

INDUSTRIAL INFRARED  
**PYROMETERS**



***Williamson***  
*Where Wavelength Matters*

## 적외선 온도계의 장점

제조업에서 제품의 품질과 공정의 생산성을 제어하기 위해 온도가 측정된다. 많은 어플리케이션들이 Thermocouple 나 RTD 같은 접촉식 장비를 사용하지만 이것들은 보통 부정확하거나, 너무 느리거나 사용하기 어렵거나 수시로 교체를 해줘야 하기 때문에 공정의 중단을 일으키고 생산성을 낮춘다.

반면에 적외선 파이로미터는 대상의 온도를 비접촉식으로 정확하게 측정하기 때문에 많은 어플리케이션에서 완벽한 해결책으로 쓰인다. 따라서, 다음과 같은 특징의 어플리케이션에서 가장 이상적이다.

- 높은 온도 (High temperature)
- 움직이며 접근할 수 없는 대상 (Moving and inaccessible targets)
- 위험한 환경 (Hostile and hazardous environment)
- 빠른 응답시간 (Fast response times)

Williamson 은 Silver, Gold, Pro Series 제품들을 가지고 광범위한 어플리케이션에 가장 적합한 파이로미터들을 제공한다.



## 파이로미터의 작동원리

모든 물체는 온도에 비례하는 적외선 에너지를 방출한다. 높은 온도의 물체는 더 많은 에너지를 방사하며 낮은 온도의 물체는 더 적은 에너지를 방출한다. 적외선 파이로미터는 물체로부터 방출된 적외선 에너지를 수집해 온도 값으로 변환 시킨다. 센서가 수집하는 에너지의 양은 대상의 방사율 성질과 센서와 대상 사이에 있는 시각적 방해 요소의 전달 성질(transmission characteristics)에 영향을 받는다. 이러한 요소들의 영향력은 적외선 파장에 따라 바뀌게 된다. 그렇기 때문에 적합한 파장으로 필터링 된 파이로미터를 고르는 것이 정확한 온도 측정을 가능하게 한다.

방사율은 물질의 적외선 에너지 방출 성질을 수량화 하기 위해 사용되는 용어이다. 방사율은 물질의 반사율과 전달 성질과 관련이 있으며 0.0 에서 1.0 까지의 스케일로 측정이 된다. 방사율과 반사율은 반비례한다. 예를 들어, 알루미늄 같이 아주 반사적인 표면은 0.1 정도의 낮은 방사율을 가지고 있으며 내화벽돌 같이 빛깔이 없는 표면은 0.9 정도의 높은 방사율을 가지고 있다.

수증기, 물, 화염, 연소가스 같은 시각적 방해요소는 센서가 측정하는 에너지를 방해할 가능성이 있다.

## Williamson 이 강조하는 파장의 중요성

Williamson 이 타사와 차별화 될 수 있는 가장 큰 이유는 우리가 강조하는 파장의 중요성 때문이다. 우리 파이로미터는 신중하게 파장을 선택 함으로서 시각적 방해요소를 투과하고 방사율 변동을 감소시켜주며 더 안정적이고 정확한 온도 측정을 제공 해 준다. Williamson 은 많은 산업에서 요구되는 정확한 온도 측정을 가능하게 하는

