

when temperature matters

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES

de la medición de la temperatura sin contacto

Contenido

	Página
Principios físicos fundamentales	4 – 9
Emisividad y medición de la temperatura	10 – 14
Óptica, Campo de visión y electrónica	15 – 18
Sensores y aplicaciones de sin contacto	19
Cámaras termográficas y aplicaciones	20 – 28
Termómetros de infrarrojos y aplicaciones	29 - 31
Termómetros de infrarrojos portátiles	32
Apéndice: Glosario	33
Apéndice: Tabla de emisividad	34 – 37
Apéndice: Criterios de selección para Los dispositivos IR para medir la temperatura	38
Los dispositivos IR para medir la temperatura	39

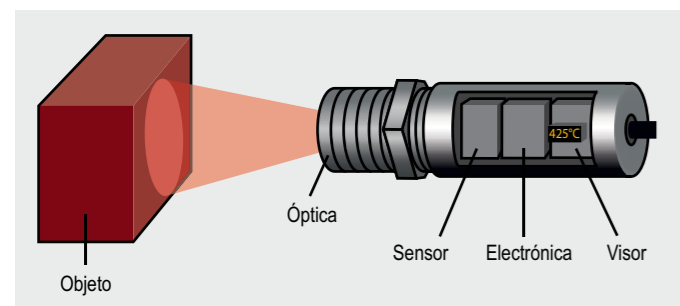
Principios físicos

Podemos ver el mundo en la luz visible gracias a nuestros ojos. Esta luz nos ocupa únicamente una pequeña parte del espectro de radiación existente, pues prácticamente la mayor parte es invisible. La radiación procedente de otros rangos espectrales es siempre fuente de información adicional.

El sistema para medir la temperatura con infrarrojos

Todo cuerpo con una temperatura que supere el punto cero absoluto de $-273,15\text{ °C}$ ($= 0\text{ Kelvin}$) emite en la superficie una radiación electromagnética proporcional a su temperatura propia, la denominada radiación propia. Una parte de esta radiación es infrarroja que se puede utilizar para la medición de la temperatura. Esta radiación se introduce en la atmósfera y se enfoca por medio de una lente (lente de entrada). Con un elemento detector, el cual genera una señal eléctrica proporcional a la radiación. La señal se intensifica a continuación de forma digital para convertirla en una magnitud de salida proporcional a la temperatura del objeto.

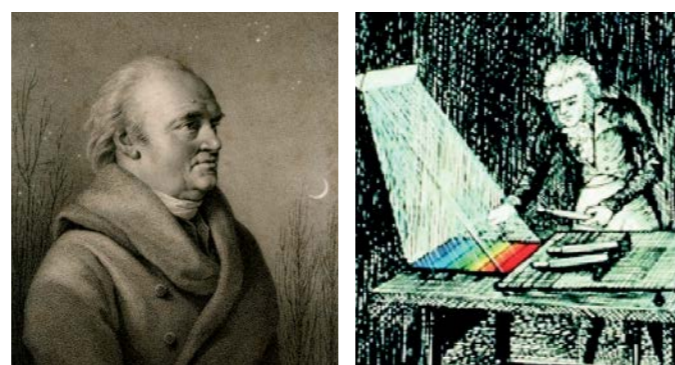
El valor medido se puede visualizar en una pantalla, o bien se puede emitir en forma de señal analógica con la finalidad permitir una conexión sencilla a sistemas de regulación adaptados para el control de procesos.



Sistema de infrarrojo

Las ventajas de la medición de la temperatura sin contacto saltan a la vista:

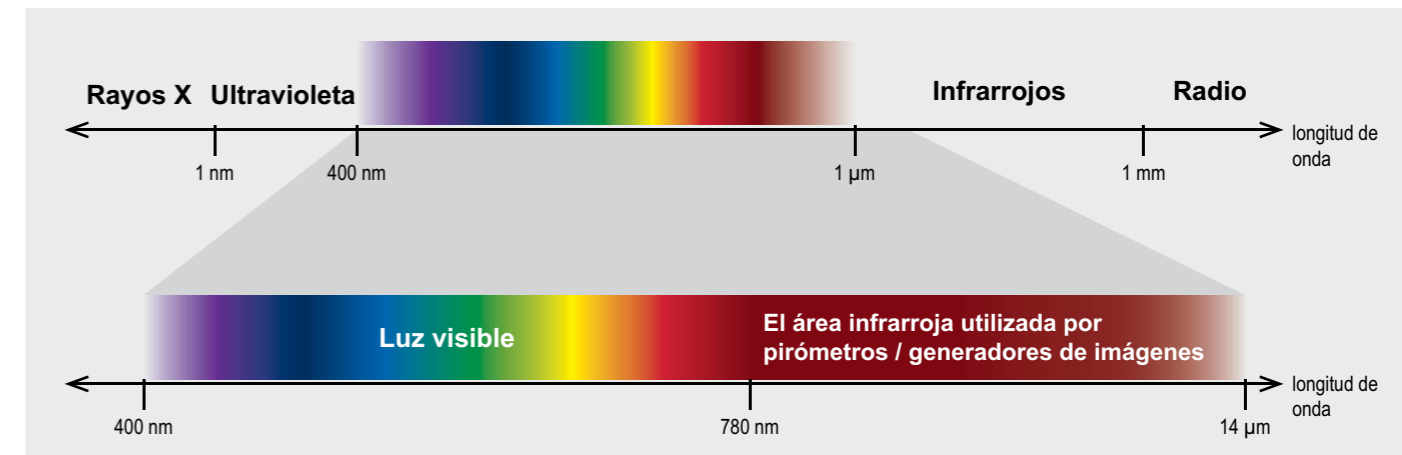
- Medición en objetos en movimiento, de acceso difícil o muy calientes
- Tiempos de respuesta muy cortos de medición y reacción
- Medición sin retroacción, sin actuar en el objeto a medir
- Medición sin destrucción del objeto
- Larga duración del punto de medición, sin desgaste



William Herschel (1738–1822)

El descubrimiento de la radiación infrarroja

William Herschel descubrió por casualidad en el año 1800 los rayos infrarrojos, mientras buscaba materiales ópticos nuevos. Herschel ennegreció el bulbo de un termómetro de mercurio para absorber mejor el calor, y lo utilizó para medir el calentamiento de los diversos colores del espectro, que se formaban sobre una mesa al hacer pasar la luz solar por un prisma de cristal. Al ir moviendo lentamente el termómetro ennegrecido a través de los colores del espectro notó que la temperatura de los colores del espectro aumentaba al ir del violeta al rojo. Herschel decidió medir la temperatura con el termómetro en una zona ubicada un poco más allá de la luz roja del espectro, al parecer desprovista de luz, y descubrió que en esta región seguía aumentando la temperatura. Por último, encontró la temperatura más alta de todas estaban en el rango ubicado más allá de la luz roja del espectro. En la actualidad, este rango se denomina espectral infrarrojo.



El espectro electromagnético con el rango infrarrojo utilizado para pirómetros

Espectro de radiación electromagnético

Se denomina espectro, en el sentido estricto físico de la palabra, a la distribución energética del conjunto de las ondas electromagnéticas, relacionada con la longitud de onda o de la frecuencia. El espectro de la radiación electromagnética se extiende en un intervalo rango aprox. 23 potencias de diez y se distingue en diversas fases a través de su creación, generación y aplicación de la radiación. Todas las clases de la radiación electromagnética están sometidas a leyes semejantes de la difracción, refracción, reflexión y polarización. Su velocidad de propagación es, bajo condiciones normales, la misma que la de la luz, es decir, el producto derivado de la longitud de onda y frecuencia es constante:

$$\lambda \cdot f = c$$

El rango espectral infrarrojo ocupa, en el espectro total de la radiación electromagnética, tan sólo una sección muy limitada. Va desde el rango espectral visible de $0,78\text{ }\mu\text{m}$ hasta la longitud de onda de $1000\text{ }\mu\text{m}$.

Para la medición de la temperatura por infrarrojo sólo nos interesa el rango de longitud de onda que va desde $0,7\text{ a }14\text{ }\mu\text{m}$. Por encima de esta longitud de onda, las cantidades de energía son tan insignificantes que los detectores no son lo suficientes sensibles para medirlas.

Principios físicos fundamentales

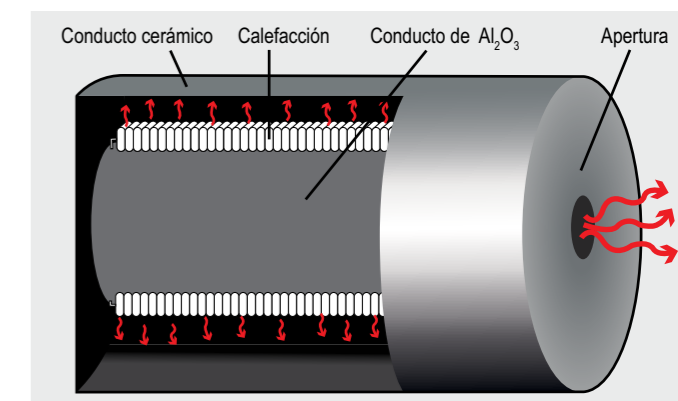
Alrededor de 1900, Max Planck, Josef Stefan, Ludwig Boltzmann, Wilhelm Wien y Gustav Kirchhoff definieron con más precisión el espectro electromagnético, y establecieron relaciones cualitativas y cuantitativas para la descripción de la energía infrarroja.

El radiador integral o cuerpo negro

Un cuerpo negro es un cuerpo que absorbe toda la radiación incidente, y en el que nada de la radiación incidente se refleja o pasa a través del mismo.

$$\alpha = \varepsilon = 1 \quad (\alpha \text{ grado de absorción, } \varepsilon \text{ emisividad})$$

Un cuerpo negro irradia para cada longitud de onda la energía máxima posible. La intensidad específica de la radiación no depende del ángulo de emisión. El cuerpo negro constituye la base para comprender los principios físicos fundamentales de la tecnología de la medición de la temperatura sin contacto y para calibrar termómetros de infrarrojo.



Sección de un cuerpo negro

La estructura de un cuerpo negro es en principio muy sencilla. Un cuerpo hueco que se puede calentar hasta una determinada temperatura y si alcanza el equilibrio termodinámico en su cavidad. Emitirá entonces desde la cavidad una radiación negra ideal de la temperatura ajustada. En función de la zona térmica y del uso previsto, la estructura de un cuerpo negro semejante depende del material y de la disposición geométrica. Si el orificio en la pared es muy

pequeño en comparación con la superficie total, significa que la perturbación del estado ideal se podrá considerar como insignificante. Si, p. ej., se dirige la mirada con una sonda de medición a este orificio y se podrá considerar la radiación térmica proveniente de allí como radiación negra y calibrar así el dispositivo de medición. Las disposiciones más simples utilizan en la práctica superficies, provistas de capas lacadas pigmentadas y que tienen, dentro del rango deseado de longitud de onda, unos grados de absorción y emisividad de hasta el 99 por ciento. Lo que es suficiente a menudo al calibrar para realizar mediciones prácticas.

Las leyes de radiación del cuerpo negro

La ley de radiación de Planck constituye la base más fundamental de la medición de la temperatura sin contacto. Describe la radiación específica espectral $M_{\lambda S}$ emitida por un cuerpo negro al semiespacio en función de su temperatura T y de la longitud de onda observada λ .

$$M_{\lambda S} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1} = \frac{C_1}{\lambda^5} \frac{1}{e^{C_2/\lambda T} - 1}$$

- c Velocidad de la luz
- C_1 $3,74 \cdot 10^{-16} \text{ W m}^2$
- C_2 $1,44 \cdot 10^{-2} \text{ K m}$
- h Cuanto de acción de Planck
- k Constante Boltzmann

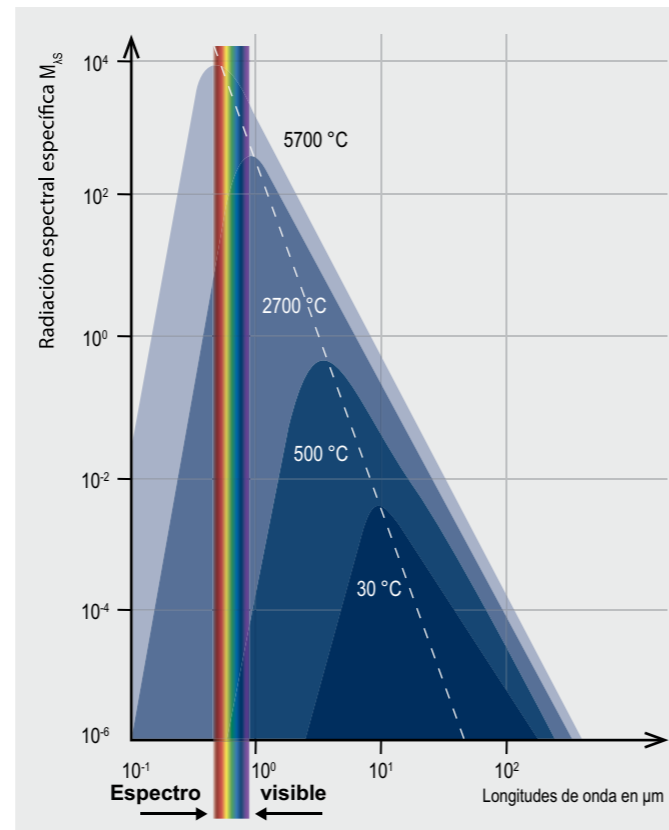
La representación gráfica de la ecuación en función de λ se muestra en la siguiente imagen con diversas temperaturas como parámetros.

Se puede ver que el pico de la radiación específica espectral se desplaza hacia longitudes de onda más cortas al ir aumentando la temperatura. Se puede derivar un gran número de otros coeficientes, de los que se van a nombrar dos brevemente a continuación. Integrando la intensidad de la radiación espectral por todas las longitudes de onda de cero a infinito, se obtiene el valor de la radiación total emitida por el cuerpo. Esta relación se denomina ley de Stefan-Boltzmann.

$$M_{\lambda S} = \sigma \cdot T^4 \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2}] \quad \sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

En general la radiación emitida de un cuerpo negro en el rango total de longitud de onda, es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura absoluta. En la representación gráfica de la ley de radiación de Planck se puede ver igualmente que la longitud de onda, por lo que la radiación emitida de un cuerpo negro presenta el pico, y se desplaza al modificar la temperatura. La ley de desplazamiento de Wien se puede deducir a partir de la fórmula de Planck por diferenciación.

$$\lambda_{\text{máx}} \cdot T = 2898 \text{ } \mu\text{m} \cdot \text{K}$$



Radiación específica espectral $M_{\lambda S}$ del cuerpo negro en función de la longitud de onda.

La longitud de onda, para la cual se encuentra el pico de la radiación, se desplaza al ir aumentando la temperatura hacia el sector de onda corta.

El cuerpo gris

Por eso no todo cuerpo corresponde al ideal del cuerpo negro. Muchos cuerpos emiten menos radiación teniendo la misma temperatura. La emisividad ϵ indica la relación entre el valor de radiación real y aquel del cuerpo negro. Se encuentra entre cero y uno. El sensor de infrarrojo recibe, además de la radiación emitida por la superficie del objeto, también la radiación reflejada del entorno y, bajo determinadas circunstancias, la radiación infrarroja que se transmite a través del cuerpo.

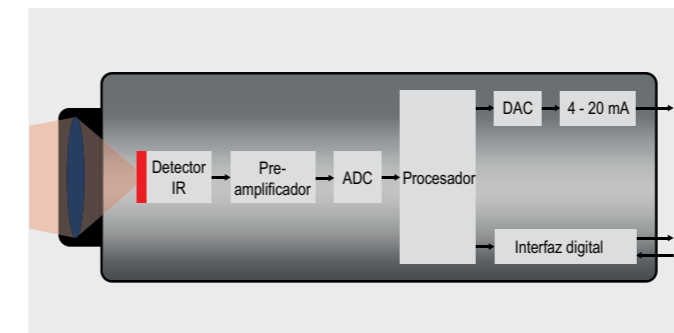
$$\text{Se aplica: } \epsilon + \rho + \tau = 1$$

- siendo ϵ la emisividad
- ρ el grado de reflexión
- τ el grado de transmisión

La mayoría de los cuerpos no presentan una transmisión en la gama infrarroja. De este modo, la fórmula se simplifica en:

$$\epsilon + \rho = 1$$

Estructura y modo de funcionamiento de los termómetros de infrarrojo



Esquema funcional de un termómetro de infrarrojo

La imagen muestra la estructura básica de un termómetro de infrarrojo. La radiación infrarroja emitida por el objeto a medir se enfoca por medio de una lente luego con un detector infrarrojo detector de infrarrojo, el cual genera una señal eléctrica correspondiente a la radiación, que – a continuación – se puede intensificar y seguir procesando. Con un procesamiento digital de la señal se convierte esta señal en una magnitud de salida proporcional a la temperatura del objeto, que se visualiza en una pantalla o se emite como señal analógica.

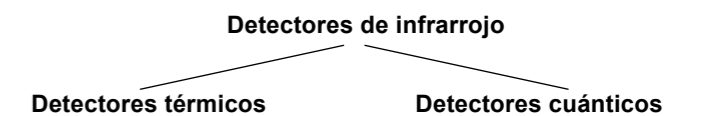
Para compensar la influencia de la temperatura ambiente se registra, con ayuda de un segundo detector, la temperatura del dispositivo de medición o de su canal óptico. El cálculo de la temperatura del objeto a medir se efectúa, por lo tanto, principalmente en tres etapas:

1. Conversión de la radiación infrarroja recibida en una señal eléctrica
2. Compensación de la radiación de fondo de dispositivo y objeto
3. Compensación de máximos de señal y emisión de la información de la temperatura

Como opciones de salida hay disponibles, además de las indicaciones simples de la temperatura en pantalla, salidas estandarizadas en forma de 0/4 – 20 mA lineales, 0 – 10 V y señales de termopar, que permiten una conexión sencilla a sistemas de regulación para el control de procesos control de procesos. Además, la mayoría de los termómetros de infrarrojo utilizados hoy en día poseen, debido al procesamiento de los valores medidos efectuados internamente de modo digital, también interfaces digitales (p. ej. USB, RS485, Ethernet) para transmitir datos y para acceder a parámetros de dispositivos.

Detectores de infrarrojo

El elemento más importante de todo termómetro de infrarrojo es sensor responsable de la captación de la radiación, denominado también detector. Se distinguen dos grupos principales de detectores de infrarrojo.



