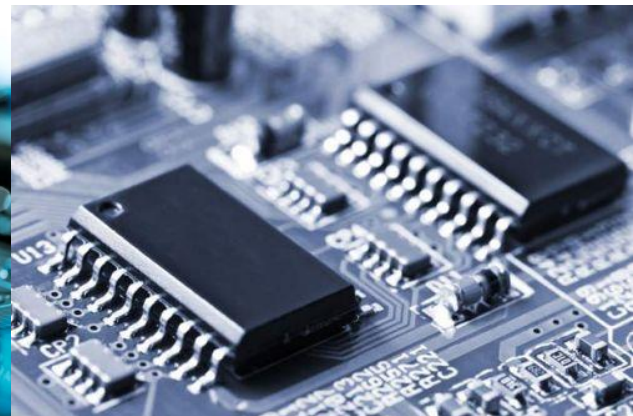
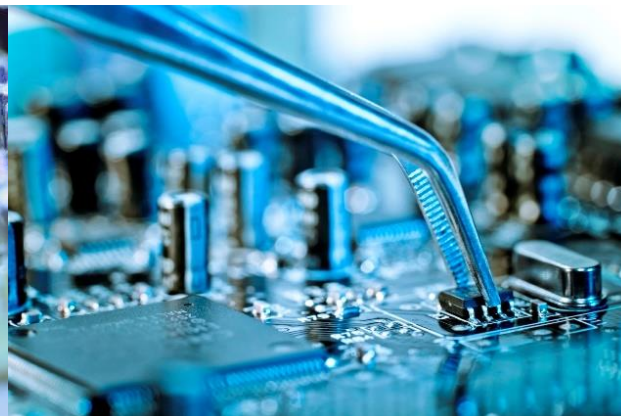
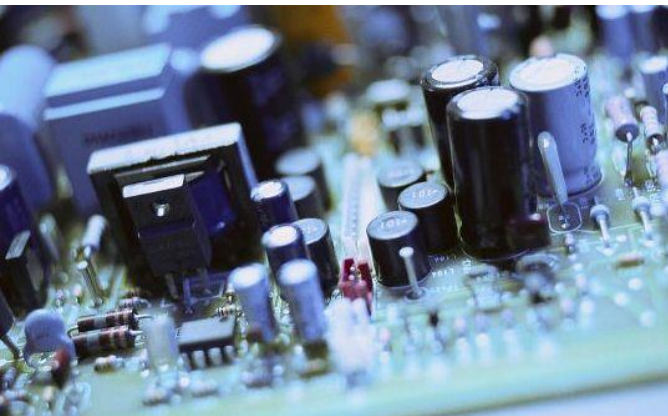




ООО «СЕНСОР»



**ПРОИЗВОДСТВО ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЕНСОРОВ РАЗЛИЧНЫХ
ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН –
Z-СЕНСОРОВ**

ИСТОРИЯ РАЗРАБОТКИ

80-е гг.

В Институте проблем управления РАН под управлением Зотова Владислава Дмитриевича, д.т.н., проф., заведующего лабораторией Сенсоров и Сенсорных Систем ИПУ РАН были разработаны **полупроводниковые структуры с L-образной вольт амперной характеристикой**, в которых были выявлены ряд явлений, позже названных **z-эффект**.

1990 г.

Д.т.н., проф. Зотовым было организовано МП VZ Sensor для проведения работ в области исследования, разработки технологии изготовления и производства новых типов полупроводниковых сенсоров, а также создания средств контроля, диагностики и управления на их основе. В течение ряда лет предприятие выполняло работы по планам работ ГКНТ (затем Миннауки) и хоздоговорные работы.

конец
90-х гг.

Разработаны принципиально новые полупроводниковые преобразователи температуры – **Z-термисторы**, которые не только реагируют на изменение температуры в диапазоне $-40...+120^{\circ}\text{C}$, но и вырабатывают сигнал управления без дополнительных электронных схем.

