

HFS 열유속센서 사용 설명서

소개

열유속센서는 시스템의 표면을 통과하는 단위 면적당 열 에너지를 측정하고 정량화하는데 사용할 수 있으며, HVAC 시스템, 절연 분석, 냉동 시스템 및 수많은 다른 열 응용 분야에서의 열 전달을 측정할 수 있습니다.

열유속센서 설명

HFS-5, HFS-6 및 UHFS-09 열유속센서는 차동온도 써모파일 설계를 활용하여 센서 표면을 통과하는 단위 면적당 열 에너지의 움직임인 열유속을 측정합니다. 각 HFS 센서에는 센서 온도 측정에 사용할 수 있는 통합 T 유형 써모커플이 포함되어 있습니다. 각 센서의 감도는 각각의 교정 인증서에 기록된 각 단위와 함께 제공됩니다. 센서 교정 절차는 ASTM 표준 C1130 을 준수하며 이는 본 설명서의 뒷부분에 설명되어 있습니다.

사용 설명서 목차

1	열유속센서 사용 방법	
	열유속센서 사용에 대한 간략한 개요	3
	센서 신호 측정	3
	열유속 전압 측정	3
	써모커플 전압 측정	4
	HFS 센서의 기능 확인 및 문제 해결	4
	센서 장착/설치	6
	측정 표면에서 센서 분리	6
2	측정값을 열유속 및 온도로 환산	

HFS 열유속센서 사용 설명서

T 유형 써모커플 온도 측정	6
HFS 열유속센서의 온도 의존성	6
열유속 계산	7
열유속센서 감도 측정	8

3	지침 준수	
	RoHS 준수	9
	REACH 준수	10
	CE 인증	11

본 설명서에 사용한 기호 목록

기호가 나타내는 용어	기호	단위	미터/SI 단위
열유속	q''	BTU/(ft ² -hr)	W/m ²
전기 저항	Ω	Ohms 또는 kOhms	
전압 출력	ΔV	V, mV, 또는 μV	
열유속센서 감도	S	$\mu V / \text{BTU}/(\text{ft}^2\text{-hr})$	$\mu V/(\text{W}/\text{m}^2)$
온도	T	$^{\circ} \text{F}$	$^{\circ} \text{C}$
온도 차이	ΔT	$^{\circ} \text{F}$	$^{\circ} \text{C}$
특정 온도에서의 열유속센서 감도	$S_{@T_c}$	$\mu V/\text{BTU}/(\text{ft}^2\text{-hr})$	$\mu V/(\text{W}/\text{m}^2)$
감도 증배 계수	M.F.	단위 없음	
온도 경사	dT/dx	$^{\circ} \text{F}/\text{ft}$	$^{\circ} \text{C}/\text{m}$
재료의 두께	δ	ft	m
열 전도	λ 또는 k	$\text{BTU}/(\text{ft}^2\text{-hr})/^{\circ} \text{F}$	$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$
열 저항	R''	$^{\circ} \text{F}/\text{BTU}/(\text{ft}^2\text{-hr})$	$(\text{m}^2\text{-K})/\text{W}$

단위 환산 계수

용어	환산 방법
열유속	$1\text{W/m}^2 = 0.317 \text{ BTU/ft}^2\text{-hr}$
센서 감도	$1\mu\text{V}/(\text{W/m}^2) = 3.155\mu\text{V}/(\text{BTU}/(\text{ft}^2\text{-hr}))$
	$1\mu\text{V}/(\text{W/m}^2) = 10\text{mV}/(\text{W/cm}^2)$

섹션 1: 열유속센서 사용 방법

다음은 열 측정에 열유속센서를 사용하는 방법에 대한 자세한 내용입니다. 이러한 지침은 일반적인 사용을 위한 것이며, 해당 응용 분야에 대해 가장 정확하게 측정하기 위해 시험 조건에 따라 다소 수정할 수 있습니다.

