

Рис. 11

использован один дополнительный конденсатор С2, но требуется четыре транзистора. В третьем датчике нет дополнительных конденсаторов, но требуется шесть транзисторов, он обладает наивысшей чувствительностью частоты к магнитной индукции. Если исходная частота у первого и второго датчика меняется в пределах 3% при увеличении магнитной индукции до 0,4 Тл, то у третьего датчика при увеличении индукции на 0,4 мТл частота меняется на 25%.

Пример использования в качестве сенсоров транзисторов в диодном включении показан на рис. 10. Здесь аналог негatronа состоит из двух каскадно соединенных эмиттерных повторителей на транзисторах VT3 и VT8. Транзисторы VT1, VT2, VT6 и VT7 – сенсоры температуры. Термочувствительность составляла 3,5 кГц/°С.

Схема датчика, в котором сенсорами температуры служат транзисторы самого аналога негatronа, приведена на рис. 11. Хотя термочувствительность невысока (0,66 кГц/°С), зависимость частоты от тем-

пературы линейна, схема просто реализуется в интегральном исполнении.

\*\*\*

Таким образом, рассмотрены варианты применения в датчиках с частотным выходом на основе аналогов негatronов в качестве сенсоров – резисторов, включенных в мостовую схему, оригинальных ГМР-элементов, крестообразных поликремниевых датчиков, элементов Холла, диодов и транзисторов. По сравнению с известными датчиками с частотным выходом [3] автогенераторные датчики на основе аналогов негatronов обладают простотой и реализуемостью в виде микросхем.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Spenser R. R., Angell J. B. A voltage-controlled duty-cycle oscillator // IEEE Journal of Solid-State circuit. – 1990. – Vol. 25, N 1. – P. 274–279.
- Негоденко О. Н., Липко С. И., Мирошниченко С. П. Каскодные аналоги негatronов // Полупроводниковая электроника в технике связи. – 1986. – Вып. 26. – С. 29–33.
- Бабаян Р. Р. Преобразователи неэлектрических величин с частотным выходом // Приборы и системы управления. – 1996. – № 11. – С. 24–27.
- Негоденко О. Н., Липко С. И., Прокопенко В. Г. Каскодные преобразователи сопротивления сенсоров в частоту // Сообщения НПО космич. исследов. – Баку: ЭЛМ. – 1990. – Вып. 6. – С. 49–52.
- Касимов Ф. Д., Мамиконова В. М., Негоденко О. Н., Рагимов С. Н. Влияние двуокиси углерода на электрические характеристики пленок поликристаллического кремния // Известия СКНЦВШ. Технические науки. – 1992. – № 3–4. – С. 49–53.
- Абдулаев А. Г., Касимов Ф. Д., Мамиконова В. М. Интегральный магниторекомбинационный преобразователь на основе локальных пленок моно- и поликристаллического кремния // Электронная техника. Сер. Микроэлектроника. – 1988. – Вып. 3. – С. 71–76.

К. т. н. М. Д. СКУБИЛИН, д. ф.-м. н. Ф. Д. КАСИМОВ,  
Н. К. ОСТРОВА

Россия, Таганрогский гос. радиотехнический ун-т

Дата поступления в редакцию  
03.04–25.07 2000 г.  
Оппоненты д. г.-м. н. В. М. ЮБКО,  
д. ф.-м. н. А. В. ФЛОПКО

## СПЕКТРОФОТОМЕТР-АНАЛИЗАТОР С ВЫСОКИМ БЫСТРОДЕЙСТВИЕМ

*Фиксация исследуемого спектра излучения и сравнение с эталонными спектрами позволяет сочетать объективность анализа с быстродействием устройства.*

Спектральный анализ состава жидких и твердых сред по длине волн электромагнитных излучений в оптическом диапазоне ( $\lambda=10^{-3}...10^3$  мкм) обеспечивает возможность максимально точно оценить содержимое пробоотбора – по крайней мере, качественно. Применяемые спектральные приборы различаются используемыми методами спектрометрии,

приемниками излучения, исследуемым (рабочим) диапазоном длин волн и т. д. [1–4].

