

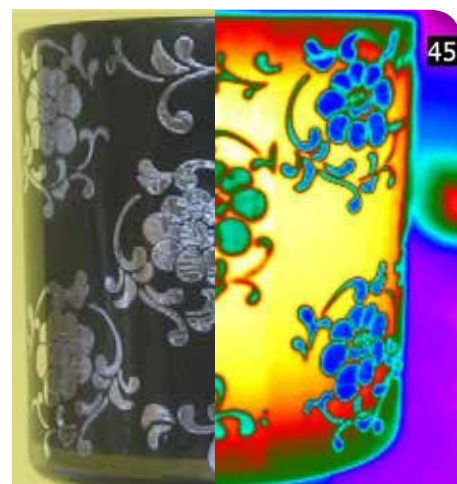


ПОВЫШЕНИЕ ИЗЛУЧАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ НЕДОРОГИХ МАТЕРИАЛОВ

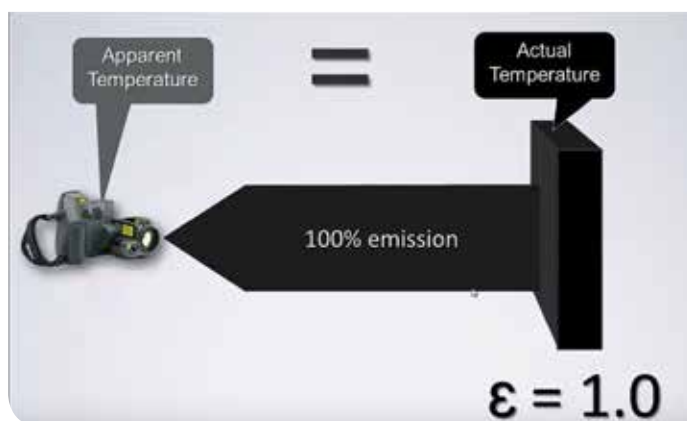
Чистые и гладкие неокисленные металлические поверхности обладают достаточно низкой излучающей способностью. настолько низкой, что ее сложно измерить с помощью тепловизионной камеры. При проведении промышленных научных исследований, особенно в сфере электротехники, часто требуется измерять температуру объектов с низкой излучающей способностью. Поэтому для получения достоверных показателей приходится увеличивать излучающую способность поверхностей.

Тепловизионная камера регистрирует интенсивность излучения в инфракрасной области электромагнитного спектра и преобразует ее в видимое изображение. Оптические элементы камеры передают инфракрасное излучение объекта на инфракрасный детектор. Он, в свою очередь, отправляет информацию на электронный датчик для обработки

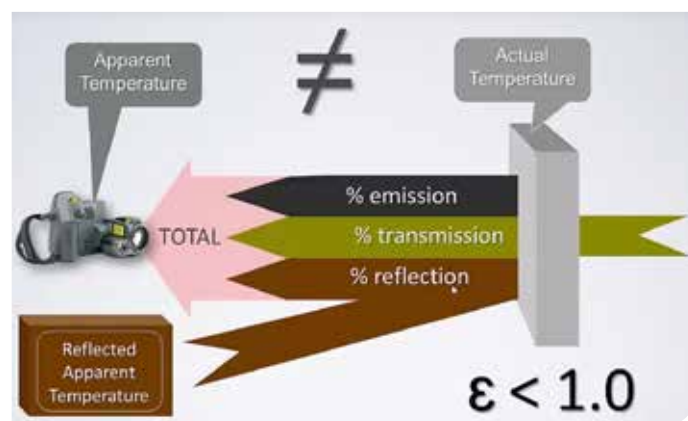
изображения. Электроника преобразует поступающие с детектора данные в изображения, которые можно просматривать в видеоискателе, на стандартном видеомониторе или ЖК-экране. Инфракрасная термография — это преобразование инфракрасного изображения в радиометрическое. Этот метод позволяет считывать с изображения



При взгляде на этот ИК-снимок может показаться, что нанесенный рисунок холоднее, чем остальная поверхность чашки. В действительности же они имеют одинаковую температуру: различия в интенсивности инфракрасного излучения обусловлены разной излучающей способностью материалов.