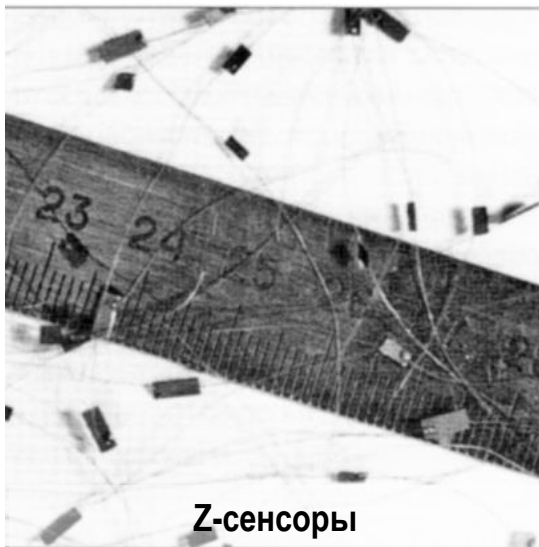
2000-е гг.

Разработка получила высокую оценку и экспертное заключение специалистов в области полупроводниковой микроэлектроники разных стран. Работа регулярно представлялась на международных и российских выставках, где получила признание научного сообщества. Разработка дважды представлялась на выставке SEMICON Russia, объединившей более 120 участников из 13 стран, в числе которых ведущие международные и региональные поставщики оборудования, материалов и услуг для полупроводниковой промышленности.

2015 г.

Совместно с Центром нанотехнологий и наноматериалов Республики Мордовия создано предприятие ООО «Сенсор», призванное продолжить работы по исследованию и разработке z-сенсоров

Z-СЕНСОРЫ



Уникальность свойств z-сенсоров обусловлена открытым в них физическим явлением управляемой скачковой проводимости (Z-эффект).

Z-эффект возникает в структурах с L-образной вольтамперной характеристикой (ВАХ) и заключается в том, что при определенных значениях питающего напряжения и внешнего неэлектрического воздействия проводимость полупроводниковой структуры (в прямом направлении) и, соответственно, амплитуда протекающего через нее тока, меняются скачком со временем переходного процесса 1-5 мкс. Величина скачка проводимости составляет от единиц до 1000 раз от исходного значения.

Z-эффект обеспечивает:

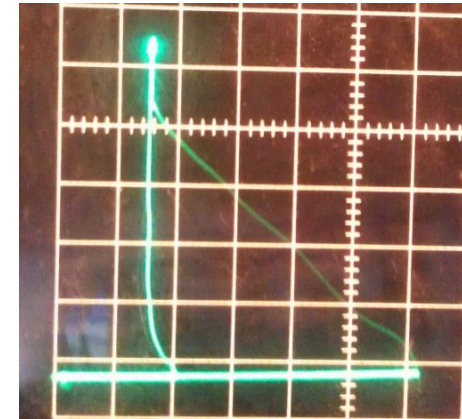
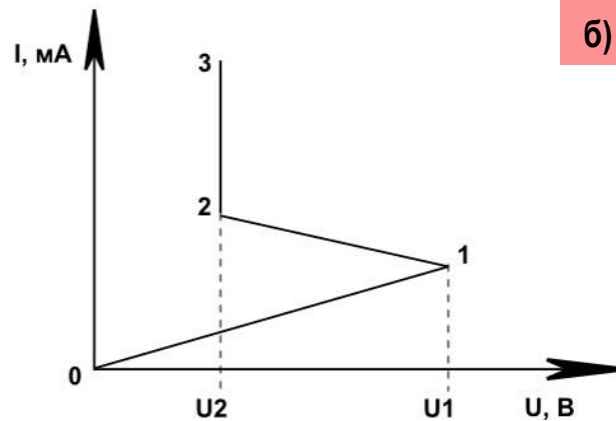
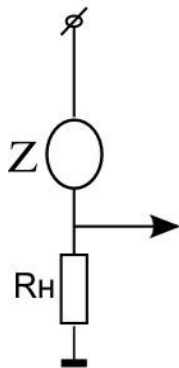
- Частотно импульсный выходной сигнал без дополнительных схем
- Отказ от усилителей и преобразователей выходного сигнала
- Высокую точность и помехозащищенность
- Увеличенный срок службы

Получены модификации структур, чувствительные к следующим типам неэлектрических воздействий:

- световое излучение
- УФ излучение
- магнитное поле
- механическое сжатие
- сила и давление
- тактильное воздействие
- температурное воздействие

На основе данной технологии возможно получение сенсоров, чувствительных и к другим видам воздействий.

СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ Z-СЕНСОРОВ И ВОЛЬТАМПЕРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУР



а) схема включения z-сенсоров, б) общий вид вольтамперной характеристики, в) вид вольтамперной характеристики на характернографе

- Схема включения z-сенсоров **универсальна** для всех типов z-элементов.
- Включенное последовательно к структуре сопротивление служит для ограничения тока и снятия выходного сигнала.
- Внутренняя структура z-элементов такова, что обработка входного неэлектрического воздействия происходит на молекулярном уровне в объеме полупроводника и выходной электрический сигнал не требует дополнительной обработки и усиления.
- Способность структур реагировать на изменение конкретного воздействия достигается технологически, глубиной диффузии и концентрацией диффузанта.

КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА Z-СЕНСОРОВ

- высокая помехозащищенность (помехоустойчивость);
- высокая надежность;
- простота эксплуатации;
- оперативный монтаж и простота замены;
- однозначная зависимость выходной величины от входной;
- стабильность характеристик во времени;
- высокая чувствительность;
- отсутствие обратного воздействия на контролируемый процесс и на контролируемый параметр;
- возможность работы при различных условиях эксплуатации, в том числе в недоступных и труднодоступных местах, а также дистанционно удаленных;
- возможность разных видов корпусирования;
- способность использования одного и того же элемента в различных режимах работы;
- способность реализовать различные режимы работы (амплитудный, частотный, время-импульсный, пороговый и др.) без дополнительных электронных схем;
- удешевление конечной электронной схемы за счет уменьшения элементов схемы.

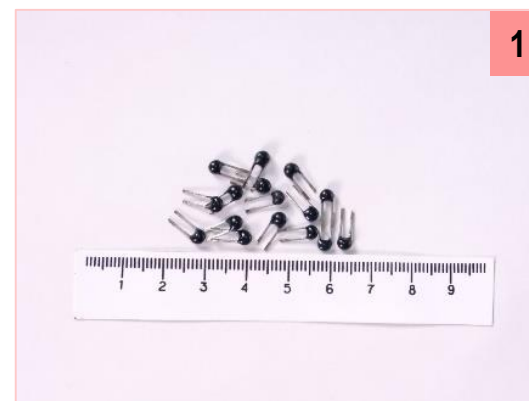
НОВЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ТЕМПЕРАТУРЫ – Z-ТЕРМИСТОРЫ

Характеристики Z-термисторов:

- реагируют на изменение **температуры** в диапазоне $-40\dots+120^{\circ}\text{C}$;
- вырабатывают сигнал управления **без дополнительных электронных схем**;
- **сигнал управления** может быть получен как в аналоговом виде (скачек напряжения, амплитудой несколько Вольт), так и в частотном виде (последовательность импульсов той же амплитуды, частота следования которых пропорциональна температуре);
- могут работать как при питании постоянным **током**, так и переменным с частотой до 30 кГц;
- не требуют экранирования и использования соединительных проводников строго определенной длины;
- **рабочие токи** лежат в пределах от долей до единиц мА;
- **базовые амплитуды питания*** могут быть сделаны (технологически) от 1 до 100 и более Вольт;
- **быстродействие** или время реакции на изменение температуры менее 1 сек;
- **скорость срабатывания** или время переходного процесса из состояния с малым током (до 200 мкА) в состояние с большим током (единицы мА) составляет $2\div 5$ мкс.

* *базовая амплитуда питания* – в данном случае понимается значение амплитуды приложенного к Z-термистору напряжения (+ к р-области) при котором он срабатывает (переходит в состояние с большим током) в условиях стандартной «комнатной температуры» $+20^{\circ}\text{C}$.

Z-термисторы представляют собой кремниевые пластины толщиной менее 1 мм и сторонами 2x2, 1x1 мм., которые заключены в пластмассовый корпус с жесткими выводами (**РИСУНОК 1**), либо снабжены гибкими выводами с покрытием из кремнеорганической смолы (**РИСУНОК 2**).



СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ NTC- И Z-ТЕРМИСТОРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩЕГО СИГНАЛА

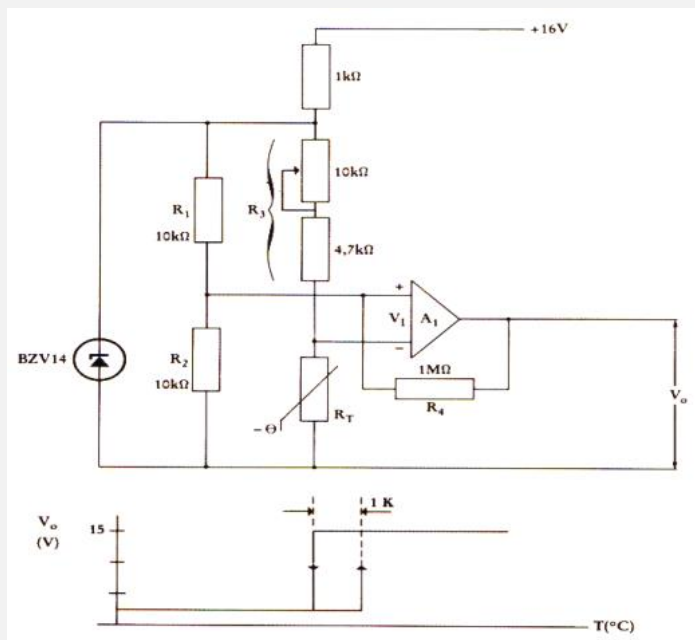


Схема включения NTC-термистора

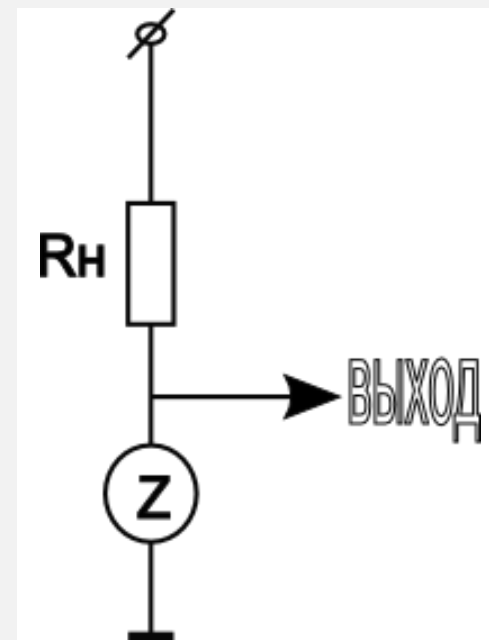


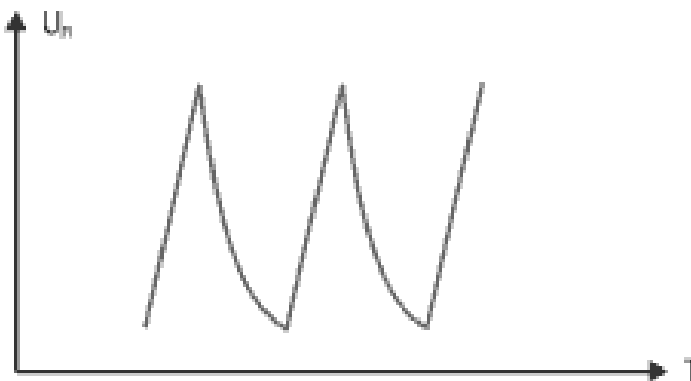
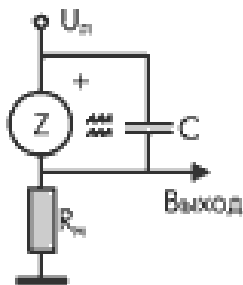
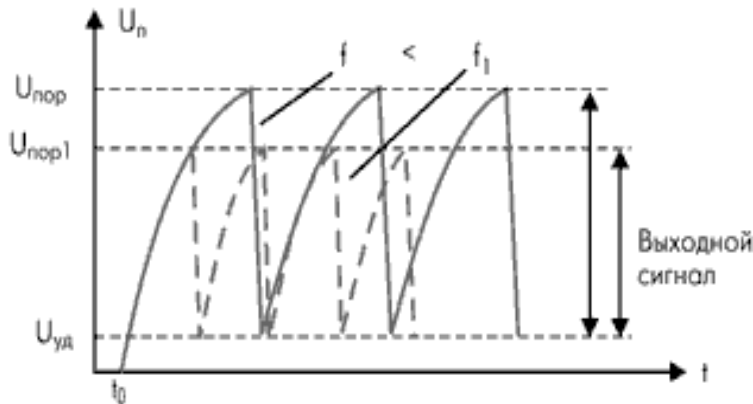
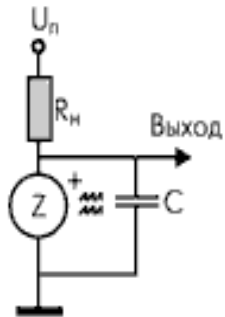
Схема включения z-термистора

В схеме с NTC-термистором наличие большого количества дополнительных элементов (сбалансированный мост Уитстона, усилитель и триггер Шмидта и др.) повышает ее стоимость и добавляет погрешность в измерение.