Известный парк спектрофотометров обладает как достоинствами (универсальность, широкий диапазон  $\lambda$  спектров излучения, достаточно высокая разрешающая способность), так и недостатками (необходимость обслуживания квалифицированным персоналом, невысокое быстродействие, значительная избыточность выходной информации и т. д.).

Целью работы является упрощение эксплуатационных характеристик спектрофотометра при повышении его быстродействия, снижении массогабаритных и энергетических характеристик и обеспечении вывода информации в дискретной форме, приемле-

мой для накопления и хранения на современных электронных носителях и оперативной передачи по каналам коммуникации.

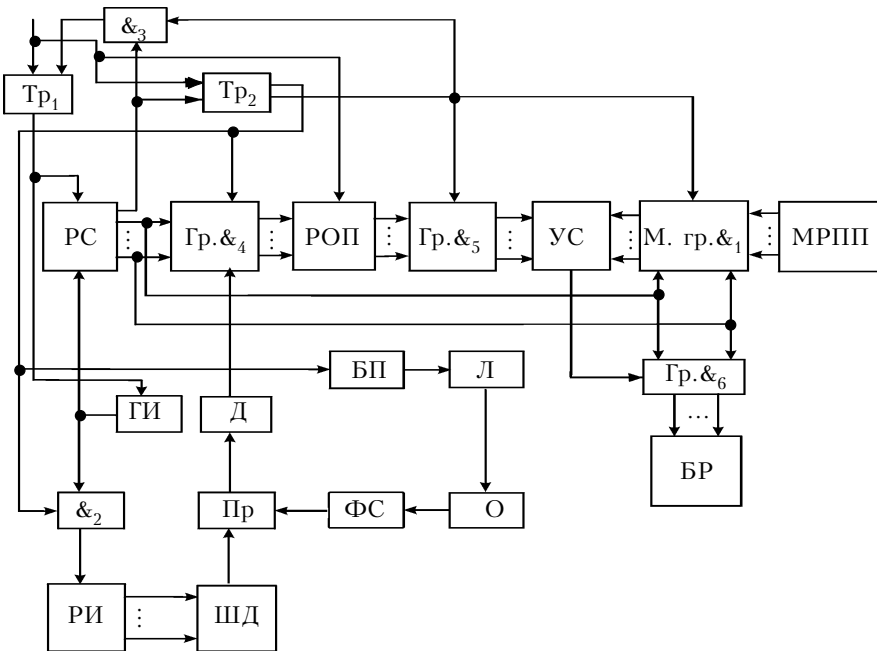
Поставленную задачу удалось решить спектрофотометром-анализатором, включающим (см. рисунок) генератор тактовых импульсов (ГИ) [5, с. 395], датчик излучений (Д), лазер (Л), триггеры (Тр<sub>1</sub> и Тр<sub>2</sub>), регистр сдвига (РС) на статических триггерах, регистр оперативной памяти (РОП), устройство сравнения (УС) [6], матрицу групп элементов И (М. гр. &<sub>1</sub>), призму (Пр), распределитель импульсов (РИ) [7, с. 126–127; 8, с. 191–197; 9, с. 247–248], шаговый двигатель (ШД), блок питания (БП) лазера, матрицу регистров постоянной памяти (МРПП), фокусирующие системы (ФС), блок регистрации (БР) на статических триггерах, два элемента И (&<sub>2</sub> и &<sub>3</sub>) и три группы элементов И (Гр. &<sub>4</sub>, Гр. &<sub>5</sub> и Гр. &<sub>6</sub>). В качестве ГИ можно использовать мультивибратор с самовозбуждением, а в качестве Д — фотодиоды или фотосопротивления с соответствующими диапазонами чувствительности по λ.

