

## 냉각형 적외선 검출기 성능평가 기술 연구

### A Study on Performance Test Methods for Cooled Infrared Detector

김재원\*

Jae-Won Kim

#### Abstract

Cooled infrared detector is widely used as the core part in a variety of the thermal imaging systems. For the selection of the highly reliable cooled infrared detector with good performance, it is necessary for us to possess the characterization methods of the well defined performance index of cooled infrared detector. In this paper, various performance index of the cooled infrared detector including reliability as well as the optical and cooling performance of cooled infrared detector are defined and their characterization methods will be investigated and implemented systematically.

Keywords : Infrared Detector(적외선 검출기), Cooled(냉각형), Performance Test(성능평가), Optical Performance(광성능), Cooling Performance(냉각성능), Reliability(신뢰성), Vacuum Lifetime Reliability(진공 수명 신뢰성), Thermal Cycle Reliability(열 사이클 신뢰성)

#### 1. 서론

적외선 검출기란 입사되는 적외선 에너지를 전기적인 신호로 바꾸어 주는 장치로서 다양한 열상장비의 핵심부품이다.

적외선 검출기는 작동 원리에 따라 열형 적외선 검출기와 광자형 적외선 검출기로 나눌 수 있다. 열형 적외선 검출기는 냉각이 필요 없이 상온에서 동작이 가능하므로 비냉각 적외선 검출기라 하며, 광자형 적외선 검출기는 극저온 환경내에서 동작하므로 냉각형 적외선 검출기라 부른다. 이 중 냉각형 적외선 검출기

는 보통 약 80K의 극저온에서 동작하므로 비냉각 적외선 검출기에 비해 가격이 고가이고 부피, 무게 등의 측면에서 단점을 지니고 있으나 반응도, 반응 속도, 탐지도 등 모든 광성능면에서 보다 뛰어난 성능을 보여 비교적 먼 거리의 탐지 성능이 요구되는 분야(군사, 우주용 등)에 주로 응용되고 있다.

냉각형 적외선 검출기의 성능을 종합적으로 평가하기 위해서는 적외선 검출기의 광성능 및 냉각성능 뿐만 아니라, 신뢰성에 관한 평가 또한 필수적으로 요구된다. 특히, 냉각형 적외선 검출기의 실제 적용을 위한 장시간의 보관과 사용 성능 보장에 대한 관심이 높아지면서 신뢰성에 대한 검증 필요성이 더욱 대두되었다.

본 논문에서는 냉각형 적외선 검출기의 광성능 및 냉각성능 평가 시스템에 대해서 체계적으로 정리하고

† 2010년 5월 3일 접수~2010년 7월 23일 게재승인

\* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 김재원(arbor405@add.re.kr)

신뢰성 평가 기술 연구 결과를 추가하여 냉각형 적외선 검출기의 종합적인 성능 평가 방안을 제시하고자 한다.

## 2. 광성능 평가

적외선 검출기에서 광성능 평가는 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째는 입사되는 적외선을 손실 없이 전기적인 신호를 바꾸고 적외선에 의한 신호 이외의 다른 신호 즉 잡음을 최소화시키는, 신호 대 잡음비에 대한 평가이다. 두 번째는 동작율과 관련된 항목으로서 동작율은 전체 픽셀 가운데 실제 적외선 검출이 가능한 픽셀의 비율을 의미한다. 마지막으로서는 실제 적외선 검출기 사용시 불균일 보정(non-uniformity correction) 후에 2차원 영상의 균일도에 영향으로 주는 요소로서 픽셀들의 불균일도, 선형성 등이 있다.

### 가. 광성능 평가 항목

적외선 검출기의 광성능 평가 항목을 Table 1에 정리하였다.

적외선 검출기의 가장 중요한 광성능 요소로 등잡음온도차가 있다. 적외선 검출기로 표적을 감지하기 위해서는 표적과 배경의 온도차에 의한 신호 크기 차이가 검출기 고유의 잡음보다 커야 한다. 이 때 검출기의 고유 잡음은 일정한 적외선이 들어왔을 때 시간에 따른 신호의 변화량(표준편차), 즉 시간잡음을 의미한다. 검출기 고유의 잡음 특성을 검출기의 성능지수로 삼을 수 있는데, 잡음 특성과 동일한 검출기 신호차이로부터 역으로 표적과 배경의 온도차를 계산한 것을 등잡음온도차로 정의하며, 등잡음 온도차의 값이 작을수록 검출기의 성능이 우수함을 나타낸다.

동작율에서 적외선 검출이 가능한 픽셀을 정의하는 방법에는 여러 가지가 있으나, 보통 반응도 또는 등잡음온도차의 일정 범위내의 픽셀로 정의하거나 그 평균값(또는 중간값)의 일정 범위 내에 있는 픽셀로서 정의한다. 위의 범위에서 벗어난 픽셀들은 데드픽셀(deadpixel)로서 정의되며 실제 영상에서는 옆에 픽셀의 신호 값을 복사하거나 주위 픽셀들의 평균 신호 값을 복사하는 등의 보정 기법을 사용하여 대체되게 된다. 클러스터는 데드픽셀들이 뭉쳐져 있는 형태를 말하는데 전체 데드픽셀 수가 같더라도 클러스터의 크기 즉 데드픽셀들이 뭉쳐있는 정도가 심할수록 영

상의 품질이 낮아지며 데드픽셀을 보정하는 신호처리에도 부담을 주게 된다.