열유속센서 사용에 대한 간략한 개요

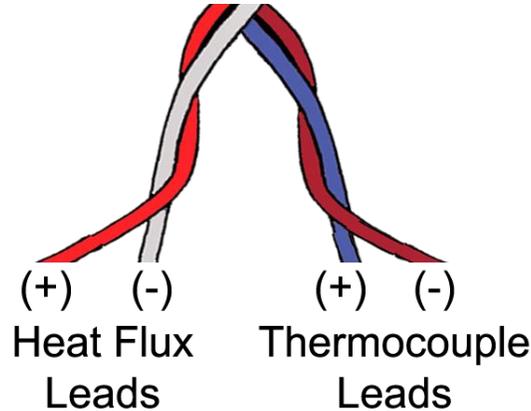
1. 간단한 기능 테스트를 수행하여 센서가 제대로 작동하는지 확인합니다.
2. 센서를 측정 표면에 장착합니다.
3. 열유속센서 리드와 통합 써모커플 리드를 정밀 전압계 또는 정밀 데이터 로거에 연결합니다.
4. 와이어 리드로부터 받은 아날로그 DC 전압 신호를 판독하여 측정값을 수집합니다.
5. 센서의 온도 및 온도 의존성 기능에 따라 열유속센서의 감도를 조정합니다(UHFS-09 센서는 필요하지 않음). 센서의 감도는 온도 의존성 기능과 더불어 각각의 교정 인증서에 기록된 각 단위와 함께 제공됩니다.
6. 조정된 감도를 사용하여 열유속을 계산합니다.

$$q'' = \frac{\Delta V_{q''}}{S_{@T_c}}$$

7. 필요한 경우 센서를 손상시키지 않도록 주의하면서 측정 표면에서 분리하십시오.

센서 신호 측정

HFS 의 출력은 센서가 흡수하는 열유속에 선형적으로 비례하는 DC 전압입니다. 마찬가지로 HFS 표면 온도 측정에 사용되는 T 유형 써모커플은 센서 표면과 전압 측정 위치 사이의 온도 차이에 비례하는 DC 전압을 출력합니다. 출력 DC 전압 신호는 정밀 전압계 또는 타사 전압 데이터 로거를 통해 마이크로볼트, μV , 분해능으로 측정할 수 있습니다. HFS 의 구조 설계를 통해 4 개의 다른 와이어를 사용하여 열유속과 온도 차이를 모두 측정할 수 있습니다.



열유속 전압 측정

열유속을 흡수하는 센서에 의해 발생하는 센서 출력 전압 ΔV_q 을 측정하려면 전압 측정 장치의 양극(+) 터미널을 밝은 빨간색 와이어에 연결하고 음극(-) 터미널을 흰색 와이어에 연결합니다. 이러한 와이어의 극성은 센서 방향에 따라 열유속이 양극 또는 음극이 되기 때문에 크게 중요하지 않습니다.

써모커플 전압 측정

센서 표면 온도를 측정할 수 있도록 모든 HFS 열유속센서에는 써모커플이 통합되어 있습니다. 써모커플에서의 전압 출력을 측정하면 상단 센서 표면의 온도 측정 위치와 전압 측정 위치 사이의 온도 차이를 알 수 있습니다. 센서의 절대 온도를 측정하려면 전압 측정 위치에서 추가 온도를 측정해야 합니다. 이 기준 온도는 냉접점 보상이라고 하며 일반적으로 데이터 로거에 내장되어 있습니다.

짙은 빨간색 콘스탄탄 와이어를 전압 측정 장치의 음극(-) 터미널에 연결하십시오. 양극(+) 전압 측정 장치 리드는 파란색 구리 리드 와이어에 연결해야 합니다.

HFS 센서의 기능 확인 및 문제 해결

HFS 가 올바르게 작동하는지 확인하기 위해 몇 가지 간단한 테스트를 수행할 수 있습니다. 센서를 장착하기 전과 후에 이러한 작업을 수행하여, 센서를 취급하는 동안 손상되었을 수 있는 고장 센서를 사용하여 부정확한 측정 오류를 방지하는 것이 좋습니다.