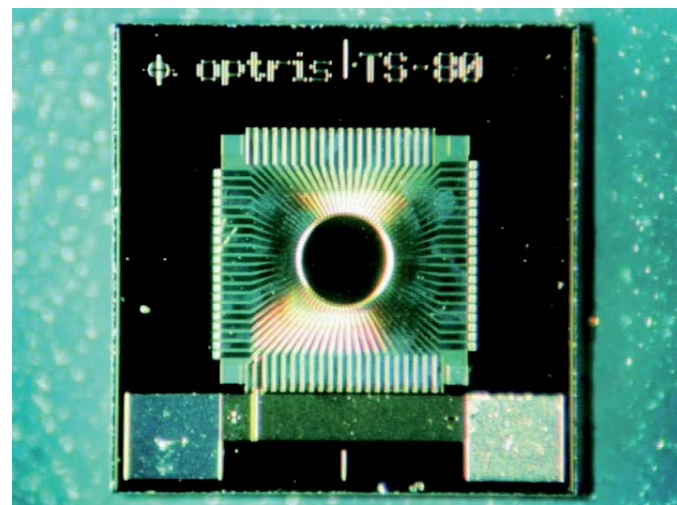
- Termopila
- Detector piroeléctrico
- Bolómetro (FPA) (para cámaras de infrarrojo)

Detectores térmicos

En estos detectores se cambia la temperatura del elemento detector por absorción de radiación electromagnética. El cambio de temperatura conlleva la modificación de una propiedad dependiente de la temperatura de este detector, que se evalúa eléctricamente y que constituye una medida para la energía absorbida.

Termopares de radiación (termopilas)

Si se calienta el punto de unión de dos metales diferentes, se generará una tensión eléctrica debida al efecto termoeléctrico. Este efecto se aprovecha, con ayuda de termopares, desde hace ya mucho tiempo en el sector industrial para la medición de la temperatura con contacto. Si se genera el



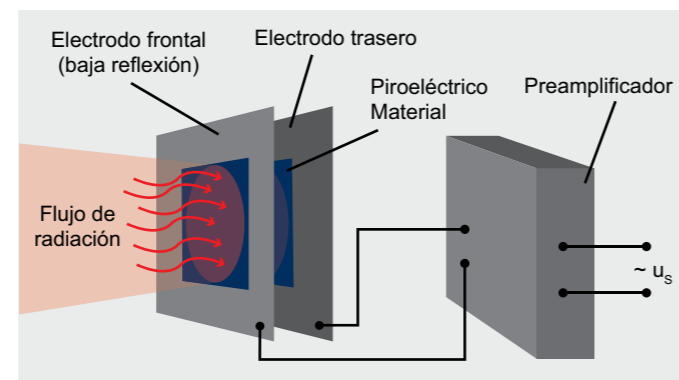
Termopila TS80

calentamiento del punto de unión por absorción de radiación, este componente se denominará en este caso termopar de radiación. En la imagen se han representado termopares de bismuto/antimonio dispuestos de forma circular alrededor de una superficie del detector sobre un chip. Al calentar la superficie del detector, se genera una tensión de señal proporcional a la temperatura, que se puede medir con los adaptadores de unión.

Detectores piroeléctricos

Esta imagen muestra la estructura básica de un detector piroeléctrico. El elemento sensible consta de un material piroeléctrico con dos electrodos metalizados al vacío. La carga de la superficie se modifica debido al efecto piroeléctrico, por medio del cambio de temperatura del elemento sensible que se produce durante la absorción de la radiación infrarroja. Resulta una señal de salida que se procesa en un amplificador previo.

Debido al modo de generar la carga en el piroeléctrico, el flujo de la radiación se tiene que interrumpir, con ello, de modo continuado alternante (corte periódico). La ventaja de la amplificación posterior con selección en frecuencia es la buena relación señal/ruido.



Estructura básica de un detector piroeléctrico

Bolómetro

En los bolómetros se aprovecha la dependencia de la temperatura de la resistencia eléctrica. El elemento sensible consta de una resistencia, cuyo valor cambia con la absorción de radiación térmica. El cambio de la resistencia origina un cambio de la tensión de la señal en declive, mediante la resistencia del bolómetro. Para alcanzar una sensibilidad alta y una capacidad detectora específica importante, es imprescindible usar ante todo un material con un coeficiente de temperatura alto de la resistencia eléctrica. Los bolómetros que trabajan con temperatura ambiente aprovechan tanto el coeficiente de temperatura de la resistencia de metales (p. ej. bolómetros de capa fina y capa negra) como también el de semiconductores (p. ej. bolómetros de termistor).

Dignos de mención son los siguientes desarrollos tecnológicos en los bolómetros usados en equipos de imágenes infrarrojas: La tecnología de semiconductor sustituye el escáner mecánico. FPAs (Focal Plane Arrays) se producen tomando como base bolómetros de capa fina. Para lo que se usa VOX (óxido de vanadio) o silicio amorfo como tecnologías alternativas. Estas tecnologías permiten mejoras drásticas en la relación calidad-precio. En la actualidad, los tamaños típicos de detectores son 160x120, 320x240 y 640x480 píxel.

Detectores cuánticos

La mayor diferencia entre los detectores cuánticos y los detectores térmicos consiste en su reacción más rápida a la radiación absorbida. El modo de actuación de los detectores cuánticos se basa en el efecto fotoeléctrico. Para este fin los electrones en el material semiconductor alcanzan un nivel más elevado de energía por los fotones incidentes de la radiación infrarroja. Al volver a descender se genera una señal eléctrica (tensión o corriente). También es posible que cambie la resistencia eléctrica. Estas señales se pueden evaluar con precisión. Los detectores cuánticos son muy rápidos (ns a μ s).

El cambio de temperatura en el elemento sensible de un detector térmico es un proceso relativamente lento, de modo que las constantes de tiempo de los detectores térmicos, por regla general, son mayores en algunos órdenes de magnitud que las constantes de tiempo de los detectores cuánticos. De modo muy aproximado se puede decir que los detectores térmicos tienen constantes de tiempo de respuesta en la gama de milisegundos, mientras que las constantes de tiempo de los detectores cuánticos se hallan en la gama nano y de microsegundos.

A pesar del desarrollo vertiginoso en el sector de los detectores cuánticos hay un gran número de aplicaciones para las que los detectores térmicos son mucho más aptos que los detectores cuánticos. Por lo tanto, se usan ambos tipos hoy en día de modo equitativo.

Conversión de la radiación infrarroja en una señal eléctrica y cálculo de la temperatura del objeto

La señal eléctrica en el detector es según la ley de Stefan-Boltzmann:

$$U \sim \epsilon T_{obj}^4$$

Como la radiación ambiental reflejada y la radiación propia del termómetro de infrarrojo se ha de considerar también, la fórmula pasa a ser:

$$U = C \cdot [\epsilon T_{obj}^4 + (1 - \epsilon) \cdot T_{amb}^4 - T_{pyr}^4]$$

U	Señal de detector
T_{obj}	Temperatura de objeto
T_{amb}	Temperatura de la radiación de fondo
T_{pyr}	Temperatura de dispositivo
C	Constante específica del dispositivo

$$\rho = 1 - \epsilon \quad \text{grado de reflexión del objeto}$$

Como la mayoría de los termómetros de infrarrojo no trabajan en el rango completo de longitud de onda, la cantidad exponencial n depende de la longitud de onda λ .

n es para las longitudes de onda 1 a 14 μ m en el rango de 17 ... 2 (para longitudes de onda largas entre 2 ... 3 y para longitudes de onda cortas entre 15 ... 17).

$$U = C \cdot [\epsilon T_{obj}^n + (1 - \epsilon) \cdot T_{amb}^n - T_{pyr}^n]$$

La temperatura del objeto se calcula de este modo como sigue:

$$T_{obj} = \sqrt[n]{\frac{U - C \cdot T_{amb}^n + C \cdot \epsilon T_{amb}^n + C \cdot T_{pyr}^n}{C \epsilon}}$$

Los resultados de estos cálculos están guardados para todas las temperaturas aparecidas como grupo de curvas en el EEPROM del termómetro de infrarrojo. Así se garantiza un acceso rápido a los datos, así como un cálculo rápido de la temperatura.

La emisividad

De la ecuación se deduce que la emisividad ϵ es de una importancia crucial, si se desea determinar la temperatura midiendo la radiación.

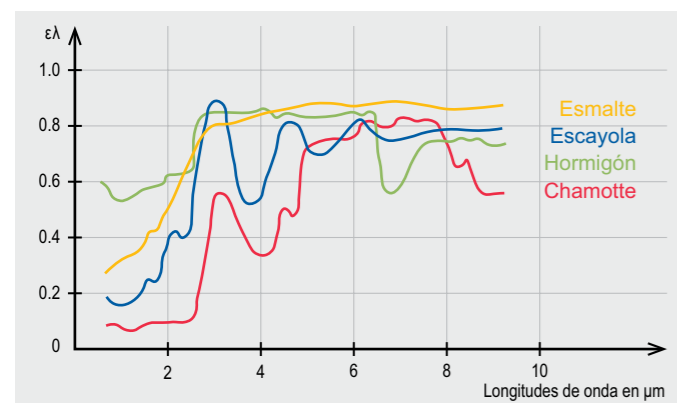
La emisividad es una medida para el coeficiente de las radiaciones térmicas emitidas por un cuerpo gris y negro a la misma temperatura. Es 1 como máximo para el cuerpo negro. Un cuerpo gris es un objeto que, para todas las longitudes de onda, presenta la misma emisividad y que emite menos radiación infrarroja que un cuerpo negro ($\epsilon < 1$). Los cuerpos, cuya emisividad depende además de la temperatura y de la longitud de onda, p. ej., metales, se denominan cuerpos no grises o también radiadores selectivos.

Véase: Tabla de emisividades desde página 34

Emisividad y medición de la temperatura

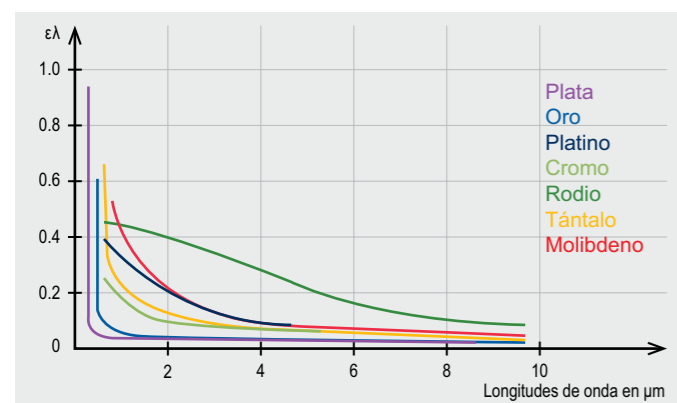
La emisividad constituye un factor importante en la medición precisa de temperaturas. Depende de diversos factores y se tiene que ajustar en función de la aplicación.

La emisividad depende, en teoría, del material, del acabado de su superficie, de la temperatura, de la longitud de onda, del ángulo de medición y, bajo determinadas circunstancias, también de la estructura usada de medición. Pero un gran número de materiales no metálicos presenta, por lo menos en el rango espectral de onda larga, una emisividad alta y relativamente constante, independientemente del acabado de su superficie.



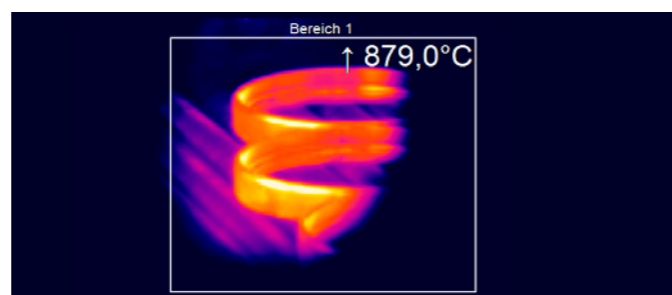
Emisividad espectral de algunos materiales

Los metales tienen, por regla general, una emisividad inferior, dependiente fuertemente del acabado de su superficie y decreciente al ir aumentando las longitudes de onda.



Emisividad de metales

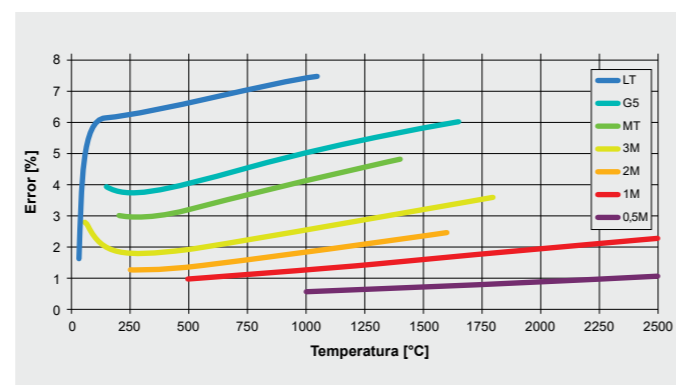
Medición de la temperatura en metales



Medición en anillos de apoyo durante proceso de temple

Lo que puede conllevar resultados diferentes y no fiables de la medición. A la hora de elegir los dispositivos adecuados para la medición de la temperatura, habrá que tener en cuenta la radiación infrarroja que se mide según una longitud de onda determinada y en un rango de temperatura determinado por eso los metales tienen la emisividad más alta posible. En el gráfico (abajo) se puede ver que tiene sentido aplicar la longitud de onda más corta disponible para la medición, porque en muchos metales el error de la medición va en aumento con la longitud de onda.

En metales la longitud de onda óptima para temperaturas altas es de aprox. 0,8 a 1,0 μm en el límite de la región visible. También son posibles longitudes de onda de 1,6 μm , 2,3 μm y 3,9 μm .



Error de medición a un 10 por ciento de emisividad mal ajustada en función de la longitud de onda y temperatura del objeto (LT: 8–14 μm ; G5: 5 μm ; MT: 3,9 μm ; 3M: 2,3 μm ; 2M: 1,6 μm ; 1M: 1,0 μm ; 0.5M: 0,525 μm).

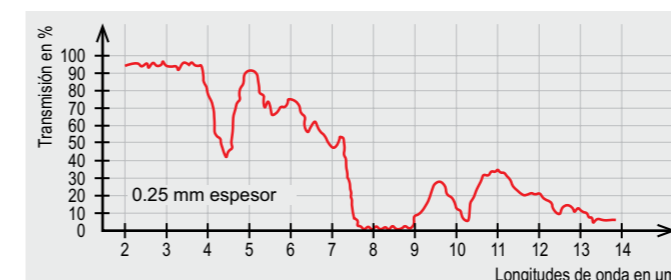
Más información en nuestro folleto sobre temperaturas altas:
www.optris.com/es/industrias/metal

Medición de la temperatura en plásticos

Los grados de transmisión de las láminas de plástico varían con la longitud de onda incidente. Se comportan inversamente proporcional al espesor, siendo los materiales finos más permeables que los plásticos gruesos. Las mediciones óptimas de la temperatura se pueden realizar para longitudes de onda, para las cuales el grado de transmisión es cero de modo aproximado e independiente del espesor. Polietileno, polipropileno, nilón y poliestirol no son, p. ej. para 3,43 μm permeables al infrarrojo, poliéster, poliuretano, teflón, FEP y poliamida, por otra parte, no lo son a 7,9 μm . En caso de láminas más gruesas (>0,4 mm) y pigmentadas, se puede elegir una longitud de onda entre 8 y 14 μm para la medición de la temperatura.

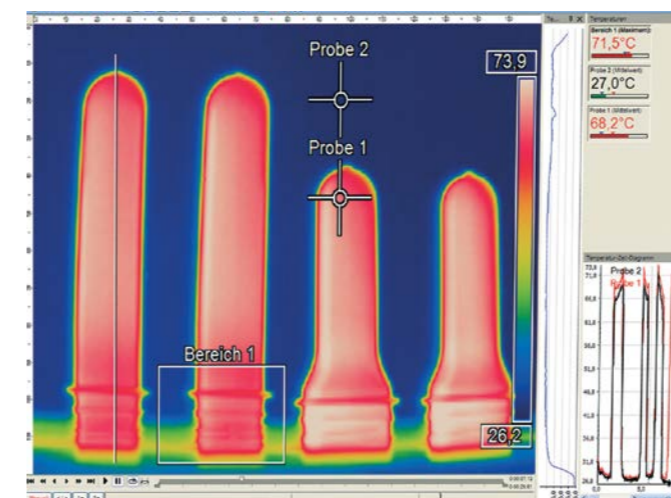


Permeabilidad espectral de láminas de plástico de polietileno



Permeabilidad espectral de láminas de plástico de poliéster

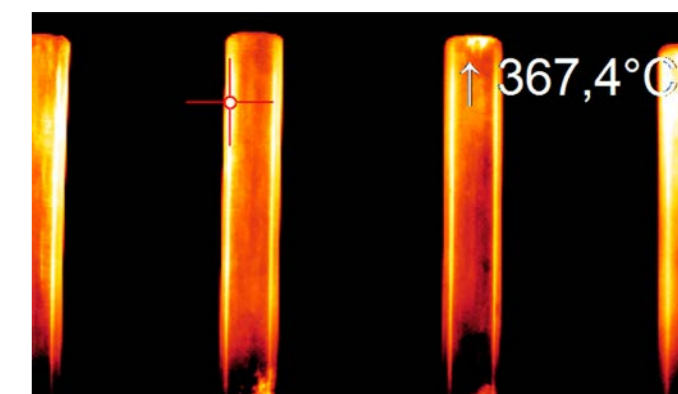
Los fabricantes de dispositivos de infrarrojo pueden determinar el rango espectral óptimo para la medición con ayuda de una prueba del material plástico. El grado de reflexión se encuentra en casi todos los plásticos entre el 5 y el 10 por ciento.