이상적으로 적외선 검출기의 각 픽셀은 입사되는 적외선 광량에 비례하여 신호의 크기가 변화하여야 하나, 실제 픽셀의 특성은 잡음 및 픽셀의 형태, 결합의 분포 등에 따라 이상적인 특성과 차이를 보인다. 이러한 입사되는 적외선 광량에 따른 신호 크기의 비례특성을 선형성으로 정의하는데 입사 적외선 광자량과 이로 인해 생성된 신호의 상관계수를 측정하여 평가하며 선형성이 떨어지면 불균일 보정 후 공간잡음이 증가하여 영상의 품질이 저하된다. 이 때 공간잡음은 전체 2차원 픽셀에 동일한 적외선을 입사시켰을 때 전체 2차원 픽셀에서 나타나는 신호의 차이(표준편차)를 의미한다. 불균일도와 선형성 등에 영향을 받으며 불균일도와와의 차이점은 실제 검출기 사용시의 조건과 더욱 유사하게 불균일 보정 후 2차원 신호의 표준편차를 측정하는데에 있다.

Table 1. 광성능 평가 항목

	항목	정의
신호 대 잡음비	양자효율 [%] (Quantum Efficiency)	입사되는 적외선 광자량 대비 생성되는 캐리어 수
	반응도 [V/W] (Responsivity)	입사되는 적외선에 의해 얻게 되는 전기 신호(전압 또는 전류)
	탐지도 [cmHz <sup>1/2</sup> /watt] (Detectivity)	1W 파워의 적외선이 입사될 때 생성되는 신호 대 잡음비
	등잡음온도차 [mK] (NETD)	신호 대 잡음비가 1이 되는 표적과 배경의 온도차
동작율	동작율 [%] (Operability)	전체 픽셀 수 대비 적외선 검출이 가능한 픽셀 수
	클러스터 (Cluster)	데드픽셀들이 인접하게 뭉쳐져 있는 형태
영상 균일도	불균일도 (Non-uniformity)	전체 픽셀 반응도 히스토그램의 $\sigma/\text{mean}$
	선형성 (Linearity)	입사되는 광자량에 대해 생성되는 신호의 비례 정도
	공간잡음 [V] (Spatial Noise)	불균일 보정 후 2차원 픽셀에서 나타나는 신호의 차이 (표준편차)

나. 광성능 평가 시스템

냉각형 적외선 검출기의 광성능을 평가하기 위해서 Fig. 1과 같은 평가 시스템을 개발하였다. 적외선 검출기 앞에 적외선 소스로서 광역 흑체 광원(extended blackbody source)을 위치시키고 고압질소가스를 이용하여 적외선 검출기를 극저온까지 냉각시킨 후 적외선 광성능 시험장치를 통해서 적외선 검출기에서 생성된 전기신호를 디지털 신호로 변환해서 PC로 보내게 된다. 적외선 광성능 시험장치는 Fig. 2와 같이 구성되며 PC에서 검출기 제어 신호를 입력받아 구동 신호를 생성하여 검출기로 보내고 검출기에서 아날로그 신호를 받아 디지털 신호로 변환하여 PC에 데이터를 전송하는 역할을 한다.

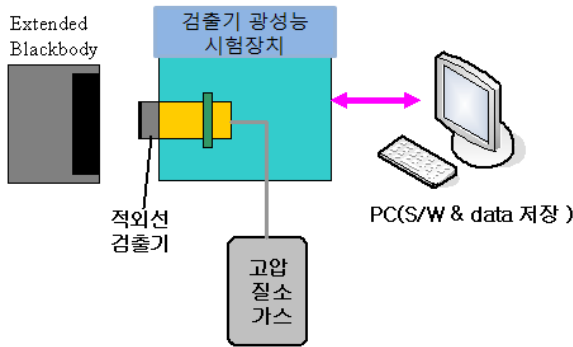


Fig. 1. 적외선 검출기 광성능 평가 시스템 개념도

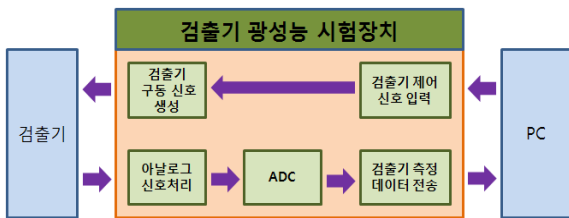


Fig. 2. 적외선 검출기 광성능 시험장치 구성도

PC로 전송된 데이터를 분석하여 적외선 검출기의 광성능 항목을 추출하고 분석하기 위해 전용 소프트웨어를 개발하였다. 소프트웨어는 총 세 개의 사용자 인터페이스로 제작되었으며 메인 사용자 인터페이스에서 다른 두 개의 하위 사용자 인터페이스를 불러올 수 있게 구현하였다.

