

MICOM
z merjenjem do rešitve



RAZLIKE MED HLAJENIMI IN NEHLAJENIMI TERMOGRAFSKIMI KAMERAMI FLIR

Termografske kamere so dandanes uveljavljena merilna oprema pri delu znanstvenikov, raziskovalcev in R&R osebja. Uporabljajo se v različnih aplikacijah: industrijski R&R, znanstveno raziskovalna dela, neporušitveno testiranje (NDT) in preskušanje materialov ter v vojski in aeronavtiki. Vendar niso vse termografske kamere enakih karakteristik in primerne za vse aplikacije. Naprednejše termografske kamere morajo omogočati zajem termografskih posnetkov pri procesih z visoko hitrostjo pojavljanja. Slednje je predvsem pomembno zaradi točnejših meritev temperature.

Termografske kamere za aplikacije v znanosti in R&R so optični instrumenti za neinvazivno brezdotikalno merjenje porazdelitve toplotnega infrardečega sevanja vzdolž gradienta (termična točka, čas ipd). Z njihovo uporabo je mogoče odkriti potencialne anomalije, še predno postanejo težave. Posledično se znižajo stroški in čas popravila ter izboljša kvaliteta izdelkov.

TERMOGRAFIJA V R&R PODROČJU

Termografske kamere zaznavajo infrardeče sevanje elektromagnetnega spektra, ki je nevidno človeškim očem in ga spremenijo v vidno sliko. Vsa telesa in materiali v okolici, ki imajo absolutno temperaturo višjo od 0 K, oddajajo

infrardeče sevanje. Po Štefan-Boltzmannovem zakonu velja: "Višja kot je temperatura telesa, močnejše je njegovo toplotno sevanje." Termografske kamere FLIR se uporabljajo za snemanje toplotnega infrardečega sevanja v realnem času. Na ta način se lahko analizira toplotne vzorce, odvajanje toplotnega toka, puščanje medijev in temperaturna stanja procesov, opreme in izdelkov. Nekateri modeli termografskih kamer FLIR zaznajo temperaturno razliko 20 mK. Zanje so značilni detektorji infrardečega sevanja iz posebnih materialov, naprednejših matematičnih algoritmov, visokih tehničnih karakteristik in točnejših meritev temperature v območju od -80°C do $+3.000^{\circ}\text{C}$. Termografske

Stacionarna termografska kamera



Prenosna termografska kamera



kamere FLIR R&R so kombinacija navedenih značilnosti, izbora dodatne opreme in programske opreme za analizo in obdelavo posnetkov termografske slike v realnem času.

TERMOGRAFSKE KAMERE FLIR S HLAJENIM IN NEHLAJENIM DETEKTORJEM

Termografske kamere FLIR ponujajo širok izbor optimalnih rešitev. Običajna vprašanja, ki se pojavljajo pri izbiri termografskih kamer so: Naj uporabim termografsko kamero s hlajenim ali nehlajenim detektorjem?

MICOM
z merjenjem do rešitve

Micom Electronics d.o.o.
Dobrave 10
1236 Trzin

www.micom.si
info@micom.si
01 589 62 50



Kakšna je razlika? Katera je učinkovitejša?

Na voljo so termografske kamere FLIR s hlajenim oziroma nehlajenim detektorjem. Obe vrsti termografskih kamer sta različni, zato je potrebno glede na zahteve aplikacije izbrati primerno kamero skupaj z dodatno opremo.

TERMOGRAFSKE KAMERE FLIR S HLAJENIM DETEKTORJEM

Imajo detektor infrardečega sevanja z vgrajenim hladilnim motorjem oziroma "cryocoolerjem".

"Cryocooler" je naprava, ki ohladi detektor na kriogenično temperaturo (cca -200°C). Ob dejstvu, da 60% infrardečega sevanja, ki doseže detektor, ima vir v kameri sami, je hlajenje detektorja obvezno, če želimo znižati vpliv termičnega šuma pod nivo intenzivnosti sevanja s samega objekta. Tako je dosežena visoka termična občutljivost, vse do 15 mK. "Cryocoolerji" so sestavljeni iz mehanskih delov in hladilnega medija (Helij). Hlajene termografske kamere so termično najbolj občutljive in zaznajo najmanjšo temperaturno razliko objektov in medijev. Imajo detektorje na srednjih (MWIR) in dolgih valovnih dolžinah (LWIR) infrardečega spektra, kjer je termični kontrast najvišji po zakonu fizike črnega telesa. Termični kontrast je signal posledice spremembe temperature telesa. Višji termični

kontrast pomeni, da segreti ali ohlajeni objekt odstopa od okolice.

