

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 11966

(13) С1

(46) 2009.06.30

(51) МПК (2006)

G 01J 3/42

(54)

## СПЕКТРОФОТОМЕТР

(21) Номер заявки: а 20070446

(22) 2007.04.20

(43) 2008.12.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Дидковский Ярослав Иванович; Дидковская Наталия Викторовна; Федорцев Ростислав Валерьевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) US 4030829, 1977.

ВУ 6496 С1, 2004.

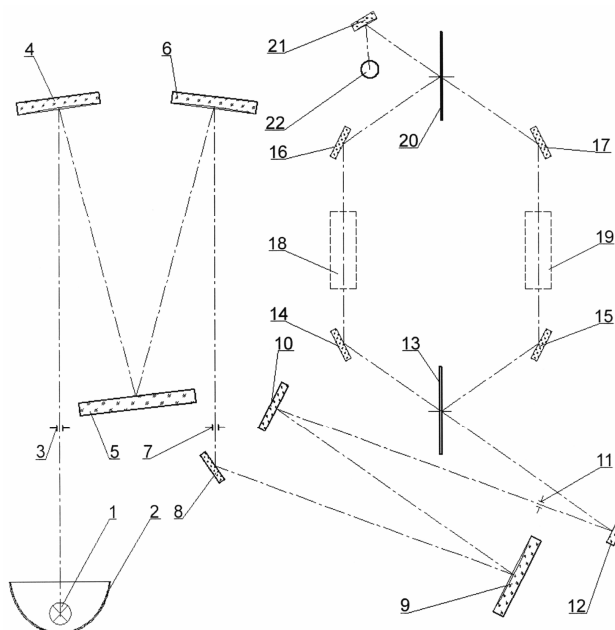
SU 1286910 А1, 1987.

SU 1368660 А1, 1988.

JP 62017622 А, 1987.

(57)

Спектрофотометр, содержащий оптически связанные осветитель, содержащий источник света и конденсорное зеркало, монохроматор, содержащий последовательно расположенные входную щель, сферическое зеркало, дифракционную решетку, второе сферическое зеркало и выходную щель, а также первое зеркало для поворота оптической оси и приемную оптическую систему, содержащую обтюратор для поочередного направления излучения в каналы с исследуемым образцом и эталоном, первое и второе зеркала для коллимации излучения и фокусирующее зеркало для направления излучения из указанных каналов на фотоприемник, отличающийся тем, что приемная оптическая система содержит последовательно установленное за первым зеркалом для поворота оптической оси второе плоское



Фиг. 1

ВУ 11966 С1 2009.06.30

зеркало для поворота оптической оси, перед которым и за которым соответственно установлены первое и второе зеркала для коллимации излучения, выполненные сферическими, а также второй обтюратор для поочередного направления излучения из указанных каналов на фокусирующее зеркало, выполненный с возможностью вращения синхронно с первым обтюратором с разностью фаз  $30^\circ$ , причем источник света выполнен импульсным, а первое зеркало для поворота оптической оси выполнено плоским.

---

Изобретение относится к области приборостроения, в частности для разработки спектральных приборов, работающих в ультрафиолетовом, видимом, ближнем инфракрасном излучении, предназначенных для измерения коэффициентов пропускания, оптической плотности и концентрации растворов, регистрации разности оптической плотности между значениями оптической плотности исследуемого раствора в заданном диапазоне длин волн и значением оптической плотности этого же раствора на любой произвольно заданной длине волны, для измерения коэффициентов пропускания бесцветных и цветных оптических стекол и монокристаллов.

Известен спектрофотометр [1], построенный по классической оптической схеме с монохроматором Черни и предназначенный для спектральных измерений в диапазоне длин волн от 190 до 1100 нм, включающий импульсный источник света в виде ксеноновой лампы, монохроматор для разложения излучения сложного состава на монохроматические составляющие, включающий в себя дифракционную решетку, два сферических зеркала, входную и выходную регулируемые по ширине щели, оптическую систему, включающую два последовательно расположенных плоских зеркала, разделяющих исходный пучок на два канала с исследуемым и эталонным образцами, и два фотоприемника, регистрирующих интенсивность излучения, прошедшего через образцы.