Fig. 3은 개발한 광성능 평가 소프트웨어의 메인 사용자 인터페이스이며 동작 흐름도는 Fig. 4와 같다. 입력부에서 각 측정 온도별 광성능 측정 데이터와 측

정한 검출기 제원 및 측정 조건을 입력하고 산출/저장부 및 표시부에서 적외선 검출기의 광성능 항목들이 산출/저장/표시 된다. 양자효율, 반응도, 탐지도, 등잡음온도차 항목은 평균값 산출이외에 각 픽셀의 데이터 저장 및 전체 픽셀의 히스토그램을 볼 수 있도록 설계하였다. 반응도 히스토그램에서는 불균일도가 계산되어 표시되며 동작율은 반응도와 등잡음온도차의 기준을 사용자가 정할 수 있도록 설계하였다.

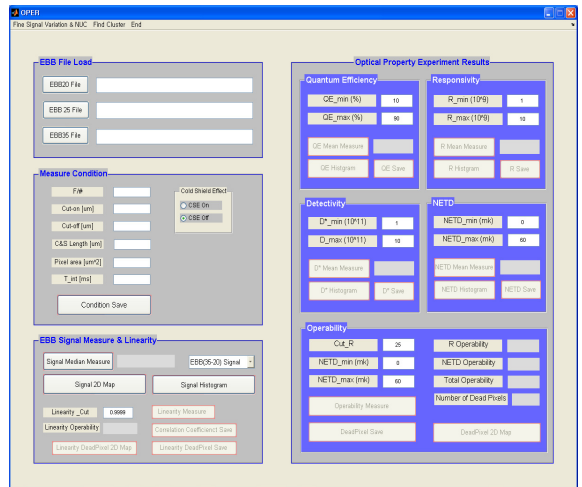


Fig. 3. 광성능 평가 소프트웨어(메인 사용자 인터페이스)

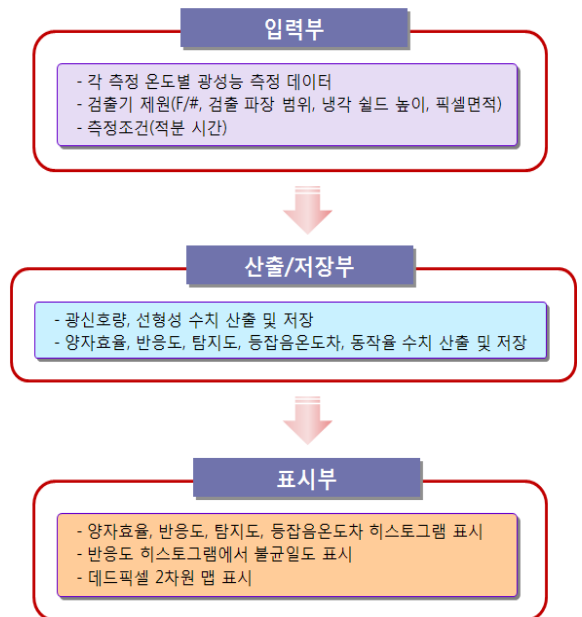


Fig. 4. 메인 사용자 인터페이스 동작 흐름도

Fig. 5와 6은 광성능 평가 소프트웨어의 하위 사용자 인터페이스로서 메인 사용자 인터페이스에서 불러올 수 있다.

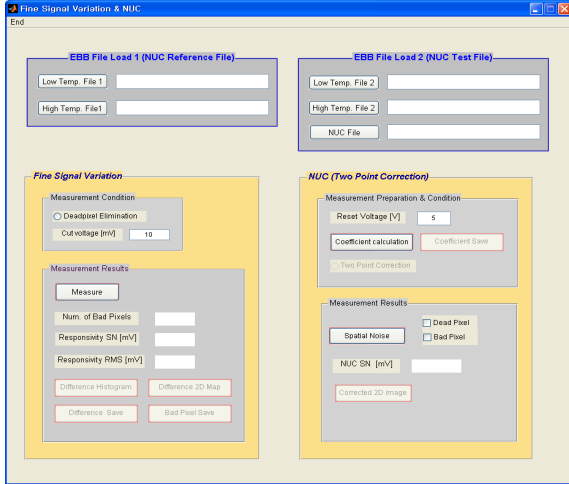


Fig. 5. 하위 사용자 인터페이스(미세 신호 변화, 불균일 보정, 공간 잡음)

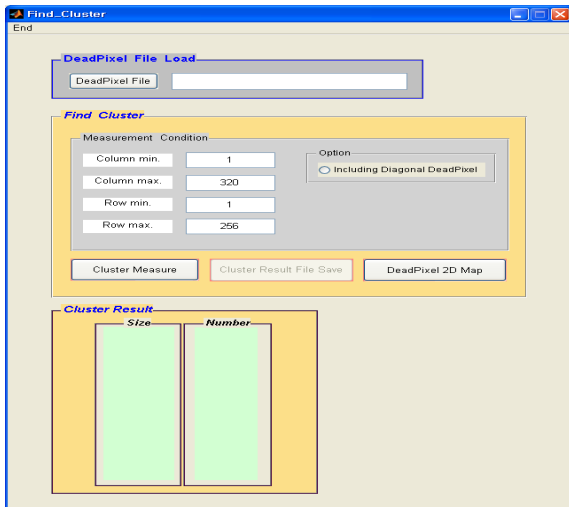


Fig. 6. 하위 사용자 인터페이스(클러스터 크기 및 개수)

