

GasSecure GS01 – Надежный инфракрасный газовый датчик, не требующий калибровки в условиях эксплуатации

Уникальная для GS01 технология однолучевой тройной длины волны - основная причина, позволяющая Gas Secure обеспечить «пожизненную стабильность калибровки на весь период эксплуатации. Другими словами, поверка в условиях эксплуатации никогда не потребуется для данной модели газового датчика.

ВВЕДЕНИЕ

GasSecure GS01 представляет собой совершенно новую концепцию обнаружения углеводородных газов с использованием инфракрасной (ИК) технологии однолучевой тройной длиной волны для быстрого обнаружения газа с чрезвычайно низким расходом энергопотребления. В данной статье описывается принцип работы процесса обнаружения и, в частности, как данный принцип обеспечивает «пожизненную» стабильность калибровки конструкции датчика.

Датчик GS01 использует ИК измерение спектров поглощения. Данный метод предназначен для определения уровня концентрации газа и основан на поглощении инфракрасного излучения при определенной газоспецифической длине волны в объеме целевого газа. Определенные молекулы поглощают свет на конкретной длине волны и большинство углеводородных газов, в том числе метан и пропан, поглощают инфракрасное излучение примерно в диапазоне 3,3 мкм.

Детектор газа GS01 сравнивает количество излучения на длине волны, где углеводородные молекулы поглощают излучение (известно как положение пробы газа на длину волны) с интенсивностью светового излучения в соседних областях электромагнитного спектра, где не происходит такого поглощения (известно как положение опорной длины волны). Таким образом, GS01 рассчитывает концентрацию газа на основании соотношения интенсивности волны в пробе газа и опорной длины волны. Обратите внимание, что в зоне волны (пробы газа и опорной) не должны присутствовать никакие атмосферные составляющие водяной пар, азот, кислород или углекислый газ поглощающий свет.

Спектроскопия ИК-поглощения коренится в принципах, выраженных в законе Бэра-Ламберта-:

$$(-ANL)$$

$$T=e$$

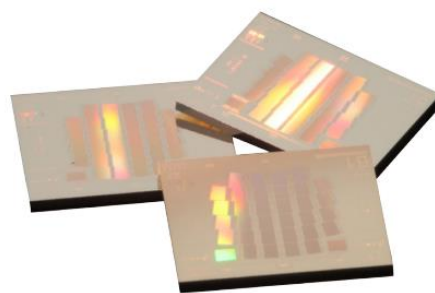


Figure 1: The MEMS chip

где T – прохождение сигнала на определенной длине волны, A - коэффициент поглощения определенных молекул газа, N - концентрация газа и L - длина пути, который проходит луч в объеме газа. Измерив T и зная A и L (отметим, что L предусмотрено конструкцией GS01), может быть найдено N . Само по себе измерение не является особенно сложным, поскольку взрывоопасные смеси углеводородов в воздухе, как правило, поглощают более 10% падающего света в спектральном диапазоне вокруг 3,3 мкм при длине пути в 13 см применительно к GS01. Более сложными являются датчики, предназначенные для неблагоприятных природных условий с фактически отсутствующим смещением нуля и шкалы в широком диапазоне рабочих температур. Такое устройство прибора значительно снижает стоимость эксплуатации, поскольку регулярные калибровки в рабочих условиях больше не требуется.

