

이 설명서에는 정확한 측정이 가능하도록 사용자가 이해하고 있어야 하는 이온화 방사능의 특성에 대한 귀중한 정보가 포함되어 있습니다. 가이거 계수기 취급에 대한 정보도 수록되어 있습니다. 다음 지침을 준수할 경우 방사능 모니터는 수 년 간 안정적인 서비스를 제공할 것입니다.

이 휴대용 방사능 측정 장비는 국토 안보는 물론 요오드와 세슘 같이 원자력 발전소에서 누출되는 종류를 포함하여 환경/산업 오염물을 측정하는 데 이상적입니다. DX-1 및 DX-2 기기는 매우 정교한 방사능 탐지기입니다. 충격에 매우 강한 케이스에 들어 있기는 하지만 방사능을 감지하는 가이거-물러(G-M) 튜브는 아주 약합니다. 장치를 떨어뜨리는 경우 G-M 튜브가 파손될 수 있습니다. 50° C(122° F) 이상의 온도에 장치를 노출해도 G-M 튜브가 작동을 멈출 수 있습니다. 전자 회로는 높은 습도(상대습도 90% 이상)에 민감합니다.

주의

장치를 매우 뜨거운 장소(예: 특히 여름날 자동차의 글러브 박스)에 보관하지 마십시오.

장치가 젖지 않도록 하십시오. 그러나 젖는 상황이 발생하는 경우 수건으로 닦고 건조한 장소(오븐은 사용하지 말 것)에서 몇 일 동안 건조시키십시오. 장치를 열지 마십시오(배터리 교체는 제외).

장치는 특수 장비를 사용하여 공장에서 보정되므로 DX-1 내부에는 사용자가 조절할 수 있는 부품이 없습니다. DX-2의 경우 5페이지의 지침을 참조하십시오.

배터리 교체

장치는 일반적인 9볼트 배터리로 작동하며 모든 9볼트 배터리를 사용할 수 있습니다. 버튼을 작동하면 LED가 밝게 켜져야 합니다. LED가 더 이상 밝지 않거나 방사능이 있는 곳에서 LED가 희미해지면 배터리를 교체하십시오. 배터리 교체 방법:

1. 장치 뒷면에 있는 플라스틱 도어 011을 엽니다.

2. 배터리를 주의하여 교체합니다.

장치가 켜져 있는 동안 배터리함을 통해 손가락을 장치 안으로 집어 넣지 마십시오(G-M 튜브 작동 전압은 200 VDC 이상입니다).

3. 플라스틱 도어를 닫으십시오.

작동

방사능 모니터는 장치 표면에 있는 푸시 버튼을 누르고 있는 동안에만 작동합니다. 이 기능은 장치 작동을 매우 간단하게 만들며 배터리 전원을 절약해 줍니다. 장치는 푸시 버튼 위에 엄지를 대고 오른쪽으로 잡도록 디자인되었습니다(그림 1과 2 참조). 푸시 버튼 바로 위의 LED는 장치가 켜져 있음을 나타내며 배터리 상태를 표시합니다.

LED가 희미해지거나 켜지지 않으면 새 배터리가 필요합니다.

장치를 켜면 조용한 실내에서 약한 소리를 들을 수 있습니다. 이것은 정상이며 This G-M 튜브에 전원을 공급하는 변압기에서 발생하는 것입니다.

전세계 대부분의 지역에서 자연 방사능으로 인해 스피커에서 임의의 간격으로 딸깍 소리가 납니다(몇 초에 한 번 정도). 자연 방사성 광물의 다량 매장이 발견되는 지역 또는 방사성 물질로 오염된 지역에서는 스피커에서 딸깍 소리가 더 자주 들립니다. 이것을 "배경 소음"이라고 합니다. 특정 물체를 측정할 때 이런 현상을 고려해야 합니다.

방사성 소스에서는 딸깍 소리가 임의로 나기 때문에 여러 번의 딸깍 소리가 연속하여 들리지만 기타의 경우에는 몇 초가 지난 후에 딸깍 소리가 들릴 수 있습니다. 이것은 정상입니다. 평균적인 시간 동안 딸깍 소리의 비율은 상대적으로 일정하게 유지되어야 합니다.