Fig. 5의 하위 사용자 인터페이스에서는 시간 또는 냉각반복 등에 대해서 각 픽셀이 얼마나 신호가 변하는지 미세 신호 변화까지 산출하는 기능과 이점 보정(two-point correction)을 통한 불균일 보정 기능, 그리고 불균일 보정 후에 공간 잡음을 산출하는 기능을 설계하였다. 미세 신호 변화의 경우, 시간 또는 냉각

반복 등에 의해 측정된 각 데이터의 반응도가 사용자가 입력한 기준 값 이상의 차이가 나면 그 픽셀 수와 2차원 영상에서 해당 픽셀의 위치가 표시되며 불량 픽셀(bad pixel)로 지정하여 저장 및 데드픽셀에 더해 다른 항목의 특성에 반영할 수 있도록 하였다.

Fig. 6의 하위 사용자 인터페이스에서는 메인 사용자 인터페이스에서 산출한 데드픽셀 맵을 불러와 클러스터를 추출하며 클러스터의 크기(size) 및 각 크기의 클러스터의 개수(number)를 산출할 수 있게 하였다. 특히 클러스터 산출시 데드픽셀이 상, 하, 좌, 우에 묻혀져 있는 경우만 클러스터로 판단하는지, 대각선까지도 클러스터로 판단하는지를 사용자가 선택할 수 있도록 했으며 재귀 함수를 활용하여 최소한의 코딩 소스로 구현 가능하도록 설계하였다.

#### 다. 광성능 평가 결과

광성능 평가 시스템을 적용하여 냉각형 적외선 검출기의 광성능 중 대표적인 항목인 등잡음온도차를 측정할 예로 Fig. 7에 나타내었다.

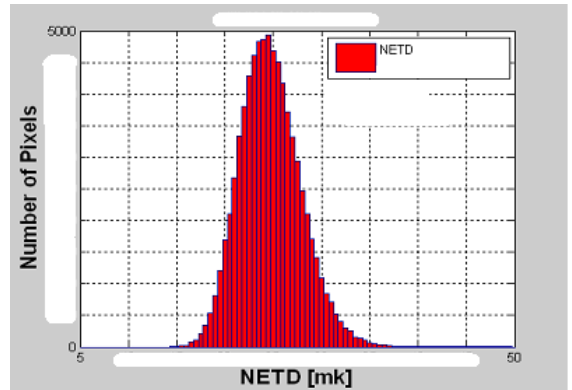


Fig. 7. 등잡음온도차 평가 결과

### 3. 냉각성능 평가

냉각형 적외선 검출기의 경우, 서론에서 언급한 바와 같이 약 80K의 극저온 냉각이 요구된다. 따라서, 냉각을 위한 준비 시간이 소요되며 이는 적외선 검출기의 적용 체계에 따라 중대한 제한 요소가 될 수 있다. 또한, 냉각이 완료된 이후에는 극저온을 유지하기 위해 지속적인 가스가 소모되므로 이를 최소화 하는 것이 필요하다.

가. 냉각성능 평가 항목

1) 냉각 완료 시간

냉각 완료 시간은 검출기가 초기 온도에서 극저온의 온도까지 냉각되는데 걸리는 시간으로서 실제 사용시 냉각형 적외선 검출기가 동작하기 위해 소요되는 시간이다. 냉각 완료 시간은 적외선 검출기의 열질량(thermal mass)과 비례하므로 설계시 열질량을 최소화하여야 한다.

실제로 열질량을 측정하기 위해서는 냉각 개시 후 온도 변화가 나타나는 다수의 질량부분의 온도변화를 측정할 수 있어야 한다. 그러나 적외선 검출기의 공간이 협소하여 온도 센서 장착에 어려움이 있으므로 열질량을 정확히 측정할 수는 없으며 냉각 완료 시간만을 측정하여 평가한다.

2) 열부하

열부하란 냉각이 완료되어진 적외선 검출기가 그 냉각온도를 유지하는데 필요한 단위 시간당 에너지 [W]이다. 열부하가 크면 그만큼 온도를 유지하는데 필요한 냉각 소스가 더 많이 필요하므로 되도록 열부하가 작은 적외선 검출기를 제작하는 것이 유리하다. 열부하는 극저온 진공용기(cryostat) 분야에서 주로 이용되고 있는 보일-오프(boil-off) 시험방법을 적용하여 평가하며 구체적인 방법 및 결과는 이전에 발표된 바가 있다<sup>[1]</sup>.

