

УДК 621.363

Портативный регистратор параметров окружающей среды

А.В. Капустян, В.А. Королева

Аннотация

Комфортное состояние человека и его работоспособность во многом зависят от значения параметров окружающей его среды. Поэтому непрерывный контроль за состоянием окружающей среды позволит каждому конкретному человеку оптимально функционировать, или, при выходе некоторых параметров окружающей среды за граничные значения, принимать определенные превентивные действия по снижению последствий для своего здоровья.

Применение приборов регистрации параметров окружающей среды с чувствительными элементами, изготовленными с применением МЭМС-технологий позволит, по оценкам, улучшить массогабаритные характеристики измерительной аппаратуры в 15...20 раз, увеличить срок службы в 1,5...3 раза и снизить себестоимость продукции.

В работе представлен прототип конструкции прибора регистрации параметров окружающей среды, а также проведен расчет экономической эффективности проекта, представлены ожидаемые результаты и предполагаемые эффекты.

Ключевые слова

окружающая среда; чувствительный элемент; мониторинг; МЭМС; микроструктура.

Введение

Комфортное состояние человека и его работоспособность во многом зависят от значения параметров окружающей его среды. Поэтому непрерывный контроль за состоянием окружающей среды позволит каждому конкретному человеку оптимально функционировать, либо, при выходе некоторых параметров окружающей среды за граничные значения, принимать определенные превентивные действия по снижению последствий для своего здоровья.

В настоящее время разработано множество различных приборов способных проводить мониторинг окружающей среды. Однако представленные на российском рынке образцы являются либо стационарными, либо крупногабаритными (метеокомплексы), либо портативными с ограниченным набором измерения параметров окружающей среды (погодные станции). Таким образом, возникает необходимость в создании малогабаритных автономных приборов регистрации параметров окружающей среды, обладающих достаточным набором измеряемых параметров. Это позволит значительно расширить круг потребителей предлагаемого товара: от пожилых метеочувствительных людей до космического применения.

Краткий обзор состояния проблемы

Одним из наиболее эффективных способов улучшения массогабаритных характеристик измерительного прибора является уменьшение размеров его чувствительного элемента (ЧЭ), воспринимающего измеряемый параметр. Сегодня, бурное развитие микросистемной техники позволяет изготавливать несколько ЧЭ с геометрическими размерами до 100 мкм на одном кристалле по, так называемой, МЭМС-технологии. Также применение многокристальной сборки позволит разместить все ЧЭ в одном корпусе. Т.о. размеры всего портативного прибора регистрации параметров окружающей среды (вместе с контроллером обработки информации, памятью, элементами питания и устройством индикации) будут примерно со средние наручные часы!

Для применения прибора регистрации параметров окружающей среды в широком спектре климатических зон и природных условий, необходимо чтобы он удовлетворял следующим требованиям:

- измерение атмосферного давления в пределах 50...900 мм. рт. ст., с точностью до 0,5 мм рт. ст.;
- измерение температуры воздуха в пределах -50...+ 70 °С, с точностью до 0,2 °С;
- измерение влажности воздуха в пределах 10...80 %, с точностью до 2 %.
- срок автономной работы более 60 дней.

Обоснование применения инновации

Технологический процесс изготовления ЧЭ прибора регистрации параметров окружающей среды в целом совместим с технологией изготовления КМОП СБИС, что позволит в короткие сроки обеспечить его мелкосерийное производство.

ЧЭ, изготовленные по МЭМС-технологии, обладают, помимо микронных размеров, большим диапазоном измерения конкретного параметра окружающей среды. Это, в свою очередь, обуславливает возможность применения разрабатываемого прибора для различных назначений:

а) *Гражданский вариант.* Прибор в легком, миниатюрном корпусе, обладающий ЧЭ трех типов (давление, влажность и температура), встроенной памятью для записи измеренных данных за несколько дней. Данный вариант предназначен к распространению через сеть аптек для пожилых и метеочувствительных людей.

б) *Уличный, стационарный вариант.* Прибор в надежном антивандальном корпусе обладающий помимо «базовой» конфигурации, еще и радиопередатчиком (сотовая связь, интернет) для передачи информации в удаленный центр мониторинга. Может использоваться как уличный вариант для мониторинга экологической обстановки, так и для промышленного применения (в данном случае может дооснащаться МЭМС-газоанализаторами на различные типы газовых смесей).

в) *Специальный вариант (для космического или военного назначения).* Прибор в высоконадежном корпусе, обеспечивающем радиационную защиту, может включать в себя помимо «базовой» конфигурации, еще и микродатчик магнитных полей и полей высокой частоты, а также микродатчик измерения радиационного фона. В данном варианте предполагается использовать радиационно-стойкую ЭКБ, а также резервирование измерительных каналов.

Портативный регистратор параметров окружающей среды состоит из набора ЧЭ, микроконтроллера обработки данных, ЖК-индикатора отображения информации и элемента питания. Одним из достоинств портативного регистратора является модульность его конструкции, что в сочетании с перенастраиваемой схемой обработки данных позволяет обеспечить быстрое изменение или расширение его функций за счет применения ЧЭ различных типов (рис. 1).