Gold Standard 가이거-물러 튜브는 케이스 상단 가장자리에 있는 슬롯 뒤에 위치해 있습니다. 튜브 표면은 매우 얇습니다(3mm). 따라서 베타 방사선이 통과하고 보다 효율적으로 감지할 수 있습니다. (베타 선과 기타 방사선 종류는 다음 장에서 설명합니다). 이 얇은 표면은 깨지기 쉬우며 슬롯 안으로 날카로운 물체를 집어 넣으면 G-M 튜브가 파손될 수 있습니다.

이 가이거 계수기는 다음에 민감하게 반응하도록 디자인되었습니다.

1. 감마 방사선(X선 포함).
2. 베타 방사선.

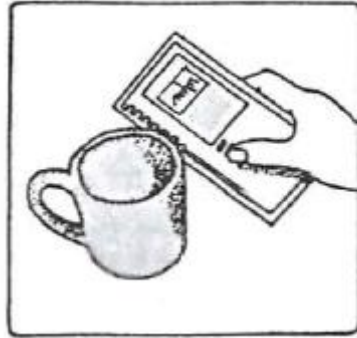


그림 1

감마 방사선과 X선은 상대적으로 쉽게 플라스틱 케이스를 통과할 수 있습니다.

베타 방사선은 열린 슬롯을 통해 가장 효과적으로 케이스에 들어올 수 있습니다. 베타 방사선은 쉽게 탐지가 되지만 정확히 측정하는 것이 어렵습니다. 따라서 방사성 물체(예: "피에스타" 세라믹 컵)에서 베타 방사선을 검색할 때는 케이스의 열린 슬롯이 물체에 노출되도록 위치시켜야 합니다(그림 1 참조).

장치가 이 위치에서 상당히 빠른 딸깍 소리는 내는 경우 물체가 베타 방사선을 배출하고 있다고 합리적으로 확신할 수 있습니다.

이제 그림 2에 표시된 것처럼 장치 위치를 바꿉니다. 이 위치에서는 방사선이 슬롯을 직접 통과할 수 없고(베타 방사선은 대부분의 경우 직선으로 이동) 물체의 감마와 X선이 탐지됩니다. 이것은 판독을 위해 가이거 계수기를 잡는 위치입니다.

높은 측정기 판독을 위해 베타선을 감마선과 함께 측정할 수 있어 이것을 이해하는 것이 중요합니다. 측정기 눈금은 감마 방사선만 사용하여 보정됩니다.

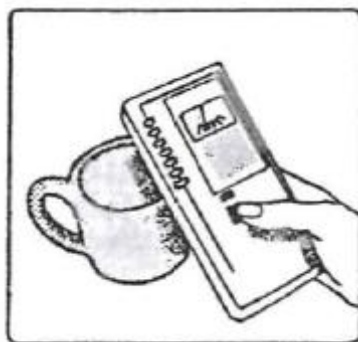


그림 2

판독

모든 장치는 감마 방사선을 사용하여 공장에서 보정됩니다. 공장에서 사용되는 방사성 감마 소스는 알루미늄의 .062"로 베타가 차폐된 세슘-137이며 다른 방사성 동위원소(대개 그러함)의 측정은 어느 정도 오차가 발생합니다. 이로 인한 오차는 대개의 경우 극히 미미합니다.

X선의 경우 장치는 매우 민감하며 이후의 측정기 판독값은 약 5로 나누어 주어야 합니다.

DX-2 기기는 NRC(미국 원자력 규제 위원회) 규칙과 규정, 타이틀 10, 챕터 1, 연방 규정, 34.25부를 준수하여 보정되었습니다. 장치를 보정해야 하는 빈도는 해당 지역 NRC에 문의하십시오.

그러나 G-M 튜브를 수리하거나 교환할 때마다 다시 보정하는 것이 좋습니다. DX-2 방사선 모니터에는 오실레이터가 있으므로 오실레이터에 있는 나사를 작은 드라이버를 사용하여 원하는 방향으로 돌려 약간의 조정이나 보정을 수행할 수 있습니다. 판독값을 줄이기 위해 시계 방향으로 돌리는 것은 허가된 장소에서 전문가가 수행할 수 있습니다. 조정 위치는 DX-2의 뒷면에서 볼 수 있습니다.

아날로그 디스플레이 외에 특별한 대수적 눈금이 DX-1/DX-2에 디자인되었습니다. 아날로그 눈금을 초과하는 방사선 수준에서 DX-1은 방사선 수준이 시간당 10mR 이상 증가하면 비프음이 나는 속도가 증가합니다.