Излучающая способность абсолютно черного тела равна 1. Другими словами, излучение такого объекта на 100 % выделяется его поверхностью.



Реальные объекты не являются абсолютно черными телами. Измеренная на них температура является результатом комбинации выделенного, переданного и отраженного излучения.

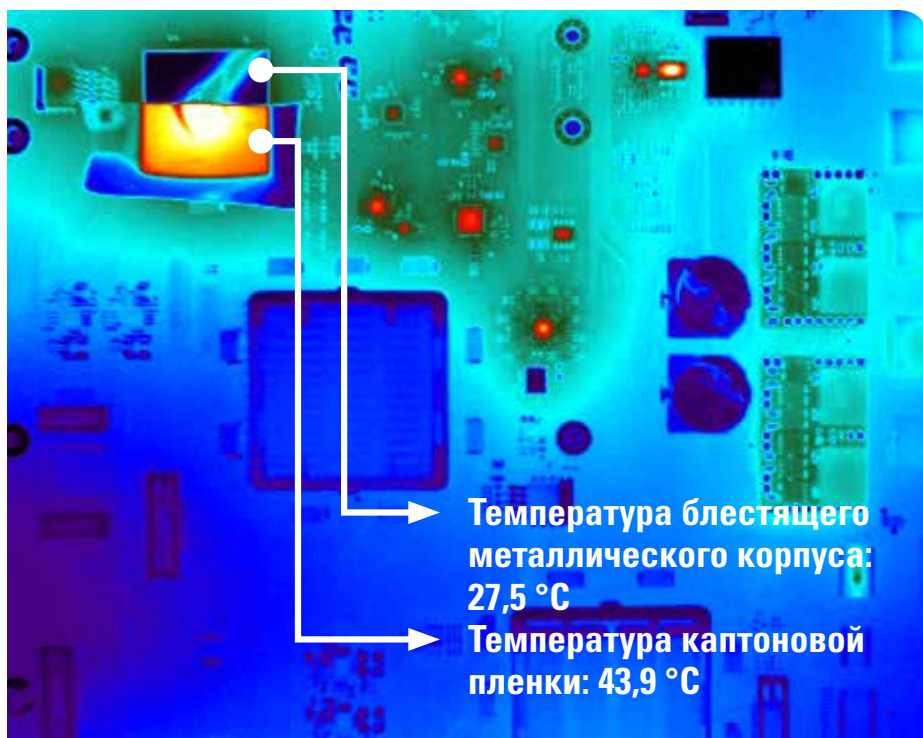
ТЕХНИЧЕСКИЕ ОПИСАНИЯ

значения температуры. Каждый пиксель радиометрического изображения — это по сути результат измерения температуры.

Чтобы правильно интерпретировать тепловизионные изображения, необходимо знать, как различные материалы и факторы влияют на значения температуры, получаемые с помощью тепловизионной камеры. Излучающая способность — это эффективность, с которой объект излучает энергию в инфракрасном диапазоне, по сравнению с идеальным излучателем (так называемым абсолютно черным телом, излучение которого составляет 1). Однако в реальных условиях измеряемые нами объекты не будут идеальными излучателями, и их излучающая способность будет меньше 1. Таким образом, измеренная на них температура будет являться результатом комбинации выделенного, переданного и отраженного излучения.

Учитывая вышесказанное, очень важно установить в камере правильные настройки излучающей способности. В противном случае результаты измерения температуры будут неточными. В тепловизионных камерах компании FLIR Systems есть предварительно заданные настройки излучающей способности для многих материалов. Остальные настройки можно найти в соответствующей таблице.

