

ТЕРМОКОЖУХИ ДЛЯ ВИДЕОКАМЕР: ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ И КРИТЕРИИ ВЫБОРА



О.В. Вовк,
канд. техн. наук,
ООО «Аи-Видео»

Согласно классическому определению, данному д.т.н. К.В. Шалимовой, «полупроводники — это такие материалы, которые при комнатной температуре имеют удельную проводимость в интервале от 10^{-10} до 10^4 Ом $^{-1}$ см $^{-1}$, зависящую в сильной степени от структуры вещества, вида и количества примеси и от внешних условий: температуры, освещения, облучения ядерными частицами, электрического и магнитных полей» (К. В. Шалимова. «Физика полупроводников», М., Энергоатомиздат, 1985 г.). То есть, по своей природе полупроводники значительно меняют параметры под действием температур. Другое дело, например, вибрационные датчики, чувствительный элемент которых (пьезоэлектрический датчик, преобразующий механические вибрации в переменный электрический сигнал) фактически не чувствителен к перепаду температур. В настоящее время ученые из испанского исследовательского центра GAIKER разработали аморфные пьезоэлектрические полимеры, которые способны работать при очень высоких температурах. Эти полимеры сохраняют свои пьезоэ-

В российских климатических условиях одной из наиболее актуальных задач является обеспечение работоспособности технических средств охраны при пониженных температурах. В первую очередь, это относится к камерам видеонаблюдения, в которых не только электроника блока обработки, но и рабочий чувствительный элемент — матрица выполнены из полупроводниковых материалов.

лектрические свойства при температурах до $+150$ °С и не разрушаются даже при нагревании свыше $+400$ °С.

О таких температурах не может быть и речи при работе полупроводниковых приборов. Фоточувствительные полупроводниковые приемники, преобразующие оптические сигналы в электрические, весьма чувствительны к перепаду температур на несколько градусов по сравнению с комнатной температурой. Поэтому в описаниях камер видеонаблюдения приводится температурный диапазон их функционирования.

На рис. 1. приведены графики зависимости изменения удельного сопротивления металлов и полупроводников. Видно, что при значительном изменении температуры, удельное сопротивление

металлов меняется на несколько единиц, а полупроводников — на несколько порядков.

Надо обратить внимание, что при понижении температур также падает и уровень шумов, токов утечки, темновых токов фотоприемников и других факторов, ухудшающих полезные характеристики как фоточувствительных элементов (всем хорошо известен такой параметр камер сигнал/шум), так и микросхем. Вообще, при пониженных температурах видеокамеры должны работать лучше, чем при нормальных температурах. Однако, при низких температурах растрескиваются клеи и лаки, применяемые в полупроводниковой электронике. Это приводит к необходимости использовать всем широко известные термокожухи, которые мы и обсудим в этой статье.

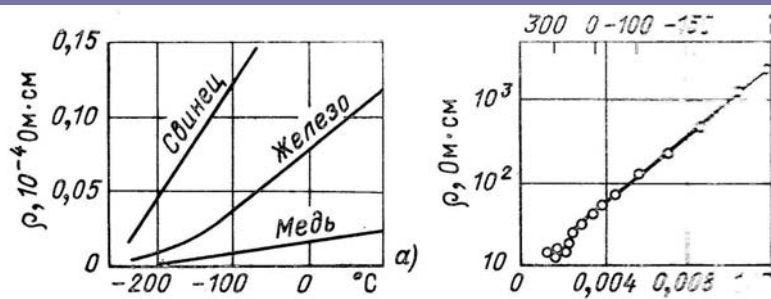


Рис. 1. Зависимость удельного сопротивления металлов (а) и кремния (б) от температуры