이 범위는 측정기만큼 정확하지 않지만 비프음은 시간당 약 10mR에서 시작됩니다. 시간당 약 20mR에서는 연속 비프음이 발생합니다. 이러한 기능은 작동을 크게 간소화하며 방사선을 매우 빠르고 정확하게 측정할 수 있도록 해줍니다.

아날로그 디스플레이는 시간당 0.1mR 이하의 수준을 나타내도록 만들어지지 않았습니다. 그러나 매우 낮은 수준의 측정은 사람의 맥박을 재고 그 결과를 분당 횟수로 표현하는 것처럼 일정 시간 동안의 클릭 수를 계산하여 측정할 수 있습니다. 측정기에서 시간당 0.1 mR은 분당 약 200회(감마선을 방출하는 동위원소를 기준)에 해당합니다.

판독값 해석

방사선과 사람에 미치는 영향을 다루는 분야인 보건 물리학은 매우 복잡하고 이론적이며 정보가 입수되는 대로 결과는 계속 업데이트되고 있습니다. 직업적 노출, 동물 연구 및 히로시마와 나가사키 같은 사건의 데이터는 사람에 대한 최대 안전 노출 한도를 매우 잘 정립시켰습니다. 낮은 수준의 방사선이 암과 선천적 장애를 유발하는지 여부는 여전히 논쟁거리가 되고 있습니다. 수 년에 걸쳐 발생할 수 있는 지연된 효과는 연구하기가 어려우므로 요오드 방사선에 대한 하한선은 정의되어 있지 않습니다. 1980년 "Hormesis with Ionizing Radiation"와 1991년 "Radiation Hormesis"(CRC Press, Boca Raton)라는 제목의 두 출판물은 전신 노출에서 저선량의 방사선(연간 60mR 이하)까지 척추동물에서 생리학적 해를 주지 않는다는 통계적으로 유효한 데이터의 1,000가지 예를 제공하고 있습니다.

앞서 작동 섹션에서 언급했듯이 장치의 시간당 mR(시간당 밀리렘 또는 시간당 1/1000의 룬트겐)은 감마 방사선에만 적용됩니다. 시간당 mR과 유사한 다른 측정 단위도 종종 사용됩니다. 용어 REM(Roentgen Equivalent Man, 인체 룬트겐 당량)에는 베타, 알파 및 중성자 방사선의 효과가 포함됩니다. REMS의 측정은 방사선이 인간에게 영향을 미치므로 더욱 완벽하지만 이런 측정은 특별한 탐지기로 측정할 많은 결과를 조합하는 복잡한 측정입니다.

방사성 물체의 자체 강도는 거리에 따라 매우 빠르게 감소한다는 사실을 인식하는 것이 중요합니다. 물체가 매우 작은 경우 물체로부터의 거리를 2의 배수만큼 증가시키면 방사선 수준은 4의 배수만큼 줄어듭니다. 이를 제곱 법칙의 상황이라고 하며, 작은 방사성 소스에 대한 선량이 근접성에 의존한다는 것을 보여줍니다. 방사성 광물의 다량 매장 같은 큰 소스에서는 이런 효과가 크게 줄어듭니다. 방사성 물질의 위험을 예측하는 과정에서 많은 상황적 측면을 고려하는 것이 중요합니다. 예를 들어, 라듐-다이얼 시계(1930년대에 유행) 표면의 방사선 수준은 시간당 3mR일 수 있지만, 시계 뒷면에서 측정할 값은 시간당 0.3mR이 될 수 있습니다.

방사선 에너지에 관한 또 다른 흥미로운 점이 있습니다. 가이거 계수기는 G-M 튜브에 부딪치는 방사선이나 입자를 탐지할 때마다 한 번 클릭합니다. 이러한 작은 고속의 에너지 다발은 빛이 잠깐 반짝이는 것과 같습니다. 일부는 매우 많은 에너지를 갖고 있지만 그렇지 않은 것도 있습니다. 가이거 계수기는 지장을 주는 선의 에너지를 확인할 수 없고 그 존재만 탐지합니다.

X선은 탐지되지만 에너지는 오히려 낮습니다. 결과적으로 측정기 판독값은 보상을 위해 약 5로 나누어 주어야 합니다.