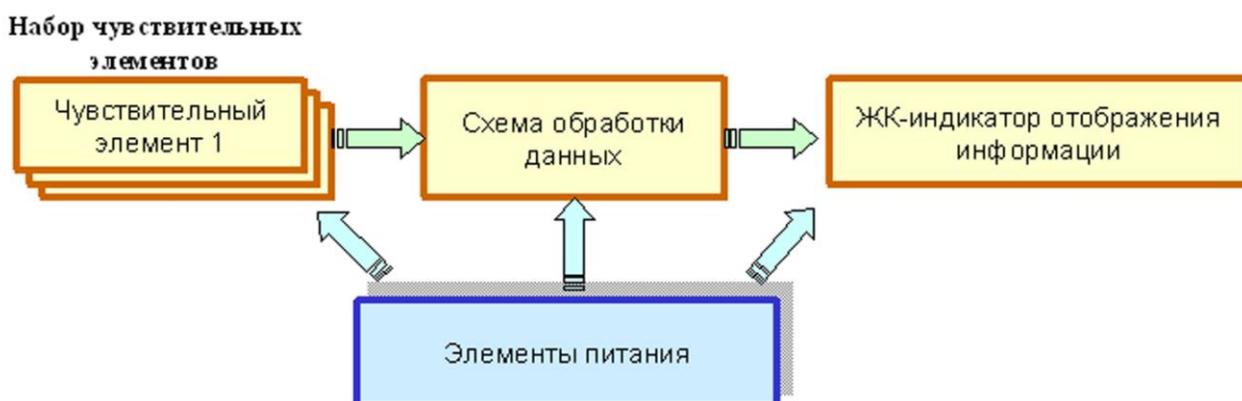


Рис. 1 - Предполагаемая компоновка портативного регистратора параметров окружающей среды

ЧЭ портативного регистратора параметров окружающей среды представляют собой набор микроструктур, объединяющих механические и электронные компоненты, изготовленные, как правило, в едином технологическом цикле. Механическими компонентами ЧЭ служат деформируемые или недеформируемые мембранные и консольные исполнительные элементы [1].

Можно выделить два основных типа конструкции ЧЭ: квадратную кремниевую мембрану, изготавливаемую по технологии объемной микрообработки и балочный элемент изготавливаемый по технологии поверхностной микрообработки с применением «жертвенных» слоев (рис. 2), физико-механические характеристики которых оцениваются исходя из их геометрии и свойств конструкционных материалов [2-4]. По предварительной оценке, суммарное потребление ЧЭ энергии составит не более 450 мкА·ч.

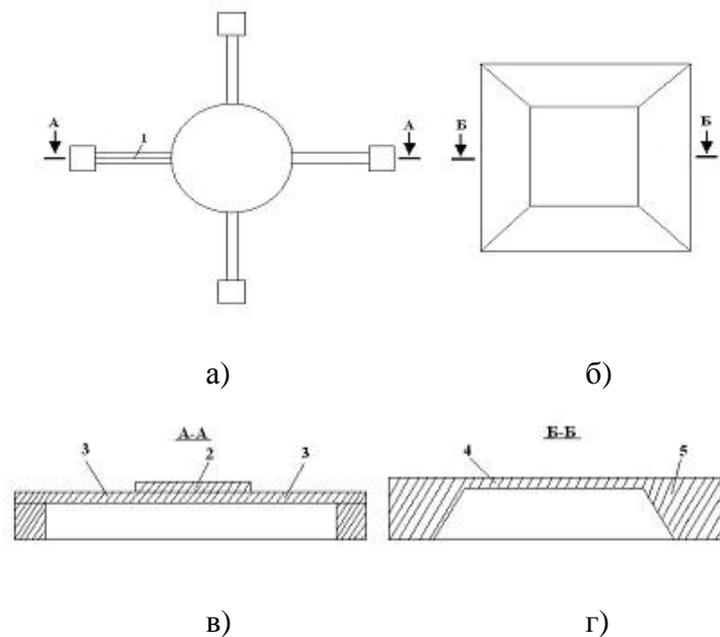


Рис. 2 – Объекты исследования: а – мембрана на основе структуры «ванадий-никель» (1 – средняя линия упругого элемента); б – кремниевая мембрана; в – сечение А-А для ЧЭ в виде мембраны на основе структуры «ванадий-никель» (2 – мембрана; 3 – упругий элемент); г – сечение Б-Б для ЧЭ в виде кремниевой мембраны (4 – кремниевая мембрана, 5 – монокристаллический кремний)

Для выполнения обработки аналоговых данных с ЧЭ предлагается использовать микроконтроллер ADuC845 с малым потреблением (20 мкА·ч), имеющий в своем составе:

шесть входных каналов, 24-разрядный АЦП, внутреннюю FLASH-память и источник стабилизации по току.