Показатели излучающей и отражающей способности, а также теплопроводности в значительной степени зависят от свойств материала. Большинство неметаллов имеет излучающую способность около 0,9. Это означает, что



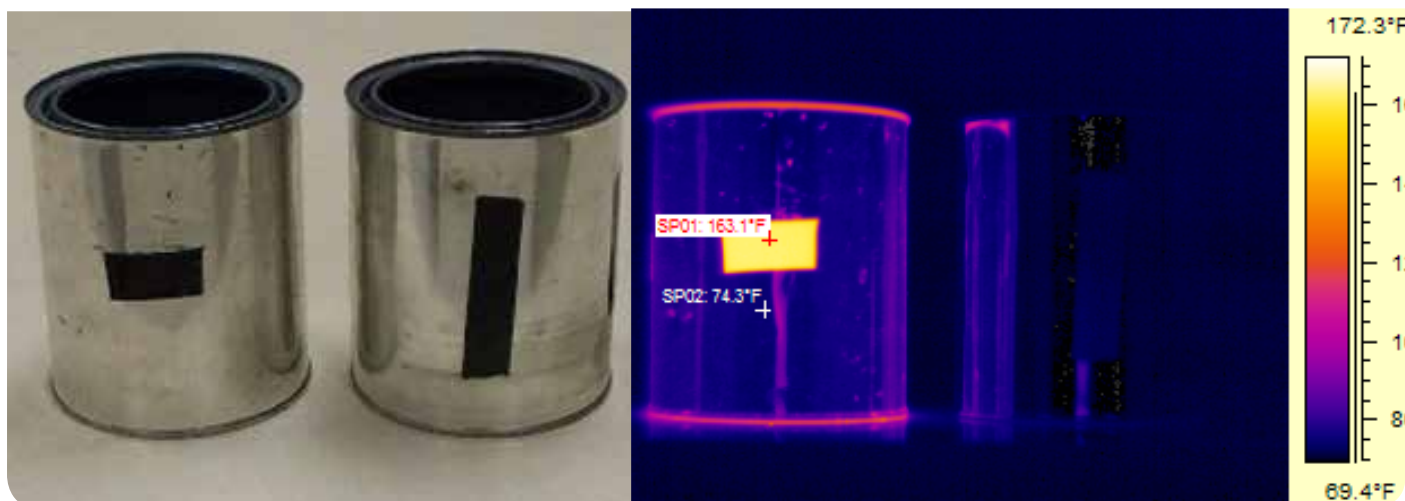
Измерения показали, что блестящая металлическая крышка большой микросхемы ASIC без покрытия имеет приблизительно комнатную температуру. После нанесения слоя каптоновой пленки, которая обладает высокой излучающей способностью, была зарегистрирована действительная температура — 43,9 °C.

90 % измеренного излучения выделяется самим объектом. Излучающая способность большинства полированных металлов составляет приблизительно от 0,05 до 0,1. Потускневшие, окисленные или иным образом корродированные металлы имеют излучающую способность в пределах от 0,3 до 0,9 в зависимости от степени разрушения. Температуру материалов со значением излучающей способности ниже 0,7 измерить сложно, а со значением ниже 0,2 — практически невозможно. В таких