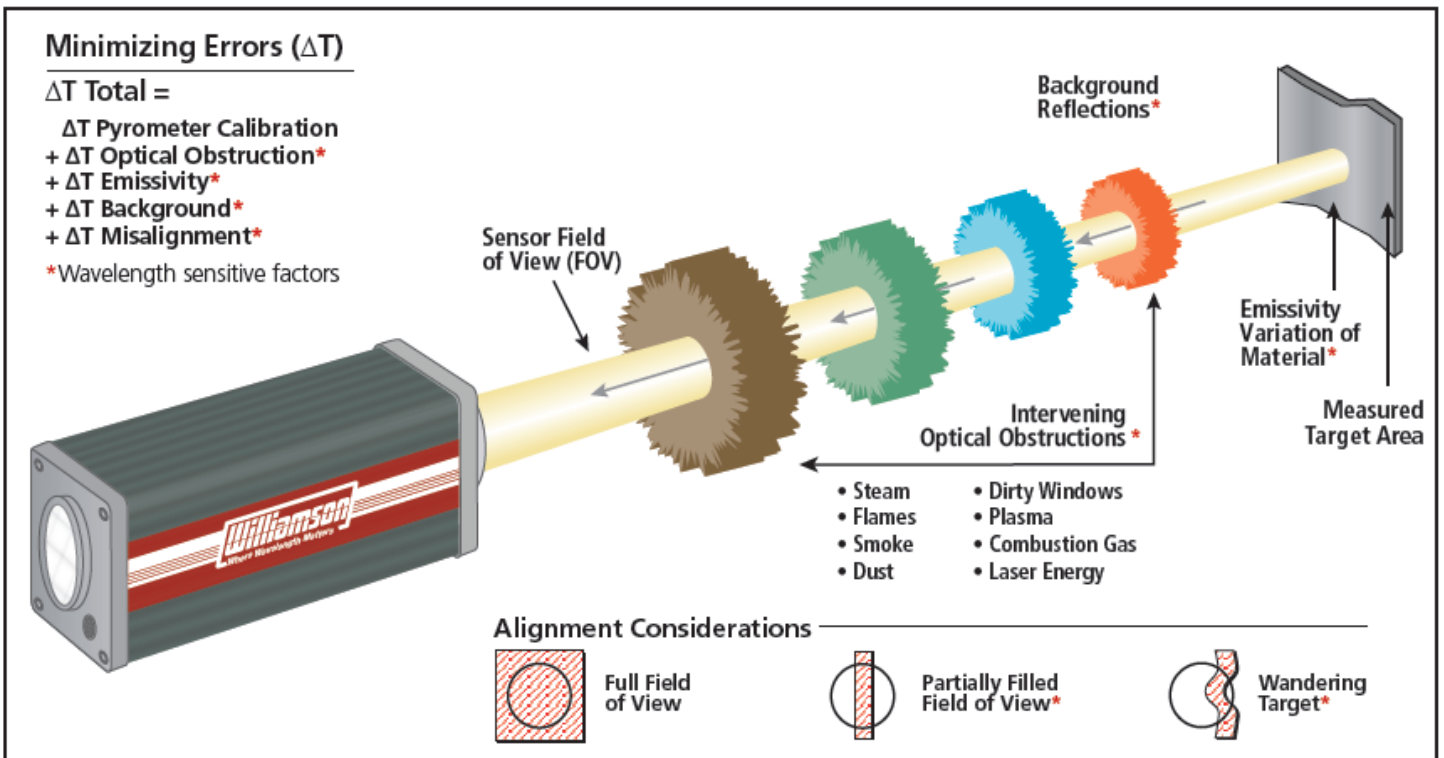
파이로미터를 60년 넘게 만들어 왔다. 맞춤식 해결방안을 제공해 오다보니, 몇몇의 파이로미터가 모든 어플리케이션에 적합하게 다 쓰이는 것이 아니라 각각의 어플리케이션에는 분명히 최적화된 파이로미터가 있다 라는 것이 우리의 철학이 되었다.

## 파장이 왜 중요한가?

이상적인 실험실 환경에서 온도 측정을 할 때 가장 중요한 것은 파이로미터의 calibration 정확도 이다. 하지만 산업 어플리케이션에서는 이러한 이상적인 운용 환경이 아니라 외란 같은 온도 측정에 영향을 주는 요소들이 많다. 신중한 파장선택을 한다면 이러한 시각적 방해요소, 방사율 변동, 설치 환경의 반사 요소, 혹은 정렬 불량(misalignment)으로

인한 오차를 엄청나게 줄여줄 뿐만 아니라 심지어 완전히 없애 버릴 수도 있다. 대부분의 파이로미터 제작사들은 calibration 정확성과 온도 범위만 신경 쓰고 파장 선정은 신경 쓰지 않는다. Williamson 은 파이로미터가 어떠한 조건에서도 가장 정확한 온도측정을 할 수 있게 신중한 파장 선정을 강조한다.

## 오차를 일으키는 요소들



## 파이로미터 기술

Williamson 은 다양한 파장 옵션, 여러가지 광학 구성, 온도 범위, 액세서리 등을 보유한 6 가지의 적외선 기술을 가지고 있으며 각각의 파이로미터가 각 어플리케이션에 최적화 되어 설정 된다.

Single-Wavelength Technology		
Short-Wavelength(SW)	Long-Wavelength(LW)	Specialty-Wavelength (SP)
적당한 방사율 변동, 시각적 방해요소, 정렬 불량(misalignment)으로 인한 오차가 상대적으로 낮으며, 더 낮은 온도에서는 더욱 더 그러하다. 어떠한 모델들은 대부분의 외란을 투과해서 볼 수 있다.	저비용 온도계로서, 섭씨 100 도 아래의 온도를 측정하는 일반적인 어플리케이션에 적합하다.	측정하고자 하는 물체가 특정 파장에서 가장 반사가 적고 불투명할 때, 혹은 시각적 방해요소가 특정 파장에서 투명하게 될 때 사용된다.

Ratio and Multi-Wavelength Technology		
Two-Color (TC)	Dual-Wavelength(DW)	Multi-Wavelength(MW)
이 Ratio 파이로미터는 방사율 변동, 적당한 시각적 방해요소, 정렬 불량(misalignment)에 대응하기 위해서 사용된다.	이 Ratio 파이로미터는 보여진 부분의 가장 뜨거운 부분을 측정한다. 선택된 파장은 물, 수증기, 화염, 플라즈마, 레이저 에너지에 다 대응할 수 있다. Two-color 보다 더 스케일(scale), 정렬 불량(misalignment), 시각적 방해요소에 강하다.	Multi-Wavelength (MW) : 알루미늄, 구리, 스테인리스, 강철 그리고 아연과 같은 non-greybody 소재에 사용된다. 복잡한 방사율 성질에 대응하기 위해 각 어플리케이션마다 특유의 알고리즘이 적용된다.