1. 열유속센서의 전기 저항 확인:

저항계를 밝은 빨간색 와이어와 흰색 와이어 리드에 연결하여 열유속센서의 전기 저항을 확인하십시오. HFS-5 센서의 경우 1000Ω 미만, HFS-6 및 UHFS-09 센서의 경우 $5k\Omega$ 미만이어야 합니다. 저항이 이 값보다 훨씬 클 경우 센서에 문제가 있을 수 있습니다. 리드 와이어 길이가 표준 10ft/3m 보다 긴 센서의 경우 저항이 약간 클 수 있습니다. 전기 저항이 무한대인 경우(불연속성)는 열유속센서가 고장났음을 알 수 있습니다.

2. 써모커플의 전기 저항 확인:

전기 저항 음계를 어두운 빨간색 콘스탄탄 와이어와 파란색 구리 와이어에 연결하십시오. 전기 저항은 표준 10 피트/3 미터 리드 길이에서 약 50Ω 이어야 합니다. 리드 길이가 길수록 저항이 높아집니다. 와이어의 일반적인 저항은 피트당 5Ω 또는 미터당 16Ω 입니다. 전기 저항이 무한대인 경우(불연속성)는 써모커플이 고장났음을 알 수 있습니다.

3. 센서를 통과하는 제로 열유속으로 출력 전압 확인:

가능하면 전압 측정 장치가 열유속 와이어 리드에 연결되어 있을 때, 센서가 제로 흡수된 열유속이 센서를 통과하는 현상을 겪는 동안 출력 열유속 전압을 측정하십시오. 간단한 시나리오는 센서를 테이블 상판 위에 고정하지 않고 놓는 등, 센서가 주변 조건에 장착되지 않은 상태로 두는 방법입니다. 열유속 출력 전압에 대한 아날로그 DC 전압 판독값은 약 $0.0\mu V$ 이어야 합니다($\pm 5\mu V$ 는 전기적 노이즈에 영향을 미칠 수 있음).

4. **센서를 통과하는 유도 열유속의 출력 전압 확인:** HFS 가 대략적으로 올바르게 작동하는지 여부를 확인하는 간단한 방법은 물리적으로 열유속을 유도하는 방법입니다. HFS 센서를 금속 표면에 놓고, 손바닥을 센서 표면 전체 위에 단단하게 놓습니다. 피크 DC 출력 전압 값은 HFS 의 경우 약

1.0mV 이어야 합니다(이 값은 상황에 따라 20% 이상 다를 수 있음). 또한 센서를 뒤집고, 극을 반대로 하여(양극(+) 대 음극(-)) 비슷하게 출력 DC 전압 신호를 측정할 수 있습니다.

5. 출력 써모커플 전압 확인:

센서와 전압 측정 위치의 온도가 동일한 경우, 써모커플의 출력 전압은 약 0 마이크로볼트이어야 합니다(이 테스트 시나리오는 쉽게 달성하기 어려운 경우가 많음). 써모커플 전기 저항이 테스트를 할 수 있을 만큼 충분해야 하므로 이 시험이 필요한 경우는 거의 없습니다.

6. 센서의 일련 번호가 교정 인증서와 일치하는지 확인 열유속센서의 일련 번호가 교정 인증서에 표시된 번호와 일치하는지 다시 한번 확인하십시오. 이를 통해 센서에 적합한 센서 감도를 사용할 수 있습니다. 센서의 일련 번호는 와이어 리드의 태그에 위치해야 합니다.