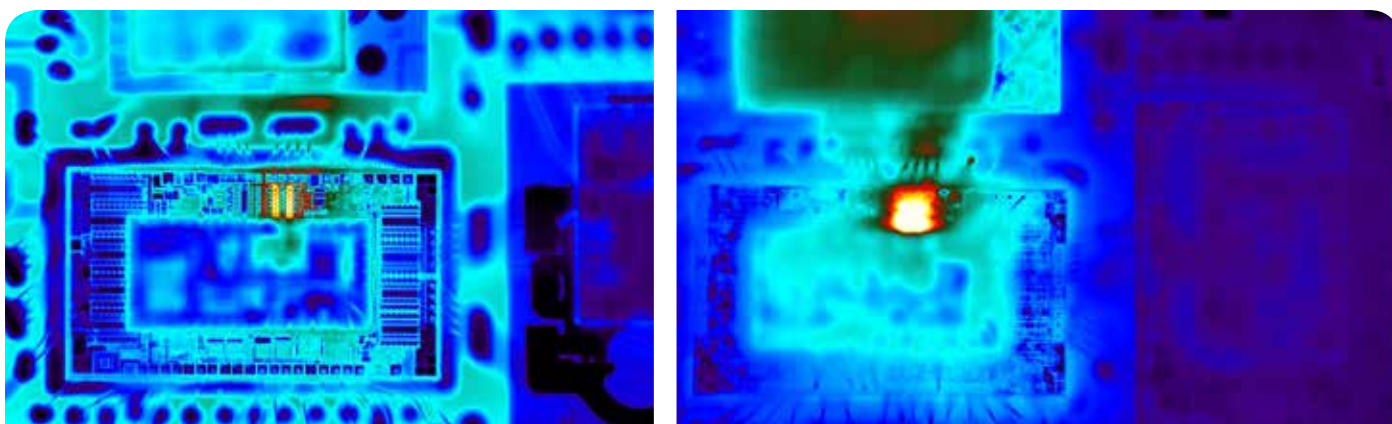
случаях необходимо тем или иным образом увеличивать их излучающую способность. К счастью, существуют экономичные методы компенсации этого явления. Данные методы позволяют снизить отражаемость объектов и таким образом повысить точность измерений.

ИЗОЛЯЦИОННАЯ ЛЕНТА

В большинстве случаев высококачественная изоляционная лента имеет излучающую способность



В этом примере показаны две банки с пленкой. Банка слева наполнена горячей водой, а другая имеет комнатную температуру. Температура, измеренная на пленке горячей банки, составляет 72,8 °C, а на ее непокрытой поверхности — 23,5 °C. Последнее значение можно считать комнатной температурой, так как излучающая способность банки достаточно мала. Этот классический пример демонстрирует необходимость нанесения специального покрытия на объекты с низкой излучающей способностью.



Слева: печатная плата без краски, увеличивающей излучающую способность; справа: с нанесением такой краски. Недостатком использования краски может быть снижение детализации.

0,95. Необходимо убедиться, что лента непрозрачна. Это особенно важно при использовании камер со средней длиной волны (3–5 мкм). Некоторые виниловые ленты достаточно тонкие и пропускают немного инфракрасного излучения, поэтому они непригодны в качестве покрытий с высокой излучающей способностью. Черная виниловая изоляционная лента Scotch™ 88 имеет излучающую способность 0,96 как в коротковолновом (3–5 мкм), так и в длинноволновом (8–12 мкм) участках спектра. Поэтому она рекомендована к использованию.

КРАСКИ И ПОКРЫТИЯ

Излучающая способность большинства красок составляет примерно от 0,9 до 0,95. Использовать металлические краски не рекомендуется, так как они обладают низкой излучающей способностью. Цвет краски не оказывает существенного влияния на интенсивность инфракрасного излучения. Важнее то, насколько она матовая. Матовые краски предпочтительнее глянцевых, а

покрытие должно быть плотным и непрозрачным. Как правило, достаточно нанести краску в два слоя.

Для измерения температуры на небольших участках хорошо подходит лента. Краску же уместнее применять на большой площади, учитывая при этом, что такое покрытие будет постоянным. Для крупных участков, которые невозможно покрыть пленкой или впоследствии потребуются очистить, целесообразно использовать порошки в жидкой или аэрозольной форме. Подойдет, например, проявитель для красителей или порошок для ступней Dr. Scholl's™. При условии нанесения толстым, непрозрачным слоем излучающая способность таких порошков составляет от 0,9 до 0,95.