Недостатком спектрофотометра является то, что световой поток в канале с исследуемым образцом менее интенсивный из-за наличия на его входе светоделительного элемента (полупрозрачного зеркала); а также наличие двух независимых приемников для контроля интенсивности излучения, имеющих собственные шумы определенной величины и вносящие погрешности в результат измерения.

Прототипом заявляемого технического решения является спектрофотометр [2], построенный по двухлучевой схеме. Электромагнитное излучение от источника света, такого как дейтериевая лампа (для работы в диапазоне длин волн от 200 до 400 нм) или вольфрамовая лампа (для работы в диапазоне длин волн от 340 нм), направляется в монохроматор, состоящий из дифракционной решетки, двух сферических зеркал, входной и выходной щелей. Далее пучок попадает в приемную оптическую систему, включающую тороидальные зеркала для коллимации излучения, обтюратор и сферические зеркала для фокусировки излучения, при выходе из которой он собирается на светочувствительной площадке фотоприемника, регистрирующего интенсивность световых пучков от двух каналов. Обтюратор попеременно направляет излучение в один из каналов с исследуемым образцом и эталоном. Модуляция света осуществляется механическим диском.

Недостатком спектрофотометра является наличие ошибки измерения, вызванной разностью интенсивности потоков света, отраженного от зеркального сектора диска обтюлятора и направленного в канал с исследуемым образцом или прошедшего через вырезанный сектор диска обтюлятора и направленного в канал с эталоном.

Задачей предлагаемого изобретения является повышение точности измерений.

Поставленная задача решается тем, что в спектрофотометре, содержащем оптически связанные осветитель, содержащий источник света и конденсорное зеркало, монохроматор, содержащий последовательно расположенные входную щель, сферическое зеркало, дифракционную решетку, второе сферическое зеркало и выходную щель, а также первое зеркало для поворота оптической оси и приемную оптическую систему, содержащую об-

тюратор для поочередного направления излучения в каналы с исследуемым образцом и эталоном, первое и второе зеркала для коллимации излучения и фокусирующее зеркало для направления излучения из указанных каналов на фотоприемник, приемная оптическая система содержит последовательно установленное за первым зеркалом для поворота оптической оси второе плоское зеркало для поворота оптической оси, перед которым и за которым соответственно установлены первое и второе зеркала для коллимации излучения, выполненные сферическими, а также второй обтюратор для поочередного направления излучения из указанных каналов на фокусирующее зеркало, выполненный с возможностью вращения синхронно с первым обтюратором с разностью фаз  $30^\circ$ , причем источник света выполнен импульсным, а первое зеркало для поворота оптической оси выполнено плоским.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где на фиг. 1 - оптическая схема спектрофотометра, на фиг. 2 - график временной зависимости силы излучения источника света в относительных единицах, на фиг. 3 - взаимное расположение обтюраторов, на фиг. 4 - графическая зависимость суммарной функции пропускания обтюраторов  $T$  от угла поворота  $\omega$ .

Оптическая схема спектрофотометра представляет собой полностью зеркальную систему, состоящую из двух частей: спектральной (монохроматор Черни) и фотометрической.

Газоразрядный промежуток источника 1 света изображается зеркалом 2 конденсорным в плоскости щели 3 входной, которая установлена вблизи фокальной плоскости зеркала 4 коллиматорного сферического. Так достигается равномерное освещение щели. Создаваемый зеркалом 4 параллельный пучок света попадает на решетку 5 дифракционную и разлагается в спектр. Зеркало 6 камерное сферическое монохроматора дает спектральное изображение входной щели 3 в плоскости щели 7 выходной.