센서 장착/설치

열유속센서를 장착하는 방법은 사용하려는 응용 분야에 따라 달라집니다. 매끄럽고 깨끗한 표면에 센서를 장착했을 때 최상의 결과를 얻을 수 있습니다. HFS 장착의 전반적인 목적은 센서를 단단하게 고정하고 측정 표면에 최대한 균일하게 완전히 접촉시키는 데 있습니다. 이를 통해 측정 표면과 센서 사이의 열 접촉 저항을 줄여 측정 정확도를 높일 수 있습니다. 다음 장착 방법 중 하나를 사용하는 것이 좋지만 테스트 설정에 따라 조정할 수 있습니다.

장착 방법 #1: 양면 접착 테이프

단단한 표면에 일시적으로 장착할 때는 시중에서 구매할 수 있는 양면 접착 테이프가 가장 이상적입니다. 양면 테이프를 사용할 때는 측정 표면이 깨끗한지 확인하고 원하는 장착 영역에 양면 테이프를 붙인 다음 센서를 테이프에 단단하고 고르게 눌러 고정시킵니다. 양면 테이프를 여러 조각 사용하는 경우 테이프끼리 겹치지 않도록 하십시오.

장착 방법 #2: 열전도성 접착제

HFS 를 영구적으로 장착할 때는 열전도성 접착제를 사용할 수 있습니다. 센서를 장착하기 전에 측정 표면과 센서 표면을 깨끗하게 청소합니다. 센서 표면 전체에 열전도성 접착제를 얇고 균일한 두께로 펴서 발라줍니다. 접착제가 마를 때까지 센서에 일정하고 균일한 압력을 가하십시오. 센서를 접착한 후 표면에서 분리하면 센서가 손상될 수 있습니다.

장착 방법#3: 열전도성 페이스트

열전도성 페이스트는 센서가 측정하는 동안 일정하고 균일한 압력으로 센서를 제자리에 고정하는 경우에만 적합합니다. 적절한 측정 시나리오의 예로는 센서에 압력을 가하여 제자리에 고정한 경우 두 표면 사이에 도포하여, 전도성 열 전달 측정을 위해 센서를 사용하는 경우를 들 수 있습니다. 열전도성 페이스트를 센서와 각 표면 사이에 도포하여 열 접촉 저항을 최소화할 수 있습니다. 추천 제품은 Omega 의 OmegaTherm 201 전도성 페이스트입니다. 달리 사용할 수 있는 재료가 없는 경우에는 치약을 사용해도 좋으며 치약은 실제로 상당히 효과가 좋습니다.

또 다른 방법으로 센서와 측정 표면 사이에 얇게 열전도성 페이스트를 도포하고, 그런 다음 센서 전체에 접착 테이프를 붙여 표면에 눌러 붙입니다.

측정 표면에서 센서 분리

HFS 를 측정 표면에서 분리하는 것은 전도성 페이스트나 양면 테이프와 같은 임시 접착제를 사용하여 장착한 경우에만 권장됩니다. 강도가 더 높은 접착 방법을 사용하면 센서를 분리할 경우 센서의 무결성에 영향을 줄 수 있습니다.

중요: 센서를 분리할 때는 한 손으로 리드를 잡고 매우 조심스럽게 측면을 분리하고 다른 손으로 반대쪽을 벗겨내어 가능한 많이 구부러지지 않도록 하십시오. 센서가 약간 구부러지더라도 성능에 영향을 미치지 않지만 표면에서 뜯어내면서 심하게 구부러지지 않도록 해야 합니다.

섹션 2: 측정값을 열유속 및 온도로 환산

T 유형 써모커플 온도 측정

써모커플 온도 측정값은 냉접점 보상과 함께 T 유형 써모커플을 읽을 수 있는 써모커플 미터기로 기록될 수 있습니다. (권장 미터기: Omega DP41-TC)

HFS 열유속센서의 온도 의존성

HFS-5 와 HFS-6 열유속 센서의 출력 신호는 센서 자체의 온도에 어느 정도 의존성이 있습니다. 이 의존성은 센서의 민감도가 다른 온도에서 약간 변화한다는 것을 의미합니다. **UHFS-09** 센서는 이러한 의존성을 겪지 않으므로 이 센서 모델을 사용하는 경우 이 섹션을 무시해도 좋습니다.

