

ТЕХНОЛОГИИ ДАТЧИКОВ: ЧТО ПРОИЗОШЛО ЗА ГОД

Ю.Ковалевский

Датчики – достаточно широкое понятие. В зависимости от того, для преобразования какого физического параметра они предназначены, в них используются совершенно разные технологии, а их применение определяет конструктивное исполнение, например в виде бескорпусного кристалла, компонента в корпусе для монтажа на плату, небольшого модуля, законченного блока и т.п. Тем не менее, на основе новостей и событий предыдущего года в области датчиков можно выявить некоторые общие тенденции развития этого вида изделий.

Помимо стремления к повышению качества и надежности преобразования, новости мировых компаний, работающих в области датчиков, за прошедший год указывают на движение в сторону миниатюризации и интеграции. Во многом это можно отнести к влиянию развития концепции Интернета вещей, поскольку датчики являются одним из ключевых ее элементов.

Об этом, в частности, говорится в пресс-релизе компании Infineon, посвященном запуску на площадке компании в Дрездене в мае 2016 года проекта пилотных линий IoSense – одного из наиболее важных европейских проектов пилотных линий по датчикам и сенсорным системам, название которого образовано от Internet of Sensors (Интернет датчиков). В пресс-релизе говорится, что Интернет вещей для достижения своей цели потребует огромного количества датчиков, поэтому экономически эффективное производство сенсорных систем является ключевым условием, так как они позволяют устройствам и системам захватывать и обрабатывать данные о свойствах физического мира [1].

Также в пресс-релизе сообщается, что IoSense является частью ECSEL, европейской программы поддержки микроэлектроники. Назначение проекта заключается в дальнейшем усилении Германии и Европы в области производства более гибких, ориентированных на применение и экономически эффективных датчиков и сенсорных систем. В течение трех лет 33 партнера из шести стран будут выполнять исследования и разработки по всей цепочке добавления стоимости [1].

Тенденция к миниатюризации и интеграции нашла отражение в представленном в июне прошлого года компанией Texas Instruments (TI) первом в отрасли интерфейсе резольвера (вращающегося трансформатора) со встроенным питанием, усилителем возбуждения и средствами функциональной безопасности. Как говорится в новостном сообщении компании, новое устройство способно одновременно обеспечивать возбуждение катушки резольвера и рассчитывать угол и скорость вращения вала двигателя без внешних компонентов, которые требуются в конкурирующих решениях [2].

В феврале 2016 года компания Sensirion представила самый маленький в мире датчик разности давлений

SDP3x, имеющий размеры 5 мм × 8 мм × 5 мм [3]. Датчик выполнен в корпусе QFN. Как говорится в новостном сообщении компании, новый датчик особенно хорошо подходит для портативных и носимых медицинских устройств для домашнего ухода, а также для отрасли потребительских товаров.

Еще один новый датчик разности давлений был представлен в ноябре прошлого года компанией First Sensor. Низкопрофильная серия датчиков LMI с питанием 3 В и линеаризованным выходом I²C основана на тепловом методе измерения микропотока в кремниевом сенсорном кристалле. Кроме того, эти датчики имеют режим малого энергопотребления, предназначенного для применения в устройствах с батарейным питанием [4].

Снижение энергопотребления датчиков – одно из основных требований Интернета вещей, поскольку подключенные к сети датчики могут, например, находиться в труднодоступных местах, и замена их батареи может оказаться непростой задачей. В июле прошлого года компания Microchip Technology Inc. выпустила демонстрационную платформу для сенсорного узла Интернета вещей с протоколом Bluetooth Low Energy (BLE) с самым низким энергопотреблением в мире.

В пресс-релизе компании, посвященном данному решению говорится, что малое энергопотребление, меньший форм-фактор и короткое время вывода на рынок – критические факторы для того, чтобы сделать реальностью миллиарды "умных" и "подключенных" вещей на быстро растущем рынке Интернета вещей. Полная демонстрационная платформа сенсорного узла с протоколом BLE от компании Microchip сочетает в себе все эти критические факторы. В комплекте содержится BLE-модуль BTLC1000-MR110CA, в котором применяется решение BLE с самыми малыми размерами и самым низким энергопотреблением в мире, выполненное в корпусе масштаба кристалла на уровне пластины (Wafer Level ChipScale Package – WLCP) с размерами 2,2 мм × 2,1 мм. Также в платформу входят микроконтроллер SAM L21 на основе ядра Cortex[®]-M0+ с энергопотреблением от 35 мкА/МГц в активном режиме и 200 нА в режиме "сна". В пресс-релизе утверждается, что с использованием этих компонентов можно увеличить время работы от батареи до четырех раз, в сравнении с имеющимися на рынке решениями. В набор также входят датчики новейшего поколения от Bosch: шестиосевой датчик движения BHI160 и датчик параметров окружающей среды BME280 [5].