지구 상에서 발견되는 에너지보다 몇 백만 배 높은 에너지인 엄청난 에너지를 가진 우주선의 경우 그 반대도 참입니다(5,000 피트 이상의 항공기에서 DX-1/DX-2로 쉽게 측정). 우주선 에너지의 범위는 매우 극단적이기 때문에 이런 종류의 방사선에 대한 보상 수치는 예측하기 어렵습니다.

방사선이란 무엇일까요?

핵물리학은 매우 복잡한 분야이지만 기본 원리는 간단히 설명할 수 있습니다.

모든 물질은 원자로 이루어져 있습니다. 단독 원자와 분자로 함께 결합된 원자는 우리 자신을 포함하여 우리 주변의 모든 사물을 구성하고 있습니다. 이러한 원자 단위는 매우 작습니다. 사실 소금 한 알에는 약 1,000,000,000,000,000,000개의 원자가 포함되어 있습니다(잘못 인쇄된 것이 아닙니다). 정교한 전자 현미경을 제외하고 원자를 보는 것은 불가능하므로 단일 원자의 구조와 합성에 대한 현재의 많은 이론은 대부분 불안정한(방사성) 원소에서 방출되는 방사선 연구를 바탕으로 하고 있습니다.

원자는 세 가지 기본 입자인 양성자, 중성자 및 전자로 구성되어 있습니다. 전자는 매우 가벼우며 원자의 중심 또는 핵 주변에 구름으로 존재하는 마이너스 전하의 입자입니다. 때때로 전자는 핵 주변의 궤도를 돌고 있다고 합니다.

이러한 전자는 핵을 구성하고 있는 중성자와 함께 양전하를 띠고 있는 양성자 때문에 핵에 부착됩니다. 한 원자는 다른 원자에게 전자를 내어주거나 공유할 때 원자는 분자로 결합됩니다. 화학적 반응은 이 결합 과정을 이용합니다.

모든 원자에서 전자의 개수(및 음전하의 개수)는 양성자 개수(양전하)와 같습니다. 원자에서 양성자 또는 전자의 개수는 원자의 화학적 특성을 결정하며 각 원소에는 자체 고유 번호(예: 수소 = 1, 헬륨 = 2 등)가 붙어 있습니다. 그러나 중성자 수는 특정 원소의 모든 원자에서 항상 동일할 수는 없습니다. 중성자 수가 다른 원소의 원자를 동위원소라고 합니다. 특정 원소의 모든 원자는 같은 원자 수를 갖지만 해당 원소의 다른 동위원소는 원자 질량이 다릅니다.

방사선을 초래하는 핵붕괴라고 하는 과정을 일으키는 원자의 핵에서 중성자 수는 가변적입니다. 원자의 핵에 중성자 수가 너무 많거나 너무 적으면 가장 안정적인 입자의 새로운 조합을 만들기 위해 자발적으로 재배열되는 경향을 갖게 됩니다. 이 붕괴 과정에서 과도한 에너지가 여러 방식으로 핵에서 빠져 나옵니다. 예를 들면 다음과 같습니다.

1. 중성자 수가 너무 많으면 중성자는 자신을 양성자로 변환하며 매우 빠른 속도로 베타 방사선이라고 하는 전자를 방출합니다.
2. 양성자는 중성자로 변환되어 핵에서 양전자라고 하는 특이한 입자를 방출할 수 있습니다.
3. 다른 과정에서도 스스로 안정을 취하려고 시도하면서 핵은 알파 입자라고 하는 하나의 입자로 2개의 양성자와 2개의 중성자를 함께 방출합니다.

각 붕괴 시에 방출되는 에너지는 엄청날 수 있습니다. 이 붕괴 과정은 원자로와 폭탄에서 이용됩니다. 우라늄이나 플루토늄의 특정한 매우 무거운 동위원소(또는 여러 다른 동위원소)가 붕괴하면 서로 분리될 수 있습니다. 이 과정을 핵분열이라고 합니다. 핵분열 시에 전체 핵이 분리되어 두 개의 새로운 원자가 만들어지고 다량의 에너지를 방출합니다. 이 과정은 핵이 다양한 방식으로 분리되어 다양한 새로운 원자와 일부 자유 중성자도 만들어 내므로 예측하기가 매우 힘듭니다. 자유 중성자가 방출되면 다른 연료 원자에 의해 흡수되고 핵분열을 일으켜 연속적이거나(제어하지 않을 경우) 폭발적인 연쇄 반응을 일으킬 수 있습니다. 핵분열 과정에서 생성된 다양한 새 원자들로 인해 많은 파생 부산물이 안정되지 않고 스스로 붕괴하여 위험한 핵 폐기물과 낙진을 초래합니다.