## Single-Wavelength Technology

Single- Wavelength 파이로미터는 다른 기술에 비해 좀 더 단순하고 저비용 기술이라는 이유로 선호된다. 대부분의 어플리케이션에서 측정조건과 희망 온도범위에 호환이 되는 가장 짧은 파장을 선택한다. 대상의 방사율 성질과 광학적 성질에 따라 특수한(Specialty) 파장이 필요 할 수도 있다.

### Short-Wavelength (SW)

Williamson 은 방사율 변동과 시각적 방해요소에 더 대응을 잘한다는 이유로 Single-wavelength 에서 short-wavelength 를 더 강조한다. 이러한 이점들 덕분에 short-wavelength 센서들은 광범위한 실제 산업환경에서도 우수한 성능으로 정확한 측정을 할 수 있다.

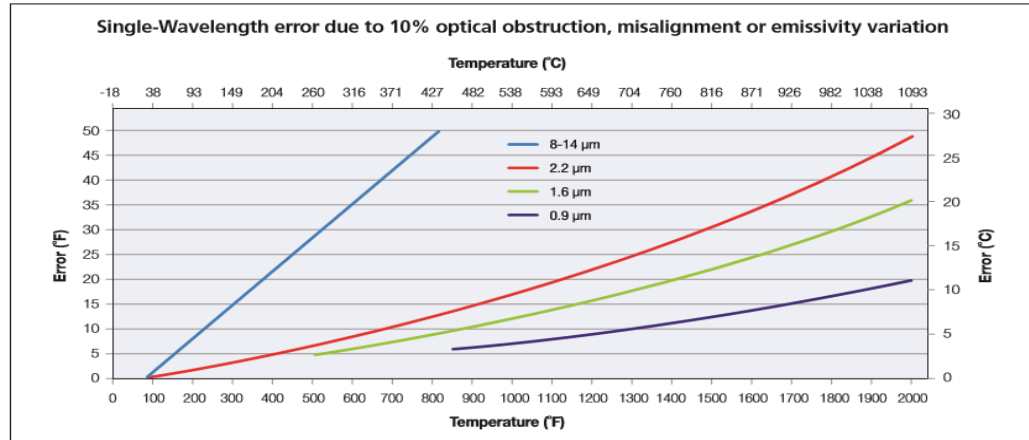
### Short-wavelength 가 많이 사용되는 어플리케이션

- Low Temp Metals
- Melters
- Furnaces
- Thermal Reactors
- Boilers



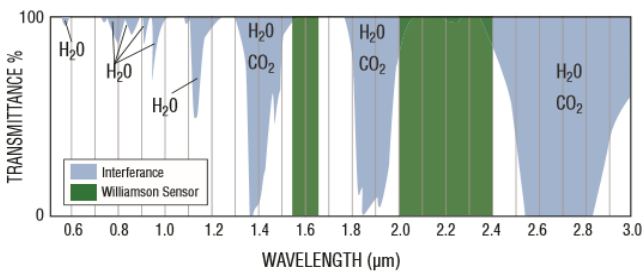
### Short-Wavelength 는 방사율 변동으로 인한 오차를 감소 시켜준다.

대부분의 어플리케이션에서 가능한 가장 짧은 파장을 선택하는 것을 추천한다. 차트에 나온 것 처럼 파장이 짧을 수록 오차가 더 작다. 심지어, Long-wavelength 센서에 비해 short-wavelength 가 방사율 변동에 4-20 배는 덜 민감하다.



### Short-Wavelength 는 시각적 방해요소를 투과할 수 있다.

파장 선정이 Williamson 의 short-wavelength 기술의 핵심 요소이다. 올바른 파장대를 선정 함으로서 물, 수증기, 화염, 연소가스, 플라즈마, 혹은 다른 산업 외란을 다 투과하여 볼 수 있다



수증기와 이산화탄소는 넓은 범위의 적외선 스펙트럼에서는 불투명하게 보인다. Williamson 만의 1.6um, 그리고 2.2um 센서들은 이러한 외란을 피해가는 좁은 범위의 필터 (초록색 부분) 를 사용한다. 경쟁사 제품들은 훨씬 더 넓은 적외선 필터를 사용하기 때문에 (보통 1.0-1.7um 이나 2.0-2.6um) 이러한 혼한 기체들을 투과하지 못한다.

# Single-Wavelength Technology

## Long-Wavelength (LW)

이 파이로미터는 비용은 적게 드나 100°C 이상의 온도를 측정할 때 시각적 방해요소, 정렬 불량(misalignment), 그리고 방사율 변동에 의한 오차가 크게 나타난다. 이것들은 낮은 온도나 주변 온도에 가까운 온도, 혹은 높은 방사율의 물질을 측정할 때 쓰는 일반적인 용도의 센서이다.