Control detallado de preformas en la producción de botellas

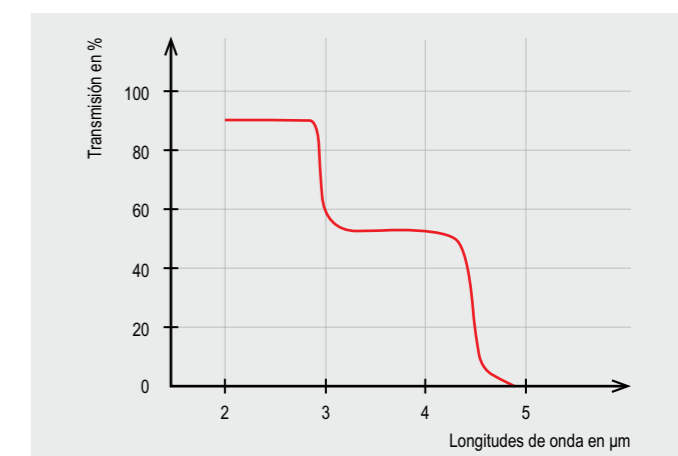
Más información en nuestro folleto sobre aplicaciones en plásticos:
www.optris.com/es/industrias/plasticos

Medición de la temperatura en vidrio



Medición de punto caliente en tubos de vidrio

Si se realizan mediciones de la temperatura en vidrio con termómetros de infrarrojos o la cámara infrarroja especial optris PI G7, se deberán tener en cuenta tanto la reflexión como también la transmisión. La elección cuidadosa de la longitud de onda permite medir en la superficie del vidrio, así como en su profundidad. Longitudes de onda de 1,0 μm , 2,3 μm ó 3,9 μm son apropiadas para mediciones por debajo de la superficie, y de 5 μm y 7,9 μm para mediciones de las temperaturas superficiales. A temperaturas bajas se deberían aplicar 8 a 14 μm y, para compensar la reflexión y ajustar la emisividad a 0,85. Es útil emplear un dispositivo de medición con un tiempo corto de respuesta, porque el vidrio es un conductor del calor malo y puede cambiar rápidamente la temperatura superficial.



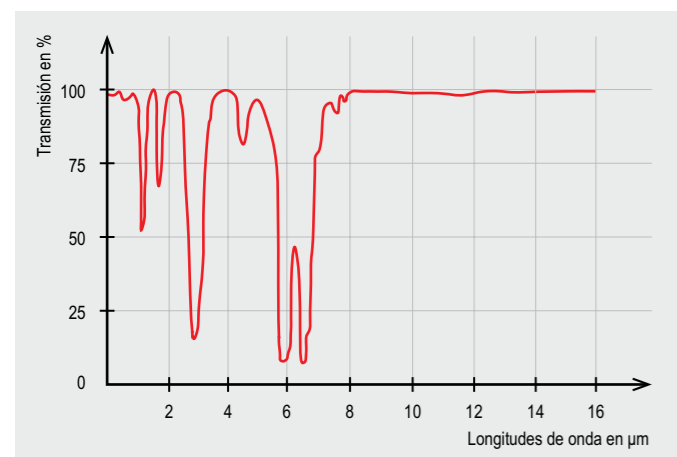
Permeabilidad espectral de vidrio

Más información en nuestro folleto sobre aplicaciones en vidrio:
www.optris.com/es/industrias/vidrio

Influencia del entorno

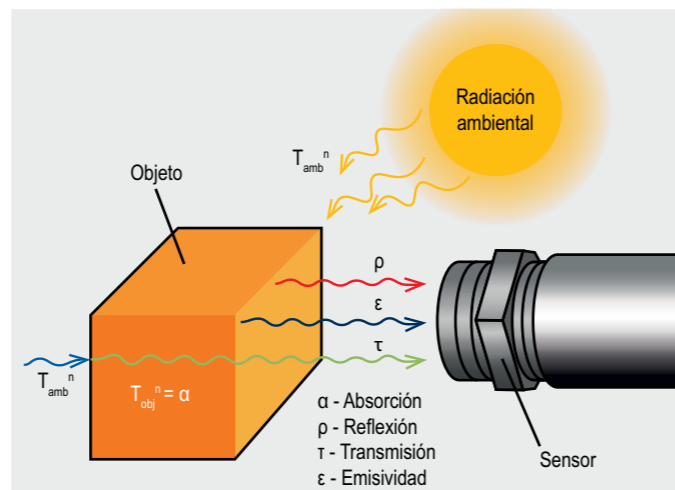
En la imagen inferior se puede ver que la permeabilidad (transmisión) del aire depende en gran medida de la longitud de onda incidente. Las áreas de alta atenuación alternan con aquellas de alta permeabilidad, son las denominadas ventanas atmosféricas. En la ventana multiespectral de onda larga (8 ... 14 μm) se consigue la permeabilidad uniformemente alta, en cambio, en el sector de onda corta aparecen debido al ambiente pérdidas, que pueden producir resultados de la medición alterados. En este caso, las ventanas de medición típicas son 1,1 ... 1,7 μm , 2 ... 2,5 μm y 3 ... 5 μm .

Otros parámetros que pueden influir son las posibles fuentes de radiación térmica en el entorno del objeto a medir. Para evitar dichos valores de medición alterados por las altas temperaturas ambiente (p. ej. al medir la temperatura en metales en hornos industriales con paredes del horno más calientes que el objeto a medir), se efectúa ya en el dispositivo de medición infrarroja una compensación ajustable de la influencia de la temperatura ambiente. Los resultados de medición más precisos se alcanzan mediante un segundo cabezal de medición de temperatura para compensar automáticamente la temperatura ambiente y ajustar correctamente la emisividad.



Grado de transmisión espectral de aire (1 m, 32 °C, 75 % h. r.)

El polvo, humo y materias en suspensión en la atmósfera pueden ensuciar la lente y así alterar los resultados de medición. Los sistemas de purga de aire (enrosicable al cabezal con conexión de aire comprimido) impiden la acumulación de materias en suspensión ante la lente. Los accesorios de enfriamiento de aire y agua permiten el uso de termómetros de infrarrojos incluso bajo condiciones ambientales difíciles.



Compensación de la radiación ambiente

Determinación experimental de emisividades

En el apéndice se incluyen los datos de emisión para diversos materiales de valores medidos indicados en la literatura técnica y derivados. Si se desea determinar la emisividad por sí mismo(a), existen varios métodos para este fin.

Método 1: Con un termopar:

Con un termosensor con contacto se determina, al mismo tiempo que se mide la radiación, la temperatura verdadera de la superficie en un punto. Después se ajusta la emisividad de modo que la temperatura medida por el dispositivo de medición infrarroja coincida con el valor medido por el termopar. El termosensor con contacto requiere un buen contacto térmico y una disipación reducida de calor.

Método 2: Confección de un cuerpo negro con otro cuerpo de prueba hecho del mismo material a medir:

En los materiales con una buena conducción del calor se le puede hacer un taladro, cuya relación del diámetro y la profundidad sea $\leq 1/3$. Así, este taladro consigue tener el efecto aprox. de un cuerpo negro con una ϵ cerca de uno. Debido a las propiedades ópticas del dispositivo y la distancia de medición hay que conseguir que el dispositivo de medición apunte sólo al fondo del taladro durante la medición. Después se configura la emisividad.

Método 3: Con una emisividad de referencia:

En el objeto a medir se coloca una pegatina o un color con una emisividad conocida. Esta emisividad se ajusta en el dispositivo de medición infrarroja, y la temperatura de la pegatina se mide. Luego se efectúa la medición junto a este punto de referencia, la emisividad se deberá ajustar para este fin hasta medir la misma temperatura que en la pegatina o color. Hecho esto se puede determinar la emisividad.

Calibrado de termómetros de infrarrojo [1] [2]

Los dispositivos de medición de la temperatura por infrarrojos se calibran con ayuda de cuerpos negros. Estas fuentes de radiación pueden producir diferentes temperaturas con un alto grado de estabilidad (véase también la página 5, apartado sobre cuerpos negros). Para el proceso de calibración es importante conocer el valor exacto de la temperatura de radiación. El valor se mide con un termómetro de contacto o con un termómetro de radiación normal de transferencia y, a continuación, se utiliza para ajustar/calibrar los sensores de infrarrojos. Para la calibración por el cliente o por un laboratorio de calibración acreditado, las temperaturas de calibración deben estar en el rango de temperaturas que se producen en la aplicación correspondiente.

Para medir la temperatura de radiación de las fuentes de referencia se utilizan los termómetros de radiación normal de transferencia LS-PTB, CTlaser 2MH SF-PTB y Exactus Optical Thermometer-PTB.

Basándose en el pirómetro PTB, se puede fabricar un termómetro infrarrojo de referencia de alta precisión para el cliente. Los dispositivos DCI se fabrican con componentes preseleccionados, que garantizan una medición de alta estabilidad. En combinación con una calibración especial en tres puntos de calibración, se puede proporcionar una mayor precisión para la medición de la temperatura del DCI CTlaser LT en estos puntos de referencia.



Certificado del Instituto Metroológico Nacional Alemán (PTB)



termómetro de radiación estándar de transferencia CT-PTB



Estación de calibración automática

La lente de los termómetros infrarrojos se describen generalmente mediante el coeficiente de la distancia al campo de medición (E:M o D:S). En función de la lente, el termómetro de infrarrojo recibe, no obstante, también cuotas de radiación fuera del campo de medición específica. El valor máximo corresponde así a la radiación emitida por la fuente de radiación hemisférica (semiespacio). El cambio respectivo de la señal en relación con el cambio de magnitud de la fuente de radiación se describe mediante el factor entorno (SSE: Size-of-Source Effect).

Por este motivo, todos los fabricantes de termómetros de infrarrojo utilizan geometrías definidas para calibrar, o sea, en función del diámetro del orificio de la fuente de radiación se determina una distancia respecto al cuerpo de referencia. En la documentación técnica se puede ver que, para el tamaño del campo de medición de los dispositivos, se indica un valor porcentual definido del pico nombrado antes – generalmente un 90 % o un 95 %, respectivamente.

Optris GmbH dispone de propios laboratorios modernos. Al elaborar los certificados de calibración se protocoliza, junto a la temperatura ambiente y humedad del aire del laboratorio de calibración, también la distancia de medición y el orificio del cuerpo (geometría de calibración).



No sólo se aplican elevados estándares técnicos en la producción de dispositivos de medición, sino también en la participación activa en los procesos de normalización de todo el sector. En la actualidad, los ingenieros de desarrollo trabajan, entre otras áreas, en los grupos de trabajo de Termometría de radiación aplicada (GMA 8.1) y Medición de temperatura con cámaras termográficas (GMA 8.16) de la Verein Deutscher Ingenieure (VDI).

Óptica, tecnología de visión y electrónica

Estructura constructiva de termómetros de infrarrojo

Los termómetros de infrarrojo se elaboran en un gran número que se distinguen entre ellos en la lente, electrónica, tecnología, tamaño y carcasa. No obstante, en común tienen la cadena de procesamiento de señales, en la que hay al principio una señal de radiación infrarroja y al final una señal de salida de temperatura digital.

Lentes y ventanas

Al inicio de la cadena de medición hay un sistema óptico que consta, en la mayoría de los casos, de una lente. Esta lente capta la energía infrarroja emitida por un punto a medir y la enfoca en un detector. Al realizar las mediciones es importante que el objeto a medir sea más grande o igual al campo visual del sensor, porque sino se alterará el valor medido. La relación de la distancia describe el tamaño del punto a medir para una separación determinada. Se ha definido como E:M – la relación de la distancia de medición (separación del dispositivo de medición al objeto a medir) al diámetro del punto a medir. La resolución óptica es mejor con relaciones de mayor magnitud.

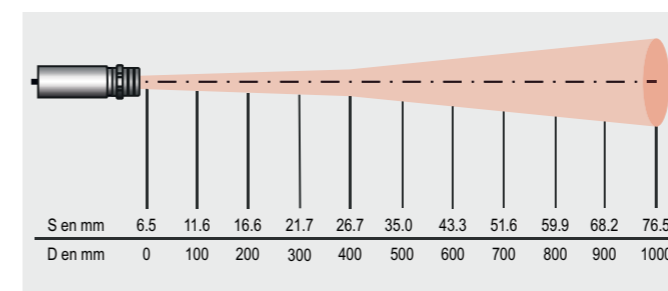
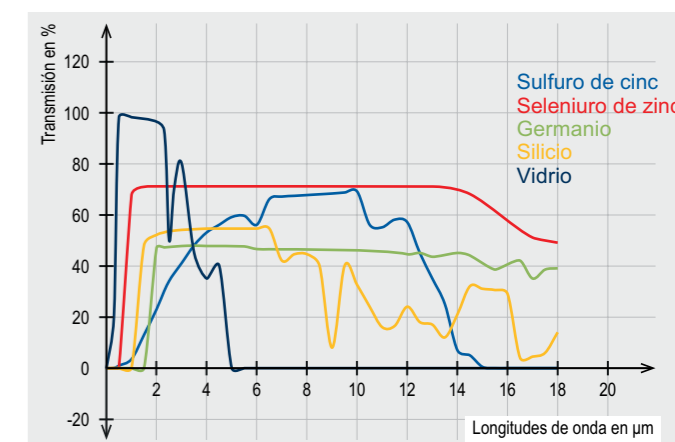


Diagrama óptico de un sensor de infrarrojo

Las lentes de infrarrojo se pueden usar, por lo tanto, según su material sólo para rangos determinados de longitud de onda. En la imagen siguiente se representan lentes y materiales de ventanas típicos para termómetros de infrarrojo con sus rangos de longitud de onda.



Transmisión de materiales infrarrojos típicos (1 mm de espesor)

Para algunas mediciones, como p. ej. en recipientes de reacción cerrados, hornos o cámaras de vacío, generalmente se ha de medir a través de una ventana de medición adecuada. Los valores de transmisión de la ventana deberán adaptarse a la sensibilidad espectral del sensor a la hora de seleccionar su material. Vidrio de cuarzo: es apto para su empleo a altas temperaturas de medición y a temperaturas bajas. En el sector de 8 a 14 µm se deberán utilizar materiales específicos permeables al infrarrojo, como germanio, AMTIR o seleniuro de cinc. Al seleccionar la ventana se deberán considerar también los siguientes parámetros: diámetro de la ventana, requisitos de la temperatura, diferencia máxima de presión. Para una ventana de 25 mm de diámetro, que tiene que resistir una diferencia de presión de una atmósfera, es suficiente p. ej. un espesor de 1,7 mm. Para alinear el sensor al objeto a medir (p. ej. en el recipiente al vacío) puede resultar útil el empleo de materiales de ventana que son transparentes también en el sector visible.

Material de ventanas / Propiedades	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaF ₂	BaF ₂	ZnS	ZnSe	KRS ₅	GE	Si
Rango recomendado de longitud de onda infrarrojo in µm	1 ... 4	1 ... 2,5	2 ... 8	2 ... 8	2 ... 14	2 ... 14	1 ... 14	2 ... 14	1,5 ... 8
Temperatura máx. de ventanas	1800	900	600	500	250	250	s. i.	100	250
Transmisión en el sector visible	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	no	no
Resistencia a la humedad, ácidos y combinaciones de amoníaco	muy buena	muy buena	poca	poca	buena	buena	buena	buena	muy buena
Apropiado para vacío ultraalto	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí

La tabla muestra diversos materiales de ventanas en resumen.

Las ventanas con capas antireflejo poseen una transmisión considerablemente más alta (hasta un 95 por ciento). La pérdida de transmisión puede corregirse junto con el ajuste de la transmisión en la ventana, siempre y cuando el fabricante haya indicado la transmisión para el rango correspondiente de longitud de onda. En otro caso, se puede determinar experimentalmente con el termómetro de infrarrojo con el que se está midiendo y un cuerpo comparativo.

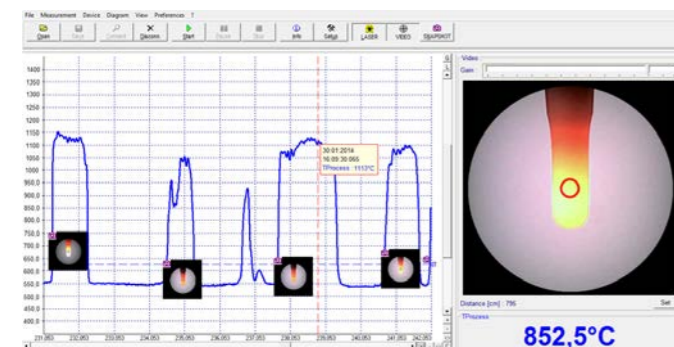
Últimas tendencias en la tecnología de visión

Los nuevos principios de medición y tecnologías de visión permiten una aplicación más precisa de dispositivos de medición de la temperatura por infrarrojo. Los productos desarrollados del sector de láser de estado sólido se adaptan marcando los tamaños del punto a medir con ayuda de disposiciones láser múltiples. Para este fin los tamaños verdaderos del punto a medir se indican en el campo del objeto, p. ej., por medio de tecnologías de puntero de láser cruzado. En otros dispositivos, los chips de cámara vídeo sustituyen los costosos sistemas ópticos de visión.

Desarrollo de lentes de alto rendimiento en combinación con tecnologías de visión de láser cruzado

Los termómetros de infrarrojo portátiles, simples y económicos emplean punteros láser de un punto, para marcar el centro del punto a medir con un cierto error de paralelismo. El usuario asume en este caso la evaluación del tamaño del punto a medir con ayuda del diagrama del punto a medir y de la distancia estimada.

Si el objeto a medir ocupa sólo una parte del punto a medir, se representarán los incrementos de temperatura sólo como valor medio entre la parte de superficie caliente y la parte fría que rodea esta superficie. Si, por ejemplo, una unión eléctrica, debido a un contacto oxidado, tiene una resistencia óhmica más alta y se calienta, por lo tanto, de modo no admisible, se representará este hecho, en el caso de objetos pequeños y puntos a medir demasiado grandes, sólo como un calentamiento insignificante, de tal modo que no se podrán detectar situaciones potencialmente peligrosas.



El software Compact Connect ofrece múltiples opciones de ajuste para pirómetros vídeo

El nuevo concepto de doble láser

La doble mira láser ayuda a apuntar el sensor. El láser se ajusta de forma que el punto de medición infrarrojo se encuentre dentro de los dos puntos láser. En el punto focal de la óptica correspondiente, ambos puntos láser se sitúan uno encima del otro, marcando así el punto mínimo de medición como un único punto láser. Esto permite colocar el sensor exactamente sobre el objeto a medir.