위의 모든 과정에서 또 다른 종류의 방사선인 감마선이 거의 항상 방출됩니다. 앞에서 언급한 입자와 달리 감마 방사선은 양자라고 하는 작은 개별 에너지로 구성되어 있습니다. 빛, X선 및 감마선은 모두 각각에 들어 있는 총 에너지의 차이인 양자로 설명할 수 있습니다.

핵붕괴 시 불안정한 핵의 일부 에너지는 붕괴하는 순간 열과 방사선의 형태로 주변으로 확산됩니다. 핵은 수 십억 년 동안 불안정한 상태를 유지한 다음 갑자기 동시에 붕괴할 수 있습니다. 원자의 반이 특정 동위원소로 붕괴하는 데 필요한 시간을 해당 동위원소의 반감기라고 합니다. 반감기가 1년인 동위원소의 경우 순수 동위원소 물질은 1년 후 원래 원자의 절반이 일부 다른 물질로 붕괴하여 50%의 순수 물질이 됩니다. 다시 1년 후에 원래 물질의 25%만 남게 됩니다. 세상에 있는 자연 방사성 물질은 매우 긴 반감기를 가진 물질들만 있습니다. 예를 들어, 우라늄-238의 반감기는 45억년이며 생성된 이후 무시할 수 있는 수준으로 붕괴하기에는 충분한 시간이 경과되지 않았기 때문에 오늘날에도 존재합니다.

과학자들은 막대한 양의 아원자 입자와 에너지로부터 만들어졌다고 믿고 있습니다. 이것이 빅뱅 이론입니다.

우리 행성을 구성하고 있는 원소와 해당 동위원소 중 대부분은 매우 안정적이며 수 십억 년의 핵 붕괴의 결과입니다. 지각에 있는 자연 방사성 광물에서 방출되는 방사선의 양은 자연 방사선의 주요 성분입니다. 대부분의 경우 남아 있는 방사성 동위원소가 붕괴하는 데 오랜 시간이 필요하기 때문에 그 양은 적습니다. 원자 반응(자연적으로 또는 사람에 의해 강제적으로)에서 붕괴 과정은 더 불안정한 동위원소와 상호 작용하는 분열 과정에서 방출되는 중성자의 효과를 가속시켜 즉시 붕괴되도록 합니다. 이는 동위원소의 에너지를 편리하게 짧은 시간에 수확할 수 있도록 해주지만 일반적으로 생성되는 불안정한 붕괴 부산물은 몇 초에서 수 세기까지 반감기가 짧으며 방사성이 매우 높습니다. 이 과정의 결과로 요오드-125, 요오드-131 및 세슘-137 같은 반감기가 짧은(높은 붕괴 속도) 엄청난 양의 방사선이 우리가 살고 있는 세상에 배출되게 됩니다. 이는 원자력 발전소, 폐기물 및 핵무기에 대한 논쟁과 관심의 근거입니다.

문제가 되는 방사선의 상호 작용

핵붕괴로 발생하는 입자와 광자는 원래의 불안정한 핵에서 방출되는 에너지의 대부분을 전달합니다. 이 에너지의 값은 전자 볼트 또는 eV로 표현됩니다. 베타와 알파선의 에너지는 입자의 속도에 투자됩니다. 세슘-137의 일반적인 베타 입자에는 약 500,000 eV의 에너지가 있으며 그 속도는 빛의 속도에 근접합니다. 베타 에너지는 광범위하며 많은 방사성 동위원소는 1000만 eV를 초과하는 에너지의 베타선을 방출하는 것으로 알려져 있습니다. 일반적인 베타 입자의 투과 범위는 사람 피부에서 몇 밀리미터에 불과합니다.

알파 입자는 베타 입자보다 더 짧은 투과 범위를 갖습니다. 일반적인 알파 에너지는 5백만 eV이며, 그 범위는 측정하기 매우 어려울 만큼 짧습니다.

