

MICOM
mjenjem do rješenja



RAZLIKE IZMEĐU HLAĐENIH I NEHLAĐENIH FLIR TERMOGRAFSKIH KAMERA

Termografske kamere su danas standardna mjerna oprema potrebna za rad znanstvenika, istraživača i R&D stručnjaka. One imaju raznoliku primjenu. Koriste se u industrijskom R&D, za znanstveno-istraživačke radove, NDT testiranja, testiranja materijala u vojsci i zrakoplovstvu. Međutim, nemaju sve termografske kamere iste karakteristike i istu namjenu. Napredne termografske kamere imaju mogućnost snimanja podataka velikom brzinom, što je vrlo važno kada je potrebno izvršiti precizna mjerenja.

Termografske kamere koje se koriste u znanstvene i R&D svrhe su optički instrumenti za neinvazivno beskontaktno mjerenje raspodjele toplinskog infracrvenog zračenja duž gradijenta (termička točka, vrijeme, itd). Uz pomoć njih se mogu otkriti potencijalne anomalije prije nego što postanu ozbiljan problem, tj. kvar.

TERMOGRAFIJA I R&D

Termografske kamere detektiraju infracrveno zračenje elektromagnetskog spektra, koje je nevidljivo golim okom i pretvaraju ga u vidljivu sliku. Sva tijela i materijali u okolini, koji imaju temperaturu višu od 0 K, emitiraju infracrveno zračenje, po Stefan- Boltzmannovom zakonu: »Što je temperatura tijela viša, ono će

emitirati više zračenja.« FLIR termografske kamere se koriste za snimanje toplinskog infracrvenog zračenja u realnom vremenu. Na taj način se lako vrši analiza toplinskog uzorka, prati rasipanje topline te temperaturno stanje procesa, opreme ili objekata. Pojedini modeli FLIR termografskih kamera imaju mogućnost detektiranja temperature razlike od 20 mK. One posjeduju infracrveni detektor izrađen od specijalnih materijala, napredan matematički algoritam, vrlo dobre tehničke karakteristike i točnost mjerenja u mjernom opsegu od -80°C do $+3.000^{\circ}\text{C}$. Termografske kamere FLIR R&D su kombinacija navedenih karakteristika, odabira dodatne opreme i softvera za analizu i

Stacionarna termografska kamera



Prijenosna termografska kamera



obradu termografske slike u realnom vremenu.

FLIR TERMOGRAFSKE KAMERE SA HLAĐENIM I NEHLAĐENIM DETEKTOROM

FLIR termografske kamere nude širok spektar optimalnih rješenja. Uobičajena pitanja koja se postavljaju pri odabiru termografskih kamera su: Da li trebam koristiti termografsku kameru sa hlađenim ili nehladenim detektorom? U čemu je razlika? Koja kamera je efikasnija?

MICOM
mjenjem do rješenja

Micom Elektronika d.o.o.
Samoborska 85a
10090 Zagreb

www.micom.hr
info@micom.hr
01 3666 451



Na raspolaganju su FLIR termografske kamere sa hlađenim ili nehlađenim detektorima. Ove dvije vrste termografskih kamera se razlikuju, pa je zbog toga potrebno odabrati odgovarajuću termografsku kameru zajedno sa dodatnom opremom.

TERMOGRAFSKE KAMERE SA HLAĐENIM DETEKTOROM

Ove kamere imaju detektor infracrvenog zračenja sa ugrađenim rashladnim motorom ili cryocoolerom. Cryocooler je uređaj koji ohladi detektor do kriogene temperature (cca -160° C). S obzirom da 60% infracrvenog zračenja koje dolazi do detektora, ima izvor u samoj kameri, obavezno je hlađenje detektora ukoliko želimo smanjiti efekt toplinskog šuma ispod nivoa zračenja sa samog objekta. Tako se postiže visoka termička osjetljivost, sve do 15 mK. Cryocooleri su napravljeni od mehaničkih dijelova i medija za hlađenje (Helij). Hlađene termografske kamere su termički najosjetljivije i otkrivaju čak i najmanju temperaturnu razliku između objekata i medija. One posjeduju detektore srednjih (MWIR) i dugih (LWIR) valnih duljina infracrvenog spektra, gdje je po zakonu fizike crnog tijela najveći termički kontrast. Veći termički kontrast znači da zagrijani ili ohlađeni objekt odstupa od okoline.