각 센서는 25° C 또는 77° F 의 베이스 센서 온도에서 교정합니다. 이 온도에서의 민감도는 각 개별 열유속 센서와 함께 제공되는 교정 시트에 기록되어 있습니다. 교정 감도의 한 사례로 S_{Calib} 가 아래에 빨간색 원으로 표시되어 있습니다.

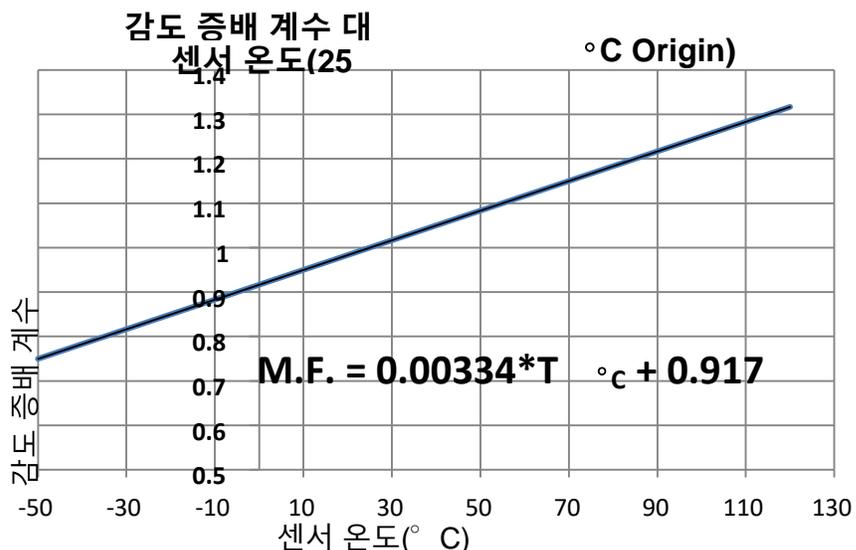
25° C 또는 77° F 가 아닌 온도에서 열유속 센서를 사용하는 경우, 온도 의존성을 보상하기 위해 다음 단계에 따라 감도를 조정하는 것이 좋습니다.

Calibration Test Results

Heat Flux Sensor Sensitivity, S_{Calib}	1.00 ± 0.03 $\mu V/(W/m^2)$
Sensor Temperature at Time of Calibration, T_{Calib}	25.0 °C
Heat Flux at Time of Calibration	3000 W/m^2

교정된 민감도인 S_{Calib} 로 각 측정 시, 센서의 온도 측정값 T_c 를 적용하여 해당 특정 온도에서의 열유속 감도인 $S_{@T_c}$ 를 계산합니다.

$$S_{@T_c} = S_{Calib} * [0.00334 * T_c + 0.917]$$



열유속 계산

열유속 와이어 리드(흰색 및 밝은 빨간색)에서 측정된 DC 전압 측정값을 사용하여 특정 센서에 대한 조정된 감도와 다음 방정식을 통해 열유속 값을 계산할 수 있습니다.

$$q'' = \frac{\Delta V_{q''}}{S_{@T_c}}$$

여기서 q'' 는 센서를 통해 흡수되는 열유속, $\Delta V_{q''}$ 는 HFS 센서 출력 열유속 전압, 그리고 $S_{@T_c}$ 는 특정 시간에 센서의 온도에 따라 조정된 센서의 민감도입니다.

예: 열유속 리드를 통해 1.80mV 의 전압 값을 측정했으며, 센서의 교정된 감도는 $0.90\mu V/(W/m^2)$ 로 지정하고, 해당 시점에 써모커플 리드로부터 센서의 온도가 $30^\circ C$ 인 것으로 측정했습니다. 열유속에 대한 계산은 다음과 같습니다.

