

En Güçlü Kızılötesi Bant Neden En Net Görüntüyü Vermeyebilir?

Akkor Fırın da Sıradan Bir Dolap da Kızılötesi Işınım Yayar



Şekil 1: Fabrika atölyesinde sıradan gri bir dolap ve yalıtımlı borunun yanında parlayan seramik fırını

Sıcak ve oda sıcaklığındaki yüzeyler aynı sahnede bulunur, ancak farklı kızılötesi spektrumlar yayar. Fırın hemen fark edilir. Yanındaki dolap ise sıradan görünür. İkisi de kızılötesi ışınlam yayıyor; ancak dalga boylarına göre dağılımları, yani spektrumları çok farklıdır. Sıcaklık yükseldikçe en güçlü yayım daha kısa dalga boylarına kayar. Yaklaşık 27 °C olan 300 K sıcaklığındaki sıradan bir yüzeyin karacisim tepe noktası 9,66 µm (mikrometre, yani metrenin milyonda biri) civarındadır. Yaklaşık 327 °C olan 600 K'de tepe noktası 4,83 µm'ye iner. [NASA sıcaklığa bağlı bu eğilimi açıklar](#); buradaki değerler [NIST sabitleri](#) kullanılarak hesaplanmıştır.

Bu tepe noktaları, yaygın uzun dalga kızılötesi (LWIR) ve orta dalga kızılötesi (MWIR) bantlarına düşer. Burada durup tepe noktasını içeren bandı seçmek cazip gelebilir. Ancak bu yaklaşım, kameranın kullanışlı görüntüyü nasıl oluşturduğunu gözden geçirir.

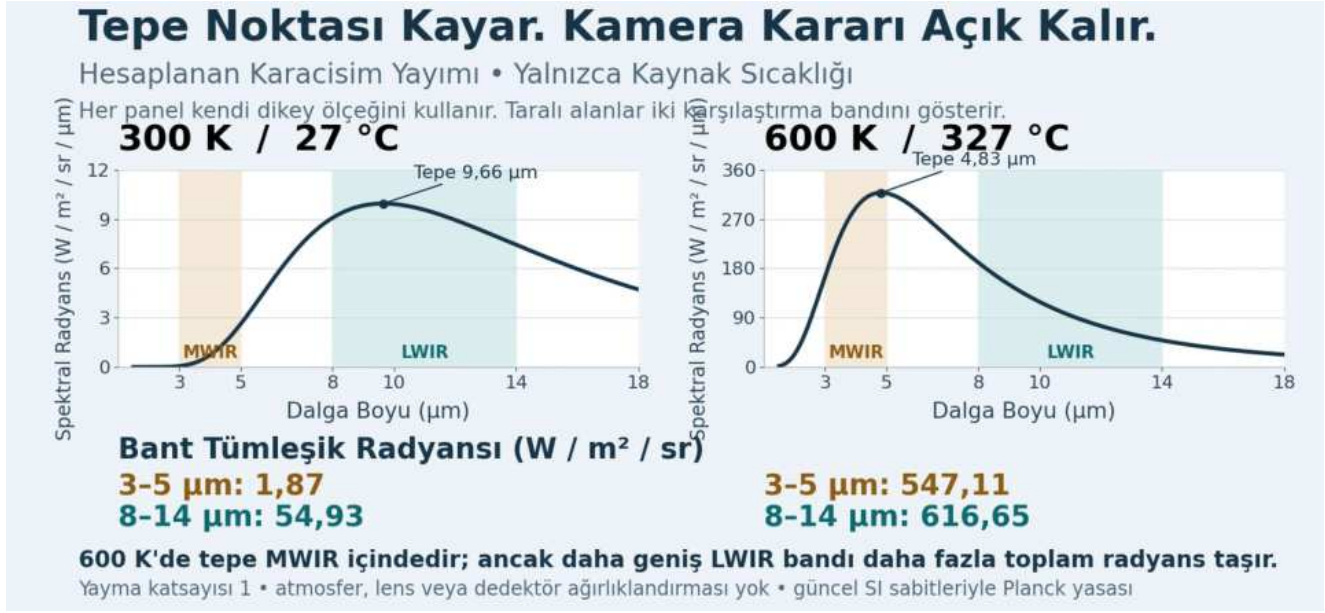
Soğutmasız mikrobolometre, emilen ışınlamın oluşturduğu çok küçük sıcaklık değişimini algılar. Bu ısınmayla elektrik direnci değişir. Kriyojenik soğutma gerektirmez; yine de dedektör sıcaklığı yanıtı etkiler. [NIST bu çalışma ilkesini açıklar](#).

Soğutmalı foton dedektörü, gelen fotonları elektrik sinyaline dönüştürür. Soğutma, dedektör içinde oluşan karanlık akımı azaltarak sahnedeki zayıf sinyallerin ayırt edilmesine yardım eder. NASA, kızılötesi astronomide de aynı temel ilkeden yararlanır; cihazların soğutulması yakın donanımdan gelen istenmeyen kızılötesi yayımı da azaltır. Uzay aracı sıcaklıkları bu cihazlara özgüdür. [NASA'nın açıklamasını okuyun](#).