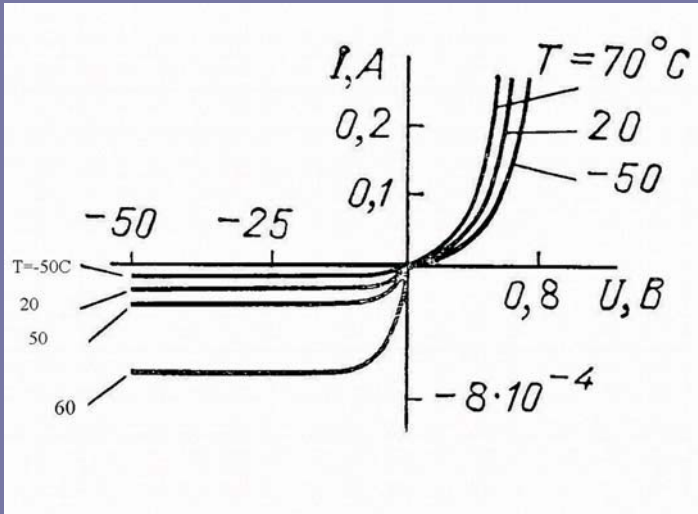


Рис. 2. Вольт-амперные характеристики германиевого р-п-перехода при различных температурах

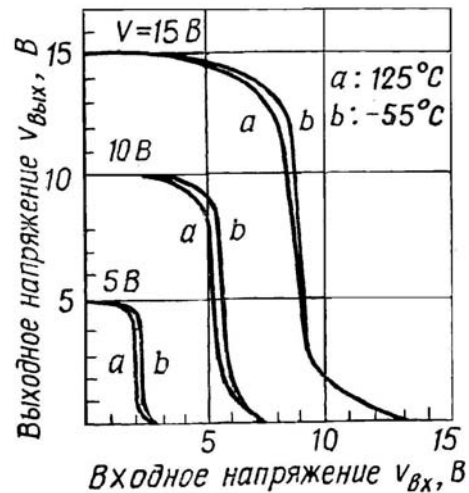


Рис. 3. Передаточная характеристика КМОП-ячейки.

Подробнее хотелось бы остановиться на работе видеокамер при повышенных температурах. Как уже отмечалось, повышение температуры приводит к возрастанию шумов, токов утечки, темновых токов, что, в свою очередь, ухудшает полезный сигнал, а также уменьшает быстродействие полупроводниковой аппаратуры.

На рис. 2 показано изменение вольт-амперной характеристики р-п перехода в зависимости от температуры. Из рисунка видно, что при температуре -50°C обратный ток минимален. А при температуре $+60^{\circ}\text{C}$ обратный ток становится соизмерим с прямым током, то есть р-п переход фактически теряет свои выпрямляющие свойства.

Очень чувствительны к изменениям температуры матрицы на основе приборов с зарядовой связью. Как известно, в ПЗС происходит перенос заряженного пакета под действием электрического поля, создаваемого между соседними элементами. В процессе перемещения заряженного пакета происходит его искажение — шумы. Искажения обусловлены термогенерацией неосновных носителей в обедненной области, термогенерацией носителей на поверхности, диффузией неосновных носителей из объема проводника. Интенсивность этих процессов возрастает с увеличением температур. Поэтому, повышение температур суще-

ственно ухудшает качество сигнала, поступающего с ПЗС-матриц. Исключить эти эффекты нельзя, так как они обусловлены принципом работы ПЗС-матриц.

Несколько иная картина наблюдается для КМОП-матриц. Как известно, комплементарная МОП-ячейка состоит из двух встречно включенных транзисторов п- и р-типа. При подаче на их вход высокого напряжения р-транзистор запирается, а п-транзистор открывается. При подаче низкого напряжения — наоборот. То есть, один из транзисторов открыт, а другой закрыт. Поэтому, ток через них не проникает отсутствует. Следовательно, если входной сигнал не меняется, потребляемая статическая мощность равна произведению напряжения источника питания и очень маленького тока, протекающего через закрытый МОП-транзистор. При изменении сигнала динамическая мощность пропорциональна напряжению питания, паразитной емкости и частоте. Поэтому, для низкочастотных сигналов она тоже не велика. Помимо чрезвычайно низкой потребляемой мощности, КМОП-схемы обладают уникальными свойством независимости от флуктуаций напряжения источника питания, шумов и колебаний температуры. Типичная зависимость между выходным и входным напряжениями КМОП-ячейки (передаточная характеристика) при

различных значениях температур и напряжения источника показана на рис. 3. Кривые имеют очень незначительные различия в широком диапазоне температур. Поэтому, КМОП-матрицы весьма устойчивы к перепаду температур.