TERMOGRAFSKE KAMERE FLIR Z NEHLAJENIM DETEKTORJEM

Imajo vgrajen detektor, sestavljen iz mikrobolometrov, ki delujejo brez kriogeneskega hlajenja.

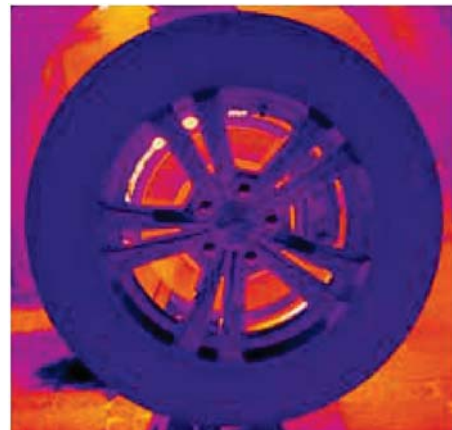
Mikrobolometer je majhen upor na silikonskem elementu iz vanadijevega oksida z visokim temperaturnim koeficientom z veliko površino, majhno toplotno kapaciteto in dobro termično izolacijo.

Temperaturne spremembe na merjenjih povzročijo toplotno radiacijo in posledično temperaturne spremembe na bolometru. Ti se pretvorijo v električne signale, s pomočjo katerih nastane termična slika na kameri. Mikrobolometri delujejo v dolgovalovnem spektru infrardečega sevanja (LWIR, 8-14 μm). V tem spektru večina objektov v naravi oddaja največjo količino infrardečega sevanja. Izdelava teh kamer je enostavnejša, kamere imajo manj premičnih delov, daljšo življenjsko dobo in so cenejše v primerjavi s kamerami s hlajenim detektorjem. So pa manj zmožljive v metrološkem pomenu.

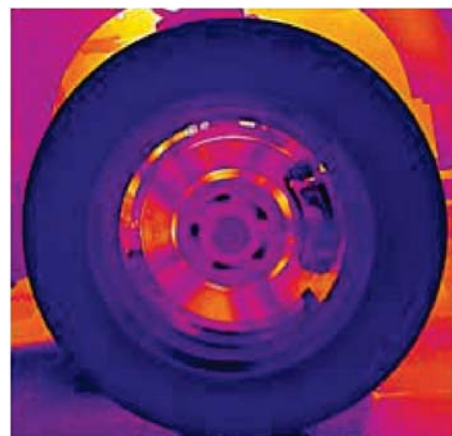
TERMOGRAFSKE KAMERE FLIR S HLAJENIM DETEKTORJEM

Kakšne so prednosti teh termografskih kamer? Zakaj uporabiti takšno kamero? To sta običajni

Slika 1



Posnetek s hlajeno termografsko kamero



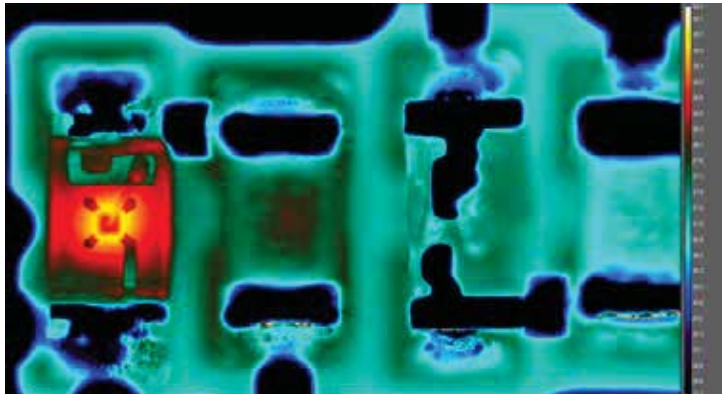
Posnetek z nehlajeno termografsko kamero

vprašanji, ki se pojavita pri izbiri oziroma diskusiji o teh kamerah. Preprost odgovor je: Odvisno od zahtev aplikacije.

