

적외선 소자 냉각용 극저온 냉동 장치



박 성 제

(KIMM 열유체환경연구부)

- '81 - '85 부산대학교 기계공학과(학사)
- '86 - '88 부산대학교 기계공학과(석사)
- '91. - 현재 한국기계연구원 선임연구원



고 득 용

(KIMM 열유체환경연구부)

- '78 - '82 한양대학교 기계공학과(학사)
- '83 - '85 한양대학교 기계공학과(석사)
- '85 - 현재 한국기계연구원 선임연구원

1. 서 론

적외선 분야에서는 예로부터 저온이 이용되어 왔다. 그 이유는 여러 가지로 생각할 수 있지만 최근 40년간의 고체 물성학의 진보와 우주 및 플라즈마 과학의 진보가 크게 기여하고 있다 해도 과언이 아닐 것이다. 반도체 공업을 뒷받침하는 고체 물성학은 우선 고체 중의 전자의 산란 과정과 격자 진동의 스펙트럼에 주목했다. 이것들은 어느 것이나 온도에 의해 크게 현상이 변화한다. 또 전자 스핀은 고체 물성학의 기초이지만 이것을 명백하게 하는데는 격자 진동의 영향이 적은 극저온이 필요하였다. 이와 같은 이유로 이러한 분야의 연구자는 앞다투어 액체 헬륨 온도에서 연구를 수행하였다. 격자 진동이나 전자 스핀의 스펙트럼은 적외선으로부터 마이크로파의 영역에 있기 때문에 측정 시료를 액체 헬륨 온도에 두고 반사, 투과와 흡수 스펙트럼을 측정하였다. 검지기 소자의 개발에는 고체 물성의 지식이 필요하고, 소자의 동작에는 앞으로 서술할 극저온이 필요했다. 대부분의 적외선 센서는 액체질소 온도인 77K 이하에서 사용하기 때문에 미국, 유럽 등지에서는 유지 관리의 편의를 위해 직냉형 소형 냉동기를 사용하는 사례가 증가하고 있으며, 최근에 가장 활발히 적용되는 기술 분야는 국방분야로서는 야간 투시경, 전방 감시용 열상 망원경, 전차 포수 조준경, 미사일 유도센서 등이고, 민수분야에서는 이동무선 기지국의 RF filter와 열화상 장치 등이다. 본 고에서는 먼저 적외선 및 적외선 센서에 대한 일반적인 사항을 서술한 다음, 적외선 센

서를 냉각하기 위한 시스템과 냉동기들을 상세하게 논하고자 한다.

2. 적외선 및 적외선센서의 개요

2.1 적외선 및 적외선 센서

적외선이란 파장이 가시광선 보다 길고 마이크로파 보다 짧은 $0.75\mu\text{m}$ 이상의 전자기파 (Electromagnetic wave)로서 1800년경 William Herchel경에 의해 발견되었는데 지구상에 존재하는 0K 이상의 모든 물체는 그 온도에 해당하는 복사선을 방출한다. 지구상에 존재하는 대부분의 물체는 적외선 범위를 넘지 못하는 복사선을 방사하므로 적외선을 검출하는 소자를 사용함으로써 식별이 가능하다.

적외선 영역에서 가장 큰 관심의 대상이 되는 파장 범위는 atmospheric window로 불리는 범위로서 $3\sim 5\mu\text{m}$ 과 $8\sim 14\mu\text{m}$ 의 파장 범위이다. 이 두개의 파장범위는 대기 중에서 투과율이 가장 좋고 또한 각각 300K와 900K의 물체에서 복사되는 스펙트럼의 피크에 해당되기 때문에 적외선 감지소자의 응용면에서 유리한 성질을 가지고 있는 파장대이다.

적외선 센서는 현재 우주 개발 분야에서 가장 중요하게 응용되고 있는데 이러한 분야에서는 미세한 신호를 검지하기 위해서 배경 열잡음 (back ground thermal noise)의 저감 및 검지기 감도의 향상을 위해 저온 냉각이 필요하게 된다. 그림 1.에서 볼 수 있는 것과 같이 배경 열잡음의 지표로 고려되고 있는 흑체방사의 강도는 온도가 내려감에 따라 급격히 저하하는 것으로부터 저온 냉각의 필요성이 충분히 이해될 수 있다. 이러한 분류에 들어가는 것으로서 X선 천체 관측, 근적외선등을 이용한 지구 또는 대기 관측 등도 포함된다.