Описанные особенности работы полупроводниковых приборов необходимо учитывать при выборе аппаратуры для функционирования на конкретном объекте.

Видеокамеры, изготовленные на основе КМОП-матриц, будут демонстрировать более качественное изображение при повышенных температурах, чем видеокамеры на основе ПЗС-матриц. И хотя для всех камер видеонаблюдения указывается их температурный диапазон функционирования, остается в стороне вопрос, каково будет качество изображения, поступающего с камеры при верхнем температурном диапазоне. Естественно, что при $+40^{\circ}\text{C}$ это изображение будет хуже, чем при $+20^{\circ}\text{C}$. Просто при верхнем температурном диапазоне электроника камеры еще не теряет своей работоспособности как из-за обратимых описанных изменений параметров полупроводников, вызванных действием повышенных температур, так и при необратимых, за счет растекания клея и лака.

Обсуждая организацию видеонаблюдения при различных температурах, хотелось бы отметить еще

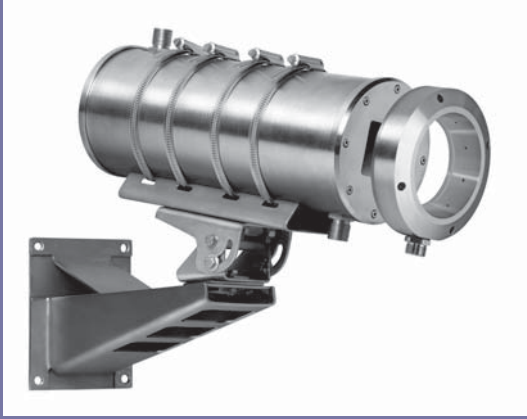


Рис. 4. Термокожух Water Colled фирмы Wizerbox



Рис. 5. Термокожух Explosion Proof фирмы Wizerbox

один интересный факт. При работе при пониженных температурах часто за счет разницы температур внутри и снаружи в термокожухе запотевают смотровое стекло. Для борьбы с этим применяются термокожухи с внутренней вентиляцией. Немецкая фирма Mobotix AG используя КМОП-матрицы, устойчивые к температурным воздействиям, разработала видеокamеры, которые способны функционировать без термокожухов в диапазоне температур от -30°C до $+60^{\circ}\text{C}$. Электроника размещена в корпусе класса защиты IP 67 из особо прочной пластмассы. За счет того, что КМОП-структуры потребляют очень малую мощность, (около 10 мВт), внутренние элементы камеры не нагреваются, конденсат не выпадает и камера успешно функционирует без термокожуха и вентиляции, без запотевания входного стекла. Это очень выгодно и удобно. Однако, это фактически единственный случай конструирования термокамеры, когда обеспечение возможности работы в широком температурном диапазоне и различных климатических и внешних условиях достигнуто без применения термокожухов. Кроме того, благодаря низкой потребляемой мощности питание камер Mobotix, как и многих других осуществляется по технологии Power Over Ethernet (PoE).

Термокожухи, предлагаемые производителями для современных систем видеонаблюдения, обеспечивают включение вентиляции вну-

три кожуха, когда температура внутри кожуха достигает $+35^{\circ}\text{C}$. В результате вентиляции температура понижается до $+30^{\circ}\text{C}$. Эта температура отличается от оптимальной, пот которой видеокamеры функционируют оптимально. Но даже при таких технических возможностях термокожухов, инсталляторам, устанавливающим камеры для функционирования, в том числе летом, над городской площадью, рекомендуется все же применять термокожухи с вентиляцией.

Конечно, существуют технические возможности обеспечивать комнатную температуру для оптимального функционирования видеокamер. Например, для суперточных систем наблюдения, в составе ИК — тепловизионной аппаратуры в прицелах и приборах ночного видения применяют криогенные машины Сплит-Стилинга. Однако, на настоящем этапе развития систем видеонаблюдения, это достаточно дорогая задача для современного рынка видеонаблюдения.

