

Революция в технологии датчиков CO₂

Денис ДЕНИСОВ
dendenisov@ultran.ru
Владимир АПАРИН
dendenisov@ultran.ru

Компания Sensirion [1] еще раз подтвердила свой статус ведущего разработчика в области сенсоров окружающей среды, представив SCD4x — первый датчик CO₂ в миниатюрном формате, который занимает площадь всего 1 см³. Уникальная технология детектирования устройства основана на принципе технологии фотоакустических датчиков и сочетает минимальный размер с максимальной производительностью, что открывает множество новых возможностей для интеграции и применения. Благодаря отличному соотношению цены и качества SCD4x оптимален для серийного производства и чувствительных к стоимости разработок.

Введение

Повышение экологической сознательности влияет не только на то, как люди живут, куда отправляются в путешествие и что едят, но и на то, как проектируют и обустраивают здания. Современные дома стремятся к максимальной энергоэффективности для минимального использования природных ресурсов, которые в основном расходуются для отопления. Одно из следствий этого процесса — тенденция к созданию воздухонепроницаемых зданий, которые имеют лучшую изоляцию, чем старые постройки. Воздухонепроницаемость зданий уменьшает воздухообмен через крыши, окна, трещины и т. д., что отрицательно сказывается на качестве воздуха внутри. Снижение качества воздуха в помещении, в свою очередь, негативно отражается на производительности и благополучии людей. В конечном итоге для этого требуется активная система вентиляции, которая обеспечивает регулярный приток свежего воздуха для здорового и продуктивного климата в помещении. А поскольку системам вентиляции необходимо большое количество энергии для кондиционирования и подачи свежего воздуха, важно обеспечить высокую энергоэффективность систем, что стало возможным благодаря планированию вентиляций, регулирующих воздухообмен в зависимости от состояния окружения.

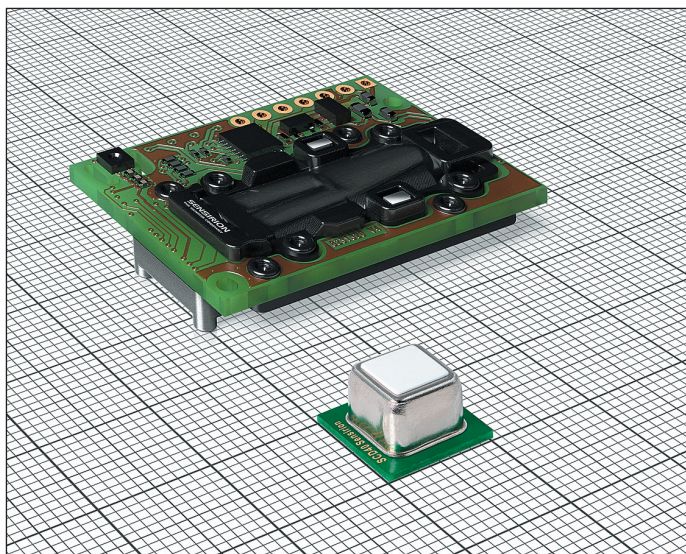


Рис. 1. Сравнение размеров SCD30 (NDIR) и SCD4x (технология PASens) [1]

Люди становятся основным источником повышенной концентрации CO₂ и других загрязнений в помещениях, поэтому потребность в свежем воздухе зависит от количества людей, находящихся в комнате, и их деятельности (например, приготовление пищи, спорт, отдых). Если люди находятся в закрытых помещениях, концентрация CO₂ начинает расти, а качество воздуха, соответственно, понижаться. Поэтому концентрацию углекислого газа используют как индикатор качества воздуха и как контрольный параметр для систем вентиляции: на основе измерения концентрации в помещении может быть при необходимости включен воздухообмен, что обеспечивает здоровую и комфортную среду и высокую энергоэффективность.