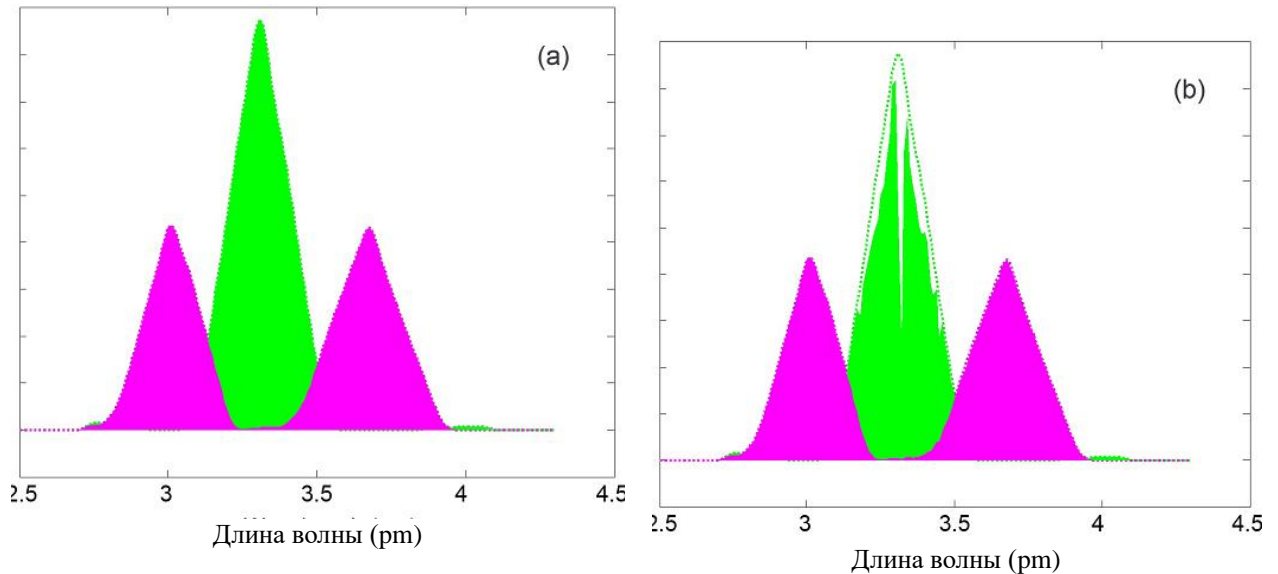


Рисунок 2: Функции фильтра используется для обнаружения углеводородов, соответствующих двум состояниям MEMS (микроэлектромеханические системы) (зеленый = режим газа и фиолетовый = стандартное состояние), (а) в отсутствие углеводородного газа и (б) в присутствии метана.

ОБНАРУЖЕНИЕ ТРОЙНОЙ ДЛИНОЙ ВОЛНЫ

Несмотря на существующие различия основная оптическая конструкция традиционных ИК-точечных датчиков включает в себя широкополосные источники света, светофильтры, лучерасщепитель и фотодиоды. Фильтры отбирают правильную длину волны для газа и контрольного измерения из входящего широкополосного света. GasSecure имеет другой подход, основанный на применении ультрасовременной MEMS (микроэлектромеханическая система) технологии для оптической фильтрации, что отличает GS01 от всех других имеющихся на рынке инфракрасных углеводородных точечных датчиков.

Фильтр - запатентованный GasSecure кремниевый MEMS чип (см. рис. 1), рассеивает, фокусирует и регулирует падающий свет. При подаче в чип оперативного напряжения при частоте 1 кГц он переключается между режимом газа и стандартным состоянием. В режиме газа площадь длины волны, где углеводороды поглощают свет, фокусируется на одном фотодетекторе. В стандартном состоянии, где углеводороды не поглощают свет, длины волн фокусируются на том же детекторе. Обратите внимание, что референсный режим (базовый режим) состоит из двух спектральных зон, расположенных слева и справа от положения газовой волны, отсюда термин обнаружение тройной длиной волны.

Рисунок 2 показывает соответствующие кривые фильтра для обоих состояний, вырабатываемых чипом MEMS (а) в отсутствие углеводородов и (б) в присутствии метана.

Наличие молекул метана снижает количество света в режиме газа, но не в стандартном состоянии.

Концентрация газа затем вычисляется из соотношения силы света, с которой он достигает фотодетектор в обоих состояниях.

Таким образом, любые другие факторы, влияющие на светопропускание, такие как меняющаяся мощность источника или неисправность окон эффективно устраняются, потому что эти факторы будут в равной степени влиять на интенсивность газообразного и стандартного состояния силы света и отменены в отношении обоих. Это схематически показано на Рисунке 3. Кроме того, работая с двумя опорными волнами, расположенными по обеим сторонам волны поглощения углеводородов, будут первоначально исправляться зависящие от длины волны источники ошибок, прежде всего, меняющийся спектр излучения ИК-источника. Эти изменения линейных размеров спектра излучения будут увеличивать интенсивность света в одной боковой полосе и одновременно снижать силу в противоположной боковой полосе.