Уже упомянутая российская компания Wizerbox из г. Саров предложила термокожух для обеспечения функционирования видеокamер с IP-выходом при температурах до $+400^{\circ}\text{C}$. Этот термокожух функционирует следующим образом: регулируемый поток холодной воды подается через нижний присоединительный штуцер; протекая по внутренней полости, вода охлаждает кожух и установленное в нем оборудование; выход нагретой воды осуществляется через верхний

присоединительный штуцер, что обеспечивает гарантированное заполнение всего объема.

Регулировка потока охлаждающей жидкости возможна двумя способами:

- ручная, установкой дросселирующей шайбы (сечение отверстия подбирается опытным путем);
- ручная, при помощи вентиля (разумеется, эта конструкция является очень громоздкой, требует отвода и подвода воды).

В этом кожухе предусмотрен датчик аварийного режима, который отключает все электрооборудование кожуха при достижении критической температуры. Одновременно это является индикатором аварийного состояния кожуха. Этот термокожух обеспечивает степень защиты IP66 (полная защита от пыли; защита от водяных струй с любых направлений), а также агрессивных сред. Кожух представлен на рисунке 4. В комплект поставки термокожуха входит пневматическая бленда, разработанная с целью предотвращения загрязнения смотрового стекла, путем создания перед стеклом избыточного давления воздуха, препятствующего образованию отложений пыли и грязи. Дополнительно она способствует отводу тепла от смотрового окна. Стоимость этого термокожуха около 100 тысяч рублей.

На российском рынке применяются в основном термокожухи для защиты от пониженных температур до -60°C , верхний диапазон повышенных температур $+40^{\circ}\text{C}$. Воз-

можно, это связано с недооценкой того, как ухудшается качество изображения при повышенных температурах, дороговизной кожухов для повышенных температур и незначительным сезонным интервалом воздействия этих температур. В России применяются для таких задач, в основном, поворотные камеры в сборке, например, SBO-203P, а не термокожухи.

Обычно, для поддержания постоянной температуры внутри термокожухов устанавливаются нагревательный элемент мощностью около 30 Вт, термокожух также оснащают термостатом. Нагреватель включается тогда, когда температура внутри термокожуха опускается ниже определенной температуры и выключается при температуре около 20°C.

Некоторые производители, например «Полисет СБ», в термокожухах марки «Нововидео» NVH-212 на основе металлопластика с низкой теплопроводностью в качестве нагревательного элемента применяют углекислотную нить. В результате этого существенно снижается мощность потребляемой энергии (5 Вт). Такую нить легко расположить по периметру стекла, это обеспечивает равномерное распределение тепла. Нить рассчитана на длительный срок эксплуатации. Кроме того, снижается вес изделия, благодаря тому, что углекислотная нить позволяет обойтись без радиатора. Класс защиты таких термокожухов IP 67, а цена весьма демократична — около одной тысячи рублей.

Температуру включения нагревательного элемента надо согласовывать с температурным диапазо-

Таблица классов защиты IP

Первая цифра (X) — защита от твердых предметов		Вторая цифра (Y) — защита от попадания жидкости	
0	Защита отсутствует	0	Защита отсутствует
1	Защита от твердых предметов размером более 50 мм	1	Защита от капель воды, падающих вертикально
2	Защита от твердых предметов размером более 12 мм	2	Защита от капель воды, падающих под углом 15° к вертикали
3	Защита от твердых предметов размером более 2,5 мм	3	Защита от капель воды, падающих под углом до 60° к вертикали
4	Защита от твердых предметов размером более 1 мм (защита от песка)	4	Защита от водяных брызг
5	Защита от накопления пыли	5	Защита от водяных брызг под давлением
6	Полная защита от пыли	6	Защита от волн
		7	Защита от погружения в воду на глубину не более 1 м
		8	Защита от погружения в воду определенную глубину (глубина указывается дополнительно, м)

ном видеокамеры для исключения лишних затрат. Иногда в термокожухах предусмотрена возможность установки дополнительного нагревателя. Как уже упоминалось, внутри кожуха бывает установлен вентилятор, который обычно включается при +35°C и выключается при +30°C. Часто к кожухам поставляются противоударные и незапотевающие стекла.