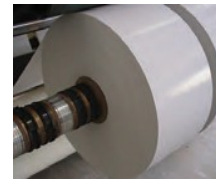
### Long-Wavelength 가 많이 사용되는 어플리케이션

- Food
- Paper
- Rubber
- Textile
- Plastic
- Liquids
- Ice
- Soil
- Minerals
- Building Materials
- Glass Surface
- General Purpose Measurements



Pro Series

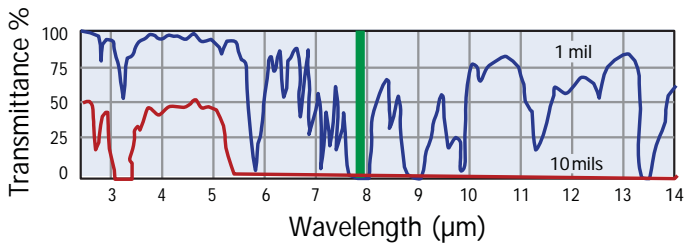
Silver Series



## Specialty-Wavelength (SP)

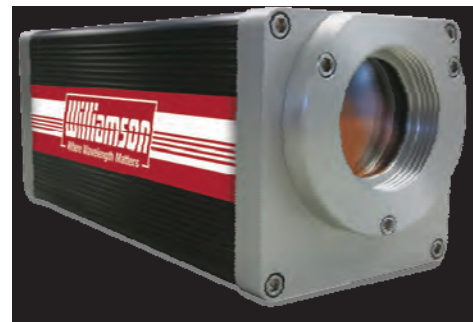
Specialty-wavelength 파이로미터는 대상이 특정한 파장에서 가장 불투명해지고 덜 반사적일 때 혹은 시각적 방해요소가 투명하게 될 때 사용된다.

예시: 폴리에스터 필름 방사 대역



7.9µm 파장에서 폴리에스터 필름은 불투명해 진다. 예시에 사용된 특정 파장대로 필터된 파이로미터는 이러한 어플리케이션에 적합하다.

Pro Series



Popular Specialty-Wavelength Applications Specialty-Wavelength 가 많이 사용되는 어플리케이션	Temperature Range	Specialty-Wavelength
Hydrogen, Ammonia, and Hydro-Carbon based flames	700-3200°F / 375-1750°C	1.86µm
Thin Films of H-C Based Plastics (Polyethylene and Polypropylene)	125-700°F / 50-370°C	3.43µm
Hot Combustion Gas, Carbon Based Flames (CO, CO2 flames)	600-4000°F / 300-2200°C	4.65µm
Glass Surfaces – Inside Furnaces, Ovens, and Quartz IR Heaters	200-4000°F / 100-2200°C	5µm
Thin Film Plastics such as Polyester, Acrylic & Teflon Epoxy, and Painted Surfaces. Applications using IR Heaters	85-2500°F / 30-1375°C	7.9µm

Ratio 파이로미터는 두개의 파장에서 적외선 에너지를 측정한다는 점에서 Single-wavelength 와 다르다. 측정된 두개의 파장에서의 에너지 비율이 온도값으로 변환된다.

이러한 측정원리로 ratio 파이로미터는 방사율 변동이나 부분적으로만 채워진 FOV(Field of View), 시각적 방해요소에 대응할 수 있다.

## Two-Color (TC)와 Dual-wavelength (DW)

Ratio 파이로미터 기술에는 2 가지 타입이 있으며 Williamson 만이 이 두가지 기술을 제공하는 유일한 회사이다. Two-color 기술은 샌드위치 디텍터를 사용하고 고정된 파장 세트를 사용한다. Dual-wavelength 는 하나의 디텍터와 두개의 개별적이고 선택 가능한 파장을 사용하므로 Two-color 파이로미터가 가지고 있는 모든 장점을 가지고 있으며 추가적으로 성능이 더 좋다.



### Two-Color 파이로미터

- 일반적인 용도의 파장 세트
- 다양한 방사율과 약간의 시각적 방해요소나 정렬 불량(misalignment)에 대응가능
- 파이로미터와 대상사이에 시각적 방해요소 없을 때 사용 됨
- 측정 온도 600°C 이상
- 스케일이 없고 균일하게 가열된 철 금속을 측정할 때 이상적임

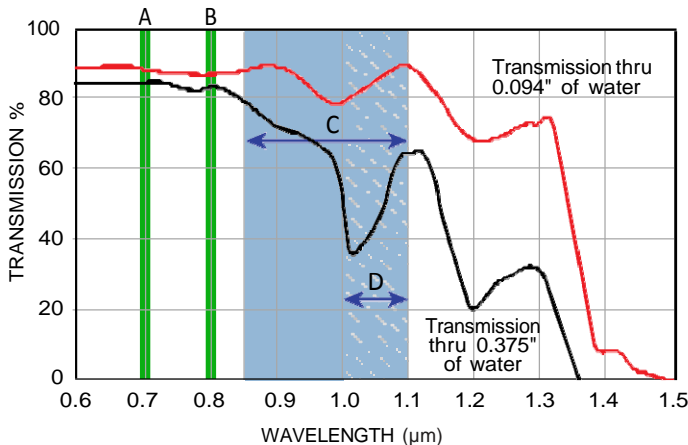


### Dual-Wavelength 파이로미터

- 신중하게 선정된 파장 세트
- 방사율 변동, 온도 변화도 (temperature gradient), 심각한 시각적 방해요소, 정렬 불량(misalignment)에도 대응가능
- 물, 수증기, 화염, 플라즈마 등 을 투과하여 볼 수 있게 파장 선택 가능
- 측정 온도 95°C 이상
- 파장 간의 더 큰 분리(separation)로 인해 스케일, 온도변화도(temperature gradient), non-grey 외란 (20 배 더 작은 오차)에 더 대응을 잘함.