FLIR TERMOGRAFSKE KAMERE SA NEHLAĐENIM DETEKTOROM

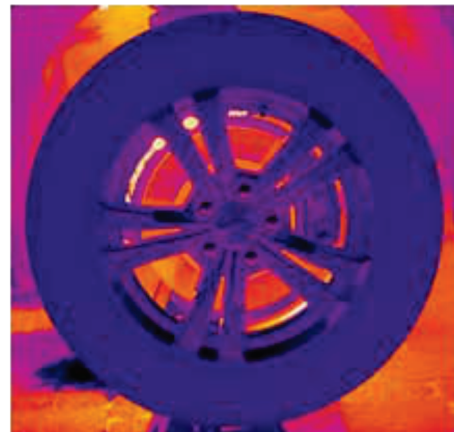
Ove kamere imaju ugrađen detektor sastavljen od mikrobolometra, koji radi bez kriogenog hlađenja. Mikrobolometar je mali otpornik na silicijskom elementu izrađenom od vanadij oksida s visokim temperaturnim koeficijentom s velikom površinom, malim toplinskim kapacitetom i dobrom toplinskom izolacijom.

Temperaturne promjene uzrokuju toplinsko zračenje i posljedično promjene temperature na bolometru. Ono se pretvara u električne signale, uz pomoć kojih nastaje termička slika na kameri. Mikrobolometri djeluju u spektru infracrvenog zračenja od 8-14 μm, LWIR. U ovom djelu spektra, većina objekata u prirodi emitira najveću količinu infracrvenog zračenja. Izrada ovih kamera je jednostavna, kamere imaju malo pokretnih dijelova, duži životni vijek i jeftinije su od kamera sa hlađenim detektorima. Međutim, u metrološkom smislu, one imaju manje mogućnosti.

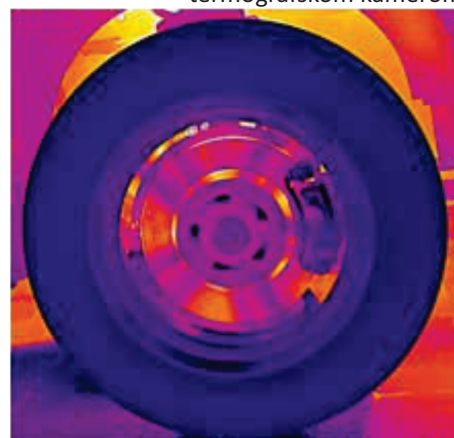
FLIR TERMOGRAFSKE KAMERE SA HLAĐENIM DETEKTOROM

Kakve su prednosti ovih termografskih kamera? Za šta se koristi takva kamera? To su uobičajena pitanja, koja se javljaju pri odabiru ili raspravi o ovim kamerama. Najjednostavniji

Slika 1



Snimak napravljen hlađenom termografskom kamerom



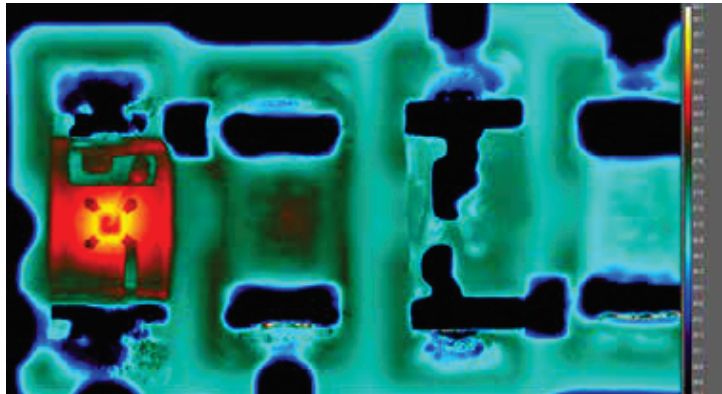
Snimak napravljen nehlađenom termografskom kamerom

odgovor je: Ovisi od zahtjeva aplikacije.

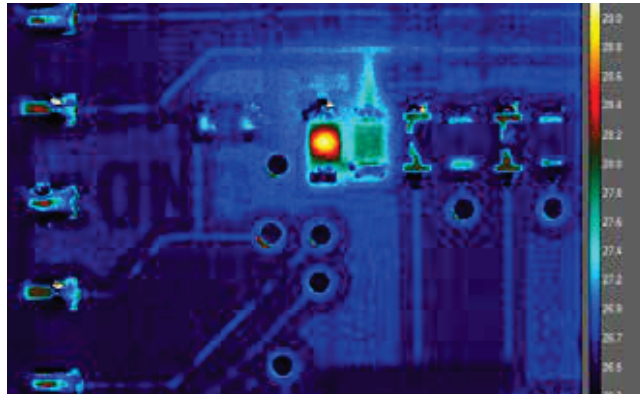
Ukoliko aplikacija zahtjeva sljedeće:

