

Be sure. **testo**



Testo Teknik Bilgi Sayfaları: Araştırma ve Geliştirme uygulamalarında testo 885/testo 890 termal kameralar

Teknik Bilgi Sayfası: Mükemmel sıcaklık ölçümü hassasiyeti sayesinde daha fazlasını farkedersiniz

Teknik Bilgi Sayfası: 10 cm'lik minimum odak mesafesi sayesinde ayrıntılı analiz

Teknik Bilgi Sayfası: testo SuperResolution teknolojisi ile en yüksek çözünürlük

Teknik Bilgi Sayfası: LabVIEW™ arayüzü ile daha hassas değerlendirme

testo 885/testo 890: Mükemmel sıcaklık ölçümü hassasiyeti sayesinde daha fazlasını farkedersiniz

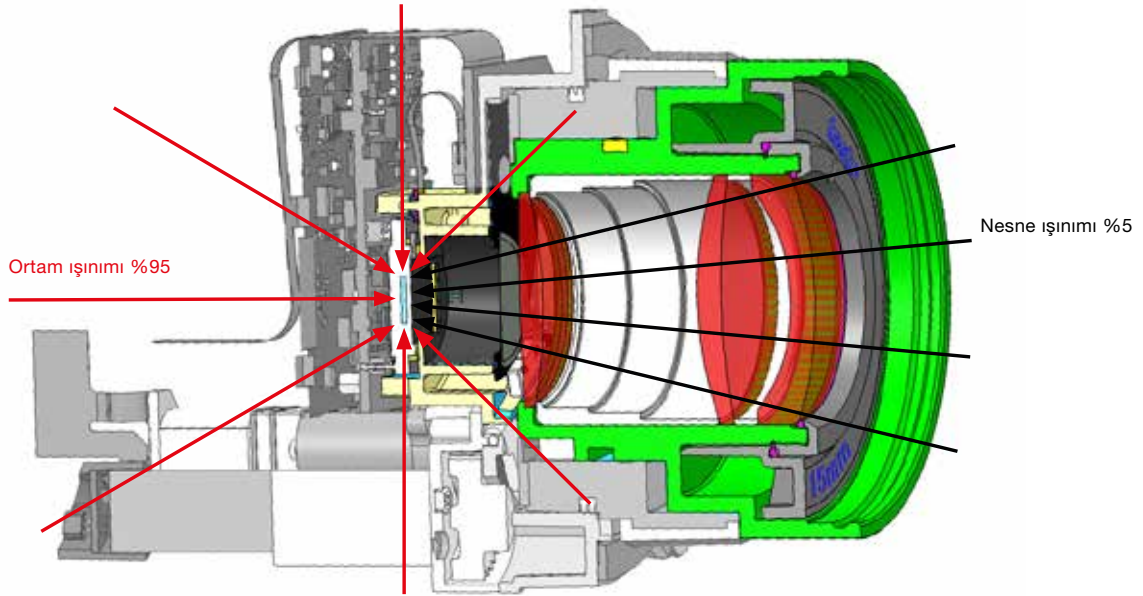
testo 885 ve testo 890, kendi sınıfındaki en iyi sıcaklık ölçüm hassasiyetlerinden birine sahiptir. Bu, onları yüksek doğruluk gerektiren Araştırma ve Geliştirme işleri için ideal hale getirir.

Testo, testo 885 ve testo 890 termal kameralar için $\pm 2\text{ °C}$ veya $\pm\%2$ ölçüm doğruluğunu garanti eder.

Bu değerler yalnızca bir veya iki ayrı referans noktası için değil, tüm termal görüntü ve her bir ölçüm değeri için de geçerlidir.

Buna ek olarak, sıcaklık ölçüm hassasiyeti $-15\text{ °C} \dots +50\text{ °C}$ arasındaki tüm çalışma sıcaklığı boyunca da garanti edilir.

Neden böyle?



Şekil 1: Dedektör, optik ve elektronik termal kameranın kesiti

Dedektör

Bir termal kameranın kalbi sensördür. Elektromanyetik radyasyonu bir elektrik sinyaline dönüştüren çok küçük, kızılötesine duyarlı piksellerden oluşan bir matristen oluşur. Piksel sinyallerinin toplamı bir dijital görüntüyü oluşturur. Dijital görüntü nesnenin yüzey sıcaklığını gösterir ve kamerada sahte renk görüntüsü olarak gösterir. Her bir piksel ölçekleme ve seçilen paletle göre sahte renkli görüntüde bir renk tonu alır. Termal kameranın hızı, tek bir görüntü oluşturmak için gereken süreye bağlıdır. testo 885 ve testo 890 termal kameralar 33 Hz'ye kadar bir görüntü çerçeve hızına sahiptir.