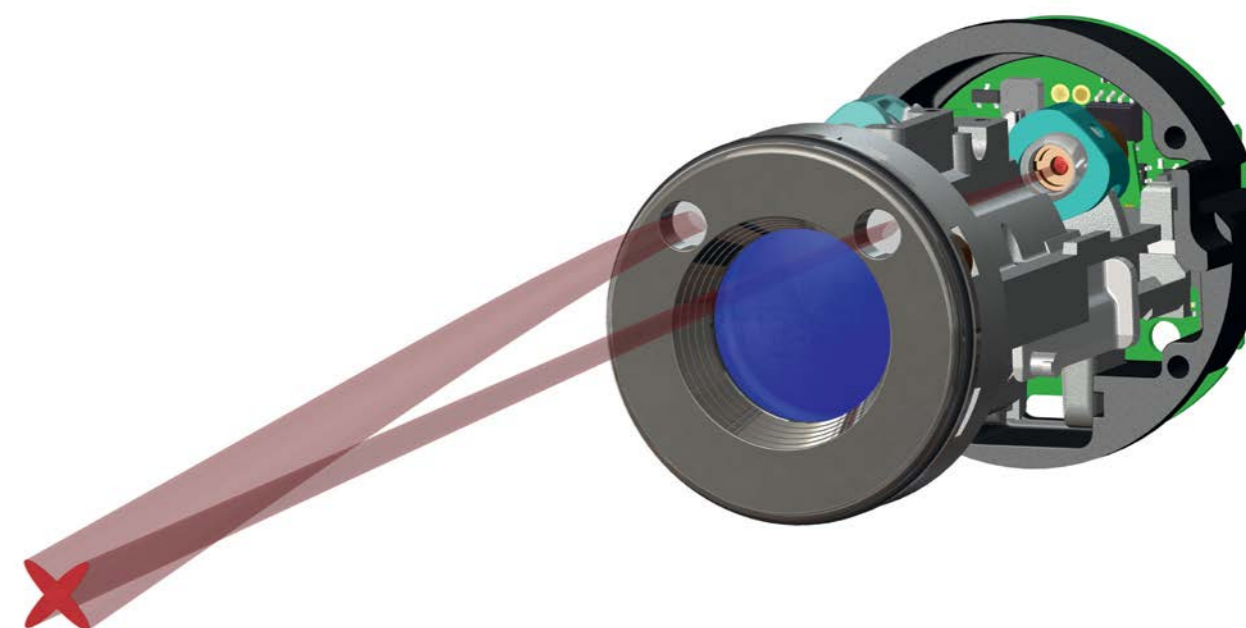
El principio de la retícula cruzada

Mediante empleo de tecnologías nuevas de iluminación láser se ha conseguido representar puntos a medir con termómetros de infrarrojo como retícula cruzada con el tamaño correcto, cuyas dimensiones corresponden exactamente al punto a medir. Para este fin los cuatro diodos láser, dispuestos simétricamente alrededor del canal de medición con óptica IR, se dotan de generadores lineales, que generan una línea con una longitud definida dentro de la distancia del punto focal determinada por la lente. Los generadores lineales opuestos en parejas se superponen en el punto focal por completo, las líneas láser proyectadas por ellos, de tal modo que se genera una retícula cruzada o de medición, que describe exactamente el diámetro del punto a medir. En caso de distancias de medición más cortas o largas, esta superposición se efectúa sólo en parte, de modo que, para el usuario, cambia la longitud de la línea y, por eso, el tamaño de la retícula de medición. Con ayuda de esta tecnología es posible así, por primera vez, registrar claramente las dimensiones precisas del punto a medir. Así, la utilidad práctica de los dispositivos

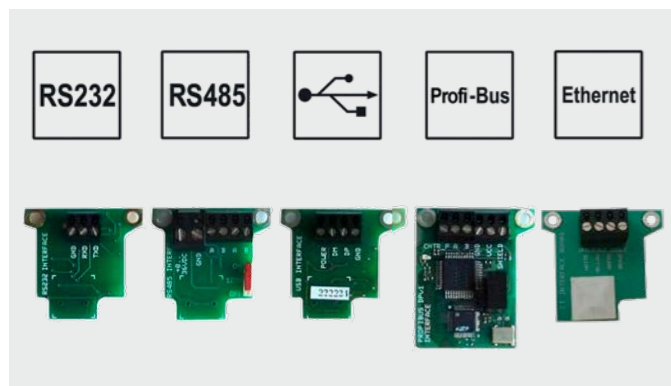
La inversión del punto focal

Además de las distancias de medición óptimas en el sector de mantenimiento eléctrico y en el control de los procesos de calidad industriales de aprox. 0,75 a 2,5 metros. Con frecuencia se desea registrar objetos considerablemente más pequeños a una distancia más corta. Por este motivo se han desarrollado dispositivos de medición que permiten un enfoque dentro de determinados límites. No obstante, siempre ha sido un desafío técnico generar en estos casos puntos a medir por debajo de un milímetro.

Los productos recientes utilizan desde ahora una tecnología para la que se puede convertir una óptica de doble lente mediante ajuste mecánico de la posición interior de la lente – de modo similar a una imagen macro en los aparatos fotografía digitales –, para puntos a medir muy pequeños. Es el resultado de medir un punto pequeño, pero sólo a una distancia constante. Al acercarse al objeto a medir o al alejarse del mismo, el punto a medir aumentará de tamaño rápidamente. Con ayuda de dos rayos láser cruzados, que se superponen con precisión en la posición más pequeña del punto a medir y, por lo tanto, fusionan en un punto, se consigue representar tanto una distancia como también un tamaño del punto a medir óptimos. La imagen de más abajo muestra el sistema óptico de un termómetro de infrarrojo moderno, en el que se puede ajustar la posición de la lente y, al mismo tiempo, los diversos sistemas de iluminación láser garantizan una visualización en el tamaño correcto del punto a medir.



Innovador principio reticular del pirómetro de vídeo



Salidas e interfaces (analógicas y digitales).
Como ejemplo: módulos de interfaz digital enchufables de la caja electrónica

Para visualizar correctamente el tamaño del punto, se desarrollaron sistemas ópticos de puntería con marcas de tamaño en el punto de mira, que permiten apuntar con precisión. Dado que los pirómetros láser son mucho más fáciles y seguros que los termómetros de contacto, los ingenieros han intentado marcar el tamaño del punto con técnicas de puntería láser independientemente de la distancia, según la relación distancia-punto-tamaño del diagrama.

Dos haces láser alabeados muestran aproximadamente el estrechamiento del haz de medición y su ensanchamiento a distancias mayores.

distancia. Sin embargo, el diámetro del tamaño del punto sólo se indica mediante dos puntos en la circunferencia exterior. Debido a su diseño, la posición angular de estos puntos láser en el circuito de medición se desplaza, lo que dificulta la puntería.

Un avance son los pirómetros de vídeo, que permiten un marcado preciso del campo de medición con ayuda del uso simultáneo de un módulo de vídeo y una tecnología de puntería láser en cruz.

La electrónica Indicaciones, salidas e interfaces

La electrónica de un termómetro de infrarrojo hace lineal la señal de salida del detector, para generar por último una señal de corriente lineal 0/4 – 20 mA o una señal de tensión 0 – 10 V. Esta señal se muestra en los dispositivos portátiles de infrarrojo como valor de temperatura directamente en la pantalla LCD. Además, los dispositivos portátiles ofrecen, como los sensores estacionarios, diversas salidas e interfaces para el procesamiento posterior.

Las interfaces de salida de los termómetros de infrarrojos pueden conectarse directamente con un PC, un ordenador portátil o una impresora de datos de medición. Se pueden crear gráficos y diagramas específicos del cliente con software para PC.

Sensores y aplicaciones de medición sin contacto

La medición de temperatura sin contacto con termómetros de infrarrojos es un método cualificado para controlar, supervisar y gestionar las temperaturas de los procesos y para el mantenimiento preventivo de máquinas e instalaciones. Los termómetros de infrarrojos portátiles o sensores de infrarrojos en línea se clasifican como dispositivos de medición de puntos y de imágenes, y pueden seleccionarse en función de la aplicación.

Cámaras de infrarrojos

Una cámara está diseñada para tomar imágenes del entorno, ya sea en movimiento o estático. Mientras que las cámaras tradicionales captan la luz visible para el ojo humano, las cámaras de infrarrojos trabajan en una región de mayor longitud de onda, para medir la temperatura de la superficie a partir de la radiación detectada. Las imágenes tomadas de este modo pueden recalcularse para presentar una imagen de la temperatura del objeto grabado. Una representación en falso color permite visualizar las distintas temperaturas utilizando varios colores de forma clara. Esto permite al usuario identificar muy fácilmente las zonas cálidas o frías basándose en la imagen. Mediante un software asociado, las cámaras de infrarrojos pueden adoptar diferentes aplicaciones, como por ejemplo la detección de puntos calientes o el escaneo de líneas a través de pequeñas rendijas. Las aplicaciones de las cámaras de infrarrojos son muy variadas y van desde el mantenimiento de equipos eléctricos hasta el control de procesos en diversos sectores industriales, pasando por el control de calidad de piezas. Dependiendo de la aplicación, existen cámaras con diferentes ópticas,

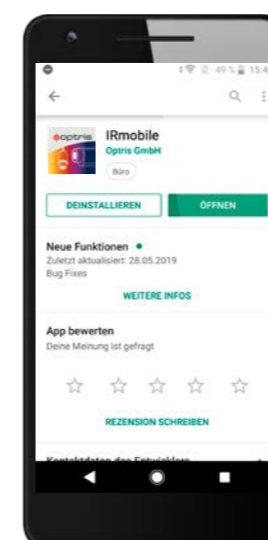


resoluciones y frecuencias de imagen.

Termómetros/pirómetros de infrarrojos

Los termómetros o pirómetros de infrarrojos pueden realizar una medición de temperatura sin contacto de un objeto en un único punto. Los termómetros de infrarrojos son muy compactos y pueden integrarse fácilmente en una amplia gama de entornos de aplicación. Existen dispositivos que pueden seleccionarse en función de los rangos de temperatura y las longitudes de onda, y que pueden adaptarse a la aplicación industrial. Los pirómetros se distinguen entre los sensores compactos de bajo precio (serie compacta) y los termómetros de alto rendimiento (serie de alto rendimiento). Ambas series pueden emitir valores de medición

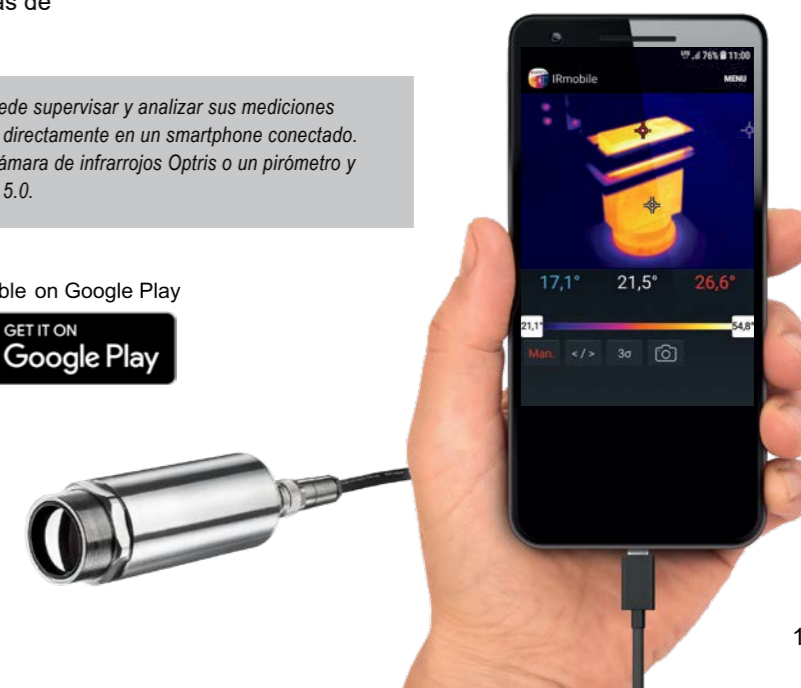
a través de diversas interfaces estándar, lo que permite utilizarlos directamente para el control de procesos. Las aplicaciones típicas de los termómetros de infrarrojos se encuentran en muchos procesos industriales, en los que es importante mantener una temperatura exacta, por ejemplo en las industrias del plástico y el metal o en la fabricación de envases de cartón.



Con la aplicación IRmobile puede supervisar y analizar sus mediciones de temperatura por infrarrojos directamente en un smartphone conectado. Todo lo que necesita es una cámara de infrarrojos Optris o un pirómetro y un dispositivo Android versión 5.0.



disponible on Google Play



Cámaras de infrarrojos y aplicaciones

Ver puntos calientes localizados que permiten detectar puntos débiles en nuestro entorno siempre ha sido el aspecto fascinante de la termografía moderna. No en vano, gracias a los métodos cada vez más eficaces de fabricación de los sensores ópticos de imagen IR, las cámaras de infrarrojos han experimentado una drástica mejora en su relación calidad-precio.

Los dispositivos son cada vez más pequeños, más robustos y con menor consumo energético. Desde hace algún tiempo existen sistemas de medición termográfica que, al igual que una webcam, sólo necesitan un puerto USB para funcionar.

Óptica de cámara de infrarrojos

Las cámaras de infrarrojos funcionan como las cámaras digitales normales: Tienen un campo de visión que puede oscilar entre 6° (tele) y 90° (gran angular). Cuanto más lejos se esté del objeto, mayor será el área de imagen captada y, por tanto, mayor será también la sección de imagen cubierta por un píxel. La ventaja de estas condiciones es que la intensidad luminosa es independiente de la distancia en superficies suficientemente grandes. Esto significa que las mediciones de temperatura no suelen verse afectadas por la distancia al objeto de medición. [1]

La radiación térmica sólo puede enfocarse en la región infrarroja de largo alcance (8-14 μm) mediante ópticas de germanio, aleaciones de germanio, sales de zinc o espejos de superficie.

En comparación con las lentes fabricadas en serie a las que estamos acostumbrados de la gama visible del espectro, este tipo de lentes especializadas siguen siendo un factor

de coste considerable para las cámaras termográficas. Se diseñan como ópticas esféricas de 3 lentes o asféricas de 2 lentes y deben calibrarse para obtener mediciones termométricamente correctas, sobre todo en el caso de las cámaras con lentes intercambiables, debido a su influencia en los píxeles individuales.



Calculadora óptica para cámaras infrarrojas



disponible en Google Play

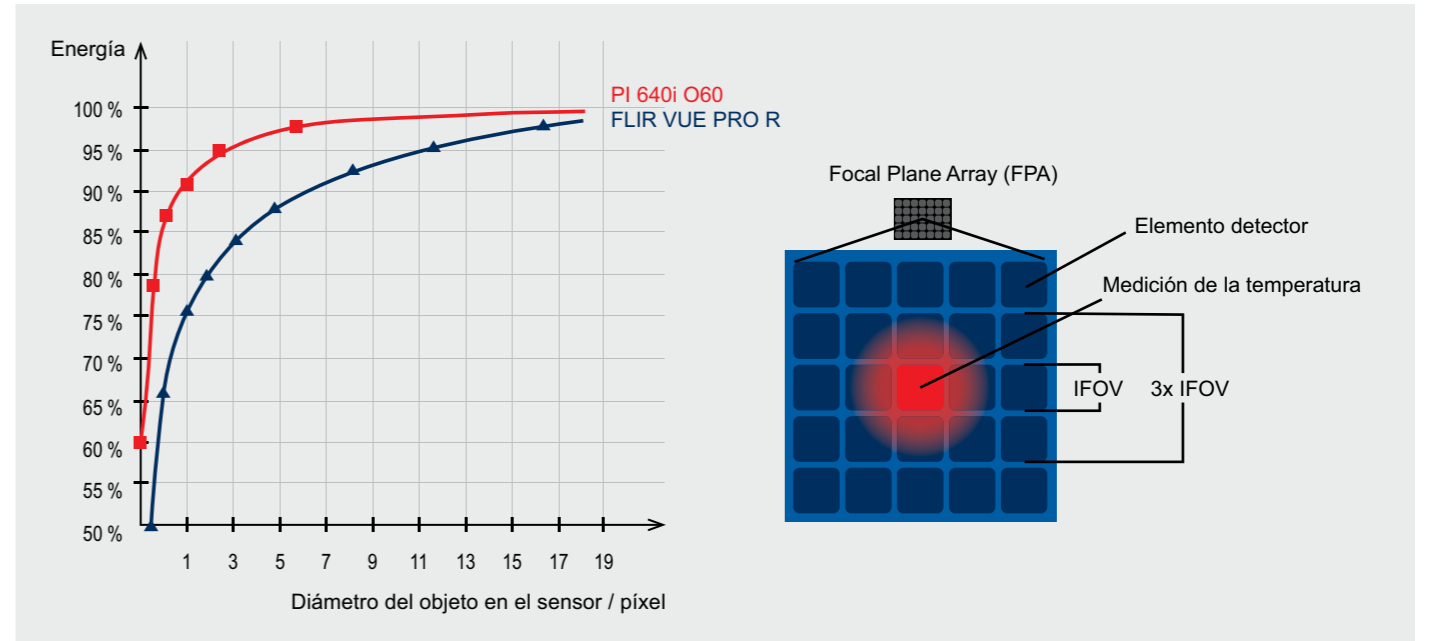
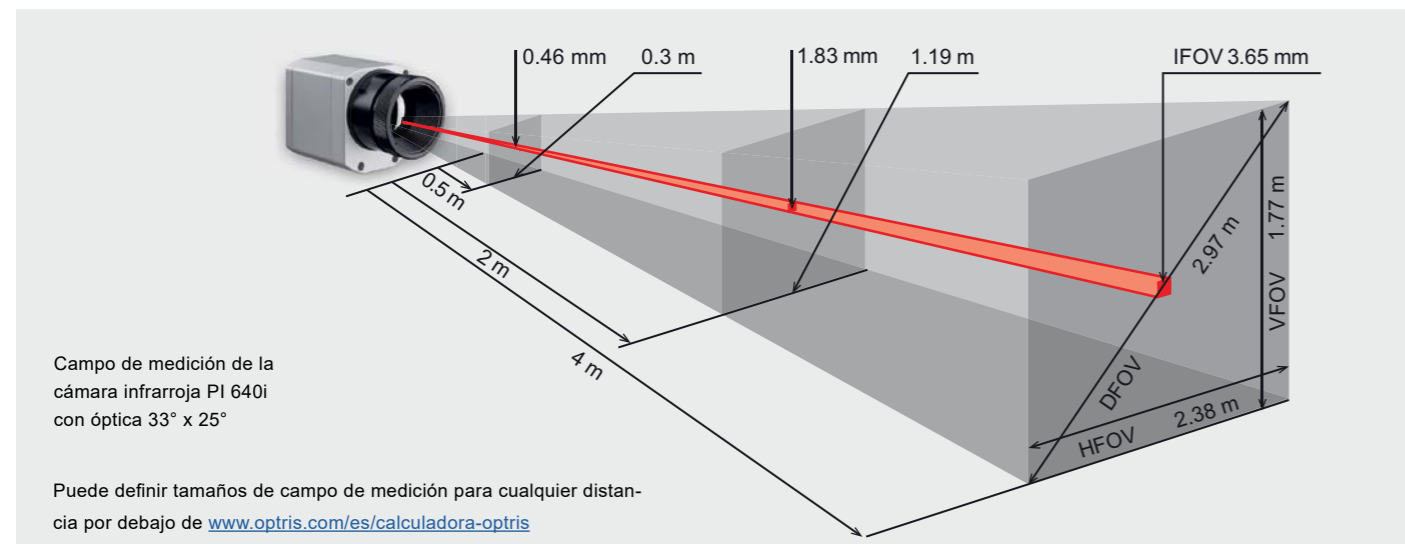
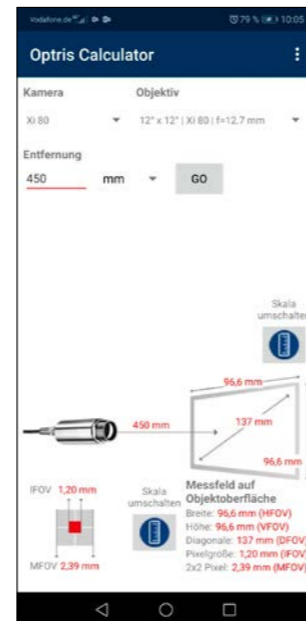


Figura 1:

Resolución geométrica para una medición ideal de la temperatura

Al diseñar la óptica de las cámaras IR de medición, debe prestarse especial atención a la calidad del contraste de detalle con el que puede representarse un objeto en la imagen. Esto se describe mediante la función de transferencia de modulación (MTF). Dado que, a diferencia de las cámaras visuales, en las cámaras IR interesa más el contraste térmico, éste se utiliza junto con la función de respuesta de rendija (SRF). El resultado viene determinado por el número de píxeles que debe ocupar un objeto para que su temperatura pueda medirse con exactitud. En los sistemas ópticos infrarrojos de alto rendimiento, es de 3x3 píxeles (curva roja; fig. 1), con sistemas ópticos de menor calidad, en algunas circunstancias pueden ser necesarios hasta 10x10 píxeles (curva azul; fig. 2), para recibir el 90 % de la energía. Un objetivo de cámara de alto rendimiento también permite una mayor distancia de medición con el mismo número de píxeles del detector, o la medición precisa de la temperatura de estructuras y objetos más pequeños. La geometría de 3x3 píxeles se describe como MFOV (campo de visión de medición) - un solo píxel en la superficie del objeto se describe como IFOV (campo de visión instantáneo). El MFOV es comparable a la definición del punto de medición con termómetros de infrarrojos.