Dolayısıyla kamera; dedektörü, optiği ve gürültü performansı farklıysa daha az kaynak ışınlam taşıyan bir bantta da iyi çalışabilir. “Soğutmalı” ve “MWIR” farklı özellikleri tanımlar; birbirinin yerine kullanılamaz. Gerçek dedektör tipini, spektral yanıtı ve çalışma koşullarını sorun.

Kaynak spektrumu hangi ışınlamın mevcut olduğunu gösterir. Hangi ayrıntının korunacağını ise kameranın bütünü belirler.

Tepe Noktası Bant Toplamı Değildir



Şekil 2: 300 ve 600 kelvindeki hesaplanmış karacisim spektrumları; 9,66 ve 4,83 mikrometredeki tepe noktaları ve ayrı dikey radyans ölçekleriyle gösteriliyor

Hesaplanan kaynak spektrumları ve bant toplamaları. Her panelin radyans ölçeği ayrıdır; hava, optik ve dedektör yanıtı hesaba katılmamıştır.

Yayma katsayısı 1 olan, yani sıcaklığında mümkün olan en yüksek ısı ışınımı yayan ideal bir karacisim düşünün. Spektral radyansını Planck yasasıyla hesapladık; ardından iki dalga boyu aralığındaki değerleri topladık: 3-5 μm ve 8-14 μm. Bu, atmosfer, lens, filtre veya dedektör yanıtından önceki kaynak hesabıdır.

300 K'de tümleşik radyans 3-5 μm aralığında 1,87 W/m²/sr, 8-14 μm aralığında 54,93 W/m²/sr'dir. İkinci değer yaklaşık 29 kat büyüktür. Radyans, bir yüzey alanından belirli bir bakış yönüne yayılan ışınımı tanımlar. Buradaki sr, katı açı birimi steradyandır; bu değerler kameraya ulaşan watt değildir. 600 K'de karşılık gelen değerler 547,11 ve 616,65 W/m²/sr'ye çıkar. Tepe noktası MWIR bandına kaymıştır; buna rağmen daha geniş LWIR aralığı hâlâ daha fazla toplam radyans içerir. Tepe noktası, eğrinin en yüksek yerini gösterir; bütün bir bandın altındaki alanı göstermez.

Işınım Yüzeyden Çıktıktan Sonra Ne Değişir?

Gerçek kameralar her dalga boyunu farklı ağırlıklandırır. Filtreler ve lensler bazı dalga boylarını daha iyi geçirir; dedektörün de kendi yanıtı vardır. NIST kamera modeli, yayım spektrumunu bu spektral ağırlıklandırma ile birlikte ele alır. [Model için bölüm 2.2'ye bakın.](#)

Hava da dalga boyuna bağlı bir filtre ekler. Su buharı ve diğer gazlar belirli bölgeleri soğurur; bu nedenle atmosferik pencerenin geçirgenliği her yerde aynı değildir. [NASA bu soğurma bantlarını açıklar.](#)

Önemli büyüklük, bu yolun tamamından geçtikten sonra özelliğin çevresine göre kalan sinyal farkı ve bunun gürültüye oranıdır. Karacisim toplamaları fiziği anlamaya yardım eder. Belirli bir modelin görüş mesafesini tahmin etmez, nemli havada üstünlük kanıtlamaz veya sıcaklık ölçme yeteneği göstermez.

600 K'de tepe noktası MWIR içindedir; ancak karşılaştırılan daha geniş LWIR bandı hâlâ daha fazla toplam radyans taşır.

Odak Uzaklığını İki Katına Çıkarmak Işığın Dörtte Üçünü Kaybettirebilir

Bir kamerada 12 μm pikseller ve 50 mm odak uzaklıklı lens olduğunu düşünün. Uzak sahne için basit hesapta açısal örnekleme, piksel aralığının odak uzaklığına bölümüdür: 12/50.000 = 0,00024 radyan veya piksel başına 0,24 miliradyan.

500 metrede bu, piksel başına yaklaşık 0,12 metredir. 0,60 m genişliğindeki bir ayrıntı beş piksele yayılır. 100 mm lens aynı ayrıntıyı yaklaşık on piksele yayar. Bunlar geometrik örneklerdir; ayrıntının ayırt edilebileceğini garanti etmez.

Şimdi açıklığı düşünün. MIT optik notlarında açıklandığı gibi f sayısı, odak uzaklığının giriş pupili çapına bölümüdür. Giriş pupilini 25 mm'de tutup odak uzaklığını iki katına çıkarmak f/2'yi f/4'e dönüştürür.

Hesaplanan Lens Seçeneği	50 mm, f/2	100 mm, f/4
Giriş Pupili	25 mm	25 mm
Ayrıntıyı Örnekleyen Piksel Sayısı	5	10
Görelî Görüntü İrradyansı	1	Yaklaşık 0,25

İrradyans, birim dedektör alanına ulaşan güçtür. Son satırda, düzgün ve geniş bir sahneden gelen irradyansın yaklaşık olarak $1/(f \text{ sayısı})^2$ ile değiştiği birinci merteye ilişkisi kullanılmıştır. Eşit geçirgenlik, eksen üzerindeki uzak sahne ve vinyet olmaması kabul edilmiştir. Böylece daha uzun lens, sahneyi daha fazla piksele yayarken eşit alanlı her piksele yaklaşık dörtte bir irradyans ulaştırır. 50 mm giriş pupili, daha büyük optik açıklık pahasına uzun lensi f/2'de tutar.