частоте  $f_{ст}$ , амплитуде и форме импульсы, а высоким потенциалом с единичного выхода Тр<sub>2</sub> включается БП и открываются по вторым входам &<sub>2</sub> и Гр.&<sub>4</sub>. Каждым импульсом с выхода ГИ содержимое РС сдвигается в старший (следующий, начиная с первого) разряд, а через &<sub>2</sub> и РИ ШД поворачивает ротор на одну угловую дискрету. С включением БП включается Л, инфракрасный луч значительной мощности через ФС облучает О (анализируемое вещество). Под действием луча высокой энергии вещество лучеиспускает дискретный по частотам спектр в инфракрасной, видимой и ультрафиолетовой областях.

Излучение объекта анализа через ФС со щелеобразным окном попадает на Пр, где оно преломляется под различными углами — в зависимости от длины волны (частоты) составляющих излучения. На Д попадает излучение только той длины волны, которая определяется физическими свойствами Пр и ее пространственным положением (углом поворота ротора ШД, т. к. Пр механически связана через вал ротора с ШД). Таким образом, каждым импульсом по входу РИ, ШД и Пр сканируется λ<sub>i</sub> спектра в Д. Но с каждым импульсом с выхода ГИ через РС, последовательно во времени, по третьему входу открывается один из элементов Гр. &<sub>4</sub>, и содержимое Д («0» при отсутствии излучения с данной длиной волны или «1» при наличии излучения с данной длиной волны λ<sub>i</sub>) фиксируется в соответствующем триггере РОП, так что за полный цикл сканирования содержимое РС («1») пробегает от младшего (первого) разряда до его старшего (n-го) разряда, последовательно открывая элементы Гр. &<sub>4</sub>, и параллельно с этим Д облучается всем (от инфракрасной до ультрафиолетовой области) спектром волн λ<sub>i</sub> излучения анализируемого вещества, в РОП фиксируется код спектра О. Например: 11110111110111111111011, что однозначно соответствует фактическому спектру излучения О (см. табл., а). С установлением

единичного потенциала на выходе старшего (n-го) разряда РС Тр<sub>2</sub> обнуляется, нулевым потенциалом с единичного выхода Тр<sub>2</sub> обеспечивается выключение БП, включается Л, закрывается &<sub>2</sub>, стопорится ШД и закрываются элементы Гр. &<sub>4</sub>, а высокий потенциал с нулевого выхода Тр<sub>2</sub> подается на первые входы &<sub>1</sub>, &<sub>5</sub>. Содержимое РОП через Гр. &<sub>5</sub> поступает на первые входы УС, что соответствует окончанию этапа сбора информации и подготовке к этапу ее анализа.

Следующим импульсом с выхода ГИ "единица" повторно обегает РС, при этом высокий потенциал поступает на вторые входы &<sub>4</sub> и (поочередно) на первые входы одной из Гр. &<sub>1</sub>, при этом выходы соответствующего регистра МРПП через &<sub>1</sub> соединяются со вторыми входами УС. По результатам сравнения содержимого РОП и



Спектрофотометр-анализатор работает следующим образом.

В исходном состоянии ГИ заторможен, в МРПП зафиксированы коды спектров эталонных элементов (например, как показано в табл., б–з). Первый и второй триггеры обнулены. Ротор ШД и жестко связанная с ним Пр находятся в исходном состоянии, соответствующем направлению преломленного луча на Д с минимальной частотой (в инфракрасной области, к которой Д нечувствителен). Выходы остальных узлов обнулены.

По сигналу «Пуск», подаваемому на вход в форме короткого импульса высокого потенциала, Тр<sub>1</sub> и Тр<sub>2</sub> переводятся в единичное состояние, а РОП обнуляется. Высоким потенциалом с единичного выхода Тр<sub>1</sub> запускается ГИ и на его выходе генерируются эталонные по

	$\lambda_1$	$\lambda_2$	$\lambda_3$	$\lambda_4$	$\lambda_5$	$\lambda_6$	$\lambda_7$	$\lambda_8$	$\lambda_9$	$\lambda_{10}$	$\lambda_{11}$	$\lambda_{12}$	$\lambda_{13}$	$\lambda_{14}$	$\lambda_{15}$	$\lambda_{16}$	$\lambda_{17}$	$\lambda_{18}$	$\lambda_{19}$	$\lambda_{20}$	$\lambda_{21}$	$\lambda_{22}$	$\lambda_{23}$	$\lambda_{24}$	$\lambda_{25}$
<i>a</i>	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>б</i>	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1
<i>в</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1
<i>г</i>	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
<i>д</i>	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1
<i>e</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1
<i>ж</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0
<i>з</i>	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1