Но батарея не всегда является единственным компонентом, ограничивающим срок службы изделия: иногда в этой роли выступает сам датчик. Такое положение вещей часто встречается в случаях определения химических характеристик и составов жидкостей и газов.

В декабре 2016 года научные центры Imec и Holst Centre представили первый в мире твердотельный мультиионный датчик для устройств Интернета вещей. Этот миниатюрный датчик одновременно определяет значение pH и уровень хлоридов (Cl⁻) в жидкости. Как говорится в новостном сообщении центра Imec, точность датчиков на основе ионоселективных мембран зависит от долгосрочной стабильности миниатюрного контрольного электрода, и теперь эта проблема решена. Для ослабления выщелачивания ионов из внутреннего электролита был разработан и изготовлен контрольный электрод с микрофлюидным каналом в качестве области контакта, и этот электрод был использован в сочетании с твердотельными электродами из оксида иридия и хлорида серебра, выполненными на кремниевом основании, которые используются в качестве индикаторных электродов для значения pH и уровня Cl⁻ соответственно [6].

Еще одной новой технологией, связанной с новыми принципами построения чувствительного элемента, стал разработанный компанией Fujitsu первый в мире датчик газа, в котором участок затвора кремниевого транзистора заменен графеном. Об этой разработке данная компания сообщила в декабре прошлого года. Согласно ее сообщению, ожидается, что эта технология позволит выполнять в реальном времени измерения качества воздуха, которые в зависимости от исследуемого газа могли занимать десятки часов [7].

О другой разработке с участием графена сообщил в ноябре 2016 года центр физики интегральных наноструктур Center for Integrated Nanostructure Physics южнокорейского института Institute for Basic Science (IBS). Центр разработал самый тонкий в мире фотодетектор с толщиной всего 1,3 нм, что, как говорится в новостном сообщении института, в 10 раз меньше, чем у существующих обычных кремниевых диодов. Детектор может использоваться в устройствах Интернета вещей, "умных" устройствах, носимой электронике и фотоэлек-

троники. В данной 2D-технологии, которая была опубликована в журнале "Nature Communications", применяется дисульфид молибдена (MoS_2), располагаемый между слоями графена. [8]

Еще об одном достижении в области методов построения датчиков в декабре 2016 года сообщил институт Okinawa Institute of Science and Technology (OIST). В новостной статье под названием "Sensor Sensation" ("Сенсация датчиков") рассказывается о примененном подходе к определению способности биомолекул выдерживать процессы инкапсуляции в микрофлюидные устройства. Эта задача возникла в связи с тем, что подготовка микрофлюидных систем для медицинской диагностики может требовать длительного времени, поэтому желательно, чтобы эти устройства были подготовлены заранее, то есть содержали биомолекулы. Но инкапсуляция биомолекул связана с воздействием на компоненты устройства высокой энергии или ионизированного газа, и было неизвестно, выдержат ли биомолекулы данный процесс [9].

Для того чтобы это выяснить, исследователи из подразделения Микро/Био/Нанофлюидики института OIST создали новый датчик, который измерял заряд методом, применяемым в обычных датчиках типа "металлоксид-полупроводник" (МОП или MOS), но также позволял измерить массу. В датчиках нового типа, названного "нано-металл-диэлектрик полупроводник" (nano-metal-insulator semiconductor – nMIS), вместо сплошного слоя золота использовался слой из маленьких золотых островков. При освещении таких наноструктур поверхностные электроны начинают колебаться с определенной частотой. При наличии на этих островках биомолекул частота этих колебаний меняется пропорционально массе данной биомолекулы.

В новости института говорится, что новый nMIS-датчик может быть использован для создания микрофлюидных платформ для тестирования на различные заболевания [9].

В области датчиков изображений также немаловажную роль играет снижение энергопотребления и стоимости. В январе 2017 года компания *ams AG* сообщила о запуске первой в мире серии бюджетных цифровых многоспектральных датчиков-на-кристалле. Выполненные в небольших корпусах LGA размером 4,5 мм×4,4 мм датчики со сверхнизким энергопотреблением видимого диапазона (AS7262) и ближнего ИК-диапазона (AS7263) имеют по шесть калиброванных спектральных каналов каждый. В этих датчиках применяется новый метод изготовления, позволяющий выполнять осаждение нанооптических интерференционных фильтров непосредственно на кремниевый КМОП-кристалл с очень высокой точностью, что обеспечивает точные и повторяемые характеристики фильтра,

обладающие стабильностью во времени и при изменении температуры [10].