В итоге, сила опорного сигнала остается неизменной. Таким образом, концентрация газа может измеряться более надежно.

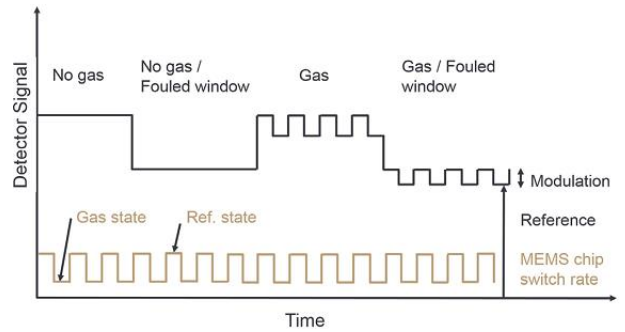
Этот принцип обнаружения тройной длиной волны является уникальным для GS01 от GasSecure.

ОДНОЛУЧЕВАЯ КОНСТРУКЦИЯ

Как уже отмечалось ранее, чип MEMS выполняет ряд задач, а именно диспергирование и фокусирование света, а также переключение между двумя оптическими состояниями. Путем подачи напряжения в чип дифрагированный свет перераспределяется между дифракционными порядками. В газовом режиме свет с длиной волны, где углеводороды поглощают, фокусируется на детекторе, в то же время как свет с длиной волны, где углеводороды не поглощают, фокусируется на том же детекторе в базовом режиме.

Это, в свою очередь, обеспечивает очень простую оптическую конструкцию с минимальным количеством комплектующих: один ИК-источник, зеркало и окно, чип MEMS, и один фотодетектор см. Рисунок 4. Обратите внимание на то, что на рисунке 4 прибор показан в газовом режиме, потому что свет, проникающий в газовом режиме (зеленая линия) фокусируется на детекторе. При включении чипа MEMS проникающий при базовом режиме свет (фиолетовой линии) будет сосредоточен на том же детекторе. Путь света и оптические компоненты (лампа, фотодетектор, чип MEMS, зеркало и окно) одинаковы как для газового, так и для контрольного измерений. Так как переключение между режимами происходит крайне быстро (1 кГц), то и природные условия (температура, влажность, давление) одинаковы для обоих режимов. Данная конструкция относится к принципу однолучевого обнаружения и в сочетании с методом обнаружения тройной длины волны является уникальной для детектор газа GS01 GasSecure.

Износ источников ИК - инфракрасного излучения или фотодиодов не повлияет на определение концентрации газа, просто потому что для газового и контрольного измерений используются одни и те же компоненты. Старение влияет на все оптические компоненты в равной степени и поэтому устраняется в отношении обоих измерений.



Detector Signal – сигнал датчика

No gas – нет газа

Fouled window – неисправность окна

Modulation – регулирование

Reference – начальное положение

Switch rate – частота переключения

Gas state – режим газа

Ref.State – базовый режим

Time – время

Рисунок 3: Сигнал детектора в положении Нет газа/Газ и Неисправность окна (последний представляет «прочие воздействия на прохождение сигнала»). Обратите внимание на то, что соотношение, используемое для определения газовой концентрации, остается неизменным.

Кроме того, чип MEMS является надежным и прочным долговременным электронным компонентом без стандартных подвижных частей. Кристаллический кремний абсолютно эластичен и силы тяжести, вибрации или ускорения не влияют на повторяющиеся движения микрометрической шкалы. В газовом и референсном режимах (см. рис. 2) функция отбора определяется схемой травления кремниевого чипа. Эти схемы являются физически поверхностным рельефом без каких-либо эффектов старения.

Технология обнаружения тройной длины волны и однолучевая конструкция являются уникальными для детектора газа GS01 и это основные причины, по которым GasSecure может гарантировать «пожизненную стабильность калибровки своему продукту. Другими словами, проверка в условиях эксплуатации никогда не потребуется для данной модели газового датчика.