КОРРЕКТИРУЮЩАЯ ЖИДКОСТЬ

Нанесение корректирующей жидкости отлично повышает излучающую способность поверхности. Этот способ подходит для самых мелких электрических компонентов, в отличие

от пленки, которую невозможно закрепить на небольшой площади. Корректирующую жидкость можно впоследствии удалить с помощью небольшой щетки, смоченной в спирте. Ее излучающая способность составляет около 0,95–0,96 для длинноволновой камеры.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Поскольку многие из упомянутых объектов находятся под напряжением, необходимо проявлять осторожность. Это означает, что наносить покрытия можно только на обесточенные объекты. При этом необходимо использовать только утвержденные покрытия, чтобы не нарушить работу электрических компонентов.

Наносите покрытие на достаточно большую площадь поверхности. Следует знать соотношение расстояния к размеру источника излучения для своей камеры, а также минимальное рабочее расстояние, на котором ее можно безопасно использовать. Например, камера с соотношением 250:1 способна измерять температуру объекта размером в 1 см на расстоянии до 250 см.

Для сильно нагреваемых объектов следует использовать высокотемпературную краску, например предназначенную для нанесения на двигатели или мангалы. Ленты и порошки имеют определенные температурные ограничения. Если, например, в электрической системе расплавится пленка, это, скорее всего, будет означать наличие серьезных неполадок.



Корректирующая жидкость

КОНТРОЛЬ ЗНАЧЕНИЙ ИЗЛУЧАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ НА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ

Измерение температуры компонентов печатных плат — очень удобный и экономичный метод поиска неисправностей. Однако его применение осложняется разной излучающей способностью компонентов. Обычно печатные платы содержат множество металлических и пластиковых деталей различных производителей, которые наносят на них собственные покрытия. Как правило, проблем с измерениями не возникает, если плата покрыта проверенным типичным покрытием. После нанесения покрытия поверхности компонентов имеют одинаковую излучающую способность, и их относительную температуру можно определить с помощью термограммы.



Чтобы измерить значения излучающей способности интегральной схемы, на нее можно нанести покрытие.

Временное покрытие ($\epsilon_{\text{дв}} \sim 0,95$)	Постоянное покрытие ($\epsilon_{\text{дв}} \sim 0,95$)
Проявитель для красителя	Жидкая лента, 1,6 мм
Бумажные наклейки	Покрытие Plasti-dip, 0,8 мм
Корректирующая жидкость (длинная волна)	Матовая неметаллическая краска
Маскировочная лента	Силиконовый каучук Scotch 70
Черная виниловая изоляционная лента Scotch 33	Резина Bulldog № 8 (самоклеящаяся)
Свечная сажа (небольшие объекты)	Этикетки W.H. Brady (самоклеящиеся)
Бумага для контактного копирования	Изоляционная лента (самоклеящаяся)
Каптоновая пленка (полиамидная лента с силиконовым клеем)	Фарфоровая эмаль
	Лак для изоляции печатных плат 70 (RE)

Материалы для покрытия с высокой излучающей способностью

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗЛУЧАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

Чтобы определить действительную температуру по измеренным показателям, необходимо знать излучающую способность материала. Однако приведенные здесь табличные значения следует использовать с осторожностью. Зачастую неясно, для какого диапазона длины волн действительно значение излучающей способности. Кроме того, излучающая способность зависит от длины волн. На нее значительно влияют состояние и текстура поверхности объекта, а также его форма.

Рассмотрим, как неопределенность излучающей способности влияет на точность измерений. Допустим, неопределенность излучающей способности объекта равна $\pm 0,05$. Для излучающей способности 0,95 это является примерно 5%-ой погрешностью (0,05/0,95). Для материалов с излучающей способностью 0,05, например для блестящей меди, это соответствует 100%-ой погрешности (0,05/0,05). Эти погрешности переносятся в вычисление температуры, увеличивая неточность ее показателей. В связи с этим эффектом не рекомендуется измерять температуру объектов с излучающей способностью ниже 0,5. Еще раз напомним о том, что на объект следует наносить материал, имеющий высокую излучающую способность.

Дополнительные сведения

см. на сайте

www.flir.com/research

Иллюстрации могут не соответствовать фактическому разрешению упомянутой камеры и приведены исключительно в информационных целях.