- mjerjenje minimalnih temperaturnih razlika
- veliku kvalitetu slike
- mjerjenje objekata koji se kreću ili rotiraju velikom brzinom

Slika 2



Snimak tiskane pločice napravljen hlađenom termografskom kamerom



Snimak tiskane pločice napravljen nehlađenom termografskom kamerom



-mjerenje i vizualizacija toplinskog profila vrlo malih objekata u određenom spektru infracrvenog zračenja

-sinkronizacija termografske kamere sa ostalim mjernim uređajima ili sistemom, onda je najprikladniji odabir kamera sa hlađenim detektorom.

BRZINA

Hlađene kamere imaju veliku brzinu uzorkovanja termografske slike u usporedbi sa kamerama koje nisu hlađene. Velike brzine omogućavaju snimanje dinamičkih procesa u vremenskom intervalu od nekoliko mikro sekundi. Određeni modeli hlađenih kamera mogu snimiti više od 62.000 slika u sekundi. One se koriste u R&D aplikacijama, koje uključuju termičku i dinamičku analizu procesa: mjerenje toplinskog protoka na lopaticama turbina mlaznih motora, testiranje zračnih jastuka u automobilske industriji, istraživanje

uzroka eksplozije, NDT testiranje, mjerenje toplinske energije u mehaničkim testovima u proizvodnji, procesni inženjering, itd.

Hlađene kamere imaju brz odziv. Njihova termografska slika je sastavljena od istovremeno nastalih termičkih točaka, za razliku od nehlađenih kamera čija se termička slika generira linearno (linijski). Hlađene kamere snimaju termičke slike pokretnih objekata bez ometanja i zamućenja.

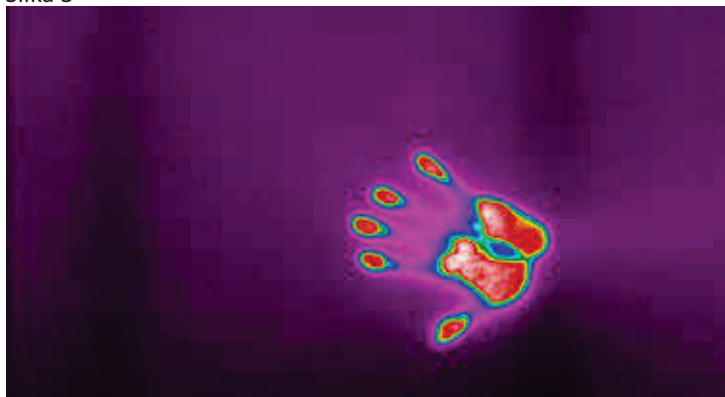
Slika 1 prikazuje dva infracrvena snimka rotirajućeg automobilskog kotača pri brzini od 30 km/h. Gornji snimak je napravljen hlađenom termografskom kamerom. Na prvi pogled izgleda kao da se guma uopće ne kreće, što je posljedica brzog snimanja slike. Ovaj način snimanja optički zaustavlja kotač. Nehlađena kamera sporije snima termičku sliku, pa se posljedično javlja zamagljenost slike (donja slika). Apsolutna temperatura zamagljene slike se ne može izmjeriti.

PROSTORNA REZOLUCIJA

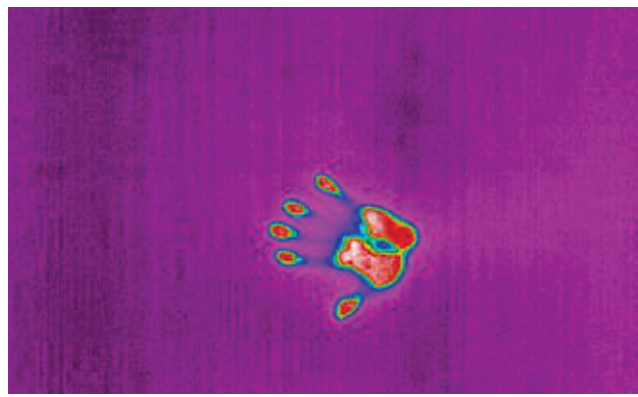
Hlađene kamere imaju veće mogućnosti optičkog uvećanja od nehlađenih kamera jer otkrivaju infracrveno zračenje u spektru kraćih valnih duljina. One imaju veću temperaturnu osjetljivost, pa se leće sa više optičkih elemenata ili debljim elementima mogu koristiti bez utjecaja na odnos signal/šum, što omogućava bolje performanse uvećanja.