Bir Testo termal kameranın dedektörü, atmosferik bir pencerede 7.5 ve 14 µm arasında elektromanyetik radyasyonu ölçebilir. Ortam sıcaklığı (300 K) 9.89 µm (Planck radyasyon spektrumu) dalga boyunda en yüksek radyasyon yoğunluğuna sahiptir. Bu nedenle, Testo termal kameranın dedektörü, 9.89 µm'lik bir dalga boyunda en yüksek hassasiyeti gösterecek şekilde tasarlanmıştır.

NETD

Buna ek olarak, sensör aynı zamanda yüksek termal duyarlılığa sahiptir. Bu, dedektörün ölçebileceği ve görselleştirebileceği en küçük sıcaklık farkıdır. Termal hassasiyet, Parazite Eşdeğer Sıcaklık Farkı (NETD - Noise Equivalent Temperature Difference) ile ölçülür ve miliKelvin cinsinden (mK) belirtilir. NETD, böylece 2 piksel arasındaki sıcaklıkların en küçük çözünürlüğüdür. NETD, özellikle geniş açılı lensler kullanılarak geliştirilmiştir. Aynı piksel sayısındaki görüntüde NETD ne kadar iyi olursa, o kadar az parazit olur ve o kadar fazla kontrastı olur.

Dengeleme

Testo termal kameralar mikro-bolometre teknolojisinde soğutulmamış bir detektöre sahiptirler. Dedektör, sadece ölçülen cismin elektromanyetik ışınımı tarafından değil aynı zamanda termal kameranın çevresindeki sıcaklıktan da etkilenir.

Çizimde de görüldüğü gibi toplam elektromanyetik ışınımın yalnızca %5'i ölçüm nesnesinden gelir. Kesin ölçümler için geri kalan %95'in etkisi kompanse edilmelidir. Bu etkiler ortam sıcaklığıyla değiştiğinden Testo, kameraların gövdesine çok sayıda hassas sıcaklık sensörü yerleştirmiştir. Bu sensörler ortam sıcaklığının, ölçüm değerlerini saptırmasını önler.

Kalibrasyon

Sıcaklık sensörleri tarafından ölçülen ortam radyasyonunun etkileri kalibrasyon ile telafi edilir. Bu nedenle dikkatli ve titizlikle yürütülen bir kalibrasyon, mükemmel bir sıcaklık ölçümü doğruluğu için gereklidir.

Testo, termal kameraların kalibrasyonunu -15 °C ... +50 °C arasındaki ortam sıcaklıklarında gerçekleştirir. testo 885 ve testo 890 kameraların her bir pikseli, farklı ortam sıcaklıklarında ölçüm hassasiyetini garanti eden kendi detaylı sensör karakteristik eğrisini alır.

testo 885 ve testo 890'ın mükemmel sıcaklık ölçüm hassasiyetinin nedeni, dedektör, optik ve kalibrasyonun tam olarak dengelenmiş etkileşimidir.

testo 885/testo 890: 10 cm'lik minimum odak mesafesi sayesinde ayrıntılı analiz

testo 885 ve testo 890 termal kameraların standart lensi (geniş açılı lens), ≥ 10 cm mesafeye kadar olan ölçüm nesnelerine odaklanabilir. Bununla birlikte, el tipi termal kamera sınıfındaki en iyi minimum odak mesafesine sahiptirler.

IFOV ve odak uzaklığı

IFOV (anlık görüş alanı) bir dedektörün geometrik çözünürlüğünü tanımlar. IFOVgeo ve IFOVmeas olarak ikiye ayrılır. IFOVmeas en küçük ölçülebilir nesne, IFOVgeo en küçük farkedilebilir nesne olarak tanımlanır. testo 885 ve testo 890'daki IFOVmeas tam olarak 3 x 3 piksele, yani IFOVgeo'nun üç katına eşittir.

Ölçüm nesnesine daha küçük mesafeye rağmen, diyafram açısı aynı kalır. Bununla birlikte, nesnenin ölçülebilir alanı nispeten daha küçük olur. Bu, nesnenin daha küçük bir alanının aynı infrared çözünürlükle tanımlandığı anlamına gelir.

