

Z-сенсоры – перспективное направление развития полупроводниковой микроэлектроники

Владислав Зотов, Полина Миронова (Москва)

В статье рассмотрены состояние и перспективы роста мирового рынка полупроводников, предложено новое направление развития полупроводниковой микроэлектроники и определены области применения представленных элементов.

Мировой рынок полупроводников

В последние годы рынок полупроводниковой микроэлектроники испытывает непрерывный рост (см. рис. 1). Это связано в первую очередь с ростом спроса на потребительскую технику (бытовую, компьютерную и т.п.). По оценкам исследовательской компании Gartner, специализирующейся на рынках информационных технологий, в 2011 году на мировой рынок было поставлено полупроводниковых микросхем на \$302 млрд. По оценке Gartner, основным фактором роста потре-

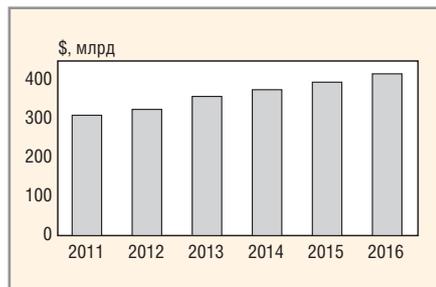


Рис. 1. Прогноз доходов мирового рынка полупроводников. (Источник: IHS iSuppli, апрель 2012 г.)

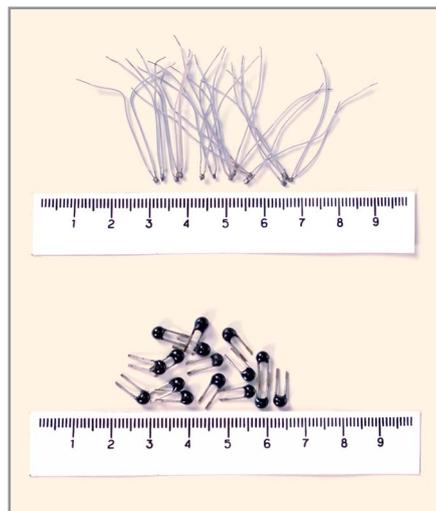


Рис. 2. Z-сенсоры в различных корпусах

ния полупроводниковых комплектующих в мире было увеличение производства смартфонов и планшетных компьютеров [1].

Основными потребителями полупроводниковой продукции стали компании – производители современных средств связи (см. табл. 1). Ввиду растущего спроса на технические средства эксперты рассчитывают, что в 2013 году выручка в сегменте полупроводников увеличится на 6,9%, или до \$330 млрд.

До недавнего времени развитие полупроводниковой отрасли шло по

пути, описанному Гордоном Муром, основателем корпорации Intel. Конкурентная борьба между компаниями-производителями велась не в сфере инновационных разработок, а в области миниатюризации элементов. Однако время показало, что подобный подход в корне неверен и ведёт к усложнению и удорожанию производства, невозможности дальнейшего уменьшения размеров элементов ввиду достижения атомарного уровня.

Единственно верным путём развития полупроводниковой отрасли является внедрение и использование инновационных разработок. Лишь использование новых физических принципов в полупроводниках способно совершить очередной прорыв в отрасли.

Для большинства производителей электроники настало время прекратить погоню за всё меньшими нормами проектирования, воспользовавшись подходом, который получил название More-than-Moore («больше, чем Мур»). Международный комитет International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS) разработал план, в соответствии с которым ряд медицинских, транспортных приложений и систем управления электропитанием будет совершенствоваться в соответствии с принципом More-than-Moore, а не за счёт дальнейшей миниатюризации полупроводников.