표 1.은 적외선 센서 이용 분야와 실시 예를 보여 주고 있다. 표에서 알 수 있듯이 그 이용 분야

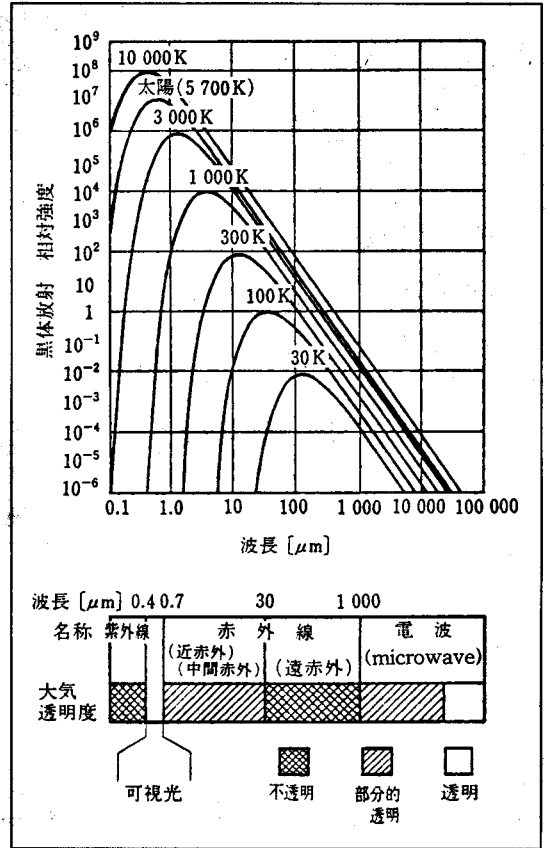


그림 1. 전자기파의 파장, 명칭, 대기의 투명도 및 흑체방사강도

는 매우 넓게 확대되어 있다는 것을 알 수 있다.

2.2 적외선 센서의 종류

적외선 감지 소자는 크게 광전효과형 (photon detector)과 열형 (thermal detector)으로 나누어진다. 열형에는 써머미스터 (thermistor), 열전대 (thermopile), 초전 소자 (pyroelectric detector) 등이 있는데, 일반적으로 초전 소자를 말한다. 초전 소자는 비교적 제작이 용이하고 가격이 저렴하며 냉각이 필요하지 않아서 일상생활의 실용적인 목적에 적합하지만 광전 효과형보다 감도와 응답성이 떨어진다. 광전 효과형은 GaAs, $\text{Hg}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ 등의 III-V, II-VI족 반도체를 이용한

표 1. 적외선 검지 센서 이용 분야와 실시 예

분 야	연구 개발	대 상 물
기계가공	용접시의 용융, 응고의 온도 제어 열처리시의 온도, 전열 측정	용접부의 결합 검출 가공면의 마무리 상태 변형의 가시화
철강/금속	응고, 용해 과정의 열 해석, 위치 판정 노벽, 배관의 온도 열 구조 해석	노벽 및 단열벽의 검사, 열화판단, 이상 검지 각 제조 공정의 제어, 감시
에너지 (석탄, 가스, 원자력)	화염, 연소가스의 온도 분포 측정 터빈의 냉각과 해석	보일러 내벽, 연속 가스 온도, 성분의 검사 증기 배관, 열교환기의 이상 진단
석유/화학	반응 분석 과정의 열 유동 해석 유동층의 열 유동 기구	반응 생성 공정의 제어, 감시 가열, 열처리 공정의 제어, 이상 검지
이동물체	마찰 마모, 충격시의 특성 제트 익형의 온도 분포와 해석	미사일, 로켓의 탐지, 탐사 항공기, 자동차, 선박의 전방 감시
경비/보수	무인 감시 시스템화	화재 방재 감시 침입자 침입물의 검지
전기/전자	IC package의 온도 해석 기기 냉각 방식의 평가 해석 IC 기판의 응력 진동 파괴 거동 프린터 헤드의 온도 분포	프린트 실장 기판, 접합부의 시험 방열판의 온도, 전열 상황의 감시 발전기, 변압기의 냉각 특성과 제어
주택/건축	배관 증기 누설의 검지	냉난방 효과, 시공 상황의 검지
생 체	식물의 성장 감시	동식물의 선도, 건조도 검출
의 학	온냉열 환경 부하의 평가 신경기구 분석 종양, 암 검출	환경에 의한 온도 변화 열 부하 시험, 자극 이상 온도 분석
환 경	대기오염도 평가 환경 공해 모니터링	오존층 감시 및 대기 관측 온실효과 진단
우주/항공	지구 관측 전체 관측 미사일 유도 센서	기상, 자원 탐사 저온 별 탐사 및 자계 측정