나. 냉각성능 평가 시스템

냉각형 적외선 검출기의 냉각성능 평가는 열부하 평가 시스템을 이용하여 평가한다. 열부하 평가 시스템을 설계시 열부하 평가 뿐만 아니라 냉각 완료 시간도 평가할 수 있도록 설계하였다. 열부하 평가 시스템의 하드웨어에 대한 개념도는 Fig. 8과 같으며<sup>[1]</sup> 냉각 완료 시간 측정시에는 검출기에 질량유량계(mass flow meter)와 연결된 니플 대신 냉각기를 장착하고 고압 질소 가스를 이용하여 냉각을 수행하면서 측정한다.

냉각형 적외선 검출기의 냉각 성능 평가를 위한 소프트웨어를 개발하였으며 그 사용자 인터페이스는 Fig. 9와 같다. 측정 시작 전에 데이터를 저장할 파일의 폴더 및 파일이름을 지정하고 데이터를 측정하는 시간 간격을 설정하며 'save' 아이콘을 클릭함으로써 저장여부를 지정할 수 있게 하였다. 하부 좌측의 창은 냉각 완료 시간을 표시하는 창으로서 적외선 검출기

내에 부착되어 있는 온도센서의 전압 그래프가 그려지고 바로 위에 측정된 전압이 변환된 온도가 디스플레이되며 시간에 따른 전압 및 온도가 저장된다. 하부 우측의 창은 열부하 평가와 관련된 창으로서 질량유량계에서 측정된 액체 질소의 증발량이 체적 유량 그래프로 그려지며 그 수치가 바로 위에 디스플레이되고 시간에 따라 저장되도록 구현하였다.

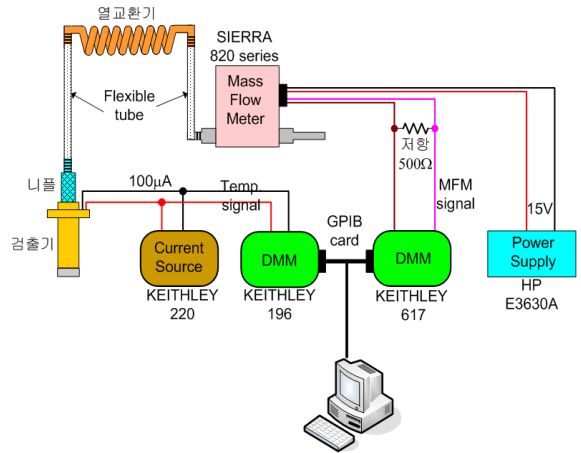


Fig. 8. 적외선 검출기 열부하 평가 시스템 개념도

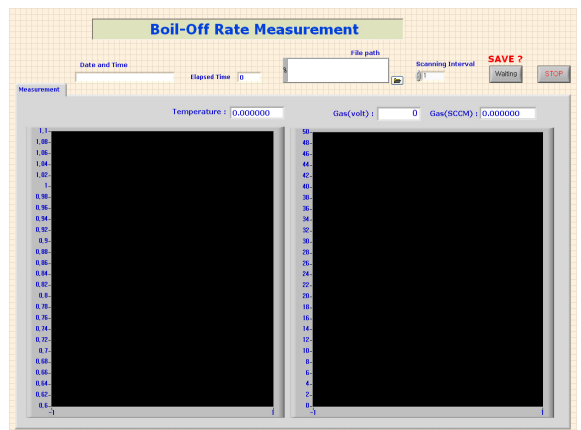


Fig. 9. 적외선 검출기 냉각성능 평가 소프트웨어

다. 냉각성능 평가 결과

냉각성능 평가 시스템을 이용하여 냉각형 적외선 검출기의 냉각성능을 측정할 예들 Fig. 10에 나타내었다. 냉각성능 항목 중 냉각 완료 시간을 측정할 그래프로서 각각 고온(약 70℃) 및 상온(약 25℃) 환경에서 냉각했을 때의 냉각성능을 나타낸다.

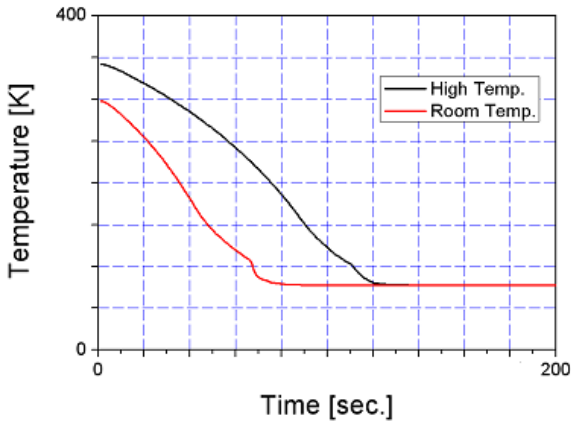


Fig. 10. 냉각 완료 시간 평가 결과

#### 4. 신뢰성 평가

냉각형 적외선 검출기는 극저온 냉각을 위해 검출기 내부를 진공으로 유지하여야 한다. 검출기 내부에 진공도가 떨어지면 냉각이 불가능하며 암전류로 인한 잡음의 증가로 광성능이 저하되므로 진공 유지에 관한 신뢰성이 보장되어야 한다. 적외선 검출기 제작시 배기(evacuation) 공정을 통해 내부를 진공으로 유지하고 밀봉을 하나, 검출기 내부 부품들이 미량의 가스를 계속 아웃개싱(outgassing)하므로 장시간이 지나면 진공도가 떨어지게 된다. 검출기 내부의 진공 유지는 검출기의 수명과 직접적으로 연관되므로 장시간의 진공 유지를 위해 적외선 검출기를 설계시 아웃개싱이 적은 부품을 사용하고 표면처리를 수행하며 검출기 내부에 게터(getter)를 장착하는 등 진공 유지에 대한 신뢰성을 고려하여야 한다.

