

1. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС / Г. П. Гладышев, Р. З. Аминов, В. З. Гуревич и др.; Под ред. А. И. Андрущенко. – М.: Высш. шк., 1991. – 303 с.
2. Торопов Е. В., Пшениснов А. И. Очистка турбинного масла в системе маслоснабжения и регулирования Т-180/210 ЛМЗ до нормативной чистоты // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 1998. – № 4. – С. 54–61.
3. Рыбаков К. В., Коваленко В. П. Фильтрация авиационных масел и специальных жидкостей. – М.: Транспорт, 1977. – 188 с.
4. Коновалов В. М., Скрицкий В. Я., Рокшевский В. А. Очистка рабочих жидкостей в гидроприводах станков. – М.: Машиностроение, 1976. – 261 с.

Представлена кафедрой
промтеплоэнергетики

Поступила 30.10.2003

УДК 535.33

ИНФРАКРАСНЫЕ ГАЗОВЫЕ АНАЛИЗАТОРЫ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ТИПА ДЛЯ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Канд. техн. наук, доц. НАЗАРОВ В. И., инж. НАЗАРОВА Е. В.

*Белорусский национальный технический университет,
Белорусский государственный экономический университет имени А. Д. Сахарова*

В настоящее время важность охраны биосферы общепризнанна. Уже в середине XX в. объем выбросов загрязняющих окружающую среду веществ антропогенного происхождения стал соизмерим с масштабами процессов миграции и аккумуляции различных соединений в биосфере.

Чтобы располагать информацией об уровне загрязнения окружающей среды, делать долгосрочный прогноз и принимать решения о ликвидации загрязнений, необходимо проводить мониторинг и контроль окружающей среды, цель которых – постоянное наблюдение за природными объектами (реками, озерами и т. д.), оценка их исходных состояний, прогнозирование и выявление тенденций изменения для предупреждения ситуаций, угрожающих окружающей среде и здоровью человека.

Для осуществления задач экологического мониторинга решающее значение могла бы иметь разветвленная глобальная или региональная сеть стационарных и нестационарных пунктов мониторинга, оснащенная простыми и дешевыми, но надежными датчиками на различные компоненты окружающей среды. Эти датчики должны обладать определенными преимуществами по сравнению с обычными лабораторными анализаторами и спектрометрами: точностью, высокой производительностью, оперативностью и простотой алгоритмизации результатов анализа. Необходимо, чтобы аппаратура была компактной, кроме того, приборы должны обеспечивать одновременное измерение многих компонентов спектра (линий, пи-

ков), исключение или лучший учет наложений линий, более надежную идентификацию и исключение фона.

Применение стандартных спектральных приборов (призмных и решеточных Фурье-спектрометров) для спектрального анализа оптического излучения во многих случаях затруднено вследствие их громоздкости, сложности управления и юстировки, дороговизны, например, при исследовании спектроскопических характеристик высокотемпературных паров, других летучих компонентов в технологических и природных процессах, а также при анализе состава излучения, поступающего от удаленных объектов [1, 2]. В этой связи постоянно ведется поиск новых принципов построения спектральной аппаратуры (один из примеров – спектрометры на поверхностных акустических волнах).

Известно много устройств (датчиков) оптико-акустического типа, используемых для определения концентраций различных газов на основе измерения величины абсорбции этих газов в инфракрасной области спектра [1]. Принцип действия этих датчиков заключается в том, что внешнее излучение, ослабленное на конкретном участке инфракрасного спектра поглощения определяемого газа, способно в разной степени (в зависимости от величины указанного ослабления) нагревать тот же газ, находящийся в специальном объеме в приборе на пути излучения. Вспомогательное предварительное прерывание потока излучения с определенной частотой приводит к переменному нагреванию и соответствующему переменному изменению давления, образующему акустический сигнал, подлежащий в дальнейшем улавливанию и обработке.

Сложность и прецизионность таких датчиков и связанные с этим конструктивные и другие внутренние недостатки общеизвестны [3, 4]. Представляет огромный практический и принципиально-фундаментальный интерес исследовать возможность создания устройств, также измеряющих абсорбцию внешних газов в инфракрасной области спектра, но лишенных недостатков, присущих оптико-акустическим датчикам.