Z-сенсоры – перспективы п/п микроэлектроники

В лаборатории сенсоров и сенсорных систем Института проблем управления РАН была разработана технология получения полупроводниковых структур с уникальными физическими свойствами. Физическое явление, обнаруженное в структурах, называется управляемой скачковой проводимостью. Оно получило признание мировой научной общественности и известно также как Z-эффект. Открытое явление позволяет реализовать широ-

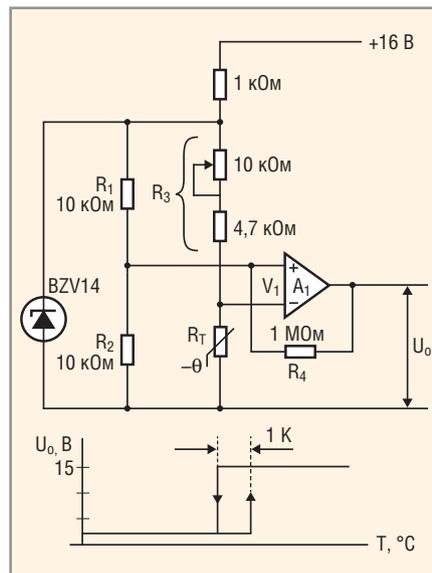


Рис. 3. Схема включения NTC-термистора для получения управляющего сигнала

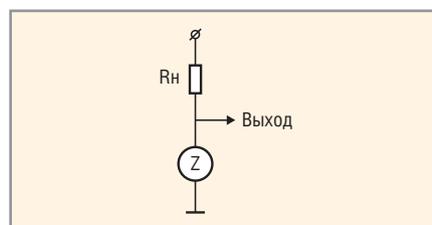


Рис. 4. Схема включения Z-термистора для получения управляющего сигнала

кую гамму элементов, обладающих высокой чувствительностью к внешним воздействиям. Они, в свою очередь, получили известность как Z-сенсоры.

Применение элемента в схеме является простым и универсальным для всех типов Z-сенсоров (см. рис. 2). Для работы сенсора достаточно использования одного нагрузочного сопротивления, тогда как широко используемые в настоящее время полупроводниковые элементы требуют громоздкой и сложной в настройке схемы.

В качестве примера рассмотрим термочувствительный элемент, NTC-термистор (резистор с отрицательным ТКС). Его широко используют для контроля температуры в автомобильной, бытовой и другой технике. Для эффективной работы NTC-термистор должен быть встроен в сбалансированный мост Уитстона (см. рис. 3). Выходной сигнал моста необходимо усилить и пропустить через триггер Шмитта для получения управляющего сигнала (скачка напряжения). Наличие такого количества дополнительных элементов в схеме повышает стоимость схемы и добавляет погрешность в измерение.

Работа Z-термистора, напротив, не требует дополнительных схем усиления и преобразования для получения сигнала управления. Явление управляемой скачковой проводимости обеспечивает предварительную обработку неэлектрического входного воздействия в объеме кристалла на молекулярном уровне, и выходной сигнал не требует дополнительного усиления и преобразования. Схема включения Z-термистора для аналогичных целей получения сигнала управления включает в себя лишь одно нагрузочное сопротивление, служащее для ограничения тока через структуру и съема выходного сигнала (см. рис. 4).

В таблице 2 приведено сравнение возможностей Z-термистора и NTC-термистора без использования дополнительных электронных схем усиления и обработки сигнала. Таблица наглядно демонстрирует преимущества использования элементов, построенных на Z-эффекте.

УПРАВЛЯЕМАЯ СКАЧКОВАЯ ПРОВОДИМОСТЬ

Уникальность свойств Z-сенсоров обусловлена физическим явлением

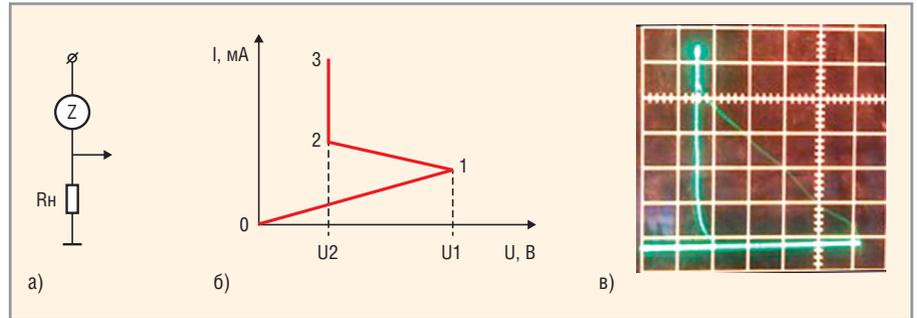


Рис. 5. Z-сенсор

а) схема включения; б) общий вид ВАХ; в) вид ВАХ на экране характериографа

управляемой скачковой проводимости. На рисунке 5 показана схема включения типового Z-сенсора и вольтамперная характеристика (ВАХ) полупроводниковой структуры. Схема включения является универсальной для всех типов Z-элементов. Способность структур реагировать на изменение конкретного типа внешнего неэлектрического воздействия достигается технологическим путём (глубиной диффузии, концентрацией примеси и др.).