Исходя из критерия минимальной себестоимости изделия предлагается выбрать стандартный ЖК-индикатор заводского изготовления ИЖЦ1-7.5/7-07Ф для наручных часов, обладающий малыми габаритами (26 x 20,5 x 1,7 мм), низким энергопотреблением (менее 1 мкА·ч) и достаточной информативностью.

Элемент питания выбирался исходя из критериев достаточной емкости и компактных габаритов. Для питания всех систем портативного регистратора выбран элемент питания BR1216 с емкостью 25 мА·ч, что обеспечит бесперебойную работу портативного регистратора параметров окружающей среды более 60 суток, а при использовании режима «сна» - более 180 суток.

Расчет экономической эффективности проекта

Предлагаемое к разработке изделие по своим характеристикам будет превышать мировой уровень и будет конкурентоспособно на отечественном и зарубежном рынках. Внедрение в производство портативных приборов регистрации параметров окружающей среды позволит выпускать инновационную продукцию многоцелевого назначения, а также обеспечит экономию материалов и средств.

Приборы регистрации параметров окружающей среды планируется применять в следующих областях: научно-исследовательской аппаратуре медицинского назначения, системах жизнеобеспечения космического корабля, экологическом мониторинге параметров окружающей среды, на промышленных предприятиях, и в бытовом применении.

Прогнозируемые рынки сбыта, их потенциальный объем сбыта и цена продаж указаны в таблице 1.

Таблица 1. Прогнозируемые рынки сбыта продукции

Область применения (сегмент рынка)	Коммерческий продукт	Объем сбыта нашей продукции в сегменте рынка, шт./год (оценка)	Доля рынка от общей потребности, % (оценка)*	Приблизительная цена продаж, руб. (оценка)
Научно-исследовательская аппаратура медицинского назначения	Портативный прибор регистрации параметров окружающей среды, метеостанция, погодная станция, многофункциональный	500...1 000	5...10	8 000...10 000
Экологический мониторинг		3 000...5 000	10...15	4 000...5 000

Область применения (сегмент рынка)	Коммерческий продукт	Объем сбыта нашей продукции в сегменте рынка, шт./год (оценка)	Доля рынка от общей потребности, % (оценка)*	Приблизительная цена продаж, руб. (оценка)
параметров окружающей среды	измерительный прибор параметров окружающей среды			
Специальное применение (системы жизнеобеспечения космического корабля и военное применение)		5 000...10 000	20...50	15 000...20 000
Бытовое применение		50 000...100 000	20...30	1900...2200
Итого:		58 500...116 000		

Цена продаж конечного продукта для определенного сегмента рынка будет определяться его конкретным назначением. Средняя цена продаж, по оценке, составит 2500 руб.

Основные экономические показатели проекта приведены в таблице 2.

Таблица 2. Основные экономические показатели проекта.

Инвестиционные затраты на проект, тыс. руб.	25000
Ставка дисконтирования, %	20
Период оценки проекта, лет	7
Внутренняя норма доходности, %	36,4
Чистая приведенная прибыль, тыс. руб	40060
Срок окупаемости, лет	3,9

График динамики чистой приведенной прибыли представлен на рис. 3.



Рис. 3 - Динамика чистой приведенной прибыли

Выводы и рекомендации

Результаты работы могут быть использованы для создания целого ряда интеллектуальных информационных систем регистрации параметров окружающей среды используемых в медицинской аппаратуре, авионике, промышленных системах безопасности и др. Также результаты инновационного проекта будут иметь важное значение и для космической отрасли. Портативные приборы регистрации параметров окружающей среды могут быть использованы в качестве персонального индикаторного устройства космонавта, а также в качестве элемента комплексной системы экологического мониторинга лунных баз и пилотируемых космических аппаратов.

Библиографический список

1. Распопов В.Я. Микромеханические приборы // М.: Машиностроение, 2007. 400 с.
2. Бабаевский П.Г., Гринькин Е.А., Жуков А.А., Жукова С.А., Резниченко Г.М. Электромеханические преобразователи сенсорных микро- и наносистем: физические основы и масштабные эффекты. Часть 1. Чувствительные механические элементы и актюаторы // Нано - и микросистемная техника. 2008. № 11. С.32 – 44.
3. Бабаевский П.Г., Гринькин Е.А., Жуков А.А., Жукова С.А., Резниченко Г.М. Электромеханические преобразователи сенсорных микро- и наносистем: физические основы и масштабные эффекты. Часть 2. Детекторы, источники и характеристики шумов // Нано - и микросистемная техника. 2008. № 12. С.27 – 37.

4. Варадан В., Виной К., Джозе К. ВЧ МЭМС и их применение // М.: Техносфера, 2004. 528 с.

Сведения об авторах

Капустян Андрей Владимирович, начальник группы ОАО «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем»

111250, г.Москва, ул. Авиамоторная, д.53.

тел.:8-905-771-62-51, e-mail: kap_av@mail.ru

Королева Вероника Александровна, инженер-исследователь ОАО «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем»

111250, г.Москва, ул. Авиамоторная, д.53.

тел.:8-926-130-04-53, e-mail: korolevava@bk.ru