Как известно, на конкретном участке инфракрасного спектра поглощением обладают не одно, а огромное множество веществ. Таким образом, совершенно не обязательно в качестве модулирующей среды выбирать сам определяемый газ. Необходимо лишь, чтобы модулирующая среда поглощала на том же участке спектра, что и определяемый газ. Выбор газообразной модуляторной среды обусловлен сильной взаимозависимостью ее оптических абсорбционных свойств с другими физическими свойствами (в данном случае со способностью нагреваться и изменять давление). Эта эксплуатационная взаимозависимость реализуется в величине модулированного внешнего сигнала.

Таким образом, для осуществления модуляции внешнего излучения используют всеволновые (в спектральном смысле слова) или широкополосные прерывающие устройства. Применение узкополосных модуляторов, настроенных на участок поглощения определяемого газа, повышает чувствительность метода. Новые возможности здесь может открыть использование жидких кристаллов, в которых, как известно [5, 6], наблюдаются электрооптические эффекты, сопровождающиеся изменением цвета. А изменение цвета есть не что иное, как спектрально-селективное преобразование падающего оптического излучения.

Предложенный нами новый принцип состоит в следующем: в качестве диспергирующего элемента в спектральном приборе используется жидкокристаллическая ячейка, оптико-спектральные характеристики которой регулируются низковольтным электрическим полем. Принцип метода основан на периодическом управляемом спектрально-зависимом перекрытии выбранного спектрального диапазона краем поглощения дихроичной рабочей среды.

Включение электрического поля может обратимо переориентировать молекулы жидкокристаллической матрицы относительно некоторого внешнего ориентира (например, стенок прозрачного капилляра, в котором обычно исследуются и применяются жидкие кристаллы). Когда электрический вектор падающей электромагнитной волны совпадает по направлению с дипольным моментом перехода поглощающих молекул (на соответствующей частоте в спектре), можно наблюдать большую величину соответствующего коэффициента поглощения. Такое совпадение по направлению обычно имеет место тогда, когда в поглощающих молекулах дипольный момент перехода параллелен одному определенному, выбранному из двух ортогональных, направлению в плоскости капилляра. В другом (невыбранном) ортогональном направлении или когда дипольный момент перехода, ответственный за поглощение, перпендикулярен стенкам капилляра, коэффициент поглощения будет меньшим. Это явление называется дихроизмом.

Конструкция жидкокристаллических ячеек, используемых нами в инфракрасной области спектра, представлена на (рис. 1).

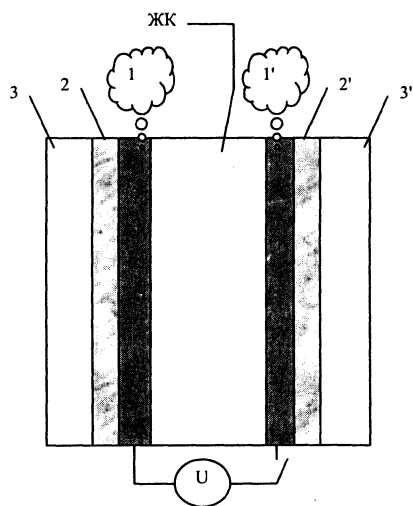


Рис. 1

Два кварцевых стекла (кварц прозрачен в инфракрасной области приблизительно до 4 мкм) толщиной до 1 мм образуют тонкий плоский капилляр. Толщина зазора между пластинками, задаваемая спейсерами, составляет 20 мкм. На внутренние стенки капилляра нанесены прозрачные электроды 1, напылен защитный диэлектрический слой 2, а поверх него – слой ориентанта 3. Стекла с напыленными электродами и ориентантами складываются так, чтобы их концы выступали наружу приблизительно на 3 мм, образуя площадки для контакта. Прозрачные электроды

и слои ориентанта очень тонки и практически не вносят вклад в поглощение в инфракрасной области. Приложенное к жидкокристаллическому слою электрическое напряжение, величина которого 1,6...6 В, постепенно переориентирует молекулы жидкого кристалла, что приводит к смещению края поглощения жидкого кристалла.

Уже отмечалось, экомониторинговый интерес представляет область вблизи 3 мкм, потому что здесь находятся полосы поглощения метана, иных углеводородов и некоторых других соединений. Именно благодаря

исследованию формы полос поглощения с помощью сканирования можно судить о наличии в исследуемом объеме того или иного конкретного соединения.