Работа Z-термистора не требует включения его в сложные дополнительные схемы.

Явление управляемой скачковой проводимости обеспечивает предварительную обработку неэлектрического входного воздействия в объеме кристалла на молекулярном уровне и выходной сигнал управления не требует дополнительного усиления. Схема включения z-термистора включает лишь одно нагрузочное сопротивление для ограничения тока через структуру и съема выходного сигнала.

Z-ТЕРМИСТОРЫ– новый класс температурных сенсоров

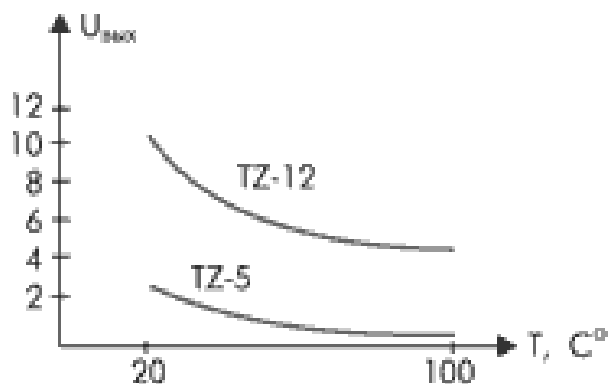


- В ходе изучения z-термисторов была выявлена не только возможность упрощения схем на их основе, но высокая чувствительность сенсоров к контролируемому параметру (температуре) и возможность получения частотно-импульсного выходного сигнала.
- Для реализации частотно-импульсного режима работы z-термистора, параллельно к нему подключается ёмкость C.

ВЫХОДНОЙ СИГНАЛ И ЕГО ПАРАМЕТРЫ

В среднем верхний предел работы подобных структур составляет 110 С. Амплитуда выходного сигнала достигает единиц В и не требует дополнительного усиления для обработки. Частота выходных импульсов варьируется от сотен Гц до десятков кГц. С ростом температуры – частота выходного сигнала растет. Амплитуда с ростом температуры падает.

Графики зависимости амплитуды выходного сигнала (В) от величины температуры (С)



Графики зависимости частоты выходного сигнала (кГц) от величины температуры (С)