El corazón de la cámara de infrarrojos de la gran mayoría de los sistemas termográficos utilizados en el mundo es una matriz de plano focal (FPA). Los FPA son sensores de imagen integrados con tamaños de 6400 a 1 millón de píxeles. Cada píxel es un microbolómetro con un tamaño de 12 x 12 hasta 35 x 35 μm^2 . Estos receptores térmicos de 150 nanómetros de grosor se calientan por la radiación térmica en 10 ms en

Figura 2:

aproximadamente una quinta parte de la diferencia de temperatura entre el objeto y la temperatura propia.

Esta alta sensibilidad se consigue gracias a una capacidad calorífica extremadamente baja junto con un magnífico aislamiento del entorno evacuado. La capacidad de absorción de la superficie parcialmente transparente del receptor aumenta por la interferencia de la onda luminosa transmitida, que posteriormente se refleja en la superficie del chip de silicio con la siguiente onda luminosa. [3]

Para aprovechar este efecto de interferencia inherente, la superficie del bolómetro, que consiste en óxido de vanadio o silicio amorfo, debe colocarse mediante técnicas de grabado especiales a unos 2 μm de distancia del circuito de lectura. La detectividad específica en función del área y del ancho de banda de los FPA aquí descritos alcanza valores en torno a 109 $\text{cm}^2 \text{Hz}^{1/2} / \text{W}$. Por tanto, son un orden de magnitud más sensibles que otros sensores térmicos, como los utilizados, por ejemplo, en los pirómetros.

La temperatura del bolómetro modifica a su vez su resistencia, que se convierte en una señal eléctrica de tensión. Unos rápidos convertidores A/D de 14 bits digitalizan la señal de video previamente amplificada y serializada. Un procesador digital de señales calcula los valores de temperatura de cada píxel individual y produce la conocida imagen en falso color en tiempo real. Las cámaras infrarrojas requieren una calibración bastante compleja, en la que para cada píxel a diferentes temperaturas del chip o del cuerpo negro se asigna una serie de valores de sensibilidad. Para aumentar la precisión de la medición, los FPA del bolómetro se termostatan a temperaturas definidas con una gran precisión de control.

Gracias al desarrollo de ordenadores portátiles, netbooks, tabletas y smartphones cada vez más potentes, más pequeños y, al mismo tiempo, más baratos, ahora es posible utilizar sus

- Grandes pantallas para mostrar imágenes térmicas,
- baterías de iones de litio optimizadas para el suministro de energía,
- Potencia informática para una presentación de señales en tiempo real flexible y de alta calidad,
- Capacidad de almacenamiento para la grabación de vídeo de imágenes térmicas, actualmente prácticamente ilimitada, así como
- Interfaces Ethernet, Bluetooth, Wi-Fi y de software para integrar el sistema de termografía en el entorno de la aplicación.

La interfaz USB 2.0, estandarizada y disponible universalmente, permite velocidades de transferencia de datos de, por ejemplo,

- 32 Hz con resolución de 640x480 píxeles,
- 125 Hz con 640 x 120 píxeles (modo subfotograma)
- 1 kHz con 72 x 56 píxeles.

La tecnología USB 3.0 es incluso adecuada para resoluciones de imagen térmica XGA de hasta 100 Hz de frecuencia de vídeo. Al utilizar el principio de la cámara web en la obtención de imágenes termográficas, se dispone de características de producto completamente nuevas con una relación precio/rendimiento significativamente mejorada. Aquí, la cámara de infrarrojos se conecta a través de la interfaz de 480 MBaud con el ordenador basado en Windows, que al mismo tiempo proporciona una fuente de alimentación.

El hardware de las cámaras infrarrojas USB

La línea Compact es una fusión de los robustos y compactos pirómetros con las modernas cámaras IR. Una de las particularidades de esta cámara de bajo presupuesto es la posibilidad de ajustar el punto focal a distancia mediante un enfoque motorizado y de integrar la cámara de forma autónoma -sin ordenador de proceso- en el proceso a través de una salida analógica. La novedad en este caso es que también se puede emitir un hotspot como salida analógica.

Las modernas cámaras de infrarrojos USB reúnen las ventajas de los pirómetros compactos y robustos y de las cámaras de infrarrojos compactas. Además de la posibilidad de ajustar a distancia el punto focal mediante el enfoque motorizado integrado, estas cámaras también pueden funcionar de forma autónoma, es decir, sin ordenador de proceso. La cámara IR calcula entonces el punto caliente dentro del propio campo del objeto grabado, por ejemplo, y por tanto es capaz de seguir objetos en movimiento. La temperatura calculada del objeto seguido se emite directamente como señal analógica de 0/4-20 mA.



Infrared cameras up to 640x480 pixels and 1.000 Hz

En el pasado, USB era una interfaz de comunicación puramente ofimática. El uso generalizado de este estándar de interfaz en comparación con FireWire inició numerosos desarrollos, que han mejorado considerablemente las capacidades industriales de la interfaz y, por tanto, la usabilidad de los dispositivos USB 2.0.

Entre ellas figuran:

- Apto para cable de arrastre que puede utilizarse hasta a 200 °C con longitudes de cable de hasta 10 m. [4]
- Hasta 100 m Cat. 6 (Ethernet) - mediante convertidor de USB a GigE (apto para PoE)
- Módems Ethernet de fibra óptica para longitudes de cable de hasta 10 km

Gracias al gran ancho de banda del bus USB, por ejemplo, se pueden conectar cinco cámaras de infrarrojos de 120 Hz utilizando un concentrador estándar a través de un cable ethernet de 100 m con un ordenador portátil.

Los dispositivos de imagen térmica resistentes al agua, a las vibraciones y a los golpes cumplen la clase de protección IP 67, por lo que también son adecuados para su uso en aplicaciones de bancos de pruebas e inspección robustos. El tamaño de 45 x 45 x 60-75 mm³ y los 195 g reducen considerablemente el coste de las carcasas refrigeradas y las unidades de purga de aire.

Debido a la deriva térmica de los bolómetros y a su procesamiento de señales en el chip, todas las cámaras infrarrojas de medición que se venden en el mundo requieren una corrección de desplazamiento en determinados intervalos de tiempo. Para ello, un motor desplaza una pieza metálica recubierta de negro delante del sensor de imagen. De este modo, cada elemento de imagen se referencia con la misma temperatura conocida. Naturalmente, durante este tipo de calibración de desplazamiento, las cámaras termográficas son ciegas. Para minimizar este efecto, la corrección del desplazamiento puede iniciarse en un momento adecuado mediante una clavija de control externa. Al mismo tiempo, las cámaras se han diseñado de forma que la duración de la calibración automática sea lo más corta posible.

La instalación de actuadores adecuadamente rápidos permite la autorreferenciación en 250 ms con las cámaras de infrarrojos USB. Esto es comparable a la duración de cerrar y abrir un párpado, y por tanto aceptable para muchos procesos de medición. En los procesos continuos, en los que deben detectarse puntos calientes repentinos, a menudo pueden utilizarse imágenes de referencia "buenas" generadas muy próximas entre sí dentro de una medición de imagen diferencial dinámica. Esto permite un funcionamiento continuo sin un elemento que se mueva mecánicamente.



Para la referenciación offset, se desplaza brevemente una referencia de temperatura en el campo de visión del conjunto de sensores infrarrojos.

Especialmente cuando se utilizan las cámaras sensibles al espectro de onda larga en la tecnología de procesamiento láser de CO₂ de 10,6 µm, la opción de un cierre controlado externamente del canal óptico y, al mismo tiempo, disponer de señales independientes del estado de funcionamiento protegido optomecánicamente de la cámara, ha demostrado su eficacia. No obstante, también existen filtros especiales de bloqueo de CO₂ que permiten medir la temperatura con estas cámaras IR incluso con un láser de CO₂ activo.

Para los láseres de mecanizado, que trabajan en el rango de 900 nm a 2,6 µm, pueden utilizarse cámaras IR de onda larga sin filtros adicionales, ya que basta con el buen efecto de bloqueo del filtro espectral en el detector. Sin embargo, con temperaturas de proceso más elevadas y con superficies metálicas, es preferible utilizar cámaras de onda corta. Una sensibilidad espectral de banda estrecha a 800 nm o 500 nm permite también aquí el uso de estos sistemas de cámaras sin filtro de bloqueo adicional.

Los principales ámbitos de aplicación de los dispositivos de termografía aquí descritos son:

- Análisis de procesos térmicos dinámicos en el desarrollo de productos y procesos.
- Aplicaciones estacionarias para la observación y el control continuos de procesos térmicos.
- Uso ocasional como dispositivo de medición portátil en el sector del mantenimiento y para detectar fugas térmicas. Una aplicación Android de fácil manejo permite utilizar las cámaras industriales compactas junto con un teléfono inteligente.

Para su uso en el sector de I+D, la opción de grabación de vídeo con alta frecuencia de imagen ha demostrado ser ventajosa. Esto permite analizar posteriormente en el software procesos térmicos que sólo están en el campo de visión de la cámara durante un breve periodo. Esto permite extraer imágenes individuales de este tipo de secuencias de vídeo con una resolución geométrica y térmica completa. Además, las lentes intercambiables -incluida una lente microscópica- permiten numerosas opciones para adaptar el dispositivo a las distintas tareas de medición: Mientras que las lentes de 6° son más adecuadas para observar detalles a gran distancia, con una lente microscópica se pueden medir objetos con una resolución geométrica de 28 µm².

En las instalaciones fijas de cámaras infrarrojas USB, su interfaz de proceso separada galvánicamente se convierte en una ventaja, ya que la información de temperatura generada a partir de la imagen térmica puede transmitirse como señales 0/4-20 mA o 0-10 V. Además, las emisividades relacionadas con el área o las mediciones de temperatura de referencia sin contacto o con contacto pueden introducirse en el sistema de la cámara a través de una entrada de tensión. Para una documentación de calidad, una entrada digital adicional puede disparar instantáneas de imágenes o secuencias de vídeo. Este tipo de imágenes térmicas individuales relacionadas con el producto también se pueden almacenar automáticamente en servidores centrales.



Mikroskopio óptico PI 640i para la inspección de placas de circuito impreso

El software de análisis garantiza la flexibilidad

Dado que las cámaras de infrarrojos USB utilizan controladores USB estándar de clase de vídeo o HID integrados en el sistema operativo Windows, no es necesario instalar ningún controlador. El cálculo de la temperatura relacionado con cada píxel tiene lugar en el PC. En comparación con las cámaras visuales, a pesar de las resoluciones geométricas relativamente bajas de las cámaras de infrarrojos (por ejemplo, 307.200 píxeles con resolución VGA), la calidad de imagen es sorprendentemente buena. Esto se consigue mediante un complejo algoritmo de renderizado basado en software.

El software de usuario también es extremadamente flexible. Además de las funciones estándar, el software incluye las siguientes características:

- Numerosas opciones de exportación de datos e imágenes térmicas para facilitar el análisis fuera de línea.
- Representaciones de perfiles libremente posicionables.
- Un número ilimitado de campos de medición con opciones de alarma independientes.
- Vistas de vídeo diferenciales basadas en imágenes de referencia.
- Medición de objetos en movimiento a través de pequeñas ranuras (escaneado lineal).
- Superposición de varias imágenes para producir una imagen global (Fusión).
- Arreglo de las imágenes en función de eventos definidos (Event grabbing).

El programa también ofrece un modo de presentación, que guarda toda una variedad de modos de presentación y los restaura. Un editor de vídeo permite procesar los datos radiométricos AVI (.ravi). Este tipo de archivos también pueden analizarse fuera de línea mediante el software, que puede utilizarse de múltiples formas en paralelo. Los modos de grabación de vídeo incluyen modos intermitentes, que permiten capturar procesos térmicos lentos y visualizarlos a mayor velocidad.

La transferencia de datos a otros programas se realiza a través de una DLL ampliamente documentada que forma parte del kit de desarrollo de software. Todas las demás funciones de la cámara también pueden controlarse a través de la interfaz DLL. Alternativamente, el software puede comunicarse con un puerto serie (com), y así, por ejemplo, activar directamente una interfaz RS422. También hay disponibles controladores para Linux.

Los accesorios industriales permiten amplias aplicaciones

Para poder utilizar la moderna tecnología de medición por infrarrojos en la industria mundial, se necesitan los accesorios adecuados. Además de los cables obligatorios (para altas temperaturas) y los convertidores de interfaz (por ejemplo, de USB a Ethernet), estos incluyen, en particular, carcasas protectoras para entornos difíciles, que permiten utilizar las cámaras a temperaturas ambientales de hasta 250° C o 315° C.

Para su uso en exteriores, existen carcasas especiales para cámaras con calefacción. Esto permite utilizar las cámaras en una amplia gama de condiciones climáticas, desde -40° C hasta +50° C.

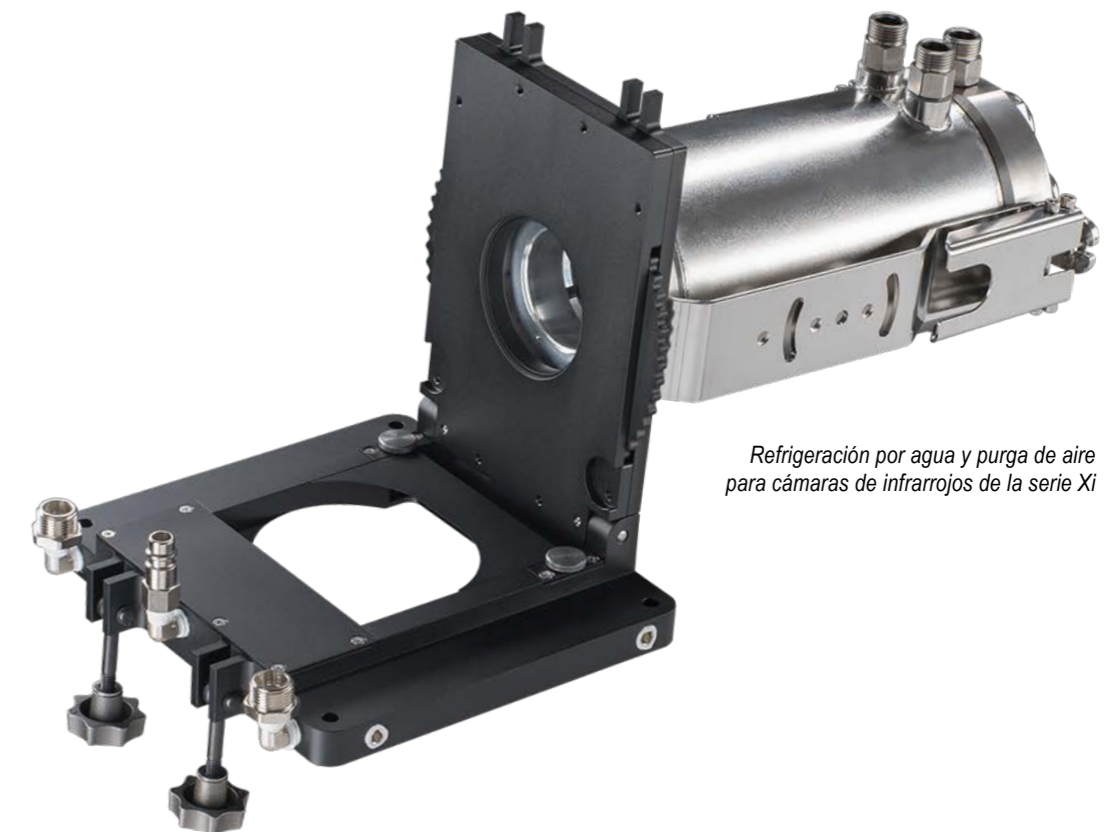
Los collarines de purga de aire laminar, que evitan la condensación y los depósitos de polvo en los sistemas ópticos de la cámara, y las ventanas protectoras -ambas pueden combinarse con carcasas de refrigeración y protección- completan la gama de accesorios. Para condiciones atmosféricas extremadamente duras o en las que las piezas puedan impactar contra la cámara, un denominado obturador (aleta de cierre servocontrolada) proporciona una protección fiable para la óptica de la cámara.