냉각형 적외선 검출기는 일반적으로 보관 온도와 동작온도가 약 300K의 큰 차이가 난다. 이러한 큰 온도 변화는 검출기 내부 부품에 스트레스를 야기 시키며 온도 변화가 반복될수록 검출기의 성능 저하를 가져오게 된다. 특히, 적외선 검출기 내에는 적외선을 전기 신호로 바꾸어 주는 적외선 감지 다이오드와 적외선 감지 다이오드에서 변환된 전기 신호를 읽고 처리하는 신호취득회로가 플립 칩 본딩이라는 공정으로 결합되어 있는데 상온에서 극저온까지의 냉각 반복시(thermal cycle) 적외선 감지 다이오드와 신호취득회로 사이의 열팽창계수 차이에 의한 스트레스로 인해 둘 사이의 결합이 분리되어 데드픽셀이 증가하는 등 성

능 저하가 발생한다. 냉각 반복에 따른 성능 저하를 없애기 위해서 설계시 다양한 기법들이 활용되며 냉각 반복에 대한 신뢰성을 검증하는 것은 실제 적용을 위해 아주 중요하다.

##### 가. 신뢰성 평가 항목

###### 1) 진공 수명 신뢰성

진공 수명 신뢰성을 평가하는 가장 정확한 방법은 진공이 깨질 때까지 오랜 시간 적외선 검출기를 보관 하면서 수시로 진공도를 측정하는 것이다. 보통 상용화된 적외선 검출기의 상온 진공 수명이 10년을 넘으므로 이와 같이 평가하기에는 현실적으로 시간상의 제약이 너무 크다.

진공 수명을 보다 짧은 시간에 평가하기 위해서 가속수명시험(ALT : Accelerated Life Testing) 기법을 적용하여 진공 수명을 예측하였다. 가속수명시험은 온도, 습도, 진압, 가스, 진동 등 사용조건에 따른 스트레스를 강화하여 강화된 조건에서 보다 짧은 시간의 수명을 측정하여 실제 수명을 예측하는 기법이다. 가속수명시험에서 실제 수명을 예측하는 모델은 여러 가지가 있으나 대표적인 것으로 아레니우스 모델(arrhenius model), 아이링 모델(eyring model), 역승 모델(inverse power law model) 등이 있다. 아레니우스 모델과 아이링 모델은 스트레스가 열(온도)과 관계되었을 때 주로 사용되며 아이링 모델은 열과 다른 요소(습도 등)가 같이 스트레스로 작용할 때도 사용된다. 역승 모델의 경우는 전압, 부하 등 열 이외의 스트레스가 적용될 때 주로 사용된다.

적외선 검출기의 경우, 진공을 떨어뜨리는 아웃개싱 요소가 온도에 의존한다. 따라서, 고온(65°C)의 온도에서 진공 수명을 측정하여 실제 진공 수명을 예측하는 방법을 사용하였으며, 온도가 스트레스로 적용될 때 가장 보편적으로 많이 쓰이고 있는 아레니우스 모델을 적용하였다.

일반적인 가속수명 이론에 의하면 이상화된 아웃개싱 조건하에서 아레니우스 모델은 보관 온도가 10°C 올라감에 따라 반응의 속도가 2배 증가하는 것으로 단순화 된다<sup>[2,3]</sup>. 이러한 가속수명 이론에 기초하여, 상온(25°C)에서 10년(87,600시간)의 진공 수명을 보장하기 위해서는 고온(65°C)에서 2<sup>4</sup>배 만큼 반응이 빨라지므로 약 228일(5475시간)을 보관 후 성능에 이상이 없어야 한다.

위의 일반적인 단순화된 모델 이외에 보다 정확한

예측을 위해 본래의 아레니우스 모델을 이용하여 진공 수명을 예측하였다. 아레니우스 모델은 다음과 같다.

$$r = A \exp\left(\frac{-E_a}{kT}\right) \quad (1)$$

여기서, r : 반응률(rate of the reaction)  
 A : 상수(nonthermal constant)  
 $E_a$  : 활성화 에너지(activation energy(constant, eV))  
 k : 볼츠만 상수(Boltzmann constant(8.6E-5 eV/K))

진공을 깨는 반응률 r은 보관 시간(t)에 반비례하므로 보관 온도  $T_1$  및  $T_2$ 에 대해서 식 (1)은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\frac{1}{t_1} = A \exp\left(\frac{-E_a}{kT_1}\right), \quad \frac{1}{t_2} = A \exp\left(\frac{-E_a}{kT_2}\right) \quad (2)$$