Компания Sensirion произвела революцию на рынке датчиков CO₂, представив новый прибор SCD4x (рис. 1), основанный на уникальной технологии PASens собственной разработки. Данная технология использует принцип фотоакустических измерений и предлагает рекордную миниатюризацию форм-фактора датчика CO₂ — 10,1×10,1×6,5 мм (по сравнению с предыдущими размерами датчиков SCD30 35×23×7 мм) без ущерба для его характеристик. Возможность такого уменьшения размеров появилась из-за того, что чувствительность датчика не зависит от размера оптической полости в отличие от принципа измерения NDIR, обычно используемого сегодня. Это позволяет клиентам добиться экономичной, гибкой и компактной интеграции и использовать детекторы CO₂ в тех местах и устройствах, где ранее не было достаточно места для установки подобных приборов. Кроме того, количество встроенных электрических компонентов удалось значительно сократить, благодаря чему удалось снизить цену в несколько раз при неизменно точных показателях. Также применение усовершенствованной технологии позволило увеличить диапазон измерения от 0 частиц на 1 млн до 40 000. Миниатюризация датчика и привлекательная стоимость открывают многочисленные новые возможности для интеграции SCD4x в новые продукты и применения с большими объемами, такими как компактные системы вентиляции, воздухообменники, зонды воздухопроводов, очистители воздуха, термостаты, кондиционирование воздуха, установки и мониторы качества воздуха.

Эффект повышения концентрации CO₂ в воздухе помещений

Углекислый газ является одним из центральных продуктов метаболизма человека, с помощью которого углекислые гидраты, жиры и белки преобразуются при поступлении кислорода, в частности, в CO₂. Хотя он быстро растворяется на открытом воздухе, концентрация CO₂ может интенсивно увеличиваться в закрытых помещениях.

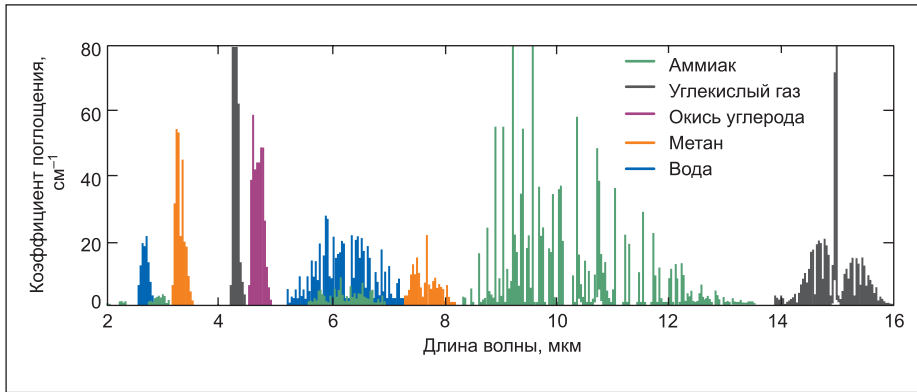


Рис. 2. Полосы поглощения типичных газов, встречающихся в атмосфере [2]