Refrigeración por agua con obturador para la serie Xi



Carcasa de protección exterior con cámara de infrarrojos de la serie PI



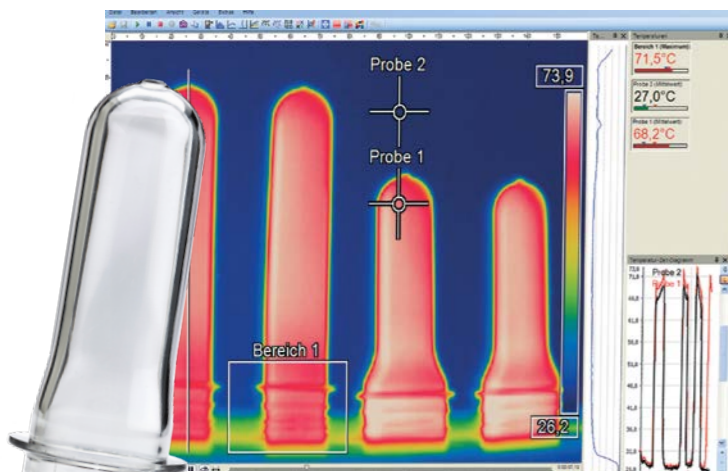
Refrigeración por agua y purga de aire para cámaras de infrarrojos de la serie Xi

Aplicaciones

A continuación se analizan una serie de cinco aplicaciones típicas como ejemplos de la gama de aplicaciones de las cámaras de infrarrojos USB.

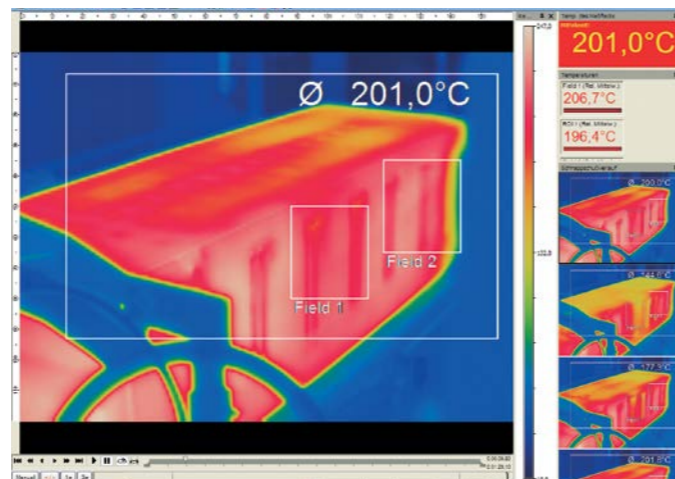
1. Optimización de los procesos de fabricación

La fabricación de piezas de plástico como las botellas de PET requiere un calentamiento definido de la llamada preforma, para garantizar un espesor homogéneo del material al soplar la botella. Durante las pruebas, la planta de fabricación funciona con unas pocas piezas en bruto de 20 mm de grosor a una velocidad de trabajo máxima de aproximadamente un m/s.



Medición de la temperatura de preformas con cámara de infrarrojos y pirómetro de referencia

Dado que el punto temporal de paso del cuerpo de prueba puede variar, es necesario grabar una secuencia de vídeo a 120 Hz para medir el perfil de temperatura de una preforma. En este caso, la cámara se coloca de forma que "siga" el movimiento del material desde un ángulo oblicuo, similar al del último vagón de un tren en marcha. La secuencia de vídeo por infrarrojos resultante muestra el perfil de temperatura, que es importante para ajustar los parámetros de calentamiento. Durante el moldeo por vacío de grandes piezas de plástico para frigoríficos, la grabación en vídeo permite medir con exactitud el comportamiento del enfriamiento en distintos puntos de la pieza moldeada. Las diferentes velocidades de enfriamiento provocan deformaciones en el material. Las deformaciones retardadas que se producen en los plásticos debido a los efectos de memoria -por ejemplo, en los salpicaderos- pueden evitarse optimizando las velocidades de enfriamiento. De forma similar al uso de un osciloscopio para el análisis de perfiles de señales eléctricas, la cámara de vídeo por infrarrojos es una herramienta importante para evaluar los procesos térmicos dinámicos.



Ejemplos de distintas opciones de vídeo IR y análisis de imágenes

2. De la protección contra incendios al control de calidad las cámaras de infrarrojos supervisan los sistemas de cepillado

En los modernos sistemas de cepillado se mecaniza toda una gama de productos. Si las piezas de este tipo de máquinas se calientan demasiado, en el peor de los casos las virutas podrían inflamarse y provocar un incendio. Las cámaras de infrarrojos detectan inmediatamente las piezas sobrecalentadas, eliminando así eficazmente el riesgo de incendio. Sin embargo, la tecnología de infrarrojos puede hacer más: Se minimizan las quemaduras causadas por una presión de contacto excesiva sobre la madera.



Software PIX Connect para la observación de máquinas cepilladoras. Imagen: binderholz

Para fabricar piezas de madera maciza aserradas en bruto, hoy en día se utilizan cepilladoras multilaterales, en las que la madera se alisa, cepilla y, si es necesario, se perfila. Una máquina tiene varios husillos, que mecanizan la pieza en una pasada continua desde todos los lados. Durante el proceso, la madera se mueve a una velocidad de hasta 3,4 metros por

segundo a través de la línea de cepillado. Las guías lineales y las zapatas de presión empujan las piezas de madera contra los husillos. Si la presión es demasiado alta, las guías de entrada se sobrecalientan debido a una fricción excesiva, lo que puede provocar un incendio en el peor de los casos. Los componentes de la tecnología de accionamiento, como cajas de engranajes, motores y ejes de transmisión, también pueden sobrecalentarse.

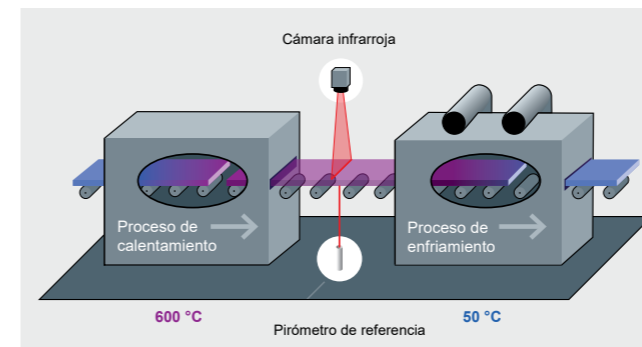
El control de las temperaturas en las líneas de cepillado también ofrece la posibilidad de evaluar la temperatura de la superficie de la madera, que puede calentarse mucho en función de la presión de contacto. Las decoloraciones y quemaduras resultantes afectan a la calidad del producto final. Gracias a la supervisión de la temperatura sin contacto directamente en la máquina, se puede reducir la tasa de desechos.

Si se detectan daños en una fase temprana de la máquina y en la madera, el equipo de mantenimiento y los equipos de producción pueden sustituir las piezas correspondientes u optimizar el proceso, antes de que se produzcan daños. De este modo se evita una avería con un periodo más largo de pérdida de producción, así como piezas de madera de mala calidad.

3. Aplicación de cámaras de línea en plantas de endurecimiento de vidrio (Linescan)

Una vez que el vidrio para edificios se ha cortado en su forma final, a menudo requiere un endurecimiento superficial. Esto se hace en las plantas de templado, donde el vidrio cortado se calienta en un horno a unos 600° C. Tras este calentamiento, el material se transporta mediante rodillos móviles desde el horno a una sección de enfriamiento por aire, donde la superficie se enfría rápida y uniformemente. Así se crea la estructura cristalina fina endurecida que es importante para el vidrio de seguridad. Esta estructura, y por tanto la resistencia a la rotura del vidrio, depende de que todas las zonas se calienten de la forma más uniforme posible.

Dado que la carcasa del horno y la sección de enfriamiento están muy juntas, sólo es posible observar las superficies de vidrio transportadas fuera del horno a través de un pequeño hueco. Por este motivo, el material sólo aparece en unas



Medición de imágenes térmicas en una línea de templado de vidrio con cámara IR y pirómetro de referencia.

pocas filas en la termografía.

El software permite ahora una presentación especial, en la que la imagen completa del cristal se reconstruye línea a línea a medida que pasa por el hueco a velocidad constante.

La cámara mide el hueco en diagonal, de modo que con un objetivo de 90° resulta un campo de visión de 111°. Dado que el vidrio puede tener diferentes emisividades en función del revestimiento de la superficie, un termómetro de infrarrojos mide la temperatura exacta de la superficie en la cara inferior sin revestimiento a la longitud de onda óptima para superficies de vidrio de 5 µm. Las temperaturas registradas a lo largo de esta línea de la termografía se comunican a través de la entrada analógica de la cámara y se comparan aquí con los valores de medición correspondientes de la cámara. El resultado es una emisividad corregida para toda la imagen de medición. Al final, las imágenes de medición permiten un ajuste exacto de todas las secciones de calentamiento del horno, garantizando así una buena homogeneidad térmica.

En el caso de los cristales recubiertos, la medición de la temperatura desde abajo suele ser la única opción. Para proteger de forma óptima las cámaras contra la caída de residuos, hay disponibles accesorios adecuados, incluido un mecanismo de obturación para las cámaras de infrarrojos Compact Line.

4. Medición de la temperatura en componentes diminutos en desarrollo electrónico

En el desarrollo de la electrónica se ha observado una clara tendencia en los últimos años: Los dispositivos son cada vez más potentes y, al mismo tiempo, aumenta la densidad de empaquetado. En consecuencia, durante el desarrollo deben tratarse con el mismo cuidado las cuestiones térmicas. La moderna tecnología de medición por infrarrojos es una ayuda importante en este sentido.

La mayor densidad de integración hace que la cantidad de calor resultante de las pérdidas de potencia en los componentes sea cada vez mayor. Además, existe una tendencia a la miniaturización continua, lo que puede dificultar la eliminación eficaz del calor. Sin embargo, la vida útil de los componentes semiconductores depende en gran medida de la temperatura, lo que hace que el comportamiento térmico de placas y conjuntos sea un problema importante.

La tecnología de medición por infrarrojos funciona de forma rápida, precisa y, lo que es especialmente importante para la fabricación de productos electrónicos, sin entrar en contacto con el objeto. Para registrar con seguridad las temperaturas incluso en componentes y estructuras muy pequeños de una placa de circuitos, se necesita una cámara de infrarrojos con una resolución adecuadamente alta. Este ejemplo permite detectar con exactitud qué componente de una placa de circuitos tiene temperaturas excesivamente altas.

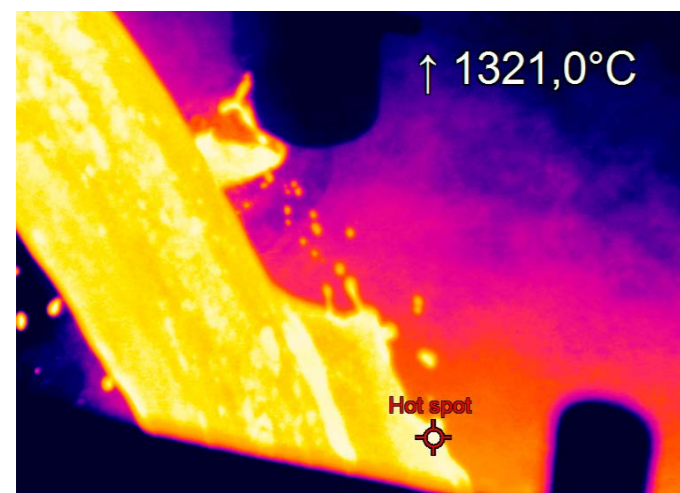
Las cámaras de infrarrojos se utilizan en varias fases del desarrollo electrónico: en la fase inicial con cálculos de modelos térmicos, en la producción y en la inspección final como parte de la garantía de calidad.



Óptica de microscopio Xi 400 para el análisis de los componentes más pequeños

5. Mantener la temperatura de la masa fundida bajo controlada

El vertido de metales es uno de los procesos de moldeo más importantes de la industria transformadora de metales. Como en la mayoría de los procesos de producción en serie, las soluciones automatizadas también se utilizan hoy en día con mayor frecuencia en la tecnología de colada. Por ejemplo, en las máquinas de colada en cuchara, la tecnología de medición de temperatura por infrarrojos se utiliza para controlar la temperatura de la masa fundida durante la colada.



Gracias al rango de medición continuo de 900 a 2450 °C, el PI 05M es especialmente adecuado para la medición de temperatura de metales fundidos.

Entre otras cosas, la calidad del proceso de colada depende en gran medida de la temperatura de la masa fundida. Tradicionalmente, se determina en el horno de fusión por inducción antes de introducirla en la cuchara de colada. A pesar del rápido cambio de cuchara y de la escasa pérdida de temperatura en la cuchara durante el transporte, la temperatura se determina de nuevo durante el propio proceso de colada utilizando una cámara de infrarrojos. Una temperatura inaceptablemente baja en la masa fundida provocaría sin duda problemas de calidad en la pieza.

La cámara PI 05M IR tiene una resolución óptica de 764 x 480 píxeles y permite una frecuencia de refresco de imagen de hasta 1 kHz. También tiene una función muy útil para esta aplicación: La temperatura más alta dentro de la imagen -el punto caliente- puede calcularse automáticamente y retenerse con una función de "retención de picos". El humo o el vapor que surgen durante el colado tampoco causan problemas para la medición de la temperatura de la cámara.

Resumen

La nueva tecnología de cámaras es una novedad en el mercado de infrarrojos en cuanto a flexibilidad y variedad de aplicaciones. Además de complejos análisis de temperatura, en combinación con periféricos móviles, los dispositivos también son adecuados para ocuparse de tareas sencillas de mantenimiento. A excepción del hardware del propio cabezal de medición de la cámara de infrarrojos USB, los otros dos componentes principales del sistema termográfico descrito, es decir, el software de Windows y el hardware del PC, siempre pueden actualizarse. Esto permite que el sistema global sea más potente con el paso del tiempo. Por un lado, esto se consigue simplemente descargando actualizaciones y extensiones de software. Por otro, gracias a la interfaz USB estandarizada, el sistema de medición puede actualizarse en cualquier momento con nuevos desarrollos tecnológicos y funcionales del hardware del PC.

Termómetros de infrarrojos y aplicaciones

La detección puntual de temperaturas superficiales es la "madre de la tecnología de medición por infrarrojos". Los termómetros o pirómetros de infrarrojos pueden utilizarse en una amplia gama de sectores gracias a sus diferentes tecnologías láser y filtros. A menudo basta con controlar un proceso completo con una medición puntual. En este caso, la relación calidad-precio del termómetro es imbatible en comparación con la cámara IR.

Termómetros infrarrojos fijos Serie compacta y de alto rendimiento

Los termómetros de infrarrojos estacionarios se utilizan a menudo para el control de calidad en las líneas de fabricación. Además de la medición de temperatura sin contacto y la visualización de los datos de medición, también es posible controlar las temperaturas de proceso.

La amplia gama de opciones para adaptar los pirómetros al problema de medición permite tanto un reequipamiento sin complicaciones de los sistemas de producción existentes, como el equipamiento con garantía de futuro de nuevas plantas en estrecha colaboración con los clientes OEM del sector de la ingeniería mecánica. Se puede encontrar una amplia gama de aplicaciones:

1. Medición de la temperatura durante el endurecimiento por inducción

El tratamiento térmico en el procesamiento de metales ha adquirido un papel importante en la actualidad. Mediante el tratamiento térmico específico de los metales se puede influir en propiedades como la resistencia a la corrosión, el magnetismo, la dureza, la ductilidad, la resistencia al desgaste y el comportamiento frente a la fractura.

Una versión del tratamiento térmico es el endurecimiento por inducción. En este caso, el componente se coloca en un campo alterno intenso que lo calienta, tras lo cual puede "congelarse" en la estructura deseada. Controlando la frecuencia es posible ajustar la profundidad de penetración local del calor en el material, tratando así zonas específicas del componente. La estructura deseada del metal depende del perfil óptimo de temperatura-tiempo. Por este motivo, es necesario controlar permanentemente la temperatura.

Debido a los fuertes campos electromagnéticos, los láser CT 1M, 2M o 3M son especialmente adecuados, ya que el equipo electrónico se retira del cabezal de medición y, por tanto, puede protegerse bien contra la radiación.



CTlaser

2. Control exacto de la temperatura para la fabricación de piezas de plástico innovadoras



CT LT - Cabezal de medición con dispositivo de purga de aire laminar en una termoformadora

Los plásticos desempeñan un papel fundamental en muchos sectores. En particular, en ámbitos de aplicación tan exigentes como la automoción, se desarrollan constantemente nuevas técnicas de fabricación y combinaciones de materiales. Los termoplásticos reforzados con fibras sin fin son un ejemplo típico de ello. Los componentes son resistentes, pueden tener geometrías complejas y, a pesar de ello, tienen un peso reducido. Al mismo tiempo, el proceso puede tener tiempos de ciclo cortos, lo que es especialmente importante para la producción en serie de grandes cantidades.

Primero se calientan y después se les da la forma deseada mediante un proceso de termoformado. El factor decisivo para todo el proceso es que la distribución de la temperatura en la superficie sea lo más uniforme posible. Los reguladores de temperatura tradicionales están aquí al límite. Se utilizan pirómetros del tipo CT LT 22. Los argumentos decisivos a favor de este termómetro IR fueron su compactidad, la posibilidad de utilizar el aparato a altas temperaturas ambientales de hasta 180° C y la adaptación individual a la aplicación mediante los accesorios industriales, en este caso un collar de purga de aire. Según la empresa, los aparatos de medición no han fallado en más de 10 años.



Cabezal sensor CS

3. Control de la temperatura de la banda de papel y de la aplicación de cola durante la fabricación de cartones compuestos



Medición de la temperatura por infrarrojos en la fabricación de papel y cartón

Las altas velocidades de producción de la banda en las modernas máquinas laminadoras de papel requieren un control exacto y rápido de la temperatura del papel, del adhesivo y del producto base que se va a laminar. Solo con el cumplimiento exacto de las condiciones de temperatura determinadas por la tecnología entre los componentes del producto se consigue un laminado exacto y sin distorsiones.