식 (2)의 첫 번째 식을 두 번째 식으로 나누면 식 (3)이 되며 활성화 에너지( $E_a$ )를 알고 고온에서의 진공이 유지되는 시간을 측정하면 실제 상온에서의 진공이 어느 시간 정도 유지될 수 있는가를 추정할 수 있다.

$$\ln \frac{t_2}{t_1} = \frac{E_a}{k} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (3)$$

아레니우스 모델을 이용하여 적외선 검출기의 진공 수명 예측의 신뢰도를 높이기 위해서는 해당 적외선 검출기의 활성화 에너지를 정확히 아는 것이 중요하다. 여기서는 예로서 국외 냉각형 적외선 검출기의 진공수명 데이터를 근거로 활성화 에너지를 추출하여 적용하여 보았다. Fig. 11은 국외업체의 진공 수명 데이터(80℃ 300일 보관이면 30℃ 10년 보장)를 이용하여 활성화 에너지를 추출한 것이다<sup>4)</sup>.

국외 적외선 검출기의 활성화 에너지는 약 0.46eV로서 이를 식 (3)에 대입하여 계산하면, 상온(25℃)에서 10년의 진공 수명을 보장하기 위한 고온(65℃)에서의 진공 수명은 약 437일(10,472시간)이다.

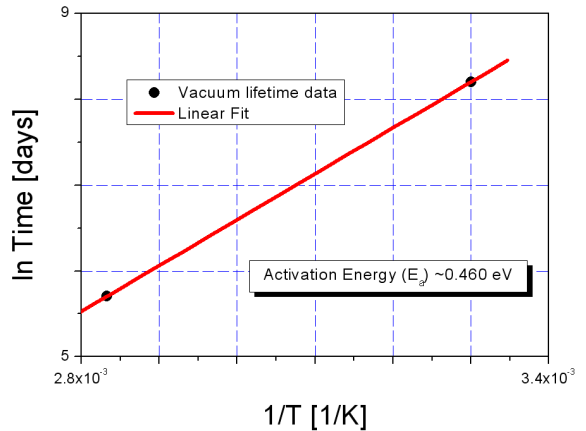


Fig. 11. 국외 적외선 검출기 활성화 에너지 추출

가속수명시험에서 적외선 검출기를 고온 보관한 후 진공 유지 여부를 판단하는 방법으로는 적외선 검출기 내부의 진공도를 직접 측정하기가 불가능하므로 냉각성능 평가에서 기술한 열부하 및 냉각 완료 시간을 평가하여 판단한다. 검출기의 진공이 나빠지면 냉각을 유지하기 위해 더 많은 냉매가 필요하므로 열부하 수치가 먼저 증가하며 진공이 더욱 나빠지면 냉각 완료 시간이 증가한다.

## 2) 열 사이클 신뢰성(냉각 반복 신뢰성)

적외선 검출기의 열 사이클 신뢰성은 스테어링 냉각기를 On/Off 반복함으로써 적외선 검출기가 ‘상온-극저온-상온-극저온...’의 열 사이클이 이루어질 수 있게 구현하여 평가하였다. 일정한 주기의 열 사이클을 수행한 후에는 동작율, 탐지도, 불균일도, 등잡음온도차, 선형성, 냉각 완료 시간을 평가하여 적외선 검출기의 열 사이클 신뢰성이 유지되는가를 판단한다.

### 나. 신뢰성 평가 시스템

진공 수명 신뢰성은 고온 챔버에 일정 시간을 보관한 후 앞에서 기술한 냉각성능 평가 시스템을 이용하여 평가하였다.

열 사이클 신뢰성 평가 시스템의 개념도는 Fig. 12와 같다. 열 사이클 반복 장치를 제작하여 원하는 검출기 온도 및 주기에 따라서 스테어링 냉각기의 전원을 자동으로 제어함으로써 다수의 냉각 반복을 수행하도록 하였다. Fig. 13에서 보는 바와 같이 적외선 검출

기가 정해진 상온 온도에 도달하게 되면 열 사이클 반복 장치에서 스테링 냉각기의 전원을 on 시키며 적외선 검출기가 정해진 극저온 온도에 도달한 후 2분이 지나면 열 사이클 반복 장치에서 스테링 냉각기의 전원을 off 시켜 적외선 검출기 온도를 다시 상온으로 복귀시킨다. 위와 같은 열 사이클을 수차례 반복한 후 앞에서 언급한 적외선 검출기의 광성능 및 냉각성능 평가를 수행하여 적외선 검출기의 성능이 유지되는가를 판단하며 성능에 이상이 없으면 다시 열 사이클을 실시하여 최종적으로 성능이 저하될 때 까지 열 사이클 신뢰성을 평가한다.