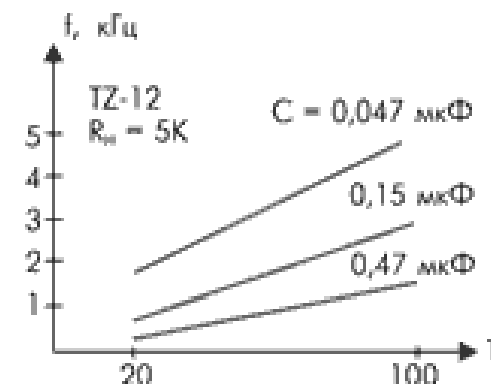
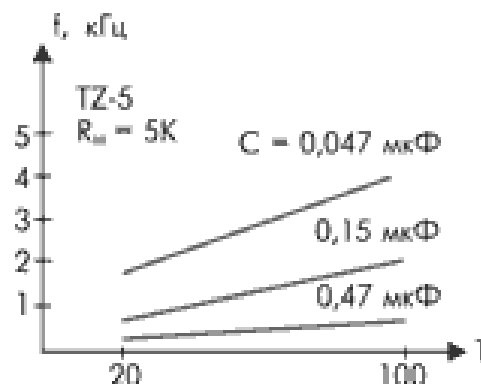
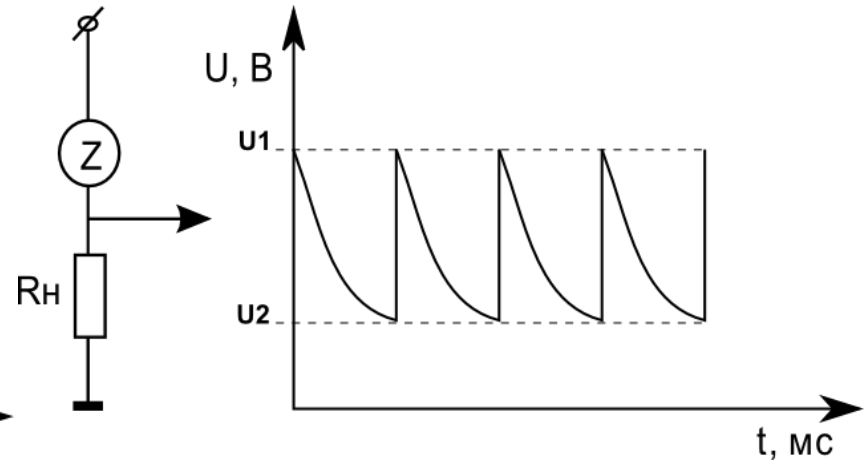
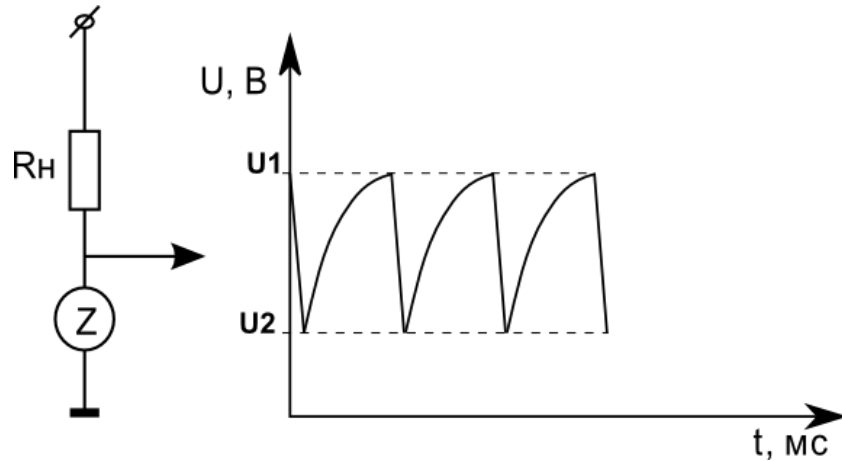


СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ Z-АВТОГЕНЕРАТОРОВ И ВИД ВЫХОДНОГО СИГНАЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ВКЛЮЧЕНИЯ

В одной из модификаций z-сенсоров была выявлена способность структур к самовозбуждению и изменению параметров выходного сигнала в зависимости от изменения определенного внешнего воздействия (z-автогенераторы). В настоящий момент удалось получить термочувствительные автогенераторы. В отличие от z-термисторов для получения частотно-импульсного выходного сигнала в схему включения указанных структур не требуется подключать дополнительную емкость.



Характер выходного сигнала зависит от подключения нагрузочного сопротивления относительно z-автогенератора.

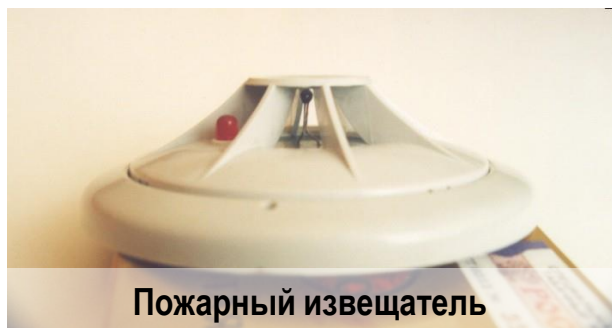
СРАВНЕНИЕ Z-ТЕРМИСТОРА И NTC-ТЕРМИСТОРА

Сравнительная таблица возможностей Z-термистора и NTC-термистора без использования дополнительных электронных схем усиления и обработки сигнала

Показатель	Z-термистор	NTC-термистор
Возможность получения частотно-импульсного выходного сигнала	да	нет
Возможность работы в режиме теплового реле	да	нет
Возможность использования без балансирующих схем	да	нет
Независимость работы элемента от длины провода при монтаже для дистанционных измерений	да	нет
Возможность использовать одного и того же элемента в различных режимах (ЧИ, пороговый)	да	нет
Возможность монтажа каскада элементов в одной схеме	да	нет
Помехозащищенность	да	нет
Быстродействие <1 с	да	нет данных
Рассеиваемая мощность <100 мВт	да	да
Диапазон температур	-40...+120°C	-50...+150°C
Стабильность во времени	да	да