Gerçek lenslerde kırınım, sapmalar ve geçirgenlik kayıpları da vardır. Pozlama ve işleme, operatörün gördüğünü değiştirir. Düşük bir gürültü değeri, optik sistemin bulanıklaştırdığı ayrıntıyı geri getiremez. Görüş alanını, açıklığı, piksel örneklemesini ve görüntülenen sonucu birlikte karşılaştırın; dijital büyütme yeni optik örnek eklemesiz.

Bir özelliği daha fazla piksele yaymak, yalnızca optik sinyal ve görüntü kalitesi yeterli kalırsa yararlıdır.

Hava Değişse de Geçerli Kalacak Bir Karşılaştırma Kurun



Şekil 3: Yan yana iki tripod üzerindeki kameralar, geniş gri zemin üzerinde dar dikey aralığı bulunan ısıtılmış tek bir test plakasına bakıyor

Aynı küçük özelliği ve arka planı eş zamanlı karşılaştırın; koşullar değiştikçe testi tekrarlayın.

Belirli bir karar seçin: operatör, gerekli mesafede sıcak ekipman panelindeki dar bir aralığı kesintisiz panelden ayırabiliyor mu? Sıcak panelin tamamını görmek daha kolaydır. Küçük özelliği, arka planını ve bakış açısını kaydedin.

Aday kameraları birbirine yakın yerleştirip aynı anda kayıt alın; böylece değişen bulutlar veya ekipman sıcaklığı bir kaydı kayırmaz. Mümkünse sahne kadrajını eşleştirin. Her lensi, optik görüş alanını, piksel sayısını, açıklığı, pozlamayı, odağı ve işleme ayarlarını kaydedin. Eşleşmeyen parametreleri kayıta açıkça gösterin; etkilerini dalga boyuna bağlamayın.

Ayrıntı ile arka plan arasındaki farkı azaltıp testi yineleyin; ardından kadrajın başka yerinde sıcak ekipman varken tekrarlayın. Aralık yalnızca ikinci durumda kayboluyorsa, sonucu dalga boyuna bağlamadan önce odağı sabit tutup kazanç veya pozlama değişikliklerini karşılaştırın. Hem kaydedilmiş kaynak görüntülerini hem de operatör ekranını kullanın. [NIST test yaklaşımı](#), eksiksiz görüntüleme sonucunda optiği, işlemeyi ve ekranı birlikte değerlendirir.

Testi ilgili koşullarda tekrarlayın: kuru ve nemli hava, beklenen görüş hattı uzunluğu ve günün farklı saatleri. Gerçekleşen koşulları kaydedin; tek bir açık hava öğleden sonrası her hava koşulundaki performansı kanıtlamaz. Planlanan ortam koşullarında elektrik gücünü ve enerji verildikten sonra kullanışlı, kararlı görüntüye kadar geçen süreyi ölçün. Soğutma varsa modele özel soğutucu bakım bilgisini isteyin.

Inventra S3 [SEG10, 640 × 512 soğutmasız LWIR kanalını gündüz kamerasıyla birleştirir](#). Yayımlanmış termal konfigürasyonunda 12 µm pikseller ve 25 mm lens bulunur. Gerekli ayrıntıyı, mesafeyi, koşulları, tepki süresini ve güç sınırını karşılaştırma kaydıyla birlikte Inventra S3'e iletin. Böylece mühendislik ekibi eksiksiz bir konfigürasyonu kanıta dayalı seçebilir.

Mevcut güç ve tepki süresi içinde operatörün kararını tekrar tekrar destekleyen konfigürasyonu seçin.

İlgili İçerikler: [Sıcak ve Parlak Bir Boru Neden Soğuk Görünebilir?](#) · [Bağlı Bir Termal Kamera Size Geçmiş Gösterebilir](#)

Kaynaklar ve Ek Okumalar

- [Uzaktan Algılama: Işınım, Soğurma Bantları ve Atmosferik Pencereler](#)
- [Temel Fizik Sabitleri - Tam Liste](#)
- [İtfaiye Termal Görüntüleme Kameraları için Performans Ölçütleri - Küçük ve Tam Ölçekli Deneyler](#)
- [Webb Teleskobu'nun En Soğuk Cihazı Çalışma Sıcaklığına Ulaştı](#)
- [Yüksek Büyütmeli Termal Kamera için Kalibrasyon ve Ölçüm Prosedürleri](#)
- [Bilgi Teknolojisinin Fiziği: Optik](#)
- [SEG10 - Çift Kanallı \(EO-LWIR\) Stabilize Gimbal Sistemi](#)

© 2026 Inventra Inc. Atıf yapılan kaynakların hakları saklıdır.