### 파장에 따른 물에 대한 투과율

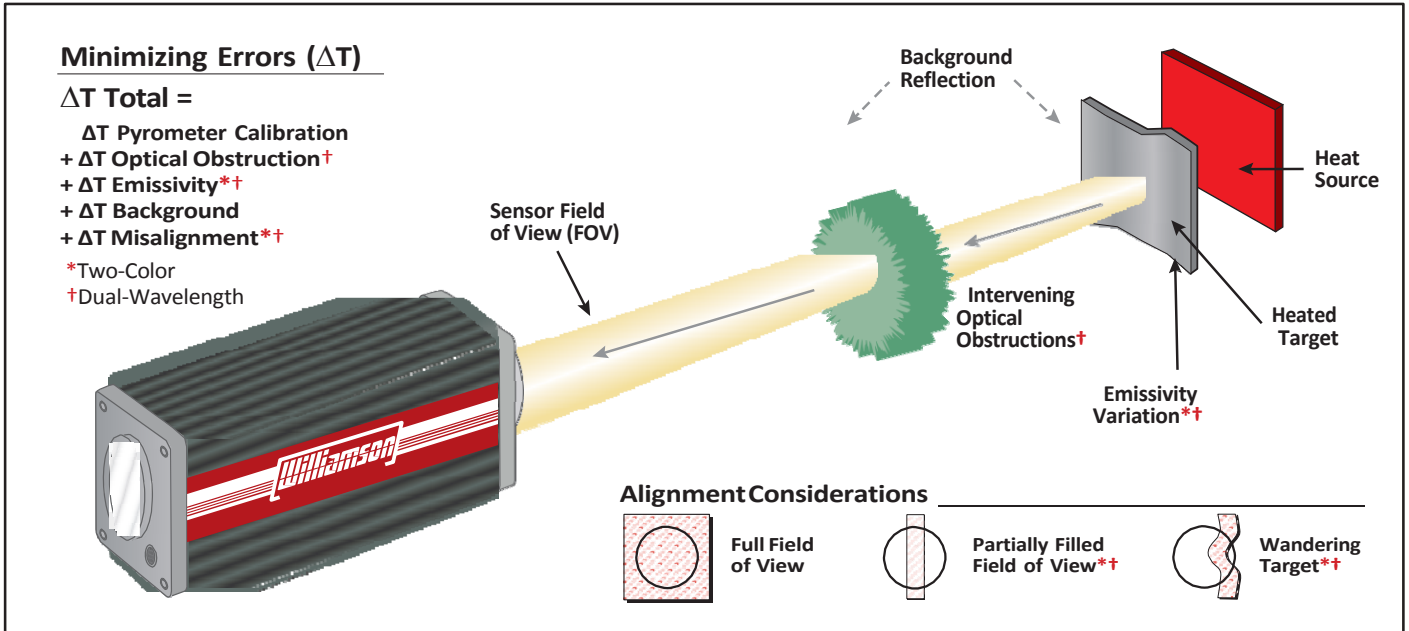


물을 포함한 어플리케이션에서는 dual-wavelength 가 물을 투과해서 볼 수 있는 파장을 사용하기 때문에 이상적이다. Two-color 센서는 고정된 파장세트를 사용하기에 물의 영향을 많이 받는다.

- Dual-Wavelength A+B  
(분리되고 별개의 파장들)
- Two-Color Wavelength C+D  
(겹치는 파장들)

오차 줄이기

Ratio 파이로미터는 자동으로 방사율 변동이나 정렬 불량(misalignment)에 대응하여 전체적인 측정 오차를 감소시켜준다.



적합한 파장 선정으로 Dual-wavelength 파이로미터는 수증기, 물, 화염, 연소가스, 플라즈마, 레이저 에너지 등 일반적인 산업 방해요소로부터 오는 외란을 없앨 수 있다.

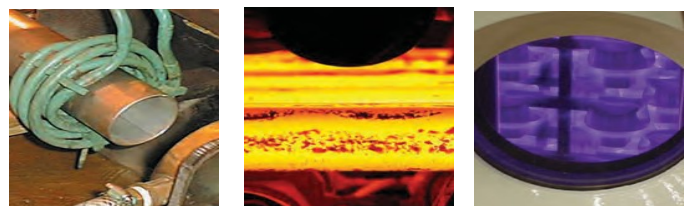
Two-Color 파이로미터는 고정된 파장 세트를 사용하므로 이러한 외란이 있을 경우 오차가 약간 발생한다.