La supervisión y el control de la temperatura del rodillo mediante sensores de temperatura infrarrojos miniaturizados en puntos de medición definidos, transversales al movimiento de la banda en el rodillo de presión y en el rodillo de aplicación de cola, permiten una elevada uniformidad del laminado. Los dispositivos de purga de aire y limpieza en el canal óptico de los sensores infrarrojos permiten un funcionamiento de medición sin mantenimiento. El procesamiento inteligente de los datos de los sensores infrarrojos situados en el borde de la banda también permite el ajuste geométrico del equipo de aplicación de cola.



CSmicro

4. Los termómetros infrarrojos controlan el proceso de unión



Medición de la temperatura por infrarrojos en máquinas de envasado

Cuando se unen componentes de materiales variados -incluso de distintos tipos-, el proceso de curado es un componente muy importante. Consume capital, requiere mucho tiempo y, no menos importante, es crítico con respecto a la calidad de los productos unidos. Los requisitos de los correspondientes sistemas de medición y control son cada vez más onerosos y se basan cada vez más en el control de la temperatura mediante tecnología de medición por infrarrojos.

La temperatura es uno de los valores físicos más importantes a la hora de pegar. Si es demasiado baja, el adhesivo se vuelve quebradizo. Si es demasiado alta, el material puede ablandarse o incluso fundirse o degradarse. Utilizando diferentes longitudes de onda de un cuerpo radiante de infrarrojos, se puede controlar la temperatura del adhesivo a través de los componentes. La radiación de onda corta penetra profundamente en los materiales sólidos y garantiza un calentamiento uniforme.



CT LT con caja electrónica

La temperatura de los componentes se determina mediante medición sin contacto con un termómetro de infrarrojos del tipo CT LT. En combinación con reguladores electrónicos de temperatura PID, los radiadores de infrarrojos circulan y pulsan a temperaturas exactas en las frecuencias calculadas, transmitiendo así la energía con una densidad de potencia óptima a los adhesivos sin dañar la pieza.

El cumplimiento de los parámetros "distribución de la temperatura" y "profundidad de penetración de la energía" garantiza el control óptimo de la temperatura.



A continuación figura un extracto de nuestra enciclopedia en línea, que puede consultarse en www.optris.com/es/soporte/lexico

Termómetros de infrarrojos portátiles

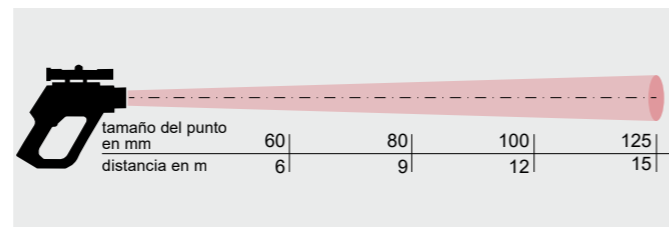


Medición detallada de la temperatura por infrarrojos de una masa fundida en la planta de fundición con el P20 05M.

Los termómetros de infrarrojos portátiles (también conocidos como termómetros láser) se utilizan principalmente para la medición esporádica y localizada de la temperatura como parte del mantenimiento preventivo. Los campos de aplicación incluyen la inspección de sistemas eléctricos, maquinaria rotativa, así como herramientas de diagnóstico en tecnología de calefacción, ventilación y aire acondicionado. También se utilizan para el análisis rápido de averías en el sector del automóvil.

Tanto si se utilizan en interiores como en exteriores, con sol, lluvia o temperaturas variables, los dispositivos -a diferencia de los baratos DIY-

Los termómetros portátiles también están disponibles en distintos rangos espectrales. Además de la zona de onda larga (de 8 a 14 μm), incluyen sobre todo las zonas de onda corta de 525 nm, 1 μm y 1,6 μm . En particular, los termómetros IR de onda corta se utilizan en todo el mundo en la industria metalúrgica. Pueden medir objetos de hasta 2000° C con una resolución óptica de hasta 300:1, lo que resulta ideal para el metal (fundido).



Relación distancia/tamaño del punto 120:1



Termómetro de infrarrojos portátil P20 05M

Término / Expresión	Explicación
Absorción (grado de absorción)	Relación entre la radiación absorbida por un objeto y la radiación incidente. Una cifra entre 0 y 1.
Emisividad	La radiación emitida por un objeto en comparación con la de un cuerpo negro. Una cifra entre 0 y 1.
Filtro	Material, que sólo es transparente para determinadas longitudes de onda de infrarrojo.
FOV	Ángulo visual (Field of view): el ángulo de observación horizontal de un objetivo infrarrojo.
FPA	Focal Plane Array: un tipo de detector infrarrojo
Cuerpo gris	Un objeto que emite una cuota determinada de cantidad de energía de un cuerpo negro para cada longitud de onda.
IFOV	Ángulo visual momentáneo: una medida para la resolución geométrica de una cámara de infrarrojo.
NETD	Ruido equivalente de la diferencia de temperatura. Una medida para el ruido de imágenes de una cámara de infrarrojo.
Parámetros del objeto	Una serie de valores, con los que se describen las condiciones, bajo las cuales se han de realizar las mediciones, así como el objeto a medir mismo (p. ej. emisividad, temperatura ambiente, distancia, etc.)
Señal de objeto	Un valor no calibrado, que se refiere a la cantidad de radiación, que la cámara recibe del objeto a medir.
Paleta	Los colores utilizados para visualizar una imagen infrarroja.
Píxel	Sinónimo de elemento de la imagen. Un punto de la imagen individual en una imagen.
Temperatura de referencia	Una temperatura con la que se pueden comparar los valores medidos regulares.
Grado de reflexión	Relación entre la radiación reflexión por un objeto y la radiación incidente. Una cifra entre 0 y 1
Cuerpo negro	Objeto con un grado de reflexión de cero. Toda radiación es debida a su propia temperatura.
Radiación específica espectral	Cantidad de energía emitida por un objeto, referida a tiempo, superficie y longitud de onda ($\text{W}/\text{m}^2/\mu\text{m}$)
Radiación específica	Cantidad de energía emitida por un objeto por unidad de tiempo y superficie (W/m^2)
Radiación	Cantidad de energía emitida por un objeto, referida a tiempo, superficie y ángulo sólido ($\text{W}/\text{m}^2/\text{sr}$)
Flujo de radiación	Cantidad de energía emitida por un objeto por unidad de tiempo (W)
Diferencia de temperatura	Un valor que se calcula por substracción de dos valores de temperatura.
Rango de medición de la temperatura	El rango de medición de la temperatura actual de una cámara de infrarrojo. Las cámaras pueden disponer de varios rangos. Se indican con ayuda de dos valores de temperatura de cuerpo negro, que sirven de valores límite para la calibración actual.
Termograma	Imagen infrarroja
Transmisión (grado de transmisión)	Los gases y cuerpos sólidos presentan una transparencia diferente. La transmisión indica la cantidad de la radiación infrarroja, que dejan pasar. Una cifra entre 0 y 1.
Entorno	Objetos y gases que emiten radiación al objeto a medir.

Apéndice: Tabla de emisividad

Encontrará más información sobre la tabla de emisividad o nuestro software PIX Connect en nuestro canal de Youtube y en nuestra página web: www.optris.com/es



T: Espectro total SW: 2-5 µm (de onda corta) LW: 8-14 µm (de onda larga) LLW: 6,5-20 µm (de onda larga a frecuencias cortas)					
Material	Especificación	Temp. °C	Espectro	Emisividad	R
Aluminio	Chapa, 4 muestras rayadas de modo diferente	70	LW	0,03-0,06	9
Aluminio	Chapa, 4 muestras rayadas de modo diferente	70	SW	0,05-0,08	9
Aluminio	Anodizado, gris claro, romo	70	LW	0,97	9
Aluminio	Anodizado, gris claro, romo	70	WS	0,61	9
Aluminio	Anodizado, gris claro, romo	70	LW	0,95	9
Aluminio	Anodizado, gris claro, romo	70	SW	0,67	9
Aluminio	Chapa anodizada	100	T	0,55	2
Aluminio	Lámina	27	3 µm	0,09	3
Aluminio	Lámina	27	10 µm	0,04	3
Aluminio	Rugoso	27	3 µm	0,28	3
Aluminio	Rugoso	27	10 µm	0,18	3
Aluminio	Fundido, tratado con chorro de arena	70	LW	0,46	9
Aluminio	Fundido, tratado con chorro de arena	70	SW	0,47	9
Aluminio	Sumergido en HNO ₃ , plancha	100	T	0,05	4
Aluminio	Pulido	50-100	T	0,04-0,06	1
Aluminio	Pulido, chapa	100	T	0,05	2
Aluminio	Plancha pulida	100	T	0,05	4
Aluminio	Superficie rugosa	20-50	T	0,06-0,07	1
Aluminio	Fuertemente oxidado	50-500	T	0,2-0,3	1
Aluminio	Muy corroído p. intemp.	17	SW	0,83-0,94	5
Aluminio	Sin alterar, chapa	100	T	0,09	2
Aluminio	Sin alterar, plancha	100	T	0,09	4
Aluminio	Revestido al vacío	20	T	0,04	2
Bronce Alu.		20	T	0,6	1
Hidróx.Alu.	Polvo		T	0,28	1
Óxido de aluminio	Activado, polvo		T	0,46	1
Óxido de aluminio	Puro, polvo (óxido de aluminio)		T	0,16	1
Amianto	Baldosas	35	SW	0,94	7
Amianto	Tabla	20	T	0,96	1
Amianto	Tejido		T	0,78	1
Amianto	Papel	40-400	T	0,93-0,95	1
Amianto	Polvo		T	0,40-0,60	1
Amianto	Ladrillo	20	T	0,96	1
Firme de suelo de asfalto		4	LLW	0,967	8
Hormigón		20	T	0,92	2
Hormigón	Acera	5	LLW	0,974	8
Hormigón	Rugoso	17	SW	0,97	5
Hormigón	Seco	36	SW	0,95	7
Chapa	Brillante	20-50	T	0,04-0,06	1

Material	Especificación	Temp. °C	Espectro	Emisividad	R
Chapa	Chapa blanca	100	T	0,07	2
Plomo	Brillante	250	T	0,08	1
Plomo	No oxidado, pulido	100	T	0,05	4
Plomo	Oxidado, gris	20	T	0,28	1
Plomo	Oxidado, gris	22	T	0,28	4
Plomo	Oxidado a 200 °C	200	T	0,63	1
Plomo rojo		100	T	0,93	4
Plomo rojo, polvo		100	T	0,93	1
Bronce	Bronce fosforoso	70	LW	0,06	9
Bronce	Bronce fosforoso	70	SW	0,08	1
Bronce	Pulido	50	T	0,1	1
Bronce	Poroso, rugoso	50-100	T	0,55	1
Bronce	Polvo		T	0,76-0,80	1
Cromo	Pulido	50	T	0,1	1
Cromo	Pulido	500-1000	T	0,28-0,38	1
Goma endurecida (ebonita)			T	0,89	1
Hielo:	véase agua				
Hierro, galvanizado	Chapa	92	T	0,07	4
Hierro, galvanizado	Chapa, oxidada	20	T	0,28	1
Hierro, galvanizado	Chapa, pulida	30	T	0,23	1
Hierro, galvanizado	Fuertemente oxidado	70	LW	0,85	9
Hierro, galvanizado	Fuertemente oxidado	70	SW	0,64	9
Hierro y acero	Electrolítico	22	T	0,05	4
Hierro y acero	Electrolítico	100	T	0,05	4
Hierro y acero	Electrolítico	260	T	0,07	4
Hierro y acero	Electrolítico, pulido al brillo	175-225	T	0,05-0,06	1
Hierro y acero	Recién laminado	20	T	0,24	1
Hierro y acero	Recién tratado con papel de esmerilar	20	T	0,24	1
Hierro y acero	Chapa lijada	950-1100	T	0,55-0,61	1
Hierro y acero	Forjado, pulido al brillo	40-250	T	0,28	1
Hierro y acero	Chapa laminada	50	T	0,56	1
Hierro y acero	Brillante, corroído	150	T	0,16	1
Hierro y acero	Capa de óxido brillante, chapa	20	T	0,82	1
Hierro y acero	Laminado en caliente	20	T	0,77	1
Hierro y acero	Laminado en caliente	130	T	0,6	1
Hierro y acero	Laminado en frío	70	LW	0,09	9
Hierro y acero	Laminado en frío	70	SW	0,2	9
Hierro y acero	Cubierto con óxido	20	T	0,61-0,85	1
Hierro y acero	Oxidado	100	T	0,74	1
Hierro y acero	Oxidado	100	T	0,74	4
Hierro y acero	Oxidado	125-525	T	0,78-0,82	1
Hierro y acero	Oxidado	200	T	0,79	2
Hierro y acero	Oxidado	200-600	T	0,8	1

Apéndice: Tabla de emisividad

when temperature matters

Material	Especificación	Temp. °C	Espectro	Emisividad	R
Hierro y acero	Oxidado	1227	T	0,89	4
Hierro y acero	Pulido	100	T	0,07	2
Hierro y acero	Pulido	400-1000	T	0,14-0,38	1
Hierro y acero	Chapa pulida	750-1050	T	0,52-0,56	1
Hierro y acero	Rugoso, superficie plana	50	T	0,95-0,98	1
Hierro y acero	Oxidado, rojo	20	T	0,69	1
Hierro y acero	Rojo de óxido, chapa	22	T	0,69	4
Hierro y acero	Fuertemente oxidado	50	T	0,88	1
Hierro y acero	Fuertemente oxidado	500	T	0,98	1
Hierro y acero	Fuertemente herrumbroso	17	SW	0,96	5
Hierro y acero	Chapa recubierta fuertemente de herrumbre	20	T	0,69	2
Hie.estaño	Chapa	24	T	0,064	4
Esmalte		20	T	0,9	1
Esmalte	Laca	20	T	0,85-0,95	1
Tierra	Saturada con agua	20	T	0,95	2
Tierra	Seca	20	T	0,92	2
Placa fibrosa	Dura, sin tratar	20	SW	0,85	6
Placa fibrosa	Otreilita	70	LW	0,88	9
Placa fibrosa	Otreilita	70	SW	0,75	9
Placa fibrosa	Plancha de partículas	70	LW	0,89	9
Placa fibrosa	Plancha de partículas	70	SW	0,77	9
Placa fibrosa	Porosa, sin tratar	20	SW	0,85	6
Barniz	Sobre parquet de roble	70	LW	0,90-0,93	9
Barniz	Sobre parquet de roble	70	SW	0,9	9
Barniz	Mate	20	SW	0,93	6
Yeso		20	T	0,8-0,9	1
Revoque yeso		17	SW	0,86	5
Revoque yeso	Plancha de yeso, sin tratar	20	SW	0,9	6
Revoque yeso	Superficie rugosa	20	T	0,91	2
Vidrio	Delgado	25	LW	0,8-0,95	10
Oro	Pulido al brillo	200-600	T	0,02-0,03	1
Oro	Altamente pulido	100	T	0,02	2
Oro	Pulido	130	T	0,018	1
Granito	Pulido	20	LLW	0,849	8
Granito	Rugoso	21	LLW	0,879	8
Granito	Rugoso, 4 muestras diferentes	70	LW	0,77-0,87	9
Granito	Rugoso, 4 muestras diferentes	70	SW	0,95-0,97	9
Goma	Dura	20	T	0,95	1
Goma	Blanda, gris, rugosa	20	T	0,95	1
Hierro fundido	Trabajado	800-1000	T	0,60-0,70	1
Hierro fundido	Líquido	1300	T	0,28	1
Hierro fundido	Fundido	50	T	0,81	1
Hierro fundido	Bloques de hierro fundido	1000	T	0,95	1
Hierro fundido	Oxidado	38	T	0,63	4
Hierro fundido	Oxidado	100	T	0,64	2
Hierro fundido	Oxidado	260	T	0,66	4
Hierro fundido	Oxidado	538	T	0,76	4
Hierro fundido	Oxidado a 600 °C	200-600	T	0,64-0,78	1
Hierro fundido	Pulido	38	T	0,21	4

Material	Especificación	Temp. °C	Espectro	Emisividad	R
Hierro fundido	Pulido	40	T	0,21	2
Hierro fundido	Pulido	200	T	0,21	1
Hierro fundido	No trabajado	900-1100	T	0,87-0,95	1
Piel	Persona	32	T	0,98	2
Madera		17	SW	0,98	5
Madera		19	LLW	0,962	8
Madera	Cepillada	20	T	0,8-0,9	1
Madera	Roble cepillado	20	T	0,9	2
Madera	Roble cepillado	70	LW	0,88	9
Madera	Roble cepillado	70	SW	0,77	9
Madera	Esmerilada	0	T	0,5-0,7	1
Madera	Pino, 4 muestras diferentes	70	LW	0,81-0,89	9
Madera	Pino, 4 muestras diferentes	70	SW	0,67-0,75	9
Madera	Madera chapa, lisa, seca	36	SW	0,82	7
Madera	Madera chapa, sin tratar	20	SW	0,83	6
Madera	Blanca, húmeda	20	T	0,7-0,8	1
Cal			T	0,3-0,4	1
Carbono	Grafito, superficie limada	20	T	0,98	2
Carbono	Polvo de grafito		T	0,97	1
Carbono	Polvo de carbón vegetal		T	0,96	1
Carbono	Hollín de velas	20	T	0,95	2
Carbono	Hollín de lámparas	20-400	T	0,95-0,97	1
Plástico	Laminado de fibras de vidrio (placa de circuitos impresos)	70	LW	0,91	9
Plástico	Laminado de fibras de vidrio (placa de circuitos impresos)	70	SW	0,94	9
Plástico	Plancha aislante de poliuretano	70	LW	0,5	9
Plástico	Plancha aislante de poliuretano	70	SW	0,29	9
Plástico	PVC, suelo de plástico, romo, estructurado	70	LW	0,93	9
Plástico	PVC, suelo de plástico, romo, estructurado	70	SW	0,94	9
Cobre	Electrolítico, pulido al brillo	80	T	0,018	1
Cobre	Electrolítico, pulido	-34	T	0,006	4
Cobre	Rascado	27	T	0,07	4
Cobre	Fundido	1100-1300	T	0,13-0,15	1
Cobre	Comercial, brillante	20	T	0,07	1
Cobre	Oxidado	50	T	0,6-0,7	1
Cobre	Oxidado, oscuro	27	T	0,78	4
Cobre	Fuertemente oxidado	20	T	0,78	2
Cobre	Oxidado, negro		T	0,88	1
Cobre	Pulido	50-100	T	0,02	1
Cobre	Pulido	100	T	0,03	2
Cobre	Pulido, comercial	27	T	0,03	4
Cobre	Pulido, mecánico	22	T	0,015	4
Cobre	Puro, superficie preparada con cuidado	22	T	0,008	4
Dióxido cobre	Polvo		T	0,84	1
Dióxido cobre	Rojo, polvo		T	0,7	1