По выходе из монохроматора пучок света попадает в фотометрическую часть спектрофотометра. Сначала пучок падает на зеркало 8 плоское и, отклонившись, попадает на зеркало 9 сферическое, которое направляет его на зеркало 10 плоское. Зеркало 9 сферическое дает изображение щели 7 выходной монохроматора в плоскости диафрагмы 11 полевой. За диафрагмой 11 установлено зеркало 12 сферическое, которое формирует параллельный пучок лучей, падающий на зеркальную поверхность диска обтюратора 13. При вращении обтюратора 13 происходит поочередное направление пучка света, прошедшего через диск обтюратора 13 и отраженного от него в каналы с образцами. Далее при помощи системы плоских зеркал 14, 15, 16, 17 пучки света, прошедшего через образцы 18 эталонный и 19 исследуемый, соединяются на зеркальной поверхности диска 20 второго обтюратора и зеркалом 21 сферическим фокусируются на светочувствительной площадке фотозлемента 22.

В качестве источника 1 света предполагается использовать импульсную ксеноновую лампу.

Спектрофотометр работает следующим образом.

Перед началом работы включается прибор, в кюветное отделение помещаются эталонный и исследуемые образцы.

Принцип действия спектрофотометра основан на отсчетном методе и заключается в следующем.

Обратим внимание на механизм работы ксеноновой лампы в импульсном режиме. График временной зависимости силы излучения лампы в относительных единицах представлен на фиг. 2. Количество энергии, сосредоточенной во временном интервале  $t_{\text{имп.}}$ , характеризуется высоким постоянством от импульса к импульсу на протяжении всего срока службы лампы.

Обтюратор представляет собой вращающийся диск, состоящий из шести равных секторов, два из которых черные матовые 23, полностью поглощающие падающее на них излучение, на два сектора нанесено зеркальное отражающее покрытие 24, а оставшиеся два сектора вырезаны. Одинаковые сектора расположены друг напротив друга. Взаимное рас-

положение обтюраторов показано на фиг. 3. Таким образом, за один оборот диска дважды происходит отражение пучка лучей от зеркальных секторов, а также прохождение света через вырезанные сектора и направление его в канал с исследуемым образцом и в канал сравнения соответственно. Второй обтюратор аналогичен первому и вращается синхронно с ним с разностью фаз  $30^\circ$ , попеременно направляя излучение, выходящее из обоих каналов, посредством фокусирующего зеркала на светочувствительную площадку фотоприемника.

На фиг. 4 приведена графическая зависимость суммарной функции пропускания обтюраторов  $T$  от угла поворота  $\omega$ .

Потоки, прошедшие через два канала, вызывают в приемнике сигналы, сдвинутые по фазе относительно друг друга на  $180^\circ$ . Если потоки не равны, то в фотоприемнике возникает переменная составляющая, причем фаза этой составляющей зависит от того, какой поток больше. Если же переменная составляющая равна нулю (потоки равны), то на выходе усилителя переменного тока сигнал также отсутствует.

Особенностью прибора является использование шаговых двигателей в качестве приводов всех движущихся элементов кинематической схемы спектрофотометра. Применение двигателей данного типа предоставляет возможность широкого управления динамическими параметрами движущихся узлов, а наличие встроенных в двигатель оптопары и электронной схемы управления позволяет вести автоматический программный контроль точности позиционирования.

Изменение длины волны света, выходящего из монохроматора, производится путем поворота дифракционной решетки шаговым электродвигателем развертки спектра. В приборе считывание фотометрической информации микропроцессорной системой происходит только во время остановки дифракционной решетки. Это позволяет избежать волнового сдвига, связанного с инерционностью механической и электронной частей прибора.