IFOV'un hesaplanması:

$$\text{IFOV} = \alpha = 2 \cdot \arctan(\text{piksel aralığı} / 2 \cdot f')$$

Piksel aralığı = tek bir pikselin kenar uzunluğu

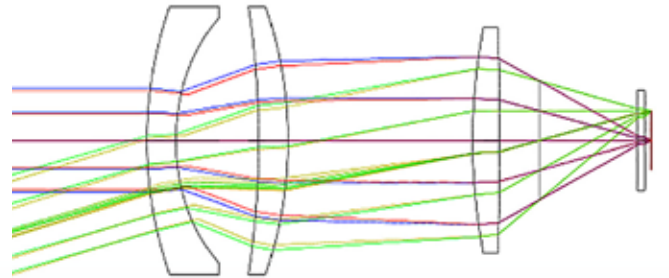
f' = odak uzaklığı

Ölçüm nesnesinden gelen radyasyonun yalnızca bir piksel üzerinde etkili olmasını ve ölçüm değerinin arka plandan etkilenmemesini sağlamak için nesnenin en az 3 x 3 piksel boyutunda olması gerekir. Bu boyut faktörü, termal kameranın optiklerinden ve ölçüm pikselinin ölçüm nesnesine doğru yönlendirmesinden etkilenir.

testo 885 ve testo 890, bu düşük odak mesafesine nasıl ulaşır?

Standart mercek kullanıldığında (geniş açılı mercek) dikkate değer ölçüde düşük odaklama mesafesinin nedeni optik ve mekanik ideal etkileşimdir. Diğer taraftan Testo, düşük odaklama mesafesinde bile yeterince yüksek görüntü netliği (MTF) sağlayan geniş açılı lensi geliştirmiştir. MTF Modüler Transfer Fonksiyonunun kısaltmasıdır ve görüntü netliği ölçüsüdür.

Öte yandan, testo 885 ve testo 890 termal kameralar mekanik olarak, kısa mesafelerin dahi sensörde keskin bir şekilde odaklanabileceği şekilde oluşturulmuştur. Bu, görüntü genişliğini 10 cm'lik düşük odaklama mesafesinde tam olarak ayarlamayı mümkün kılar. Bu nedenle, görüntü düşük bir mesafede bile sensörde keskin bir odakla sunulur.



Şekil 1: Lenste tipik radyasyon ilerlemesi

testo 885/testo 890: testo SuperResolution teknolojisi ile en yüksek çözünürlük

Araştırma ve Geliştirme’de yüksek hassasiyet çok önemlidir. Testo bu nedenle yüksek çözünürlüklü termal görüntüler için özel bir teknoloji geliştirmiştir.

testo SuperResolution teknolojisi çok hassas termal görüntüler üretir. Bunun anlamı:

- Termal görüntüde dört kat daha fazla ölçüm değeri
- Termal görüntünün geometrik çözünürlüğünü (IFOVgeo) 1.6 faktör artırır
- Ölçülebilir en küçük nesneyi (IFOVmeas) 1.6 faktör artırır
- En yüksek yoğunluk detayı sayesinde bir PC’de analiz imkânlarını optimize eder

testo SuperResolution nasıl çalışır?

testo SuperResolution, bilinen ve geçerliliği kabul edilmiş iki prosedürü birleştirir: süper örnekleme ve dekonvolüsyon.

Süper örnekleme ile daha yüksek çözünürlük

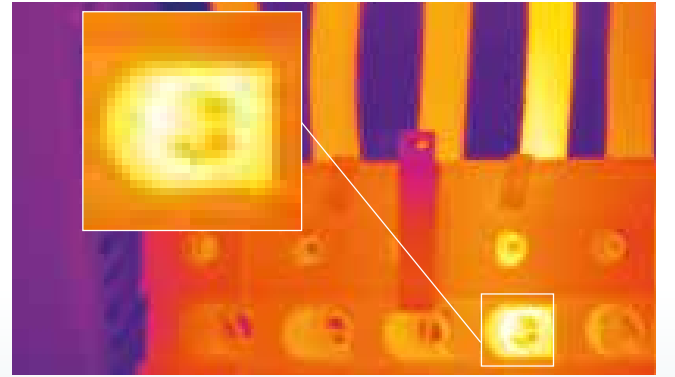
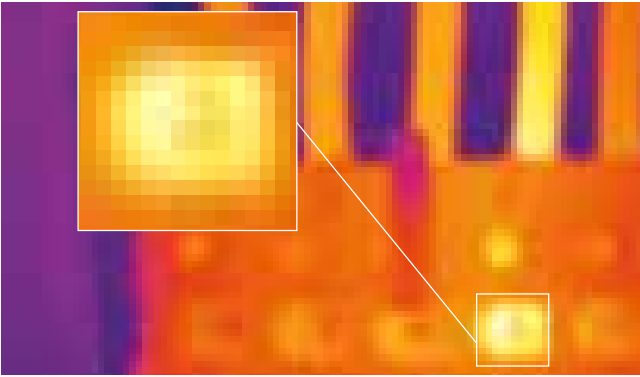
Klasik süper örnekleme prensibi, tüm detektör matrisini, her yönde yarım piksel genişliğinde hareketle kaydırarak çalışır; böylece oluşturulan görüntü dizisi tek bir görüntüde birleştirilir.