Вольтамперная характеристика структур имеет так называемый L-образный вид (см. рис. 5б). Участок 0–1 характеристики отражает поведение структуры в начальный момент времени, т.е. до перехода структуры в состояние со шнуром тока под воздействием внешнего контролируемого воздействия (температуры, магнитного поля и т.д.). При достижении питающим напряжением величины 1, достаточной для выброса электронов из запрещён-

ной зоны в зону проводимости, или при изменении внешних условий (контролируемого воздействия) происходит переход 1–2–3 структуры в устойчивое состояние со шнуром тока, точка 3. Сопротивление структуры резко падает, и протекающий через неё ток резко возрастает (до нескольких миллиампер). Время перехода структуры из одного устойчивого состояния в другое не превышает 1...2 мкс.

На текущий момент уже 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 разработанной технологии возможна реализация датчиков, чувствительных и к другим видам воздействий.

Разработка лаборатории получила высокие оценки и экспертные заклю-

чения специалистов в области полупроводниковой микроэлектроники в разных странах. Результаты работы докладывались на международных и российских выставках, где получили признание научного сообщества. Авторами получены патенты в России и США [2, 3].

КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА Z-СЕНСОРОВ

Однозначно можно выявить ряд неоспоримых преимуществ внедрения в различные отрасли производства технических средств Z-сенсоров [4–6]:

- высокую помехозащищённость (помехоустойчивость);
- высокую надёжность;
- простоту эксплуатации;
- оперативный монтаж и простоту замены;

- однозначную зависимость выходной величины от входной;
- стабильность характеристик во времени;
- высокую чувствительность;
- отсутствие обратного воздействия на контролируемый процесс и на контролируемый параметр;
- возможность работы при различных условиях эксплуатации, в том числе в труднодоступных и удалённых местах;
- возможность разных видов корпусирования;
- способность использования одного и того же элемента в различных режимах работы, таких как амплитудный, частотный, время-импульсный и пороговый без дополнительных электронных схем;
- удешевление конечной электронной схемы за счёт уменьшения количества элементов.

Таблица 1. Крупнейшие компании – потребители полупроводников в 2011 году. (Источник: Gartner)

Позиция на рынке в 2010 г.	Позиция на рынке в 2011 г.	Компания	Объём потребления в 2010 г. (\$ млрд)	Объём потребления в 2011 г. (\$ млрд)	Рост 2010/2011 гг., %	Доля рынка в 2011 г., %
3	1	Apple	12,819	17,257	34,6	5,7
2	2	Samsung	15,272	16,681	9,2	5,5
1	3	HP	17,585	16,618	-5,5	5,5
5	4	Dell	10,497	9,792	-6,7	3,2
4	5	Nokia*	11,318	9,042	-20,1	3,0
6	6	Sony*	9,020	8,210	-9,0	2,7
7	7	Toshiba	7,77	7,589	-2,3	2,5
10	8	Lenovo	6,091	7,537	23,7	2,5
8	9	LG	6,74	6,645	-1,4	2,2
9	10	Panasonic	6,704	6,267	-6,5	2,1
		Другие	195,552	196,413	0,4	65,0
		Всего	299,364	302,051	0,9	100

* Без учёта Nokia Siemens Network и Sony Ericsson

Таблица 2. Сравнительная таблица Z-термистора и NTC-термистора по применению

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

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА Z-СЕНСОРОВ

Еще одним преимуществом Z-сенсоров можно считать и тот факт, что организовать их серийное производство можно на действующем предприятии по производству полупроводников. Единственным условием организации производства является соблюдение конфиденциальности и охраны интеллектуальной собственности. Кроме того, нет необходимости в организации сверхчистого производства. Стоимость элементов при промышленном производстве не будет превышать стоимости аналогичных элементов, что позволит свободно конкурировать на рынке полупроводников.