А несколько ранее, в ноябре прошлого года, компания CMOSIS, входящая в состав группы *ams AG*, сообщила о выпуске CMV50000 – первого в отрасли КМОП-датчика изображений с кадровым фотозатвором, обладающего разрешением 48 мегапикселей, что, как говорится в пресс-релизе компании, более чем в два раза превышает разрешение предыдущего поколения КМОП-датчиков изображений с кадровым затвором от CMOSIS. Датчик CMV50000 имеет оптический формат 35 мм (36,43 мм×27,62 мм) и размер пикселя 4,6 мкм, в нем используется запатентованная восьмитранзисторная архитектура пикселя, что обеспечивает малый шум и отличную эффективность электронного фотозатвора. Областью применения датчика CMV50000 могут стать, в частности, камеры машинного зрения и передовые камеры наблюдения [11].

Еще одно новое решение было представлено в октябре прошлого года компаниями FlexEnable и ISORG, которые сообщили о новом гибком датчике отпечатков пальцев. Эти компании стали первыми, совместно выпустившими гибкий датчик отпечатков пальцев с разрешением изображения 500 точек на дюйм (dpi), говорится в пресс-релизе компании FlexEnable. Такое разрешение удалось достичь благодаря органическим тонкопленочным транзисторам компании FlexEnable, которые обладают лучшими электрическими характеристиками, чем аморфный кремний, и очень малой утечкой. Компания ISORG не только поставила фотодиоды для захвата отпечатков пальцев, но и разработала всю считывающую электронную часть и соответствующие алгоритмы [12].

Приведенный обзор новостей прошедшего года по направлению датчиков, безусловно, не претендует на полноту, но тем не менее некоторые тенденции выявить можно.

В частности, можно сказать, что за прошедший год новинки в области датчиков в мире в большой степени следовали по направлению миниатюризации и интеграции, а также снижения энергопотребления, что в большей степени связано с развитием концепции Интернета вещей. Продолжаются исследования в области построения чувствительных элементов, в особенности, интегрированных в электронные кристаллы, а также с применением наноструктур.

Кроме того, характерная для всей отрасли задача сокращения времени разработки и вывода изделий на рынок не могла не затронуть область датчиков, где также имеются примеры подготовки типовых решений и наборов и стремление разработчиков и производителей датчиков упростить их применение пользователями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Strengthening European microelectronics: Infineon launches "IoSense" pilot lines project in Dresden – <http://www.infineon.com/cms/en/about-infineon/press/press-releases/2016/INFXX201605-060.html>
2. TI enables smaller, safer and more accurate rotary position sensing with the industry's most integrated resolver sensor interface – <http://newscenter.ti.com/2016-06-09-TI-enables-smaller-safer-and-more-accurate-rotary-position-sensing-with-the-industrys-most-integrated-resolver-sensor-interface>
3. World's smallest differential pressure sensor opens up new applications – <https://www.sensirion.com/about-us/newsroom/news-and-press-releases/detail/news/worlds-smallest-differential-pressure-sensor-opens-up-new-applications/>
4. LMI. Ultra-low differential pressure sensors with I²C bus and 3 V supply – <http://www.first-sensor.com/en/company/press/technical-press/lmi/>
5. Microchip Releases Demonstration Platform Based on Industry's Lowest Power BLE Sensor Node for IoT Applications – <https://www.microchip.com/pressreleasepage/microchip-releases-ULP-BLE-Demonstrator>
6. Imec and Holst Centre Introduce World's First Solid-State Multi-Ion Sensor for Internet-of-Things Applications – http://www2.imec.be/be_en/press/imec-news/multi-ion-sensor2.html
7. Fujitsu Develops World's First Gas Sensor to Apply a New Principle for Graphene Use – <http://www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2016/1205-01.html>
8. **Letizia Diamante**. The Thinnest Photodetector in the World – http://www.ibs.re.kr/cop/bbs/BBSMSTR_00000000738/selectBoardArticle.do?nttId=13809&pageIndex=1&searchCnd=&searchWrd=
9. **Greta Keenan**. Sensor Sensation – <https://www.oist.jp/news-center/news/2016/12/22/sensor-sensation>
10. ams launches world's first digital multispectral sensor-on-chip leveraging breakthrough wafer-level filter technology – http://ams.com/eng/Press-Center/Press-Releases/AS7262_3
11. Industry's First Global Shutter 48Mpixel CMOS Image Sensor from CMOSIS Supports 8K Image Resolution – http://www.cmosis.com/news/press-releases/industrys_first_global_shutter_48mpixel_cmos_image_sensor_from_cmosis_supports_8k_image_resolution
12. Press release: FlexEnable and ISORG reveal highest resolution flexible fingerprint sensor – <http://www.flexenable.com/newsroom/flexenable-and-isorg-reveal-highest-resolution-flexible-fingerprint-sensor/>