Tek tek pikseller arasındaki boşluklar ek bilgi ile doldurulur ve dedektörün limit frekansı geliştirilir.

Süper örneklemede, Testo termal kameralar termografik kayıt için doğal titreşimi (Latince tremere = titreşmeye), yani her insanın sahip olduğu minimal hareketleri kullanır. Bu, birbirinden rastgele minimum düzeyde kaydırılmış bir dizi görüntü oluşturur. Bu ek bilgiler ve okumalardan Testo’nun özel algoritması, nesnenin daha yüksek çözünürlüklü bir görüntüsünü oluşturur.

Dekonvolüsyon sayesinde daha keskin görüntüler

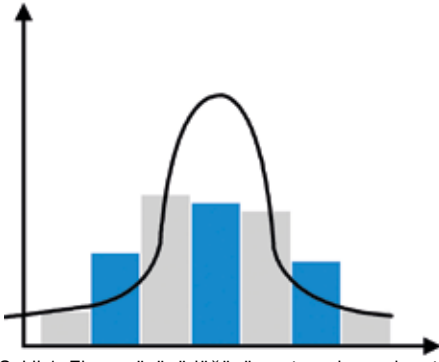
‘Dekonvolüsyon’ işlemi, infrared lens özelliklerinin ayrıntılı bilgisi aracılığıyla görüntü kalitesini geliştirir. Bu, termal görüntüyü termografik olarak kaydedilen nesnenin gerçek radyasyonundan yeniden yapılandırarak ve kameranın lens verilerinin kesin bilgisini yeniden oluşturarak gerçekleşir. Sonuç, çok daha keskin bir termal görüntüdür.



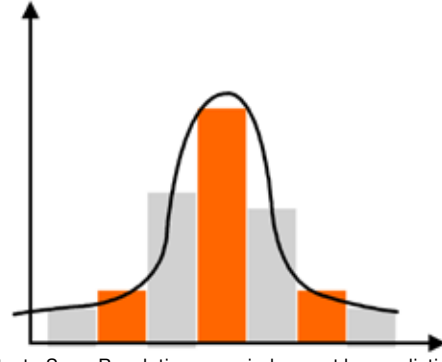
Daha ayrıntılı termal görüntüler için orijinal sinyalin yeniden yapılandırılması (Şekil 1)

Şekil 1'deki siyah çizgi, ilgili orijinal sinyali temsil eder. Gri çubuklar orijinal piksel değerleridir. Soldaki grafikteki mavi çubuklar yapay olarak oluşturulmuş enterpolasyon değerleri içindir - bunlar orijinal sinyali yeniden oluşturamazlar. Sağdaki grafikteki turuncu çubuklar testo SuperResolution değerleridir - orijinal sinyali yeniden oluşturabiliyorlar. Bu durumda, bu dedektörün çıkış sinyali ve termal kameranın lens özelliklerinin bilgisi ile giriş sinyali, yani termografik olarak kaydedilen nesnenin gerçek

radyasyonu yeniden oluşturulmuş demektir. Bu, net olarak daha keskin bir görüntü oluşturur. testo SuperResolution teknolojisi, süper örnekleme, dekonvolüsyon ve Testo tarafından geliştirilen bir algoritma kombinasyonu üzerinden çalışır. Geometrik çözünürlüğü 1.6 faktör ve termal görüntünün çözünürlüğünü dört kat artırır. Görüntüyle ilgili olarak bu, daha büyük bir dedektöre ve daha yüksek bir çözünürlüğe karşılık gelir.



Şekil 1: Ekran çözünürlüğünün enterpolasyonla artırılması daha fazla ayrıntı vermez



testo SuperResolution sayesinde ayrıntıların geliştirilmesi

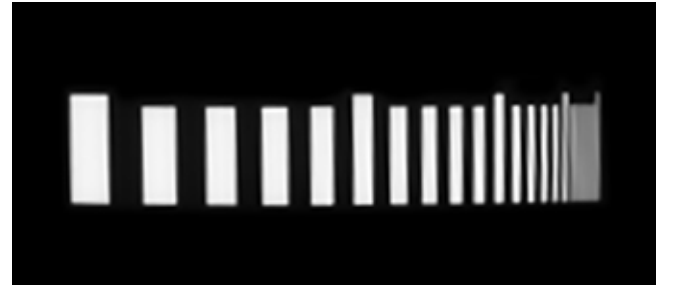
testo SuperResolution teknolojisinin kalitesi ispat edilebilir (Şek. 2)