Material	Especificación	Temp. °C	Espectro	Emisividad	R
Laca	3 colores rociados sobre aluminio	70	LW	0,92–0,94	9
Laca	3 colores rociados sobre aluminio	70	SW	0,50–0,53	9
Laca	Aluminio sobre superficie rugosa	20	T	0,4	1
Laca	Baquelita	80	T	0,83	1
Laca	Resistente a altas temperaturas	100	T	0,92	1
Laca	Negra, brillante, rociada sobre hierro	20	T	0,87	1
Laca	Negra, mate	100	T	0,97	2
Laca	Negra, roma	40–100	T	0,96–0,98	1
Laca	Blanca	40–100	T	0,8–0,95	1
Laca	Blanca	100	T	0,92	2
Lacas	8 colores y calidades diferentes	70	LW	0,92–0,94	9
Lacas	8 colores y calidades diferentes	70	SW	0,88–0,96	9
Lacas	Aluminio, edad diferente	50–100	T	0,27–0,67	1
Lacas	A base de aceite, valor medio de 16 colores	100	T	0,94	2
Lacas	Verde de cromo		T	0,65–0,70	1
Lacas	Amarillo de cadmio		T	0,28–0,33	1
Lacas	Azul de cobalto		T	0,7–0,8	1
Lacas	Plástico, negro	20	SW	0,95	6
Lacas	Plástico, blanco	20	SW	0,84	6
Lacas	Aceite	17	SW	0,87	5
Lacas	Aceite, colores diversos	100	T	0,92–0,96	1
Lacas	Aceite, gris brillante	20	SW	0,96	6
Lacas	Aceite, gris, mate	20	SW	0,97	6
Lacas	Aceite, negro, mate	20	SW	0,94	6
Lacas	Aceite, negro, brillante	20	SW	0,92	6
Cuero	Bronceado, curtido		T	0,75–0,80	1
Magnesio		22	T	0,07	4
Magnesio		260	T	0,13	4
Magnesio		538	T	0,18	4
Magnesio	Pulido	20	T	0,07	2
Polvo de magnesio			T	0,86	1
Latón	Frotado con papel de esmerilar de 80	20	T	0,2	2
Latón	Chapa, laminada	20	T	0,06	1
Latón	Chapa, frotada con papel de esmerilar	20	T	0,2	1
Latón	Altamente pulido	100	T	0,03	2
Latón	Oxidado	70	SW	0,04–0,09	9
Latón	Oxidado	70	LW	0,03–0,07	9
Latón	Oxidado	100	T	0,61	2
Latón	Oxidado a 600 °C	200–600	T	0,59–0,61	1
Latón	Pulido	200	T	0,03	1
Latón	Romo, manchado	20–350	T	0,22	1
Molibdeno		600–1000	T	0,08–0,13	1

Material	Especificación	Temp. °C	Espectro	Emisividad	R
Molibdeno		1500–2200	T	0,19–0,26	1
Molibdeno	Hilo	700–2500	T	0,1–0,3	1
Mortero		17	SW	0,87	5
Mortero	Seco	36	SW	0,94	7
Níquel	Alambre	200–1000	T	0,1–0,2	1
Níquel	Electrolítico	22	T	0,04	4
Níquel	Electrolítico	38	T	0,06	4
Níquel	Electrolítico	260	T	0,07	4
Níquel	Electrolítico	538	T	0,1	4
Níquel	Galvanizado, pulido	20	T	0,05	2
Níquel	Galvanizado sobre hierro, no pulido	20	T	0,11–0,40	1
Níquel	Galvanizado sobre hierro, no pulido	22	T	0,11	4
Níquel	Galvanizado sobre hierro, no pulido	22	T	0,045	4
Níquel	Claro, mate	122	T	0,041	4
Níquel	Oxidado	200	T	0,37	2
Níquel	Oxidado	227	T	0,37	4
Níquel	Oxidado	1227	T	0,85	4
Níquel	Oxidado a 600 °C	200–600	T	0,37–0,48	1
Níquel	Pulido	122	T	0,045	4
Níquel	Puro, pulido	100	T	0,045	1
Níquel	Puro, pulido	200–400	T	0,07–0,09	1
Cromo-níquel	Alambre, brillante	50	T	0,65	1
Cromo-níquel	Alambre, brillante	500–1000	T	0,71–0,79	1
Cromo-níquel	Alambre, oxidado	50–500	T	0,95–0,98	1
Cromo-níquel	Laminado	700	T	0,25	1
Cromo-níquel	Tratado con chorro de arena	700	T	0,7	1
Óxido níquel		500–650	T	0,52–0,59	1
Óxido níquel		1000–1250	T	0,75–0,86	1
Aceite, lubri.	Película de 0,025 mm	20	T	0,27	2
Aceite, lubri.	Película de 0,050 mm	20	T	0,46	2
Aceite, lubri.	Película de 0,125 mm	20	T	0,72	2
Aceite, lubri.	Capa gruesa	20	T	0,82	2
Aceite, lubri.	Película a base de Ni: sólo base Ni	20	T	0,05	2
Papel	4 colores diferentes	70	LW	0,92–0,94	9
Papel	4 colores diferentes	70	SW	0,68–0,74	9
Papel	Revestido con laca negra		T	0,93	1
Papel	Azul oscuro		T	0,84	1
Papel	Amarillo		T	0,72	1
Papel	Verde		T	0,85	1
Papel	Rojo		T	0,76	1
Papel	Negro		T	0,9	1
Papel	Negro, romo		T	0,94	1
Papel	Negro, romo	70	LW	0,89	9
Papel	Negro, romo	70	SW	0,86	9

Material	Especificación	Temp. °C	Espectro	Emisividad	R
Papel	Blanco	20	T	0,7–0,9	1
Papel	Blanco, 3 tipos de brillo diferentes	70	LW	0,88–0,90	9
Papel	Blanco, 3 tipos de brillo diferentes	70	SW	0,76–0,78	9
Papel	Blanco, encuadernado	20	T	0,93	2
Platino		17	T	0,016	4
Platino		22	T	0,05	4
Platino		260	T	0,06	4
Platino		538	T	0,1	4
Platino		1000–1500	T	0,14–0,18	1
Platino		1094	T	0,18	4
Platino	Cinta	900–1100	T	0,12–0,17	1
Platino	Alambre	50–200	T	0,06–0,07	1
Platino	Alambre	500–1000	T	0,10–0,16	1
Platino	Alambre	1400	T	0,18	1
Platino	Puro, pulido	200–600	T	0,05–0,10	1
Porcelana	Esmaltado	20	T	0,92	1
Porcelana	Blanca, luminosa		T	0,70–0,75	1
Acero inox.	Chapa, pulida	70	LW	0,14	9
Acero inox.	Chapa, pulida		SW	0,18	9
Acero inox.	Chapa, sin tratar, algo rayada	70	LW	0,28	9
Acero inox.	Chapa, sin tratar, algo rayada	70	SW	0,3	9
Acero inox.	Laminado	700	T	0,45	1
Acero inox.	Aleación, 8% Ni, 18% Cr	500	T	0,35	1
Acero inox.	Tratado con chorro de arena	700	T	0,7	1
Acero inox.	Tipo 18 - 8, brillante	20	T	0,16	2
Acero inox.	Tipo 18 - 8, oxidado a 800 °C	60	T	0,85	2
Arena			T	0,6	1
Arena		20	T	0,9	2
Arenisca	Pulida	19	LLW	0,909	8
Arenisca	Rugosa	19	LLW	0,935	8
Escorias	Caldera	0–100	T	0,97–0,93	1
Escorias	Caldera	200–500	T	0,89–0,78	1
Escorias	Caldera	600–1200	T	0,76–0,70	1
Escorias	Caldera	1400–1800	T	0,69–0,67	1
Papel de esmerilar	Grueso	80	T	0,85	1
Nieve:	véase agua				
Plata	Pulida	100	T	0,03	2
Plata	Pura, pulida	200–600	T	0,02–0,03	1
Plancha de virutas	Sin tratar	20	SW	0,9	6
Estucado	Rugoso, amarillo verdoso	Okt 90	T	0,91	1
Icopor	Aislamiento térmico	37	SW	0,6	7
Papel pintado	Ligeramente decorado, gris claro	20	SW	0,85	6
Papel pintado	Ligeramente decorado, rojo	20	SW	0,9	6
Alquitrán			T	0,79–0,84	1
Alquitrán	Papel	20	T	0,91–0,93	1

Material	Especificación	Temp. °C	Espectro	Emisividad	R
Titanio	Oxidado a 540 °C	200	T	0,4	1
Titanio	Oxidado a 540 °C	500	T	0,5	1
Titanio	Oxidado a 540 °C	1000	T	0,6	1
Titanio	Pulido	200	T	0,15	1
Titanio	Pulido	500	T	0,2	1
Titanio	Pulido	1000	T	0,36	1
Arcilla	Cocida	70	T	0,91	1
Paño	Negro	20	T	0,98	1
Agua	Destilada	20	T	0,96	2
Agua	Hielo, cubierto con una fuerte helada	0	T	0,98	1
Agua	Hielo, liso	–10	T	0,96	2
Agua	Hielo, liso	0	T	0,97	1
Agua	Cristales de hielo	–10	T	0,98	2
Agua	Capa >0,1 mm de espesor	0–100	T	0,95–0,98	1
Agua	Nieve		T	0,8	1
Agua	Nieve	–10	T	0,85	2
Tungsteno		200	T	0,05	1
Tungsteno		600–1000	T	0,1–0,16	1
Tungsteno		1500–2200	T	0,24–0,31	1
Tungsteno	Hilo	3300	T	0,39	1
Ladrillo	Óxido de aluminio	17	SW	0,68	5
Ladrillo	Dinas-Óxido de silicio, producto resistente al fuego	1000	T	0,66	1
Ladrillo	Dinas-Óxido de silicio, esmaltado, rugoso	1100	T	0,85	1
Ladrillo	Dinas-Óxido de silicio, sin esmaltar, rugoso	1000	T	0,8	1
Ladrillo	Prod.resis.fuego.cor.	1000	T	0,46	1
Ladrillo	Prod.resis.fuego, magn.	1000–1300	T	0,38	1
Ladrillo	Producto resistente al fuego, radiante débil	500–1000	T	0,65–0,75	1
Ladrillo	Producto resistente al fuego, radiante fuerte	500–1000	T	0,8–0,9	1
Ladrillo	Ladrillo refractario	17	SW	0,68	5
Ladrillo	Esmaltado	17	SW	0,94	5
Ladrillo	Muros	35	SW	0,94	7
Ladrillo	Muros, revocados	20	T	0,94	1
Ladrillo	Normal	17	SW	0,86–0,81	5
Ladrillo	Rojo, normal	20	T	0,93	2
Ladrillo	Rojo, rugoso	20	T	0,88–0,93	1
Ladrillo	Chamota	20	T	0,85	1
Ladrillo	Chamota	1000	T	0,75	1
Ladrillo	Chamota	1200	T	0,59	1
Ladrillo	Silicio, 95% SiO ₂	1230	T	0,66	1
Ladrillo	Silimanita, 33% SiO ₂ , 64% Al ₂ O ₃	1500	T	0,29	1
Ladrillo	A prueba de agua	d17	SW	0,87	5
Cinc	Chapa	50	T	0,2	1
Cinc	Oxidado a 400 °C	400	T	0,11	1
Cinc	Superficie oxidada	1000–1200	T	0,50–0,60	1
Cinc	Pulido	200–300	T	0,04–0,05	1

Apéndice: Criterios de selección para dispositivos de infrarrojo para la medición de la temperatura

Criterios de selección para dispositivos de infrarrojo para la medición de la temperatura

Para la medición de la temperatura sin contacto hay disponibles un gran número de sensores de infrarrojo. A fin de seleccionar el dispositivo de medición ideal para su aplicación personal, se deberán tener en cuenta antes los siguientes criterios:

- Objetivo de la aplicación
- Rango de temperatura
- Condiciones ambientales
- Tamaño del punto a medir
- Material y propiedad de la superficie del objeto a medir
- Tiempo de reacción del termómetro de infrarrojo
- Interfaz
- Emisividad

Objetivo de la aplicación

La pregunta básica es: ¿Medición de puntos o medición de superficie? En función del objetivo de la aplicación se ha de elegir previamente sólo entre un termómetro de infrarrojo o una cámara de infrarrojo. A continuación se tiene que especificar el producto. En casos extraordinarios hay también aplicaciones en las que los dos son recomendables, en estos casos aconsejamos consultar a ingenieros especializados en la aplicación correspondiente.

Rango de temperatura

El rango de temperatura del sensor se deberá elegir de tal modo que se alcance la resolución más alta posible de la temperatura del objeto. Los rangos de medición de las cámaras IR se pueden adaptar manualmente o por interfaz digital a la tarea de medición.

Condiciones ambientales

La temperatura ambiente máxima admisible de los sensores tiene que considerarse a la hora de elegir el dispositivo. Es de hasta 250 °C en la serie optris® CT. Aplicando un enfriamiento por aire o agua se puede garantizar la función de los dispositivos de medición también a altas temperaturas ambiente. Si hubiera además contaminación por polvo en la atmósfera, se deberá mantener la lente libre de suciedad por medio de un sistema de purga de aire.

Tamaño del punto a medir

Para medir con precisión la temperatura, el objeto a medir deberá ser más grande que el campo visual del sensor. En función de la distancia del sensor (E) al objeto a medir cambia el diámetro del punto a medir (M). La relación entre E:M está indicada para las diversas lentes en las hojas de datos.

Para más información consulte nuestro calculador del punto a medir en línea: www.optris.com/es/calculadora-optris

Material y propiedad de la superficie del objeto a medir

La emisividad depende, entre otras cosas, del material y propiedad de la superficie del objeto a medir. Por regla general se aplica: cuanto más alta es la emisividad, más fácil será medir con precisión la temperatura con un sensor de infrarrojo. La emisividad se puede ajustar en muchos dispositivos de medición con infrarrojo. Los valores apropiados se pueden consultar, p. ej., en la tabla de emisividad en el apéndice.

Tiempo de reacción del termómetro de infrarrojo

Los tiempos de reacción de los sensores de infrarrojo son pequeños en comparación con sensores por contacto. Están en el rango de 1 ms a 250 ms y según el elemento detector empleado. El tiempo de reacción está limitado hacia abajo por el elemento detector, pero se puede adaptar con ayuda de la electrónica a la tarea de medición (p. e. formación del valor medio o mantenimiento del valor máximo).

Interfaces para la salida de señales

La interfaz permite evaluar los resultados de la medición. Están disponibles:

- Interfaz de corriente 0/4–20 mA
- Salida de tensión 0–10 V
- Termopar (tipo J, tipo K)
- Interfaces: CAN, Profibus-DP, RS232, RS485, USB, Relé, Ethernet



Una vista en conjunto de los datos técnicos de todos los productos Optris la puede encontrar en nuestro folleto de productos:

www.optris.com/es/soporte/descargas


Literature

References

- [1] IEC/TS 62492-1: Industrial process control devices. Radiation thermometers. Technical data for radiation thermometers.
- [2] IEC/TS 62492-2: Industrial process control devices – Radiation thermometers – Part 2: Determination of the technical data for radiation thermometers.
- [3] VDI-Richtlinie für IR-Imager, VDI-Richtlinie 5585, Blatt 1 .
- [4] VDI-Richtlinien für Pyrometer, VDI-Richtlinie 3511, Blatt 4 / 4.2 / 4.4 / 4.5 / 4.6.
- [3] Trouilleau, C. et al.: High-performance uncooled amorphous silicon TEC less XGA IRFPA with 17 µm pixel-pitch; "Infrared technologies and applications XXXV", Proc. SPIE 7298, 2009.
- [4] Schmidgall, T.; Glänzend gelöst – Fehlerdetektion an spiegelnden Oberflächen mit USB2.0 – Industriekameras, A&D Kompendium 2007/2008, S. 219.

Recommended literature

1. VDI/VDE Richtlinie, Technische Temperaturmessungen – Spezifikation von Strahlungsthermometern, Juni 2001, VDI 3511 Blatt 4.1
2. Stahl, Miosga: Grundlagen Infrarottechnik, Heidelberg 1980, (Dr. Alfred Hütthig Verlag)
3. Walther, Herrmann: Wissensspeicher Infrarotmesstechnik, Leipzig 1990. (Fachbuchverlag Leipzig)
4. Walther, L., Gerber, D.: Infrarotmesstechnik, Berlin 1983, (Verlag Technik Berlin)
5. De Witt, Nutter: Theory and Practice of Radiation Thermometry, New York 1988. (John Wiley & Son, ISBN: 0-471-61018-6.)
6. Wolfe, Zissis: The Infrared Handbook, Washington DC 1978, Office of Naval Research, Department of the Navy.
7. Crastes, A. et al.: Uncooled amorphous silicon ¼ VGA IRFPA with 25 µm pixel-pitch for High End applications, "Infrared technologies and applications XXXIV", Proc. SPIE 6940, 2008.
8. Holst, Gerald C.: Electro-optical Imaging System Performance, Florida 2006. (JCD Publishing Winter Park. ISBN: 0-8194-6179-2)
9. Kienitz, Ulrich: Wärmebildtechnik als moderne Form der Pyrometrie, in: tm – Technisches Messen 2014; 81(3), S. 107–113.
10. Vollmer, Michael/ Möllmann, Klaus-Peter: Infrared Thermal Imaging. Fundamentals, Research and Applications, Weinheim 2010. (Wiley-VCH Verlag, ISBN: 978-3-527-40717-0)
11. Online-Lexikon zur berührungslosen Temperaturmesstechnik: www.optris.de/lexikon

 [linkedin.com/company/optris](https://www.linkedin.com/company/optris)

 [youtube.com/@Optris](https://www.youtube.com/@Optris)

 twitter.com/optris

 [facebook.com/optris.gmbh](https://www.facebook.com/optris.gmbh)

when temperature matters

Optris GmbH
Ferdinand-Buisson-Str. 14
13127 Berlin · Alemania
Tel.: +49 30 500 197-0
Fax: +49 30 500 197-10
Correo-e: info@optris.com
www.optris.com