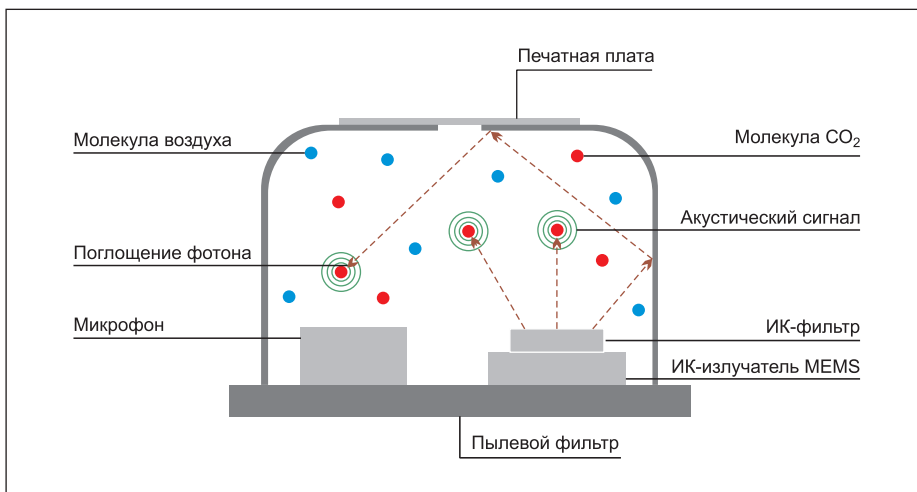


Рис. 3. Схема установки нерезонансного фотоакустического датчика газа [1]

воздухе. Для этого подходит метод селективного возбуждения относительных колебаний отдельных атомов, которое достигается путем поглощения инфракрасного света. На рис. 2 показаны различные полосы поглощения типичных газов, встречающихся в атмосфере.

На графике видно, что по сравнению с другими газами CO₂ имеет очень выраженную линию поглощения на длине волны 4,26 мкм, что хорошо подходит для селективного измерения. В отличие от газовых датчиков на основе NDIR, таких как SCD30, фотоакустические датчики измеряют не количество проходящего света, а количество света, поглощенного газом. Это делается косвенно, с помощью фотоакустического эффекта, который обычно описывает увеличение давления после поглощения света в газе.

Возбужденные ИК-излучением молекулы передают колебательное возбуждение другим молекулам, что приводит к увеличению кинетической энергии, то есть к локальному повышению температуры. В замкнутом объеме увеличение кинетической энергии приводит к увеличению давления, которое может быть обнаружено датчиком давления. Общая конструкция нерезонансного фотоакустического датчика газа показана на рис. 3.

Технология PASens

Ключевыми компонентами фотоакустического датчика являются преимущественно закрытый измерительный объем, освещаемый узкополосным инфракрасным светом, микрофон для обнаружения изменений давления в измерительном объеме и отверстие измерительной ячейки во внешнее пространство, через которое происходит газообмен с окружающей областью. Узкополосный ИК-свет генерируется широкополосным излучателем, пропускающим излучаемый свет через оптический полосовой фильтр.

В часто посещаемых многолюдных местах, вроде помещений для семинаров или учебных аудиторий, или в небольших помещениях, таких как, например, кабина автомобиля, концентрация CO₂ может всего за несколько минут увеличиться в 10 раз. В то время как концентрация CO₂ в атмосфере составляет в среднем около 400 ppm (частей на мил-

лион), в помещении при недостаточной вентиляции может достигать 5000 ppm. Накопление CO₂ затрудняет обмен веществ; уже при концентрации CO₂ 1000 ppm могут возникнуть сонливость и другие нарушения.

Из-за негативного воздействия углекислого газа на метаболизм человека имеет смысл отслеживать количество CO₂ в окружающем