Capabilities of Ratio Pyrometer Wavelength Sets

Ratio Technology	Wavelength Set	Characteristics
Two-Color (TC)	11	물, 수증기, 화염, 연소가스, 플라즈마, 레이저 에너지를 피해야 함
Dual-Wavelength (DW)	MS	용강, 주철 이나 작은 화염을 측정 할 때 쓰는 Specialty Dual-Wavelength 세트임
	08	얇은 층의 물(<5mm), 수증기, 연소가스, 작은 화염, 플라즈마를 투과하여 볼 수 있음
	12	넓은 온도 범위이지만 수증기, 화염, 연소가스를 투과하여 보기엔 적합하지 않음
	24	수증기, 레이저 에너지, 플라즈마를 투과하는데 훌륭함
	28	낮은 온도를 측정(95°C 까지)하는데 특화되었으나 일반적 방해요소를 투과하지는 못함

많이 사용되는 어플리케이션

- Steel Mills
- Casting, Forming, Joining, and Heat Treating of Metals
- Induction, Resistance, Friction, Flame, and Laser Heating
- Forging Plants: Billet, Die, Heat Treat
- Wire, Rod, and Bar Mills
- Rotary Kilns, Thermal Reactors, and Solid Fuel Power Boilers
- Engineered Materials: Silicon Crystals, CVD Diamonds, Carbon Densification, high Temperature Ceramics





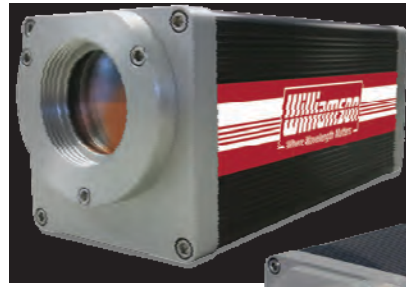
## Multi-Wavelength Technology

### Multi-Wavelength (MW)

몇몇 소재는 복잡한 방사율 성질 때문에 single 이나 ratio 파이로미터로는 측정이 거의 불가능 하다. 이러한 물질의 타입을 non-greybody 라고 부르며 파장에 따라 방사율이 바뀐다.

#### 일반적인 Non-Greybody 소재 종류

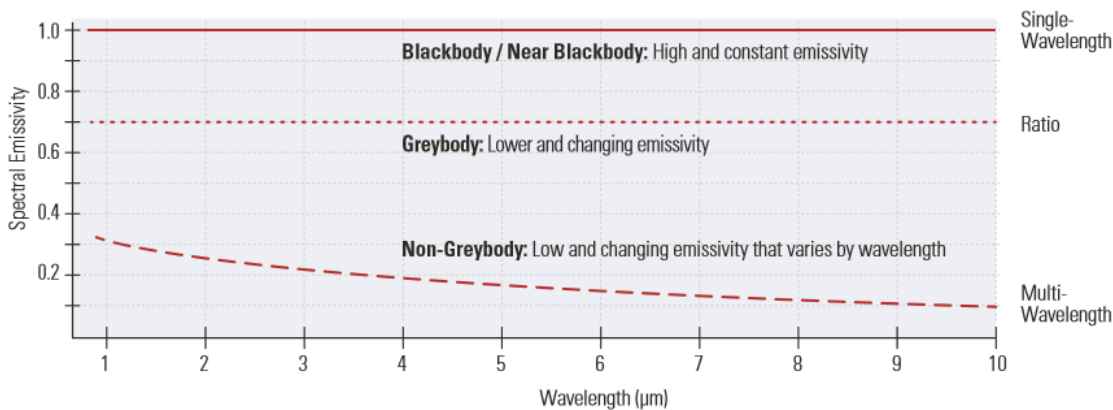
- Aluminum
- Magnesium
- Stainless Steel
- Brass
- Bronze
- Copper
- Silicon
- Zinc



Pro Series



#### Surface Emissivity Characteristics



### Williamson Multi-Wavelength 장점

최초 multi-wavelength 파이로미터 출시로부터 40 년간 개선 시켜온 결과, 우리는 정말 어렵고 난해한 어플리케이션에서 정확한 온도를 측정할 수 있게 되었다.

### Multi-Wavelength 작동 원리

Multi-wavelength 파이로미터는 해당 어플리케이션마다 고유의 특정 알고리즘을 사용하여 측정된 파장에서의 적외선 에너지와 방사율로 non-greybody 소재의 실제온도와 방사율을 정확히 계산한다. 이러한 알고리즘은 오프라인 시뮬레이션과 온라인 실험(trial)으로부터 가져온 방대한

Non-greybody 소재의 방사율 변동에 대응하기 위해서 Williamson 은 특정 어플리케이션용 알고리즘을 장착한 여러가지의 multi-wavelength 파이로미터를 개발했다.