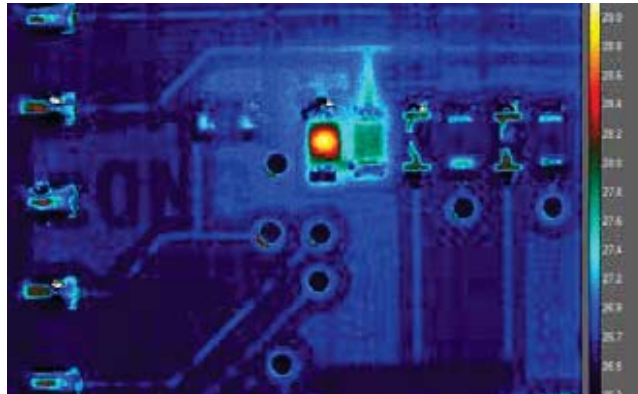
Če aplikacija zahteva naslednje:

- merjenje minimalnih temperaturnih razlik
- visoko kakovost slike
- merjenje premikajočih in vrtečih

Slika 2



Posnetek tiskanega vezja s hlajeno termografsko kamero



Posnetek tiskanega vezja z nehlajeno termografsko kamero



objektov visokih hitrosti
-zahteva po merjenju in vizualizaciji termičnega profila zelo majhnih objektov v določenem spektru infrardečega sevanja
-sinhronizacija termografske kamere z ostalimi merilnimi napravami ali sistemom,
je najbolj primerna izbira kamere s hlajenim detektorjem.

HITROST

Hlajene kamere imajo visoko hitrost vzorčenja termografskih slik v primerjavi z nehlajenimi kamerami. Visoke hitrosti omogočajo snemanje dinamičnih procesov v mikrosekundnih časovnih intervalih. Določeni modeli hlajenih kamer lahko posnamejo več kot 62.000 slik na sekundo. V R&R aplikacijah, ki vključujejo termično in dinamično analizo procesov, so: merjenje toplotnega toka na turbinskih lopaticah reaktivnih motorjev, testiranje varnostnih zračnih blazin v avtomobilski industriji, raziskave

eksplozij, neporušitveno testiranje (NDT testing), merjenje toplotne energije pri mehanskih preizkusih v proizvodnem in procesnem strojništvu, testiranje tiskanih vezij, itd.

Hlajene kamere imajo hiter odzivni čas in vgrajeno zaklopko. Njihova termografska slika je sestavljena iz termičnih točk istočasno, za razliko od nehlajenih kamer, kjer termična slika nastaja linijsko (vrstično). Hlajene kamere zajemajo termične slike premikajočih objektov brez motenj oziroma zameglitve.

Slika 1 prikazuje dva infrardeča posnetka vrtečega se avtomobilskega platišča pri hitrosti 30 km/h. Zgornji posnetek je posnet s hlajeno termografsko kamero. Na prvi pogled se zdi, da se guma sploh ne vrti, kar je posledica hitrega zajema slike. To optično ustavi vrtenje gume.

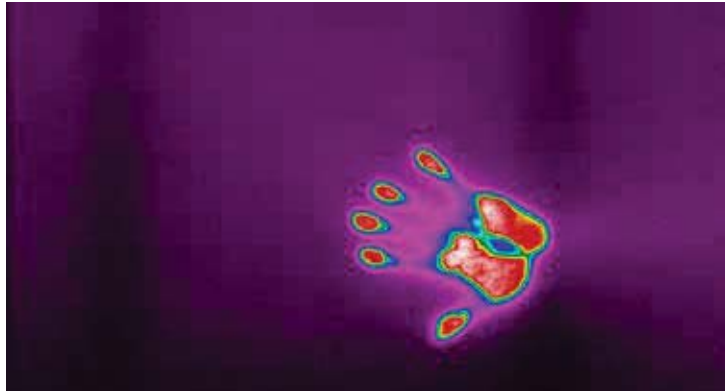
Nehlajena kamera zajema termično sliko počasneje in posledično napere platišča avtomobilske pnevmatike povzročijo navidezno transparentnost

in zamegljenost slike (spodnja slika). Absolutne temperature na motnih slikah ni mogoče točno izmeriti.

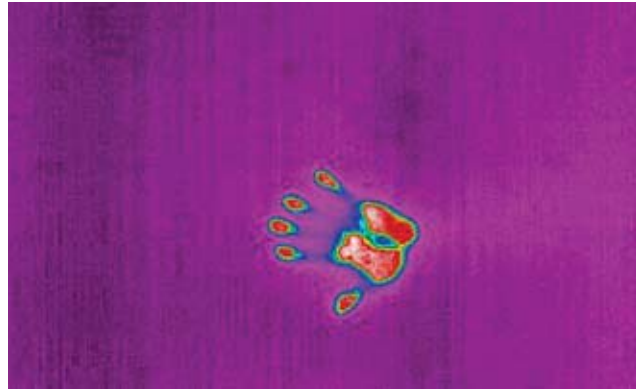
PROSTORSKA LOČLJIVOST

Hlajene kamere imajo večje možnosti optične povečave kot nehlajene kamere, ker zaznavajo infrardeče sevanje v spektru krajših valovnih dolžin. Imajo višjo temperaturno občutljivost, leče z več optičnimi elementi. Debelejši elementi se lahko uporabljajo brez vpliva na zmanjšanje termičnega šuma, kar izboljša karakteristike optične povečave. Slika 2 prikazuje dva infrardeča posnetka z optično povečavo. Iz teh dveh posnetkov je jasno razvidna najboljše povečava, ki pokaže razliko med hlajeno in nehlajeno termografsko kamero. Posnetek na levi je posnet z lečo štirikratne optične povečave (4x close-up) in 15 µm lečo na hlajeni kameri. Velikost posamezne termične točke je 3,5 µm. Posnetek na desni je posnet z lečo enkratne optične povečave (1x close-