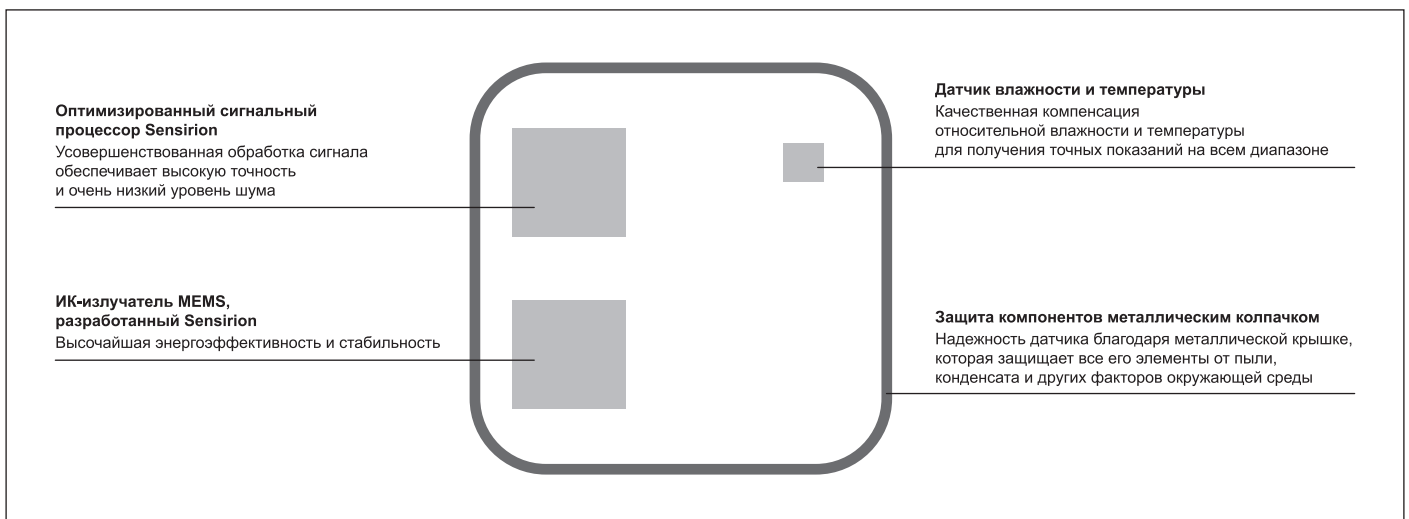


Рис. 4. Ключевые компоненты, разработанные Sensirion для технологии PASens [1]