1. 먼저 센서의 통합 T 유형 써모커플에서 측정된 센서 온도에 따라 감도를 조정합니다. (UHFS-09 센서를 사용할 경우 이 단계를 무시).

$$S_{@T_c} = [0.00334 * T_c + 0.917] * S_{calib}$$

$$S_{@T_c} = [0.00334 * (30^\circ C) + 0.917] * 0.90 \left(\frac{\mu V}{(W/m^2)} \right)$$

$$S_{@T_c} = 0.915 \left(\frac{\mu V}{(W/m^2)} \right)$$

2. 다음으로 조정된 감도와 열유속 와이어 리드에서 측정된 전압 값을 사용하여 열유속을 계산합니다.

$$q'' = \frac{\Delta V_{q''}}{S_{@T_c}} = \frac{1800 \mu V}{0.915 \mu V/(W/m^2)} = 1967 W/m^2$$

HFS 센서로 양의 전압과 음의 전압을 모두 측정할 수 있습니다. 양의 전압과 비교하여 음의 전압 값을 가진다는 것은 단순히 열유속이 반대 방향으로 움직이고 있다는 의미입니다.

열유속센서 감도 측정

센서 감도는 센서가 유도하는 출력 전압을 센서를 통해 전도된 열유속으로 나눈 값입니다.

$$Sensitivity = S = \frac{\Delta V}{q''_{absorbed}}$$

맞춤형 교정 장치를 통해 측정된 온도차 및 표준 기준 물질의 알려진 열 저항을 사용하여 열유속을 계산할 수 있습니다.

센서의 감도는 센서로부터의 출력 전압을 열유속으로 나누어 측정할 수 있습니다.

$$q'' = \frac{\Delta T}{R''_{SRM}} = \frac{\Delta V_{q''}}{S_{@T_c}}$$

$$S_{@T_c} = \frac{\Delta V}{q''}$$

그런 다음 온도에 따라 감도를 조정할 수 있습니다.

$$S_{@T_c} = [0.00334 * T_c + 0.917] * S_{Calib}$$

여기서 T_c 는 섭씨로 나타낸 센서의 온도이고 S_{Calib} 는 위의 표에 제시된 교정된 센서 민감도입니다.

섹션 4: 지침 준수

RoHS3 준수

*전기 및 전자 장비에서 특정 위험 물질의 사용 제한에 관련한
2015년 6월 4일 유럽 의회 및 이사회의 지침(EU) 2015/863.*

지침 2015/863 은 제한해야 할 10 가지 물질을 규정하고 있습니다. 각 물질의 최대 농도 중량은 다음과 같습니다.

물질	최대 농도 ¹
납(Pb)	0.1% ²
수은(Hg)	0.1%

HFS 열유속센서 사용 설명서

카드뮴(Cd)	0.01%
6 가크로뮴(Cr VI)	0.1%
폴리브롬화비페닐(PBB)	0.1%
폴리브롬화디페닐에테르(PBDE)	0.1%
Bis(2-에틸헥실) 프탈레이트(DEHP)	0.1%
부틸벤질프탈레이트(BBP)	0.1%
디부틸프탈레이트(DBP)	0.1%
디소부틸프탈레이트(DIBP)	0.1%

¹ 동종 재료에 대해 허용될 수 있는 제한 물질 및 최대 농도 중량 값

² 예외 6(a) 기계가공용 철합금 및 아연 도금강 합금 성분으로써 중량 기준으로 0.35%까지 함유된 리드; 예외 6(b) 알루미늄의 합금 성분으로써 중량 기준으로 0.4%까지 함유된 리드; 예외 6(c) 중량 기준으로 4%까지 리드를 함유한 구리 합금; 예외 7(c)-I 커패시터의 비유전체 세라믹 외에 유리 또는 세라믹 내의 리드를 함유한 전기 및 전자 부품(예: 압전 장치 또는 유리/세라믹 매트릭스 화합물).

모든 HFS-5, HFS-6 및 UHFS-09 열유속센서 제품은 다음 RoHS3 규정을 준수합니다.