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ Z-ТЕРМИСТОРА

- современные инженерные системы (*промышленные, транспортные, складские ландшафтные, больничные, гостиничные, курортные, спортивные комплексы, большие здания и офисные комплексы, коттеджи и т. д.*)
- бытовая и сельскохозяйственная техника
- медицинское оборудование различной сложности
- противопожарное и отопительное оборудование
- системы безопасности
- автомобильная промышленность
- система контроля с жесткими ограничениями по размеру и количеству комплектующих
- системы «Умный дом»



ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ВНЕШНИХ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ

Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (РФЯЦ-ВНИИЭФ) провел исследования влияния механических, магнитных, барометрических и температурных воздействий на характеристики датчиков температуры с L-образной ВАХ (т.е. z-сенсоров), работа которых основана на новом физическом принципе – явлении управляемой скачкообразной проводимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ (май, 2014):

1. На основе экспериментальных данных* выявлено, что воздействие по отдельности внешних дестабилизирующих факторов

- линейного ускорения с амплитудой равной 150g и скоростью набора (5-7)g/c;
- широкополосной случайной вибрации, действующей в полосе частот от 20 Гц до 2000Гц со средним квадратичным значением амплитуды ускорения равной 5 g.
- постоянного магнитного поля с вектором индукции равным 0,81Тл;
- повышенного 2280 мм. рт. ст. (Затм) и пониженного 5мм.рт.ст. давления

не оказывают влияния на изменение величин основных характеристик сенсоров и не изменяют вид ВАХ (сохранялась пороговая функция).

2. Экспериментально подтвержден факт **чувствительности** исследуемых датчиков к **строго определенному виду воздействия**, в данном случае только к тепловому.

3. При воздействии дестабилизирующих факторов **изменение амплитудных значений** измеряемых величин друг относительно друга **не превышает $\pm 2,5\%$** .

4. **Точность измерения температуры была не хуже чем 0,5 Град. С.**

* Экспериментальные данные получены при работе исследуемых сенсоров в пороговом режиме.

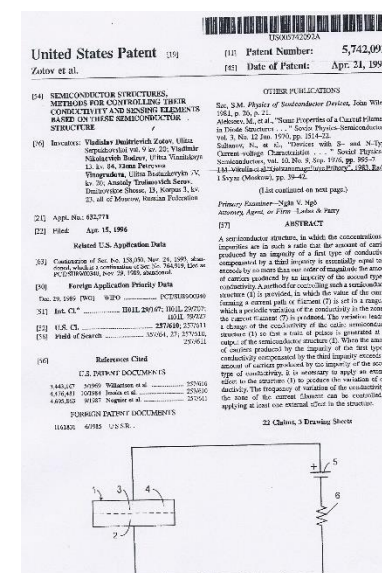
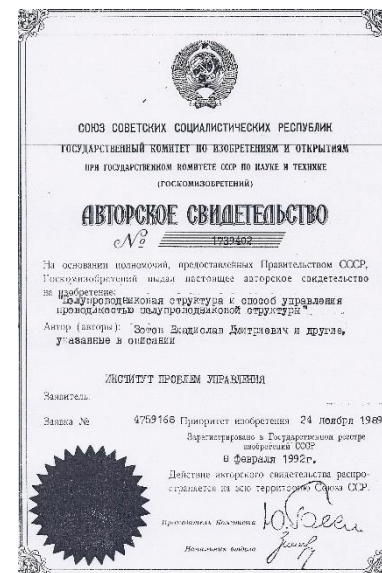
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ

Полупроводниковая структура и способ управления проводимостью полупроводниковой структурой, Зотов В. Д. и др., А.С. СССР №1739402

Semiconductor structures, methods for controlling their conductivity and sensing elements, based on these semiconductor structures, Zotov V.D. and etc., Patent of USA № 5,742,092

Тепловой пожарный извещатель на z-термисторе, Зотов В.Д., Миронов К.Н., Миронова П.В., Патент на полезную модель № 124419

Преобразователь температуры на Z-автогенераторе, Зотов В.Д., Миронова П.В, заявка на Патент № 2012117622/28(026583)





СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

ООО «Сенсор»
430034, Республика Мордовия,
г. Саранск, ул. Лодыгина, 3
e-mail: polamir79@gmail.com