Как известно [6], жидкие кристаллы состоят из органических молекул специфического типа, в которых имеется довольно большое количество C–H-связей (СН-группы бензольных и циклогексановых колец и т. д.). В конденсированных средах частоты колебаний молекул, как правило, смещены в низкочастотную сторону по сравнению с частотами колебаний в газовой фазе. Поэтому полоса поглощения валентных СН-колебаний жидкокристаллической молекулы в целом лежит несколько ниже по частоте, чем полоса поглощения тех же колебаний для метана. При оптимальном подборе жидкого кристалла рабочей среды края полосы поглощения СН-колебаний жидкокристаллических молекул приходятся как раз на пик поглощения метана. Оптимальную жидкокристаллическую смесь и ту толщину жидкокристаллического слоя, которая обеспечит необходимое сканирование краем поглощения, можно определить экспериментально.

Для наблюдения эффекта сдвига края поглощения необходимо, чтобы вблизи максимума полосы поглощения пропускание слоя рабочего вещества (жидкого кристалла) практически равнялось нулю. Здесь играет роль известный закон Бугера–Ламберта–Беера

$$T = \exp(-\alpha cd),$$

где T – пропускание, определяемое как отношение интенсивности прошедшего через рабочее вещество света к интенсивности падающего на него света (величина безразмерная); α – коэффициент поглощения рабочего вещества, $\text{м}^2/\text{мг}$; c – концентрация поглощающего вещества, $\text{мг}/\text{м}^3$; d – толщина жидкокристаллического слоя, м.

Тогда, если величина поглощения при изменении ориентации молекул возрастает, то в максимуме поглощения (в соответствии с законом Бугера) пропускание уже практически не изменяется, зато область интенсивного поглощения заметно расширяется, что на практике приведет к видимому сдвигу края поглощения.

В результате проведенных нами экспериментальных исследований показано, что действительно существует практическая возможность подбора таких параметров жидкокристаллических ячеек, при которых можно наблюдать явно выраженный сдвиг края поглощения при приложении электрического поля к жидкому кристаллу в инфракрасной области спектра. Достижимые при этом величины сдвига составляют порядка 100 см^{-1} в инфракрасной области.

Преимущество применения спектральных приборов на основе разрабатываемых нами дихроичных ЖК ячеек заключается не в их особой чувствительности и не в высокой разрешающей способности. Их чувствительность будет определяться чувствительностью приемника излучения, располагающегося за ячейкой, и накоплением сигнала при многократном переключении ячейки, а разрешение будет обуславливаться в большей

степени тем же накоплением и качеством программы математической обработки отклика. В этих отношениях можно привести ряд примеров с лучшими характеристиками по чувствительности и разрешению (те же интерферометры). Преимущества разрабатываемых нами приборов состоят в их простоте, легкости управления, отсутствии движущихся деталей, больших токов и высоких напряжений и особой миниатюрности. Именно такие приборы представляется возможным эффективно использовать там, где нужно одновременно дистанционно контролировать концентрацию различных химических ингредиентов или их наличие (мобильные, полевые и высотные исследования).

ЛИТЕРАТУРА

1. Техника и практика спектроскопии / А. Н. Зайдель и др. – М.: Наука, 1972.
2. Кардона М. Модуляционная спектроскопия. – М.: Мир, 1972.
3. Кирияненко А. А., Спивакова Н. Н. Современные оптические методы исследований в экологии // Бюл. науч. сообщ. – М., 1996.
4. Курочкин С. С. Дистанционные анализаторы и спектрометры. – М.: Наука, 1985.
5. Физическая энциклопедия / Ред. А. М. Прохоров. – М.: БРЭ, 1999.
6. Чандрекар С. Жидкие кристаллы. – М.: Мир, 1980.

Представлена кафедрой ТЭС

Поступила 22.11.2002

УДК 699.86:621

ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ИЗОЛИРОВАННЫЙ ТРУБОПРОВОД С САМОКОМПЕНСИРУЮЩЕЙСЯ СИСТЕМОЙ ДВОЙНЫХ ТРУБ

Инж. АБРАЖЕВИЧ С. И.

Белорусско-германское совместное предприятие «Бел-Изолит»

При строительстве теплофикационного трубопровода предварительно должны быть решены вопросы оптимальной экономичности, а также вопросы эксплуатационного плана.

Проектирование и производство предварительно изолированных труб для систем теплоснабжения (прокладка непосредственно в грунт) получили развитие в странах Западной Европы и Америки еще в 60-х гг. прошлого столетия. Однако проблема совершенствования конструкций таких труб и их адаптации к условиям конкретных регионов остается актуальной и в наши дни. Использование высококачественных, надежных и долговечных предварительно изолированных самокомпенсирующихся труб (рис. 1) при