Termičke slike na slici 2 uspoređuju najbolje uvećanje koje se može postići sa hlađenom i nehlađenom termografskom kamerom. Lijevi snimak je napravljen sa 4x optičkim uvećanjem (4x close-up) i 15 μm lećom na hlađenoj kameri. Veličina svake termičke točke je 3,5 μm . Desni snimak je napravljen sa 1x optičkim uvećanjem (1x close-up) i 25 μm lećom na nehlađenoj kameri. Veličina termičke točke je 25 μm .

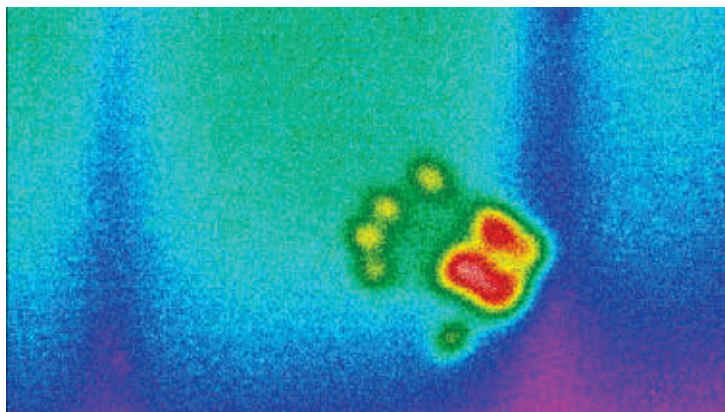
Slika 3



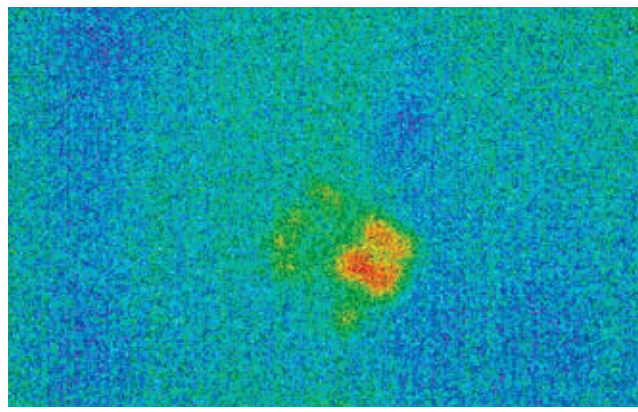
Snimak otiska šake napravljen hlađenom termografskom kamerom



Snimak otiska šake napravljen nehlađenom termografskom kamerom



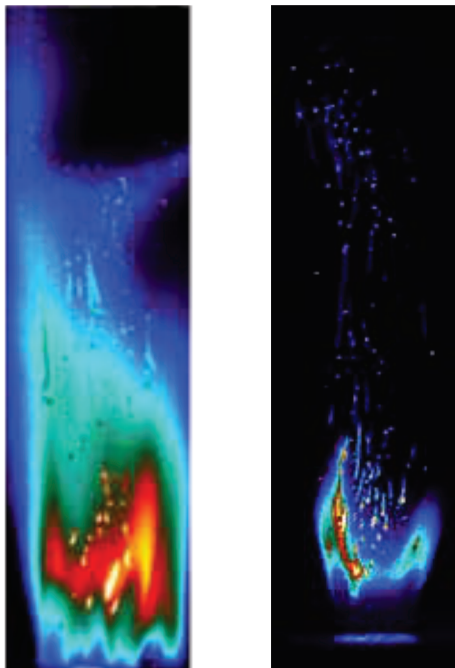
Snimak otiska šake napravljen hlađenom termografskom kamerom, nakon 2min



Snimak otiska šake napravljen nehlađenom termografskom kamerom, nakon 2 minuta



Slika 4



Termografski snimak plamena bez spektralnog filtra napravljen hladenom termografskom kamerom

Termografski snimak plamena sa spektralnim filtrom napravljen hladenom termografskom kamerom