Кожухи также защищают камеры от влаги и пыли. Степень этой защиты характеризуется индексом класса защиты IP (International Protect). Он кодируется двухзначным (или трехзначным) числом, каждая из цифр которого указывает (по условленной шкале) степень допустимого внешнего воздействия на данное изделие. На-

звание норматива имеет вид IP XY, где первая цифра X указывает степень защиты от пыли и поражения электрическим током, а вторая Y — от воды (см. Таблицу).

Российская фирма Wizerbox предлагает линейку термокожухов для работы в особо неблагоприятных условиях. На рисунке 5 представлен термокожух для защиты видеокамер систем видеонаблюдения с фиксированным, вариообъективом или трансфокатором от неблагоприятных воздействий окружающей среды в условиях взрыво- и пожароопасных зон внутри и вне помещений. В комплект поставки термокожуха входит пневматическая бленда, разработанная с целью предотвращения загрязнения смотрового стекла. Это достигается путем создания перед стеклом избыточного давления воздуха, что препятствует образованию отложений пыли и грязи. Стоимость такого термокожуха около 100 тысяч рублей.

На рисунке 6 представлен всепогодный низкотемпературный термокожух с очистителем стекла. На рисунке 7 представлен радиационно-стойкий термокожух для защиты видеокамеры от воздействия радиоактивного излучения. В этом термокожухе видеокамера устанавливается вертикально, что исключает прямое попадание радиоактивного



Рис. 6. Термокожух All Weather фирмы Wizerbox



Рис. 7. Термокожух Radiation Proof фирмы Wizerbox



Рис. 8. Размещение видеокamеры в стандартном термокожухе ($-25^{\circ}\text{C} \dots +40^{\circ}\text{C}$)

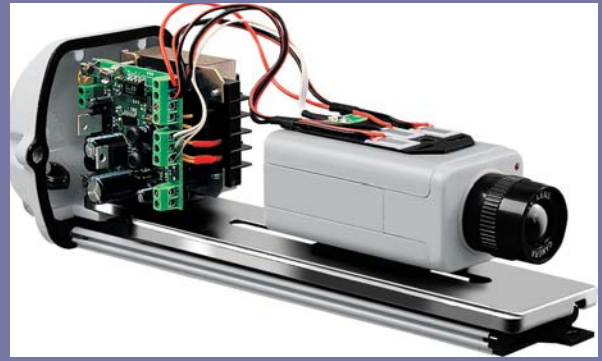


Рис. 9. Термокожух для работы при пониженных температурах ($-60^{\circ}\text{C} \dots +40^{\circ}\text{C}$)

излучения на фоточувствительную матрицу за счет излома оптической оси при помощи зеркал. Сама видеокamera помещена в свинцовую оболочку. Стоимость такого термокожуха более 60 тысяч рублей.

Повторяя форму видеокamеры, стандартные термокожухи имеют различные геометрические формы и различный набор функций. На Рис. 8 представлено размещение камеры в стандартном термокожухе. Подобный термокожух стоит около 1,5 тыс. рублей и обеспечивает работу камер при температурах $-25^{\circ}\text{C} \dots +40^{\circ}\text{C}$.

На Рис. 9 представлено внутреннее устройство термокожуха, обеспечивающего работу при температурах $-60^{\circ}\text{C} \dots +40^{\circ}\text{C}$. Такой термокожух имеет герметизирующие прокладки, непосредственный обогрев стекла по периметру, контроль и поддержание температуры непосредственно телекамеры, безаварийный режим включения телекамеры на морозе (пита-

ние на телекамеру подается только после предварительного прогрева) и очень низкое энергопотребление 22 Вт. Стоимость таких термокожухов 8–10 тыс. руб.