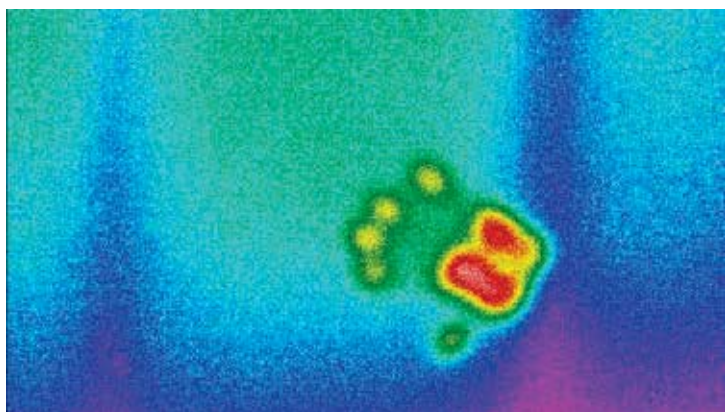
Slika 3



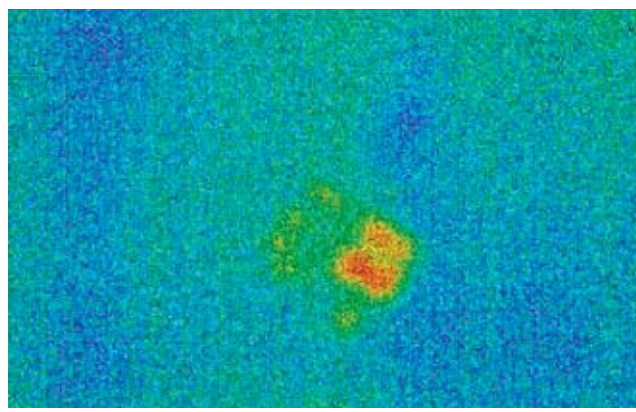
Posnetek odtisa roke s hlajeno termografsko kamero



Posnetek odtisa roke z nehlajeno termografsko kamero



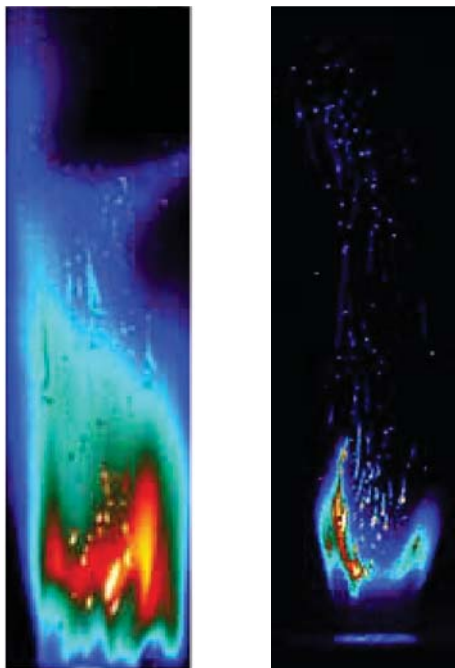
Posnetek odtisa roke s hlajeno termografsko kamero po 2 minutah



Posnetek odtisa roke z nehlajeno termografsko kamero po 2 minutah



Slika 4



Termografski posnetek plamena brez spektralnega filtra s hlajeno termografsko kamero

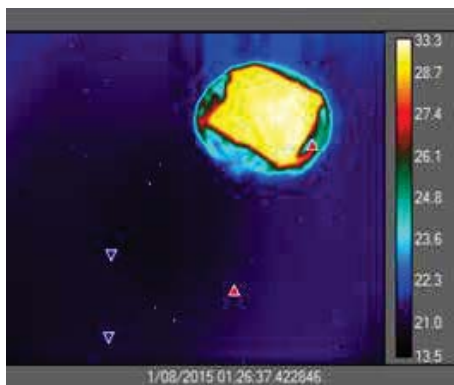
Termografski posnetek plamena s spektralnim filtrom s hlajeno termografsko kamero

up) in 25 μm lečo na nehlajeni kameri. Velikost termične točke je 25 μm .