것으로 제조하기가 어렵고, 효과적인 작동을 위해서 77K이하로 냉각해서 사용하여야 하지만 열 형에 비해 감도 (detectivity)와 응답성 (responsivity)이 우수하며 우주 공간용이나 정밀 관측을 위해 널리 이용되고 있다.

2.2.1 우주에서 사용되는 적외선 센서의 특징

우주공간에서의 적외선 검출에서는 지상의 경우와 완전히 다른 환경 조건을 실행할 수 있다. 지상에서는 300K 흑체 방사의 영향을 피하기 힘들지만 우주공간에서는 관측장치 전체를 냉각하여 배경 열잡음을 무시할 수 있을 정도로 적게 할 수 있다. 우주로부터 지구를 관측하는 경우에 반드시 필요하지는 않지만 미약한 신호를 대상으로 하는 천문관측에서는 매우 중요한 조건이다. 특히 긴 파장에서 NEP(Noise Equivalent Power, noise band 폭이 1Hz일 때에 S/N이 1로

되는 입사 에너지를 좋게 하기 위해서는 센서를 더욱 냉각할 필요가 있다. 즉 근적외 영역의 관측에는 액체질소온도 정도의 냉각이 좋지만 원적외 영역에서는 액체 헬륨에 의한 냉각이 필요하다.

2.2.2 반도체 센서

적외선 검출의 주류는 광반도체이다. 광반도체에서는 속박되어 있는 전자 또는 hole을 입사적외선이 여기 하여 전도대로 끌어 올려, 이것이 carrier가 되어 전류가 발생한다. 따라서 반도체 에너지 갭 보다 에너지가 낮은 광자는 carrier를 발생하지 못하여 감도가 낮다. 이러한 이유로 광반도체에는 이것보다 긴 파장에서는 감도가 없는 cut-off 파장이 존재한다. 표 2.에 현재 사용되고 있는 검지기의 종류와 cut-off파장을 정리하였다.

표 2. 반도체 적외선 센서

Type	소자명	cut-off 파장(μm)
진성광반도체	In Sb (PV)	5
	HgCdTe(PV, PC)	14
불순물반도체 (PC)	Si : In	6
	Si : Ga	15
	Si : As	23
	Si : Sb	27
	Si : P	28
	Si : Be	45
	Si : Ga	100
	Ge : Ga(stressed)	200
Schottky Barrier형	(PtSi) SB	5

광반도체에서는 PN접합을 이용한 광기전력형(PV)과 bulk한 광도체(PV) 두 종류가 있다. 표 2에서 근적외 영역에서 가장 많이 이용되는 것은 InSb(PV)인데 이 센서는 전류가 극히 작아서 고감도이다. HgCdTe는 혼합비($\text{Hg}_x\text{Cd}_{1-x}\text{Te}$ 의 X)에 의해 한계 파장을 변화시킬 수 있어서 액체질소 온도에서 동작하는 것부터 배경 복사가 큰 조건하에서 동작하는 것까지 다양하게 이용될 수 있다. 실리콘 Schottky형은 반도체와 금속의 경계에 생기는 Schottky barrier를 광을 흡수하는 에너지 갭으로 이용하는 것으로 제작정도가 높고 다소자화가 수월하지만 양자 효율이 수%로 나쁘다. 원적외 영역에서는 Si, Ge의 불순물 반도체가 주로 이용되고 있다. 가장 긴 파장까지 감도가 있는 광반도체는 Ge : Ga이고, 소자에 응력을 가함으로써 파장 200 μm 까지 감도를 가지게 할 수 있다. 이러한 소자는 각각 특징이 있고, 사용 목적에 맞게 사용되어야 할 것이다.