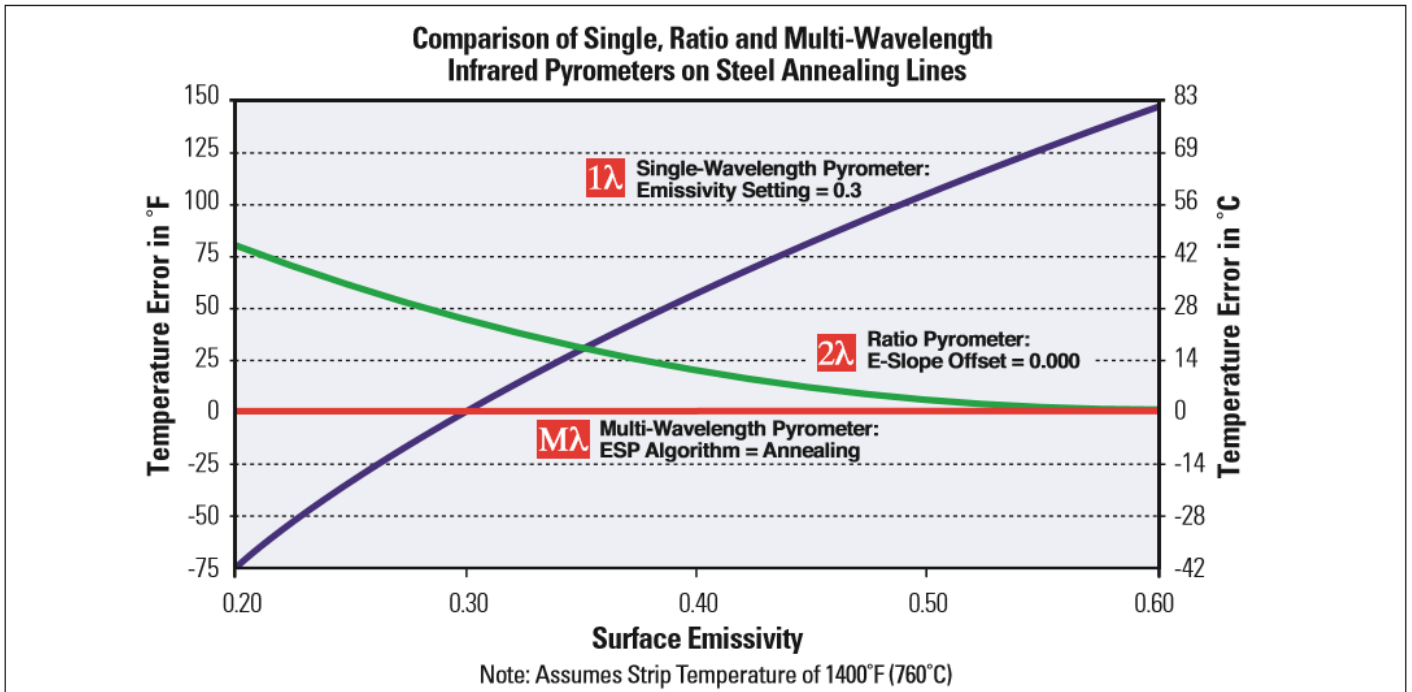
데이터를 바탕으로 개발, 개선되었다. 각 Multi-wavelength 파이로미터는 최대 8 개의 선택 가능한 알고리즘을 장착 할 수 있기 때문에 하나의 파이로미터로 여러 어플리케이션에 사용 가능하다.

Multi-Wavelength 를 Ratio, Single-wavelength 파이로미터와 비교해 본다면?

Multi-wavelength 가 많이 들어가는 어플리케이션은 continuous annealing line 이다. 아래의 그래프가 나타내듯이, single-wavelength 와 ratio 파이로미터는 둘 다 표면 방사율이 변함에 따라 심각한 오차를 발생시킨다. Multi-wavelength 기술은 다음과 같은 요인들로 인해 일어나는 방사율 변동에 정확하게 대응한다:

- 합금의 변화, 표면 재질(texture), 표면 산화
- Furnace leak, bad roll, 재가열된 코일 등 비정상적인 운용 조건

Multi-wavelength 파이로미터를 사용한다면 센서 조정 필요없이 다양한 운용 조건에서도 정확하고 일관적인 온도 측정을 할 수 있다.



Popular Applications

Aluminum & Copper

- Extruded Surface
- Rolled Surface
- Cast Surface
- Sheared Surface
- Forged Surface
- Brazing Operations
- Coating Preheat
- Dies and Molds

Steel & Zinc

- Cold Rolled Steel
- High Alloy Steels
- Electrical Steel
- Zinc-Coated Steel
- Shot-Blasted Pipe
- High Strength Bearings
- Motor Rotors

Other

- Glass Molds and Plungers
- Magnesium Strip
- All other non-greybody materials previously listed