RoHS3 상태: 준수

지정된 모든 제품의 RoHS 준수 여부는 부품 번호가 RoHS 지침을 준수한다는 생산자(제조업체)의 자료에 기초합니다. 제조업체의 규정 준수 주장을 뒷받침하는 제한 물질 존재 여부에 관한 생산자의 성명 및 기타 증거를 확인하기 위해 모든 합리적인 조치를 취했습니다. 제조 기록 및 기술 정보를 검토한 결과, 당사가 보유한 지식에 따르면 본 제품은 위에서 명시한 바와 같은 모든 제한 물질에 대해 제한치를 초과하는 양을 포함하지 않습니다.

승인자: Rande Cherry 날짜: 6/1/2019

REACH 준수

화학물질의 등록, 평가, 허가 및 제한(REACH)에 관련한 2006 년 12 월 18 일 유럽 의회 및 이사회 의 지침 EC 1907/2006, 유럽화학물질관리청 설립, 지침 1999/45/EC 개정, 이사회규정(EEC) No 793/93 및 위원회규정(EC) No 1488/94 과 이사회지침 76/769/EEC, 위원회지침 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC, 2000/21/EC.

본 지침은 제한해야 할 물질을 규정하고 있습니다. 고위험우려물질(SVHC)의 REACH 후보 목록은 다음 링크에서 확인하실 수 있습니다.

http://echa.europa.eu/chem_data/authorisation_process/candidate_list_table_en.asp

모든 HFS-5, HFS-6 및 UHFS-09 열유속센서 제품은 다음 REACH 규정을 준수합니다.

REACH 상태: 준수

지정된 모든 제품의 REACH 준수 여부는 부품 번호가 REACH 지침을 준수한다는 생산자(제조업체)의 자료에 기초합니다. 제조업체의 규정 준수 주장을 뒷받침하는 제한 물질 존재 여부에 관한 생산자의 성명 및 기타 증거를 확인하기 위해 모든 합리적인 조치를 취했습니다. 제조 기록 및 기술 정보를 검토한 결과, 당사가 보유한 지식에 따르면 본 제품은 위에서 명시한 바와 같은 모든 제한 물질에 대해 제한치를 초과하는 양을 포함하지 않습니다.

승인자: Rande Cherry 날짜: 7/19/2019

EU 준수선언(Declaration of Conformity: DoC)

회사명: Omega Engineering Inc.

주소: 800 Connecticut Ave, Suite 5N01, Norwalk, CT 06854

전화번호: 1-888-826-6342

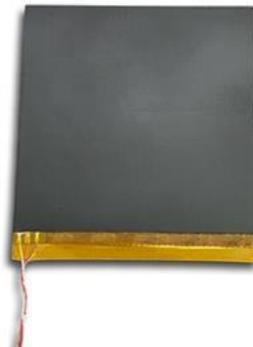
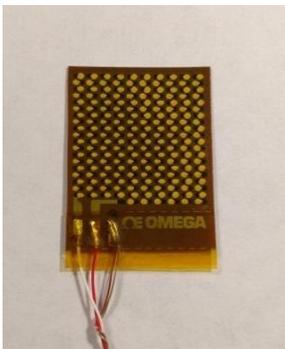
이메일 주소: info@omega.com



당사는 본 DoC 가 전적인 책임 하에 발행되고 다음 제품에 속함을 선언합니다.

준수 선언 대상

제품 모델 번호: HFS-5, HFS-6, UHFS-09



상기 명시된 준수 선언 대상은 유럽연합 회원국의 법률 간 조화에 관한 다음 지침을 준수합니다.

지침 2014/32/EU

다음 표준 및 기술 사양이 적용되었습니다.

RoHS 2015/863	2015년 6월 4일
EN50581:2012	2012년 11월 1일

서명인(대리 서명인):

Omega Engineering Inc.

2019-07-18

Rande Cherry CTO