2.2.3 Image sensor

지금까지는 단소자에 의한 적외선 검출이 표준이었지만 최근에는 소자를 격자상으로 2차원으로 나열하여 화상을 직접 읽어 들이는 시도가 행해지고 있다. 적외선 촬영을 위한 image sensor는 지상 환경에서의 사용을 주로 한 것에서는 급속히 개발이 진행되고 있다. 액체질소 온

도 부근까지는 CCD소자(Charge Coupled Device, 전하를 전송하여 읽어내는 반도체 소자)를 사용할 수 있기 때문에 2차원 소자와 CCD소자를 인접을 사이에 두고 샌드위치상으로 한 hybrid센서가 개발되고 있다. InSb는 5 μm 까지 감도를 가지고, 소자수 256 \times 256정도까지 실용화되고 있다. HgCdTe는 3 μm 부근에 cut-off를 가져서 암전류를 작게 하여 감도를 높인 것이 천문관측에 자주 이용되고 있다. 소자수는 InSb와 비슷한 것을 얻을 수 있다.

실리콘의 Schottky barrier형은 실리콘의 가공 기술을 사용할 수 있기 때문에 실리콘 기판 위에 image sensor를 구성할 수 있어서 보다 다소자 제작이 가능하다. 소자수 512 \times 512가 이미 시판되고 있지만 양자 효율이 낮은 단점이 있다. 원적외 영역에 있어서는 소자를 보다 저온까지 냉각해야 하지만 실리콘 반도체는 50K이하에서는 동작하지 않기 때문에 읽어 내는 회로가 문제로 된다. 이 때문에 CCD대신에 MOS를 사용한 앰프를 격자상으로 배치한 MOS 2차원 배열이 사용되고 있다.

MOS는 액체 헬륨 온도에서 동작 하지만 잡음이 크다. 우주에서의 배경 열잡음을 무시할 수 있는 환경에서 최고의 성능을 발휘하게 하는데는 극저온으로 동작하는 저잡음 앰프가 급후의 중요한 개발 요소일 것이다.

2.2.4 Bolometer

Bolometer는 입사적외선을 흡수하여 열로 변환하고, 그 온도 상승을 측정함으로써 적외선 검출을 행하는 것이다. Bolometer의 특징은 광반도체와 달리 파장 의존성이 없다는 것이다. 이 때문에 반도체 검지기에서는 안되는 200 μm 보다 긴 파장의 submili파 영역에서는 유일한 고감도 검지기로서 이용되고 있다. 저온에서는 열전도율이 온도의 3승에 비례하기 때문에 bolometer의 감도는 일반적으로 온도가 낮으면 낮을수록 좋게 된다. 단지 열전도율을 작게 하면 시정수가

길어지기 때문에 사용 조건에 의한 최적화가 필요하다.

이상에서 여러 종류의 적외선 센서를 살펴본 있는데 적외선 센서의 종류에 따라 상온의 온도에서도 사용이 가능하지만 대부분 77K 이하의 온도를 필요로 하는 것을 알 수 있다. 현재로서는 적외선 센서의 만족스런 실용화를 위해서는 신뢰성 요구를 만족하는 냉각기술의 확립과 함께 냉각시스템의 저전력화, 소형, 경량화가 필요하다.

3. 적외선 센서 냉각용 냉동시스템

3.1 개요

지금까지 극저온 냉동기의 가장 주요한 응용은 야간 투시경과 미사일 유도를 위한 적외선 센서의 냉각 등의 군사적 이용이었다. 이 때 사용되는 적외선 센서의 재료들은 HgCdTe, InSb 와 PtSi이었고, 약 80K에서 0.1~1W정도의 냉동능력이 요구되었다. 현재 미국과 유럽 등지의 일부 제작 업체가 이 시장을 점유하고 있으며 매달 수천 개의 냉동기가 공급되고 있다. 약 15년 전에는 이러한 군사적 응용들은 수백 시간의 수명을 가지는 closed-cycle 스테링(Stirling)냉동기 또는 매작동시마다 고압가스를 재충전해야만 하는 open cycle Joule-Thomson 냉동기를 사용했다. 최근의 지난 몇 년간은 더 높은 신뢰성에 대한 필요성에 부응하여 약 5000시간의 수명을 가지는 스테링 냉동기를 개발하게 되었고, 이 장치들은 open cycle Joule-Thomson 냉동기들을 대체하고 있다.