каждого из регистров МРПП на выходе «равно» УС генерируется единичный потенциал — в том (и только в том) случае, если в анализируемом спектре имеются излучения по всем длинам волн, зафиксированным в данном эталонном спектре МРПП. Так, в спектре *a* анализируемого вещества представлены спектры *б*, *в*, *д*, *з* и отсутствуют излучения по позициям 5 и 23 спектра *г*, по позиции 23 спектра *e* и по позициям 5 и 12 спектра *ж*. Номера спектров *б*, *в*, *д*, *з* через  $\&_6$  фиксируются в БР. Как только «1» достигает старшего разряда в РС при повторном обегании, через  $\&_3$  обнуляется  $\text{Tr}_1$ , а ГИ стопорится. Процесс сбора информации и ее анализ окончен, в БР зафиксированы номера элементов, обнаруженных в О.

Спектрофотометр обладает высоким быстродействием за счет фиксации в РОП кода спектра излучения объектом (О) с последующим его сравнением с кодами эталонных спектров, хранящимися в МРПП. В частности, временные затраты составляют  $\Delta t_1 \approx 10^{-1}$  секунды на обновление содержимого РОП и  $\Delta t_2 \approx 10^{-4}$  с на сравнение содержимого РОП с содержимым МРПП. Кроме того, информация в БР имеет кодовое выражение, приемлемое для хранения на магнитных и электронных носителях информации; она приемлема для оперативного транспортирования по каналам коммуникации.

Для выявления и диагностики, например, ювелирных, технических и поделочных материалов применима замена лазера на источник ультрафиолетового излучения (200–300 нм, хотя желательно  $254 \pm 20$  или  $365 \pm 20$  нм).

Дальнейшее повышение быстродействия видится в применении совокупности датчиков, рассредоточенных по экрану (при исключении ШД), т. к. при этом  $\Delta t_1$  составляет  $10^{-6}$  с.

Таким образом, предложенное устройство, не уступая достоинствам существующих спектрофотометров, повышает быстродействие, обеспечивает вывод информации в удобном виде, позволяет эксплуатацию персоналом с минимальным уровнем квалификации и, кроме того, может быть реализовано с приемлемыми массогабаритными и энергетическими характеристиками для нужд экспедиций геологического и экологического назначения.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Еляшевич М. А. Атомная и молекулярная спектроскопия. — М. : Физматгиз, 1962.
2. Зайдель А. Н., Островская Г. В., Островский Ю. И. Техника и практика спектроскопии. — М. : Наука, 1976.
3. Корнилов Н. И., Солодова Ю. П. Ювелирные камни. — М. : Недра, 1987.
4. Летохов В. С. Проблемы лазерной спектроскопии // Успехи физических наук. — 1976. — Т. 118, вып. 2. — С. 76–91.
5. Интегральные микросхемы. Справочник / Б. В. Тарабрин, Л. Ф. Лунин, Ю. Н. Сирнов и др. — М. : Энергоатомиздат, 1985.
6. А. с. 1110776 СССР. Устройство для идентификации информационных сообщений / М. Д. Скубилин, Н. Г. Мальшев, Я. А. Пекарь и др. — Оpubл. в Б. И. — 1984, № 32.
7. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. Т. 2. — М. : Мир, 1984.
8. Панфилов Ю. В., Рябов В. Т., Цветков Ю. Б. Оборудование производства интегральных микросхем и промышленные роботы. — М. : Радио и связь, 1988.
9. Иванов Ю. В., Лакота Н. А. Гибкая автоматизация производства радиоэлектронной аппаратуры с применением микропроцессоров и роботов. — М. : Радио и связь, 1987.