알파는 얇은 종이로 차단되며 공기 중에서 기껏해야 몇 인치 밖에 이동하지 못하고 멈춥니다. 따라서 알파 입자는 소스와 가깝게 접촉하지 않고는 탐지할 수 없으며 이 때도 소스 표면에서 나오는 알파만 탐지할 수 있습니다. 소스 내에서 생성되는 알파는 표면에 도달하기 전에 흡수됩니다. 짧은 범위로 인해 알파 입자는 민감한 생체 조직 가까이에서 높은 에너지가 매우 위험할 때 신체 내에서 방출되지 않는 한 건강을 심각하게 위협하지 않습니다. 다행히 거의 모든 알파 방출 물질도 감마선을 방출하여 탐지할 수 있습니다.

순수 전하를 갖지 않는 중성자는 다른 입자만큼 손쉽게 물질과 상호 작용하지 않으며 사고 없이 물질의 더 큰 두께를 통해 흘러 다닐 수 있습니다. 공간을 표류하는 자유 중성자는 평균 11.7분 내에 붕괴하여 양성자와 전자(베타선)를 생성합니다. 중성자는 경로가 충분히 가까운 경우 원자 핵과 결합할 수도 있습니다. 중성자가 핵에 흡수되면 궁극적인 거동(붕괴)으로부터 저장되지만 핵을 불안정하게 만들 수 있습니다. 이 흡수 과정은 비방사성 원소로부터 원소를 만들기 위해 방사성 의료와 산업 분야에 사용됩니다. 중성자의 탐지는 전문적인 분야이며 일반적인 가이거 계수기의 범위를 벗어나지만 가장 가능성이 높은 중성자 소스는 감마와 베타 방사선도 방출하여 소스를 탐지할 수 있습니다.

매우 에너지가 높은 X선과 감마선은 물질을 통과할 때 에너지를 잃습니다. 수 백만 eV 정도의 에너지가 가질 수 있는 감마 방사선과 비교하여 X선은 최대 약 200,000 eV의 에너지를 가집니다. 1백만 eV 감마 방사선은 1인치 두께의 강철을 투과할 수 있습니다. 감마와 X선 방사선은 지금까지 모든 일반적인 종류를 대부분 투과하며 납과 같은 높은 원자 번호의 무겁고 밀도가 높은 다량의 물질에 의해서만 효과적으로 흡수됩니다.

제한적 보증

DX-1 및 DX-2 가이거 계수기는 구입일로부터 전자부품의 경우 5년, G-M 튜브의 경우 1년 간 보증됩니다. 보증 기간 내에 장치가 제대로 작동하지 않을 경우 제조업체는 해당 장치를 수리하거나 교체해 줍니다. 이 보증은 오용, 사고 또는 승인 받지 않은 직원에 의한 수리로 인한 장치 손상은 보상하지 않습니다. 제조업체는 공장 검사를 기초로 하여 이런 결정을 내릴 권리가 있습니다. 서비스를 위해 반환된 모든 제품은 선불로 발송해야 합니다.

수리 요금(변경될 수 있음)

G-M 튜브의 교체\$80.00
회로 보드의 교체.....\$120.00

(수리할 때 장치는 추가 요금 없이 공장에서 재보정됩니다.)

고지 사항

제조업체는 합리적인 수락 표준 내에서 가이거 계수기가 정밀하다고 믿고 있으며 준수할 경우 정확한 측정을 제공하는 지침을 포함합니다. 제조업체는 어떤 상황에서나 누구나 가이거 계수기를 사용하여 발생할 수 있는 결과적이거나 기타의 손해에 대해 책임을 지지 않습니다. 이 가이거 계수기는 감마, 베타 및 X선 방사선에 민감하지만 반드시 낮은 에너지 형태나 알파, 중성자 또는 초단파 방사선에 매우 낮은 필요는 없습니다. 가이거 계수기를 열거나 조작하거나 서비스를 시도하지 마십시오. 모든 서비스 수리는 제조업체에 반환하십시오.

기기 사양

DX-1 DX-2

이중 눈금 0-100 μ Sv/Hr 0-1000 μ S/Hr

(대수) 0-10mR/Hr 0-100mR/Hr

일반적인 정확도 $\pm 20\% \pm 15\%$

온도 범위 $-10^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{C}$ $-10^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{C}$

G-M 튜브 두께 3mm 3mm