통상 15K 정도까지의 극저온을 얻는데는 크게 2가지의 방법이 있다. 액화가스를 이용하는 방법과 기계식 냉동기를 이용하는 방법이다.

액화가스를 이용하는 방법으로서 일반적으로 액체질소, 액체헬륨이 사용된다. 특히 저온을 필요로 하는 원격의 검지기의 경우에는 액체 헬

륨의 비점을 낮추기 위해 배기하여 1.6K정도를 얻기도 한다.

기계식 냉동기는 역사적으로도 적외선 검지기의 냉각을 대상으로 하여 발달되어 왔다. 또 최근에는 cryopump 냉각용으로 많이 이용되고 있기 때문에 보수시간 간격 10,000시간 이상의 것도 나오고 있다. 검지기와 같이 침입 열량이 작으면서 일정하고 광학계의 초점면에 소자를 직접 두게 되는 경우는 냉동기가 가지고 있는 특징을 충분히 발휘할 수 있다. 결점으로서의 외적 조건에 의해 온도가 변동하기 쉽고, 기계적 진동이 있다는 것이다. 냉동기의 간편성에도 불구하고 최저온도가 10K정도이기 때문에 원격외선 영역에서는 그다지 사용되지 않고 있다. 그러나 최근에 냉동기의 축냉제 개발과 Joule-Thomson 냉동 장치의 hybrid 형태로 4.5K이하의 온도가 안정적으로 유지할 수 있게 되어 액체헬륨을 대체하고자 하게 되었다. 다음은 기계적 냉동 방식에 대한 사이클과 개요에 대해서 간단히 서술한다.

3.2 냉동기의 요구 사항과 각종 냉각 방식의 상호 비교

그림 2는 적외선 검출기 냉각의 조립도이다. 검출기는 이면이 냉각되고 주위로부터의 열 침입을 막기 위해 진공 용기에 넣어진 구성을 하고 있다. 냉각해야 할 열량은 적외선 검출기의 천기적 발열량, 적외선의 입사열량, 진공단열 성능에 의해 결정되는 것이지만, 통상적으로는 0.3~2W정도로 고려하면 충분한 것 같다.

냉동장치의 필요사양으로서는 저진동일 것, 소요동력이 작을 것, 소형 경량일 것, 충분한 내구성을 가질 것 등이 특히 중요한 사항이다.

3.2.1 Joule-Thomson 냉동 방식

이 방식은 Joule-Thomson 팽창효과에 의한 냉각을 이용한 방식으로서 그림 3에 나타난 것과 같이 고압의 압축기와 열교환기, 팽창밸브

(Joule-Thomson valve)로 구성되어 쉽게 질소나 아르곤을 액화할 수 있기 때문에 적외선 냉각 시스템에 널리 채용되고 있다. 실제의 냉각기는 외경이 5~7mm, 전장 40~60mm 정도로 매우 작게 설계되어 있다. 그림 4.에 이러한 개념적인 구조를 보여주고 있는데 열교환기와 팽창밸브로부터 이루어지는 냉각기 본체를 검출기내에 삽

입한 형태이다.