Aluminum Billet








Aluminum Press Exit

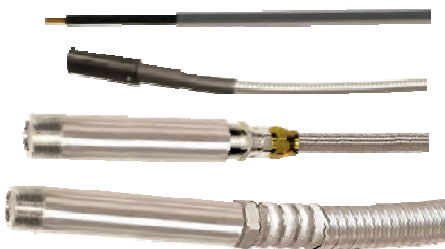


Steel Annealing Line



Shot Blasted Steel Pipe

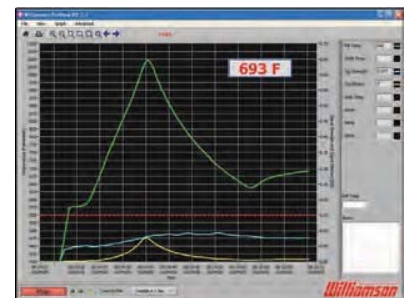
Silver Series			Gold Series	
				
Single-Wavelength			Single-Wavelength	
C-Class	M-Class	U-Class	20-Class	30-Class
Available with fixed settings or 4-20mA / Modbus input for emissivity adjustment	Two piece design with a sensing head and separate electronics	4-20mA output and adjustable settings via USB connection and SilverView PC software	Laser aiming single-wavelength pyrometer	Fiber optic single-wavelength pyrometer with optional aim light
Aiming Option			Aiming Option	
Line of Sight	Line of Sight	Line of Sight	Line of Sight, Laser Aiming	Fiber Optic
Spectral Response			Spectral Response	
8-14µm	2-2.6µm, 8-14µm	2-2.6µm, 8-14µm	0.9µm, 1.6µm, 2.2µm	0.9µm, 1.6µm, 2.2µm
Temperature Limits			Temperature Limits	
-4 to 932°F -20 to 500°C	-4 to 1832°F -20 to 1000°C	-40 to 3632°F -40 to 2000°C	300-4500°F 150-2475°C	300-4500°F 150-2475°C
Optical Resolution			Optical Resolution	
2:1, 15:1, 30:1, CF	2:1, 15:1, 20:1, 30:1, CF	15:1, 25:1, 30:1, 75:1, CF	D/50, D/100	D/2, D/15, D/35, D/60
Accuracy			Accuracy	
±1% , ± 1°C	±1% , ± 1°C	±1% , ± 1°C	0.25%, 2°C	0.25%, 2°C
Repeatability			Repeatability	
±0.5% , ± 0.5°C	±0.5% , ± 0.5°C	±0.5% , ± 0.5°C	< 1°C	< 1°C
Update Time			Update Time	
240ms	240ms	240ms	5ms	5ms
Outputs			Outputs	
4-20mA, 0-50mV Thermocouples type T/J/K RS485 Modbus	4-20mA RS485 Modbus	0/4-20mA USB	0/4-20mA Optional: RS485, RS232	0/4-20mA Optional: RS485, RS232



Fiber Optic Cables

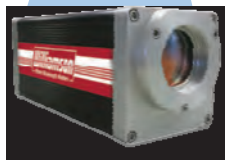


Gold Series Local Interface



ProView PC software adjusts sensor parameters and log data.

## Pro Series



Single-Wavelength			Ratio		Multi-Wavelength
SW / SWF	LW	SP	TC / TCF	DW / DWF	MW / MWF
Short-Wavelength pyrometer views through common interferences	Long-Wavelength pyrometer used for general purpose applications	Specialty-Wavelength pyrometer for selective materials	Two-Color pyrometer compensates for emissivity variation	Dual-Wavelength pyrometer views through interferences, better tolerates scale	Multi-Wavelength pyrometer used for complex emissivity materials
Aiming Option			Aiming Option		Aiming Option
Thru the Lens, Laser Aiming, Fiber Optic	Thru the Lens, Laser Aiming	Thru the Lens, Laser Aiming	Thru the Lens, Laser Aiming, Fiber Optic	Thru the Lens, Laser Aiming, Fiber Optic	Thru the Lens, Laser Aiming, Fiber Optic
Spectral Response			Spectral Response		Spectral Response
0.9µm, 1.6µm, 2.2µm, 2.9µm	8-12µm	1.15µm, 1.86µm, 3.43µm, 4.65µm, 5µm, 7.9µm	1.1µm	0.8µm, 1.2µm, 2.4µm, 2.8µm	1.5µm, 2µm, 2.5µm
Temperature Limits			Temperature Limits		Temperature Limits
100 to 5500°F 40 to 3035°C	0 to 1000°F 0 to 550°C	125 to 4000°F 50 to 2200°C	1100-5500°F 600-3035°C	200-5500°F 95-3035°C	200-4500°F 95-2475°C
Optical Resolution			Optical Resolution		Optical Resolution
D/0.75 to D/150	D/50	D/14 to D/100	D/15 to D/150	D/0.75 to D/150	D/2 to D/110
Accuracy			Accuracy		Accuracy
0.25%, 2°C	0.5%, 2°C	0.5%, 2°C	0.25%, 2°C	0.25%, 2°C	0.25%, 2°C
Repeatability			Repeatability		Repeatability
< 1°C	< 1°C	< 1°C	< 1°C	< 1°C	< 1°C
Update Time			Update Time		Update Time
5 or 50ms	5ms	5 or 50ms	5ms	25ms	25ms
Outputs			Outputs		Outputs
0/4-20mA Optional: RS485, RS232	0/4-20mA Optional: RS485, RS232	0/4-20mA Optional: RS485, RS232	0/4-20mA Optional: RS485, RS232	0/4-20mA Optional: RS485, RS232	0/4-20mA Optional: RS485, RS232



Protective Cooling Jacket



Pro Series Local Sensor Interface



Remote Interface Module Power Supply



# Where Wavelength Matters



**(주)팔마텍**

경북 포항시 남구 포스코대로 364

E-mail : info@palmatech.co.kr

Tel : 054-283-5921

**WILLIAMSON CORPORATION**  
70 Domino Drive, Concord, Massachusetts 01742  
TEL: (978) 369-9607 • FAX: (978) 369-5485 • (800) 300-8367 (USA)  
sales@williamsonir.com • www.williamsonir.com

**Williamson**  
*Where Wavelength Matters*