Termografide, termal görüntünün kalitesinde önemli rol oynayan birkaç faktör vardır. Bu faktörlerin en önemli ikisi, nesnenin geometrik çözünürlüğü ve keskinliğidir. Geliştirilmiş çözünürlük ve netlik birkaç dar yarık diyaframa bakıldığında görülebilir. Bu kurulumda, sabit bir sıcaklıkta siyah panel radyatörün önüne yavaşça daha küçük ve daha yakın olan dikey açıklıklara sahip bir yarık diyafram

maskesi yerleştirilir. testo SuperResolution teknolojisi olmadan, görüntü yarıkların gittikçe yoğunlaşmasıyla bulanıklaşır. testo SuperResolution teknolojisi ile aynı süreç, kesitlerin daha küçük ve birbirine daha yakın olmasına rağmen daha fazla ayrıntıyla açıkça görülebilen daha keskin bir görüntü ortaya çıkarır.



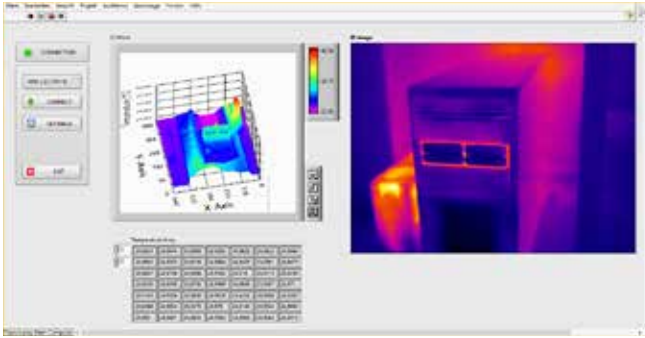
Şekil 2: SuperResolution teknolojisi olmadan kayıt



SuperResolution teknolojisi ile kayıt

testo 885/testo 890: LabVIEW™ arayüzü ile daha hassas değerlendirme

Araştırma ve Geliştirme uygulamaları için testo 885 ve testo 890 termal kameralar LabVIEW™ yazılımı için bir arayüz ile donatılmıştır. LabVIEW™ verileri kaydetmek ve işlemek için ölçüm, düzenleme ve otomasyon teknolojisi olarak kullanılır. Testo termal kameralar ile birlikte, termal anomalileri analiz etmeyi ve değerlendirmeyi daha kolay ve verimli hale getirir.



LabVIEW™

LabVIEW™, “G” programlama diline dayanan ve bir veri akışı modeli olarak kurulan National Instruments™ şirketinin bir programlama sistemidir. The LabVIEW™ programları iki farklı seviyeden oluşur: Ön panel kullanıcı arabirimini, blok diyagramı grafik program kodunu içerir. Bu iki bileşene birlikte Sanal Cihazlar (VI-Virtual Instruments) denir. Her VI sırayla bağımsız olarak çalışan veya programlara entegre edilmiş Alt VI’lardan oluşur.

testo 885 / testo 890’u geliştirme ortamı LabVIEW™’ye bağlama amacıyla Testo, gerekli Sanal Cihazları bir kütüphane olarak sunar.

testo LabVIEW™ kütüphanesinin fonksiyonları

Özel olarak geliştirilen VI’lar, Araştırma ve Geliştirme için aşağıdaki fonksiyonları sunar:

- Kamerayla gerçek zamanlı iletişim
- Emisivite, yansıyan sıcaklık, ölçüm aralığı ve atmosferik düzeltme gibi parametreleri okuma ve ayarlama
- Görsel görüntünün yanı sıra tüm ölçülen sıcaklık değerlerini içeren IR görüntüsünü okuma
- Görsel veya infrared akışı görüntüleme
- 2D sıcaklık matrislerini oluşturma

Termal kamera ile LabVIEW™ arasındaki iletişim, standart bir USB bağlantısı üzerinden sağlanır. Bu amaçla, yazılım bir Dinamik Bağlantı Kitaplığı’na (.dll) erişir.

LabVIEW™ arayüzünün avantajları

LabVIEW™’de bir termal kameranın kurulması, kullanıcıların Araştırma ve Geliştirme aşamasında termografik izlemeyi entegre etmelerini sağlar. testo LabVIEW™ kitaplığının VI’ları, ölçülen sıcaklıkların doğrudan ileri işlemine imkan tanıyan mevcut Sanal Cihazlara özgürce entegre edilebilir.