3.2.2 Gifford-McMahon(G-M) 냉각 방식

이 방식은 1959년대에 미국의 A.D.Little사의 Gifford 와 McMahon에 의해 처음으로 개발되어

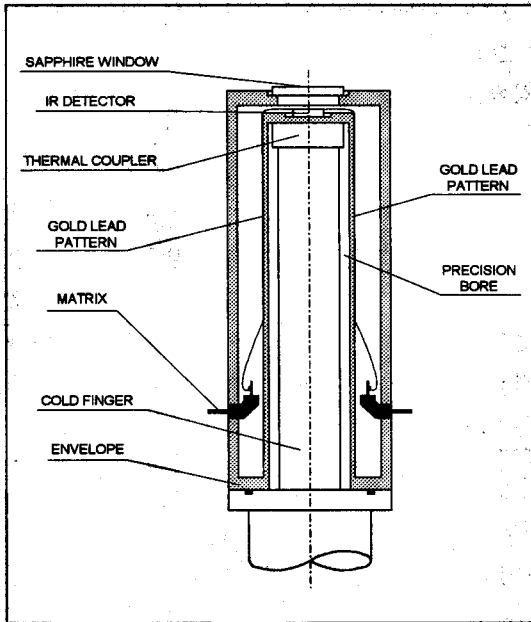


그림 2. 적외선 검출기 냉각의 조립도

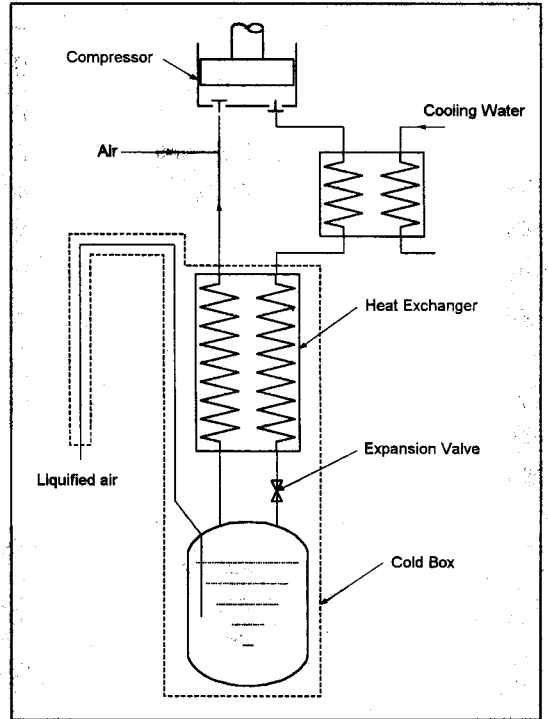


그림 3. Joule-Thomson 냉각 방식

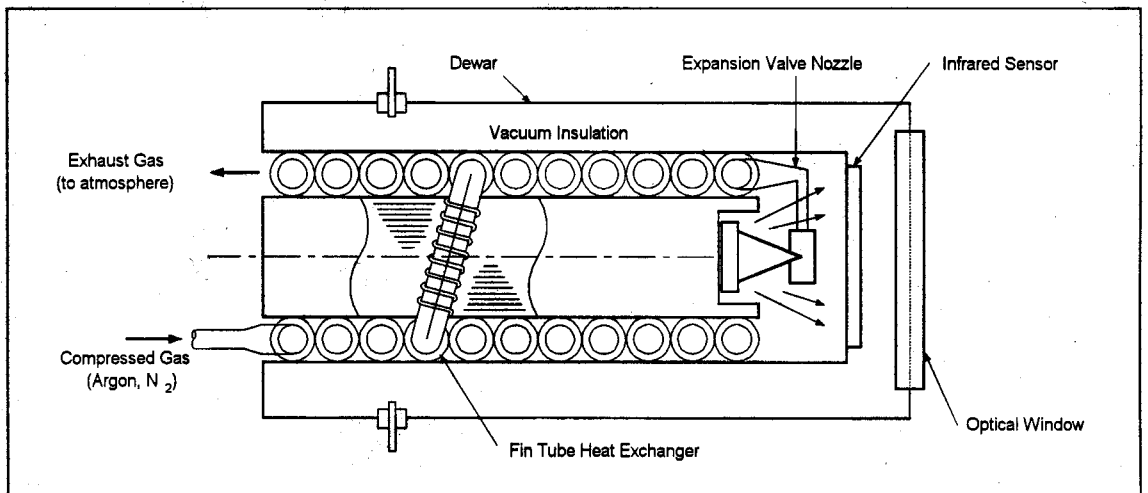


그림 4. Joule-Thomson Cooler

위성통신용의 수신기 냉각용으로서 널리 이용되어 왔다. 냉동능력은 20K에서 10W 정도까지 열 부하를 흡수할 수 있고, 특징으로서는 내구 신뢰성이 뛰어나다. 또한 최근에는 저온에서 기체를 응축 고화시켜 고진공을 발생하는 cryopump용으로서 반도체 관련 제조라인에 보급되어 있다.