TEMPERATURNJA OSETLJIVOST

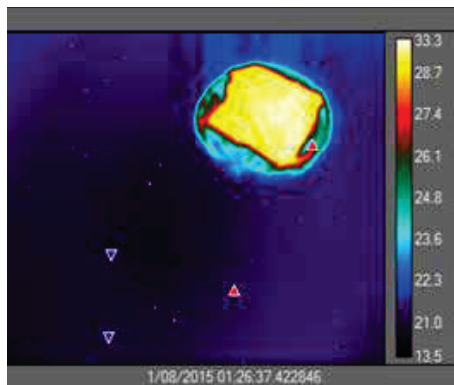
Često je teško u potpunosti procijeniti prednost koju nudi poboljšana osjetljivost hladjenih termičkih kamera. Kako procijeniti i primijetiti razliku između nehlađene kamere sa osjetljivošću od 50 mK i hladene kamere koja ima osjetljivost od 20 mK? Praktični primjer su četiri termička snimka na slici 3. Prve dvije slike pokazuju otisak šake odmah nakon odmicanje ruke sa zida. Donja dva snimka su nastala nakon 2 minute. Vidi se da nakon dvije minute, hladena kamera i dalje pokazuje trag šake. Nehlađena kamera pokazuje samo dijelove otiska. Kako vreme prolazi, detalji se i dalje dobro vide na slici napravljenoj na hladenoj kameri.

Najdetaljnije termičke anomalije i uzorci su vidljivi.

Spektralno filtriranje

Prednost hladjenih kamera je

Slika 5



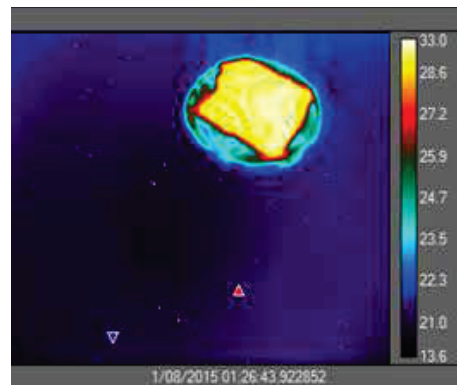
Uz pomoć funkcije okidanja, kamera će svaki put uhvatiti topli objekt (novčić) na istom mjestu.

mogućnost spektralnog filtriranja, što omogućava otkrivanje detalja toplinske slike, koji se ne mogu vidjeti kod nehlađenih kamera. Termički snimak na slici 4 je snimljen posebnim spektralnim filtrom, postavljenim iza optičke leće ili koji može biti integriran u infracrveni detektor. To omogućava snimanje termičke slike kroz plamen. Koristi se za vizualizaciju izgaranja čestica. Upotreba takvog filtera ograničava kameru na određenu valnu duljinu na kojoj je plamen transparentan. To omogućava vizualizaciju izgaranja čestica. Prvi snimak je napravljen bez filtera i na njemu je moguće vidjeti plamen. Drugi snimak je napravljen sa filterom i na njemu je moguće vidjeti izgaranje čestica.

SINKRONIZACIJA

Sinkronizacija i okidanje su karakteristike koje su od posebne važnosti kada se snimaju događaji velike brzine i termičke osjetljivosti. Hladene kamere omogućavaju snimanje svih točaka istovremeno. Ovo je posebno važno kada promatrate objekt koji se kreće ili rotira velikom brzinom. U ovom slučaju, slika napravljena nehlađenom kamerom bi bila zamućena.

Termički snimak na slici 5 predstavlja primer gdje kovanica pada na zemlju. Ovdje dolazi do izražaja prednost okidanja. Ako kovanicu bacimo drugi puta, uz pomoć hladene kamere,



moguće je snimiti njen pad u gotovo istoj poziciji. Sa nehlađenom kamerom tako nešto nije moguće postići, a ako ipak budete imali sreće, slika će biti zamućena.

TERMografske kamere FLIR

FLIR ima u svom prodajnom programu nekoliko hladjenih termografskih kamera: A6750SC, A8300SC, SC6000, SC7000, SC8000, X6000SC i X8000SC ultra-brzih i ultra-osjetljivih karakteristika u srednjim (MWIR) i dugim (LWIR) valnim duljinama. Model FLIR A6250SC posjeduje detektor kraće valne duljine (NIR). Kamere imaju napredne karakteristike mjerenja i podešavanja, širok izbor temperaturnih opsega i koriste se za promatranje pojava velikih brzina, malih promjena temperature, multispektralne analize i mjerenje objekata mikroskopske veličine. Pored hladjenih kamera, FLIR nudi i nehlađene kamere za potrebe R&D aplikacija. Od osnovnih kompleta do FLIR T1020 - nehlađene termografske kamere koja ima najveću IR rezoluciju od 1024x768. Također je dostupan i širok izbor dodatne opreme: makro leće, uskokutne i širokokutne leće, te software FLIR RESEARCH IR u različitim verzijama.