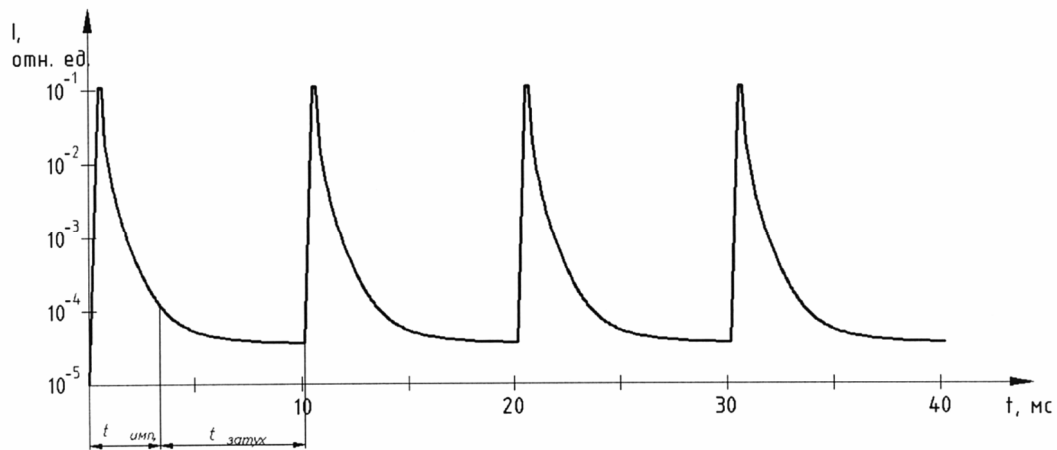
Электроника спектрофотометра подключается к ПК через интерфейс RS-232C. Таким образом, на экран монитора посредством соответствующего программного обеспечения выводится зависимость коэффициента пропускания или оптической плотности образца от длины волны в графическом или аналитическом виде.

Таким образом, предлагаемый спектрофотометр отличается достаточно низкой стоимостью, простотой в эксплуатации и стабильностью в работе, он лишен недостатков прототипа - разности интенсивности потоков, направленных в каналы с эталоном и исследуемым образцом, что позволило повысить точность измерений. Также в предлагаемом техническом решении исключен из схемы диск для механической модуляции света за счет использования импульсного источника света.

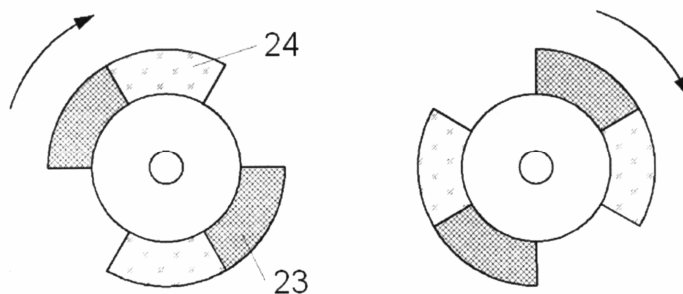
#### Источники информации:

1. United State Patent 6002477, МПК G 01J 3/42. Spectrophotometer./Michael Ron Hammer, Sassafras, Australia; Varian Inc., Palo Alto, Calif. № 09/068,798; Заявлено 16.09.97; Опубл. 14.12.99//Открытия. Изобретения.

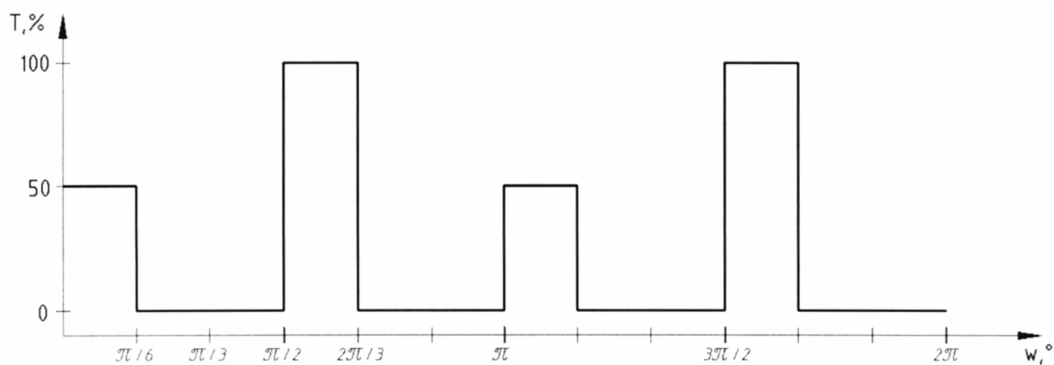
2. United State Patent 4030829, МПК G 01J 3/42. Keying waveform generator for spectrophotometer./Gerald E. Hooper, Los Altos Hills, Calif; Varian Associates, Palo Alto, Calif. № 676075; Заявлено 12.04.76; Опубл. 21.06.77//Открытия. Изобретения.



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4