그림 5.에 기본 구성과 냉동 cycle, T-S 선도를 보여주고 있는데, 2단의 열 부하를 가지는 실린더 구성에 의해, 20K와 80K의 냉동부하를 얻도록 되어 있다. G-M 방식은 simon 팽창을 연속적으로 일으키도록 고안된 냉동기로 압축기에 의해 안정된 고저압을 발생하는 부분과 왕복기(displacer), 축냉기로 이루어진 저온 발생부 및 양자를 연결한 밸브기구로 구성되어 있다. 밸브기구의 개폐는 축냉기에 의해 예냉된 작동가스가 다음의 공정에서 simon 팽창을 일으키도록 제어된다. 냉각을 위한 냉동일은 그림 5.의 냉동 발생부(공간 2, 공간 3)의 체적과 이 공간에서의

고저압력차의 곱으로 주어진다.

이 방식은 압력비를 크게 하면 냉동량은 증대하지만 효율은 저하한다. 일반적으로 G-M 냉동기는 작동주파수가 낮고 구성이 간단한 장점이 있지만 효율과 장치의 크기의 문제에서는 Vuilleumier 냉동기나 Stirling 냉동기에 비해 뒤떨어진다.

3.2.3 Vuilleumier(VM) 냉각 방식

그림 6.은 VM 방식의 원리 설명도이다. 이 방식에서는 태양열이나 연소열과 같은 고온 열원에 의해 가열되는 고온부와 상온 근방의 중간 온도부 그리고 냉동온도부의 3개의 온도 영역이 존재하는 것이 특징이다. 그림 6.(a) 중의 고온 실린더축 왕복기와 축열기는 외부 열원으로부터의 열에너지를 이용하여 작동가스를 열적으로 압축, 팽창시키는 역할을 하고, 이 압축, 팽창과 적당한 위상차를 가지고 저온 실린더축의 왕복