Часто необходимо использовать термокожухи, специально предназначенные для работы при резком перепаде внешних температур, в которых предприняты мероприятия от запотевания и замерзания стекол без применения вентиляции (рис. 10). Такие термокожухи содержат гальваническую трансформаторную развязку по питанию, встроенный источник питания видеокamеры, мощность нагревателей распределена в непосредственной близости от смотрового стекла, имеются герметизирующие прокладки, рабочие температуры $-35^{\circ}\text{C} \dots +40^{\circ}\text{C}$, низкое энергопотребление около 25 Вт. Стоимость таких термокожухов 5–9 тыс. руб.

На рис. 11 представлено внутреннее устройство термокожухов для видеокamер с вариобъективом

или трансфокатором в умеренных климатических условиях, которые могут быть использованы для защиты камер AXIS 211, AXIS 221, Arecont Vision 3130 или аналогичных по размеру камер, а также мегапиксельных IP-камер Arecont Vision и Computar. Стоимость таких термокожухов 8–10 тыс. рублей.

На рис. 12 представлен один из купольных термокожухов. Некоторые из них специально разработаны для определенных моделей купольных камер, в другие — монтируются камеры стандартной формы. Для осуществления поворота видеокamер предназначены поворотные устройства, практически все из них способны выдерживать достаточно большой вес.

В защите от перепада температур нуждаются не только видеокamеры, но и другое оборудование, функционирующее на улице, в частности, передатчики видеосигнала по витой паре. Для этого производятся шкафы с микрокли-



Рис. 10. Термокожух с защитой от запотевания и замерзания стекол (слева)

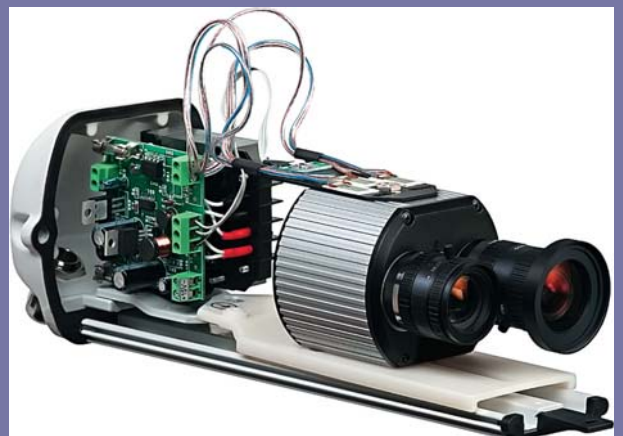


Рис. 11. Термокожух для камер с вариобъективом или трансфокатором (справа)



Рис. 12 Купольный термокожух



Рис. 13 Шкаф с микроклиматом

матом (рис. 13). В них установлен термостат с фиксированными температурами включения и выключения и вентилируемый обогреватель (при необходимости устанавливается более одного нагревателя). Стоимость такого шкафа порядка 1,5 тысячи долларов.

Однако эту же проблему можно решить с помощью термокожухов в комплекте с устройствами передачи видеосигнала. Часто такой термокожух обеспечивает и защиту линии от повреждения высоким напряжением (рис. 14). Его стоимость составляет 7–14 тысяч рублей, в зависимости от характеристик устройства передачи сигнала.

Одна из основных характеристик термокожуха, наиболее значимая для инсталлятора — это напряжение питания. Термокожухи, работающие от напряжения питания 220 В, стоят дешевле, но возникают серьезные проблемы при их монтаже, из-за того, что в слаботочной системе при-

ходитесь тянуть кабель 220 В. Термокожухи, работающие от напряжения питания, 12/24 В более удобны в инсталляции, однако стоят дороже.

Таким образом, можно констатировать, что рынок термокожухов будет развиваться в дальнейшем по двум основным направлениям. Одно из них — это, безусловно, уменьшение мощности, потребляемой тер-

мокожухами или видеокамерами, способными работать в широком диапазоне температур. Это обуславливает возможность подачи питания по технологии PoE. Другое направление — это, прежде всего, востребованность термокожухов, защищающих видеокамеры от внешних повышенных температур.



Рис. 14 Термокожух с устройством передачи видеосигнала по кабелю типа «витая пара»