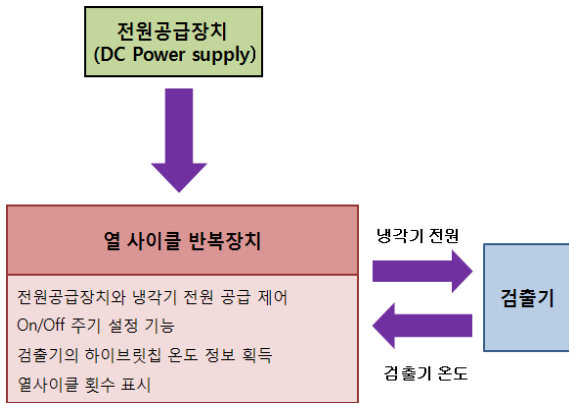


Fig. 12. 열 사이클 신뢰성 평가 시스템 개념도

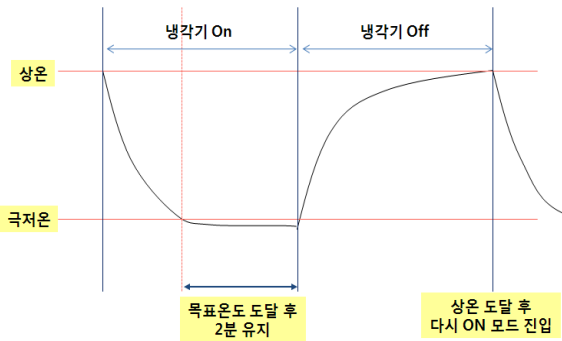


Fig. 13. 열 사이클 신뢰성 평가시 검출기 온도 그래프

다. 신뢰성 평가 결과

신뢰성 평가 시스템을 이용하여 냉각형 적외선 검출기의 신뢰성에 대해 측정한 예를 Fig. 14와 15에 나타내었다. Fig. 14는 적외선 검출기를 고온(65°C)에서 보관하며 측정된 열부하 그래프이며 Fig. 15는 열 사이클 횟수에 따른 동작율 그래프이다.

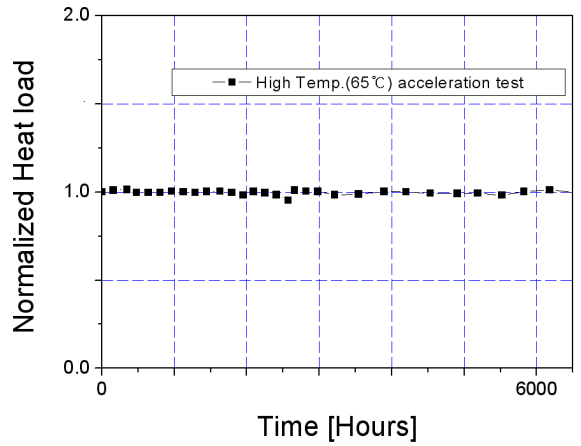


Fig. 14. 진공 수명 신뢰성 평가 결과

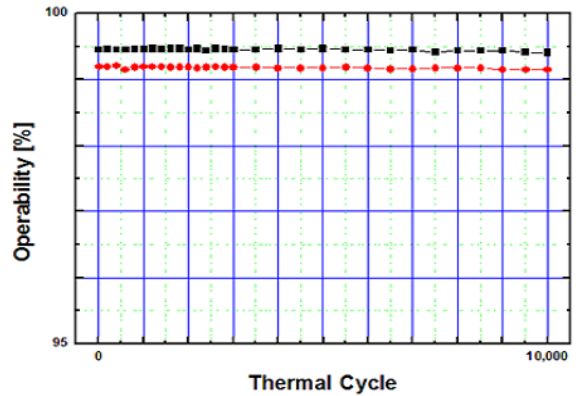


Fig. 15. 열 사이클 평가 결과

5. 결론

냉각형 적외선 검출기의 광성능 및 냉각성능 평가 시스템에 대해서 체계적으로 정리하고 신뢰성 평가 기술 연구 결과를 추가하여 냉각형 적외선 검출기의 종합적인 성능 평가 방안을 제시하였다.

신뢰성 항목 중, 진공 수명 신뢰성은 고온에서의 진공 수명을 측정해 상온에서의 진공 수명을 예측하는 가속수명시험 기법을 활용하였으며 열 사이클 신뢰성은 스테링 냉각기를 자동으로 on/off 시키는 시스템을 구현하여 평가하였다.

냉각형 적외선 검출기의 성능을 종합적으로 평가할 수 있는 기술을 개발함으로써 무기 체계에서 요구하는 양질의 냉각형 적외선 검출기를 선별하여 공급할



수 있게 되었으며 향후 획득될 냉각형 적외선 검출기의 종합적인 성능을 평가하는데 지속적으로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

### Reference

- [1] 김남환 외 7명, “320×240급 이차원 배열 적외선 검출기의 열부하 측정 및 평가”, 제5회 국방소재 학술대회, 2006. 9.
- [2] T. H. Clynne, “Design of Cryogenic Electronics Packaging for Commercial Production”, Infrared Components Corporation Report.
- [3] J. P. Knauth and R. W. Wheatley, “Design of Cryogenic Electronics Packaging for Commercial Production”, Journal De Physique IV France, Vol. 8, No. 3, pp. Pr3-201~Pr3-204, 1998.
- [4] Marianne MOLINA 외 2명, “IR Detector Dewar and Assemblies for Stringent Environmental Conditions”, SPIE, 6542-85, 2007.