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ

Многолетние исследования рынка полупроводников определили спектр основных потребителей Z-сенсоров. Это современные инженерные системы (в промышленных, транспортных, складских, ландшафтных, больших зданиях и офисных комплексах; коттеджах и т.д.), бытовая и сельскохозяйственная техника, медицинское, противопожарное и отопительное оборудование, системы безопасности и т.п. Наиболее перспективными направлениями являются автомобильная промышленность и системы «Умный дом».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Стельмах С.* Мировой рынок полупроводников в 2011–2012 гг. PCWEEK Live, 22.02.2012.
2. *Зотов В.Д. и др.* Полупроводниковая структура и способ управления проводимостью полупроводниковой структурой. АС СССР № 1739402.
3. *Zotov V.D. and et al.*, Semiconductor structures, methods for controlling their conductivity and sensing elements, based on these semiconductor structures. Patent USA № 5,742,092.
4. *Зотов В.* Полупроводниковые многофункциональные сенсоры широкого применения (Z-сенсоры). Chip News, № 4, 1998, С. 22–29.
5. *Зотов В., Кравченко А., Миронова П.* Z-термисторы в режиме генератора импульсов. Chip News, № 1, 2001.
6. *Зотов В., Виноградова Е., Миронова П.* Аналитические исследования параметров Z-термисторов. Chip News, № 3, 2004. 

Новости мира News of the World Новости мира

Хроника электронной жизни от ecworld.ru

Аналитическая компания EuroPartners Consultants, вот уже 23 года отслеживающая европейский рынок дистрибуции электронных компонентов, выпустила очередной Отчёт по итогам 2012 года. В его российской главе представлены данные за последние 4 года по 36 дистрибьюторам, как отечественным, так и глобальным. Там российского рынка оценивается в \$3 млрд, причём доля дистрибьюторов (DTAM) составляет 64%. С условиями заказа Отчёта по России или полного европейского можно ознакомиться на сайте www.europartners-russia.ru.

По данным аналитической компании Silicon Expert, только 27% мирового объёма ЭК в наши дни не соответствует директиве RoHS. Причём самый большой процент несоответствия приходится на долю конденсаторов (46%), затем следуют резисторы (42%) и дискретные компоненты (39%). Самое хорошее положение у кварцев – 1% несоответствия RoHS. В ближайшие годы ожидается ужесточение директивы – переход на RoHS2.

Консолидация производителей разъемов привела к заметному росту доли Top-10 – в 2012 году она достигла 59,8% (всего 39,7%

было в 1980 году) от всего объёма рынка. Эти данные можно почерпнуть из очередного рейтинга, представленного аналитической компанией Bishop&Associates. Действительно, заметные M&A сделки имели место в 2011–2012 гг.: TE Connectivity приобрела немецкого производителя разъемов Deutsch, Amphenol купил немецкую фирму FER, а французская FCI продала свой бизнес автомобильных соединителей компании Delphi Interconnected. В результате последней сделки FCI уступила своё место в Top-10 японской компании Sumitomo.

www.ecworld.ru

Минпромторг России: микрочипы в автомерах

Минпромторг России намерен представить предложения по обязательному использованию в автомобильных номерах микрочипов с технологией радиочастотной идентификации (RFID) в соответствии с распоряжением Председателя Правительства Российской Федерации Дмитрия Медведева, которое он дал по итогам заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России.

По мнению специалистов Минпромторга России, рынок RFID-систем в России находится в процессе становления, так что предложение в этом сегменте существенно превышает спрос. По этой причине отечественный рынок RFID-систем развивается опережающими темпами.

Научно-исследовательский институт молекулярной электроники (НИИМЭ) и завод «Микрон» производят карточки для московского метрополитена.

В настоящее время в Санкт-Петербурге создаётся серийное производство приборов и систем радиочастотной идентификации (RFID). Инициатором проекта является ОАО «Авангард». Начало выпуска готовой продукции намечено на конец 2013 года. Линия будет специализироваться на производстве систем радиочастотной идентификации для нужд автомобильной промышленности. Основной особенностью данного проекта является использование экологически безопасных поверхностных акустических волн, а также повышенная износостойкость оборудования, которое будет устанавливаться в автомобильные номера.

www.minpromtorg.gov.ru