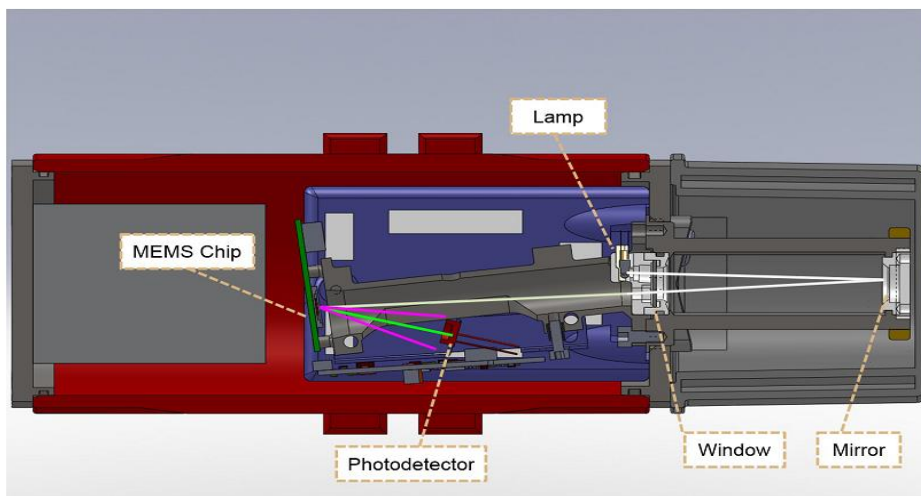


Рисунок 4: Вид поперечного разреза детектора GS01, показывающий основные оптические компоненты и путь света. Белая линия представляет падающий широкополосный свет лампы, а рассеянный свет для измерения газа и контрольного измерения представлен в виде зеленой и фиолетовой линий.

ДААННЫЕ ОБ ИСПЫТАНИЯХ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Норвежская нефтяная компания Statoil была одной из первых, кто развернул детектор GS01 от GasSecure на буровой морской платформе добычи нефти и газа, а именно на Gullfaks C.

Беспроводные датчики газа были изготовлены и первично откалиброваны в ноябре 2012 года, а введены в эксплуатацию на платформе в январе 2013 года. Через год после заводской калибровки, в октябре 2013 года, сотрудники GasSecure вернулись на платформу для проверки правильности работы детектора.

В таблице 1 показан нуль-пункт для 10 датчиков, расположенных в одном очаге возгорания при воздействии осушенного азота из газового баллона. Показатели всех датчиков в порядке и находятся в пределах заданных параметров +/- 3% НВП, подтверждая тем самым стабильность нуль - пункта спустя год после заводской калибровки и отсутствие необходимости в поверке в условиях эксплуатации.

Таблица 1: Измерение нуль - пункта датчика GS01 установленного на платформе Gullfaks C спустя год после заводской калибровки.

Обозначение устройства	Нуль-пункт (%НВП)
DG-M24T-69	0
DG-M24T-70	0.6
DG-M24T-71	0.4
DG-M24T-72	-1
DG-M24T-73	0.7
DG-M24T-74	-0.4
DG-M24T-75	0.1
DG-M24T-76	1.7
DG-M24T-77	0
DG-M24T-78	-0.1

Крупнейшая нефтегазовая компания Малайзии выбрала датчик газа GS01 для применения в нефтепереработке. Датчики были изготовлены и откалиброваны в марте 2013, а пуско-наладочные работы по этому проекту окончательно состоялись в апреле 2014 года. В марте 2014 в ходе предыдущих приемочных испытаний все датчики были проверены метаном объемом 2,5% (в синтетическом воздухе), показав номинальное значение 57% от НВП. В таблице 2 представлены зафиксированные данные, которые находятся в пределах заданных GasSecure параметров +/- 5% НВП при концентрации выше, чем 50% НВП и это спустя год после заводской калибровки и без поверки в условиях эксплуатации.

Таблица 2: Проверка датчика GS01 в ходе приемочных испытаний заказчика, год спустя после первоначальной калибровки.

Обозначение устройства	Значения при проверочном газе объем 2,5% CH4 (%НВП)
292GDA007	55.8
283GDA002	54.6
283GDA003	53.2
293GDA001	58.2
292GDA008	57.9
291GDA011	57.1
291GDA012	61.8
294DGA011	61.2
294DGA012	52.6
294GDA012	53.6
225GDA021	53.9
225GDA022	55.9