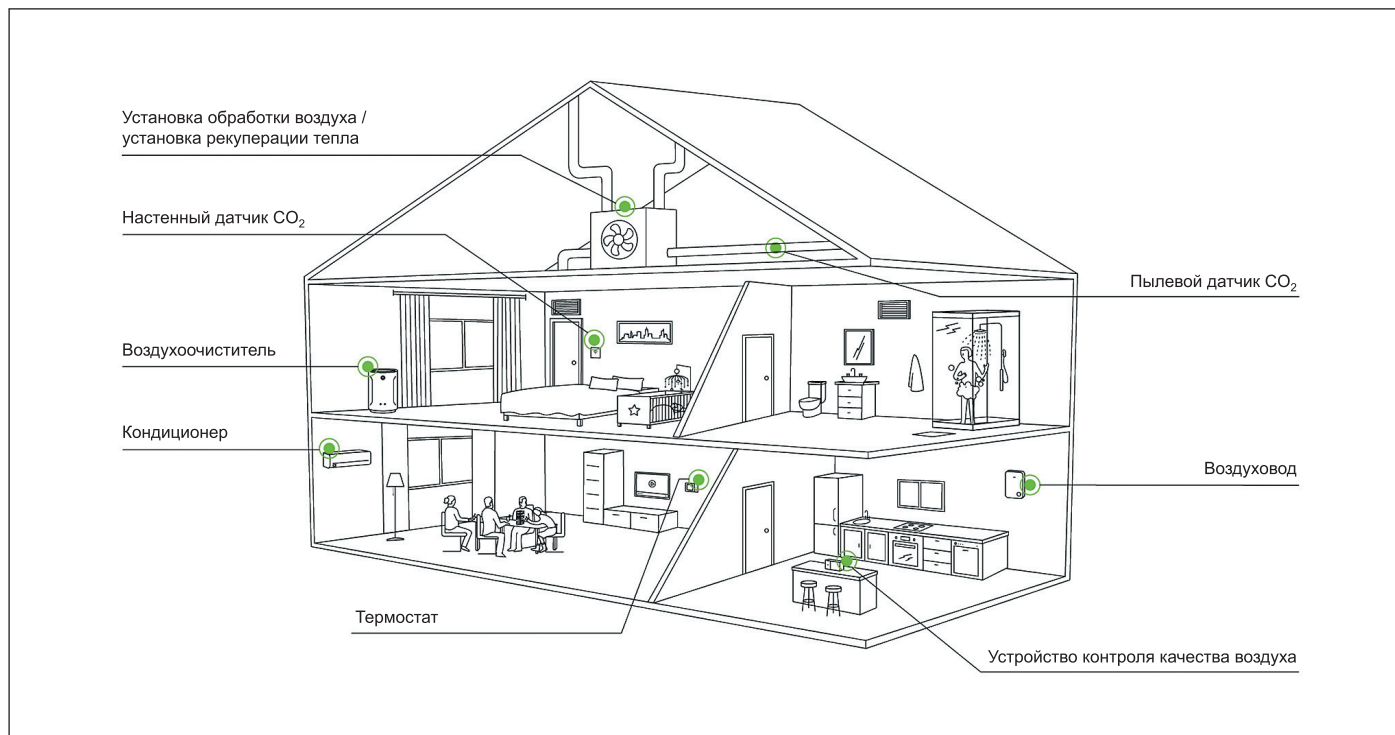


Рис. 5. Обзор приложений в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха [1]

При помощи фотоакустического датчика, такого как SCD4x, генерируется сигнал, который определяет концентрацию CO₂ следующим образом:

1. Источник ИК-света включен и излучает узкополосный ИК-свет в измерительный объем. Это приводит к колебательным возбуждениям измеряемых молекул газа, в данном случае CO₂.
2. Через короткое время (обычно несколько миллисекунд) колебания стихают, что приводит к повышению температуры, а следовательно, и к увеличению давления.
3. По сравнению со временем возбуждения и снятия возбуждения молекул газа давление внутри измерительной камеры быстро уравнивается, так что повышение давления может быть зарегистрировано при помощи очень чувствительного микрофона, подключенного к измерительной камере.

4. Через несколько десятков миллисекунд источник света отключается, в результате температура и давление измерительной ячейки уравниваются с окружающей средой, и система возвращается в исходное состояние.

Для увеличения отношения сигнал/шум генерируемого сигнала вышеуказанный цикл измерения повторяется несколько раз. С этой целью источник света модулируется, а генерируемые периодические изменения давления можно рассматривать как звуковые волны. В отличие от SCD30, для которого лампа накаливания была первым выбором, для SCD4x был выбран излучатель на основе MEMS, разработанный Sensirion. Его можно быстро модулировать, и он имеет лучшую долгосрочную стабильность благодаря активному управлению. Для миниатюризации и защиты датчика от воздействия окружающей среды все компоненты SCD4x устанавливаются внутри измерительной ячейки (рис. 4).

Заключение

И снова Sensirion находится в авангарде инноваций в области экологического контроля, чтобы создавать более здоровую и продуктивную среду. Прогресс в технологии спектроскопического инфракрасного детектирования датчиков SCD30 совершенствуется благодаря миниатюризации больше чем в 8 раз и втрое увеличенному диапазону измерений у SCD4x.

SCD4x является первым датчиком CO₂ размером в 1 см³, что позволяет интегрировать его в различные устройства в домах без ущерба для производительности по сравнению с традиционными устройствами на основе NDIR-датчиков. На рис. 5 показаны примеры приложений/устройств, которые могут быть оснащены инновационным датчиком CO₂ от Sensirion.

Новая технология для измерения параметров окружающей среды подтверждает статус эксперта Sensirion в области сенсорных технологий и скоро ожидается в продаже. Высокая степень инновационности датчика CO₂ SCD4x отмечена различными номинациями: «Лучший из датчиков» на выставке SensorsExpo-2019, «Самый инновационный продукт» на выставке AHR2020, финалист премии AMA Innovation Award-2020. ■

Литература

1. www.sensirion.com
2. Hodgkinson J., Ralph P. T. Optical gas sensing: a review // Measurement Science and Technology. 2013. Vol. 24. No. 1.