конструкция ВУФ-ламп не изменялась в течение нескольких десятилетий.

В 2003 г. в ООО БАП «Хромдет-Экология» был освоен выпуск нового типа ВУФ-ламп CDL-1050, в которых разрядный канал выполнен из корундовой керамики [1, 2], устойчивой к воздействию плазмы.

Отсутствие изменений в газовом составе ламп с керамическим разрядным каналом подтверждено спектрами излучения, на которых присутствуют лишь линии излучающего газа. Замена стекла керамическими материалами увеличила срок службы ВУФ-ламп до 10000 часов, что позволило использовать их не только в портативных, но и в стационарных фотоионизационных газоанализаторах. Лампы CDL-1050 установлены во всех моделях фотоионизационных газоанализаторов КОЛИОН-1.



Рис. 3. ВУФ-лампа CDL-1050 с керамическим разрядным каналом

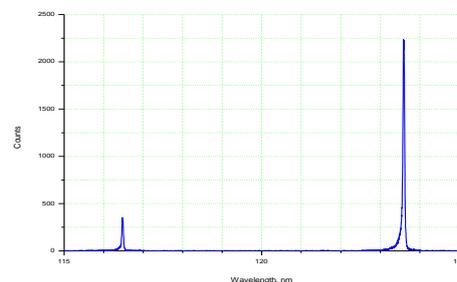


Рис. 4. Спектры излучения ВУФ-лампы CDL-1050 криптонового наполнения

Устойчивость ФИД к воздействию контролируемой среды

ФИД характеризуются высокой чувствительностью, устойчивостью к концентрационным перегрузкам, стабильностью, имеют длительный срок службы и неограниченный срок хранения.

На работу ФИД не влияет температура окружающей среды. Вместе с тем, хотя молекулы воды не ионизируются ВУФ-излучением (энергия ионизации $> 12,5$ эВ), высокая влажность анализируемого воздуха может приводить к искажению результатов измерения ФИД. Влияние влажности обусловлено двумя процессами: конденсацией воды в ионизационной камере детектора, приводящей к повышенным показаниям в отсутствие измеряемого вещества (ток утечки), и конденсацией воды на поверхности окна ВУФ-лампы, что уменьшает его пропускную способность и тем самым снижает чувствительность детектора.

Для устранения влияния влажности используются различные методы. Например, коррекция результатов измерений в соответствии с относительной влажностью, для измерения которой в газоанализаторе установлен датчик влажности [3], но измерение

влажности не предотвращает ее конденсацию. В ионизационной камере некоторых ФИД установлен защитный электрод, по которому «стекает» ток утечки [4, 5]. Однако этот элемент не предотвращает конденсации на окне ВУФ-лампы. Кроме того, при загрязнении ионизационной камеры защитные возможности электрода заметно уменьшаются. В газоанализаторах КОЛИОН-1 для устранения влияния влажности применяется нагрев ФИД: внутри детектора установлен нагреватель, поддерживающий температуру окна лампы на 20 °С выше температуры окружающей среды, что предотвращает конденсацию влаги на окне ВУФ-лампы и внутри ионизационной камеры.

Многие изготовители ФИД идут по пути минимизации его размеров, что диктуется желанием уменьшить размеры фотоионизационных газоанализаторов. В настоящее время выпускаются ФИД с размерами, лишь незначительно превышающими таковые для электрохимических сенсоров (Ø20×16 мм). Для этого в ФИД значительно (до долей мм) сокращают расстояние между электродами в ионизационной камере. При таком расстоянии даже небольшая «дорожка», образованная сконденсированной влагой между электродами, приводит к возникновению тока утечки даже при наличии защитного электрода. Поэтому Руководства по эксплуатации зарубежных фотоионизационных газоанализаторов часто рекомендуют чистить ФИД или заменять электродную сборку при повышенных показаниях на чистом воздухе. Конструкция ионизационной камеры ФИД газоанализаторов КОЛИОН-1 такова, что электроды отделены друг от друга по поверхности изоляционного материала относительно большим по длине (более 30 мм) участком этой поверхности (рис. 1). И даже, если на поверхности изоляционного материала, покрывающего большую часть поверхности электродов, образуется пленка воды, токи утечки практически не сказываются на полезном сигнале [6].

Использование нагреваемого ФИД увеличивает энергопотребление газоанализаторов КОЛИОН-1 и приводит к необходимости использовать аккумуляторы большей емкости и соответственно большей массы. Из-за нагрева ФИД, его конструкции и использования ВУФ-ламп тлеющего разряда газоанализаторы КОЛИОН-1 уступают зарубежным аналогам по габаритным размерам и массе, но благодаря этим особенностям значительно превосходят их по сроку службы ВУФ-лампы, стабильности и устойчивости к воздействию повышенной влажности.

1. Будович В. Л., Будович Д. В., Полотнюк Е. Б. Новые лампы вакуумного ультрафиолета для газоаналитической техники, Журнал технической физики, 2006, т. 76, вып. 4, с. 140-142.
2. Будович В.Л, Будович Д.В., Газоразрядная ВУФ-лампа для фотоионизационного детектора. Патент на полезную модель № 121100
3. Carnaham Byron L. Humidity compensation for a photoionization type detector, Patent US 4778998.
4. W.F.H. Dean, M.J.Stockdale, Ionization devices, Patent US 7046012.
5. Dolgov B., Forsberg D., Plug-in photoionization sensor. Patent EP 1331477.
6. Будович В. Л., Симонов И. В., Фотоионизационный детектор. Патент № 2455633.