TEMPERATURNI OBČUTLJIVOST

Pogosto je težko prikazati in oceniti kaj pomeni izboljšana temperaturna občutljivost termičnih slik hlajenih termografskih kamer. Kako oceniti razliko in primerjati termični sliki nehlajene kamere z občutljivostjo 50 mK in hlajene kamere z občutljivostjo 20 mK? Praktični primer štirih termičnih posnetkov odtisov roke na sliki 3 jasno prikaže razliko. Zgornja posnetka sta posneta takoj po odmiku roke z zidu. Spodnja posnetka pa sta posneta po dveh minutah. Hlajena kamera po dveh minutah še vedno prikaže večino odtisa sledi roke. Nehlajena kamera pa le posamezne dele odtisa. Po daljšem časovnem obdobju se podrobnosti jasno vidijo na sliki hlajene kamere. Najpodrobnejše termične anomalije

Slika 5



Funkcija sprožilca bo vsakič topli objekt (v tem primeru kovanec) posnela na enakem mestu slike.

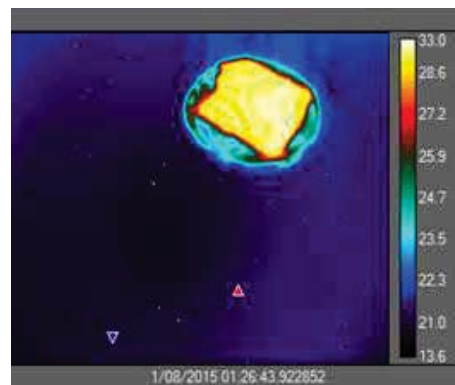
in vzorci so vidni.

SPKTRALNO FILTRIRANJE

Prednost hlajenih kamer je možnost spektralnega filtriranja, s pomočjo katerega je mogoče odkriti podrobnosti termične slike, ki jih z nehlajenimi kamerami ni mogoče videti. Termični posnetek na sliki 4 je posnet s posebnim spektralnim filtrom, nameščenim za optično lečo ali vgrajenim v infrardeči detektor. To omogoča posnetek termične slike skozi plamen. Aplikacija je monitoring izgorevanja delcev premoga v plamenu. Z uporabo takšnega filtra se omeji kamera na določeno valovno dolžino, na kateri je plamen transparenten. To omogoča vizualizacijo izgorevanja delcev. Prvi posnetek je posnet brez filtra in je videti le plamen. Drugi posnetek pa je posnet s filtrom in izgorevanje delcev je vidno.

SINHRONIZACIJA

Sinhronizacija in sprožilec sta karakteristiki, katerih uporabnost pride do izraza predvsem pri aplikacijah dogodkov z visoko hitrostjo in termično občutljivostjo. Hlajene kamere omogočajo zajemanje in snemanje vseh točk simultano. Posebno pomembno je slednje predvsem pri opazovanju premikajočih ali vrtečih objektov z veliko hitrostjo. V takem primeru bi bil posnetek z nehlajeno kamero moten.



Termična posnetka na sliki 5 sta primer padca kovanca na tla. Tu pride do izraza uporaba sprožilca. S hlajeno kamero je vsakič posneta jasna slika padajočega kovanca na isti poziciji. Z nehlajeno kamero takšne slike ni mogoče posneti. Če pa jo po naključju, pa je motna in nerazločna.

TERMOGRAFSKE KAMERE FLIR

FLIR ima v svojem prodajnem programu na voljo hlajene termografske kamere v izvedbah: A6750SC, A8300SC, SC6000, SC7000, SC8000, X6000SC in X8000SC ultrahitrih in ultra-občutljivih karakteristik v srednjih (MWIR) in dolgih valovnih dolžinah (LWIR). Model FLIR A6250SC ima detektor kratke valovne dolžine (NIR). Kamere imajo naprednejše karakteristike merjenja in nastavitve, širok izbor temperaturnih območij in se uporabljajo za opazovanje pojavov z veliko hitrostjo, majhno spremembo temperature, večspektralno analizo in merjenje objektov mikroskopske velikosti.

Poleg hlajenih kamer pa ima FLIR na voljo tudi nehlajene kamere za R&R aplikacije. Od osnovnih kompletov do FLIR 1030SC, nehlajene termografske kamere z najvišjo IR ločljivostjo 1024x768. Na voljo je tudi širok izbor dodatne opreme za različne aplikacije: makro leče, ozkokotne leče, širokokotne leče in programska oprema FLIR RESEARCH IR v različnih verzijah.