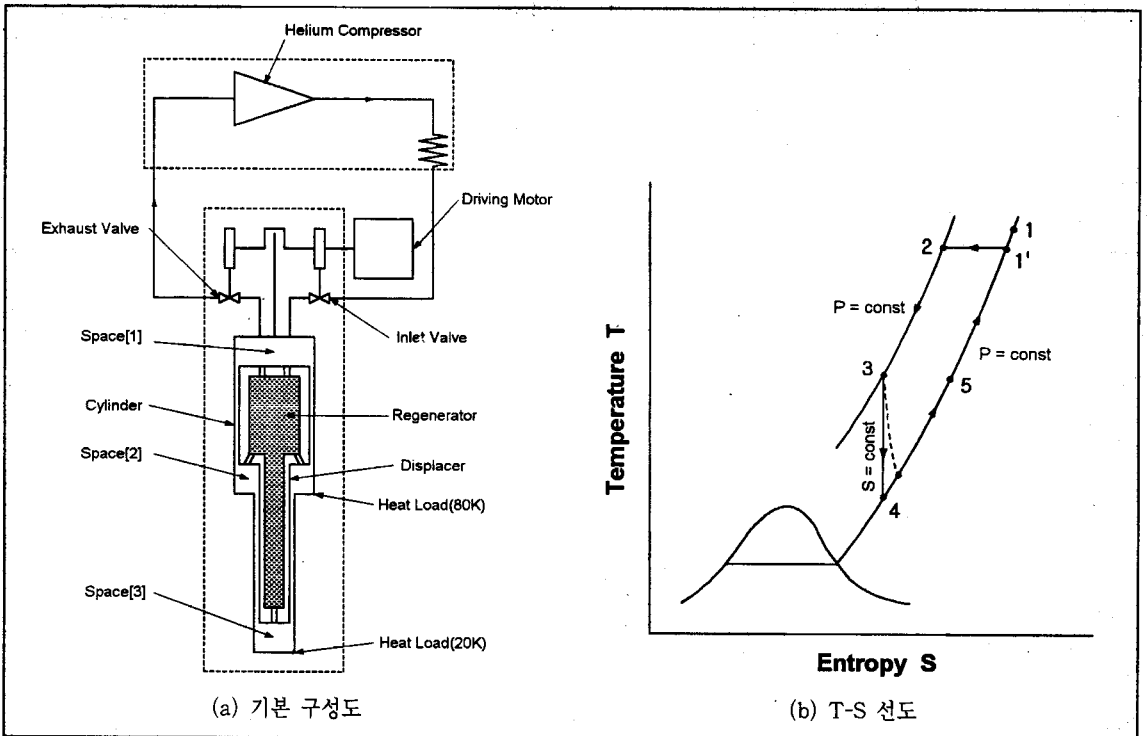


그림 5. Gifford-McMahon 냉동방식에 의한 냉각

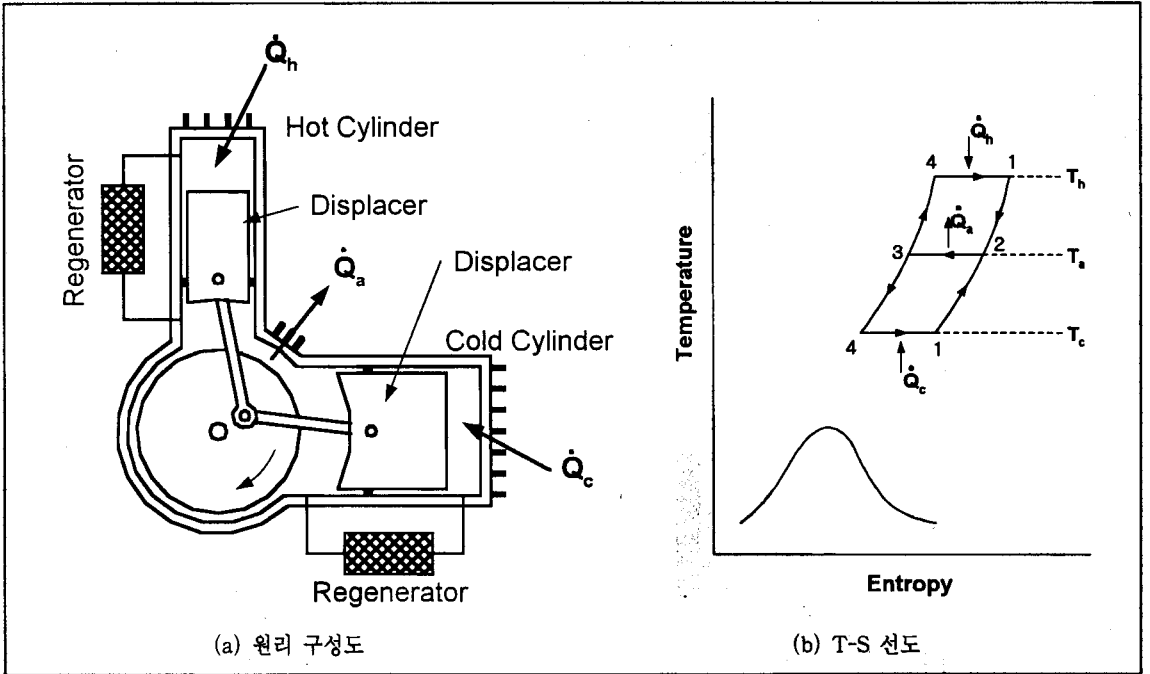


그림 6. Vuilleumier 냉동 방식에 의한 냉각

기를 좌우로 움직여 냉동작용을 일으킨다. 이 방식은 스테링 냉동 방식에 비해 중량, 크기에서 열악한 데, 이것은 기기 구성상 불용 체적이 크게 되기 때문인 것으로 판단된다.

3.2.4 Stirling cycle에 의한 냉각 방식

적외선 카메라에 적합한 대표적인 형식으로서 는 그림 7(a)와 같은 압축 부분과 냉동부가 크랭크 기구로 연결된 일체형과 그림 7(b)와 같이

flexible 배관으로 분리된 형태의 split 형이 있지만 최근에는 수광소자에 대한 압축기의 진동이나 전기적인 영향을 저감할 수 있는 split형이 주류를 이루고 있다.

그림 8에는 스테링 냉동기의 동작원리를 보여 주고 있다. 기본 구성은 (1) 냉동부의 실린더, (2) 축냉기를 채운 displacer, (3) displacer 위치를 중립점에 유지시키는 스프링, (4) 냉동부와 연결 배관, 그리고 (5) 압축부로 이루어진다. 또

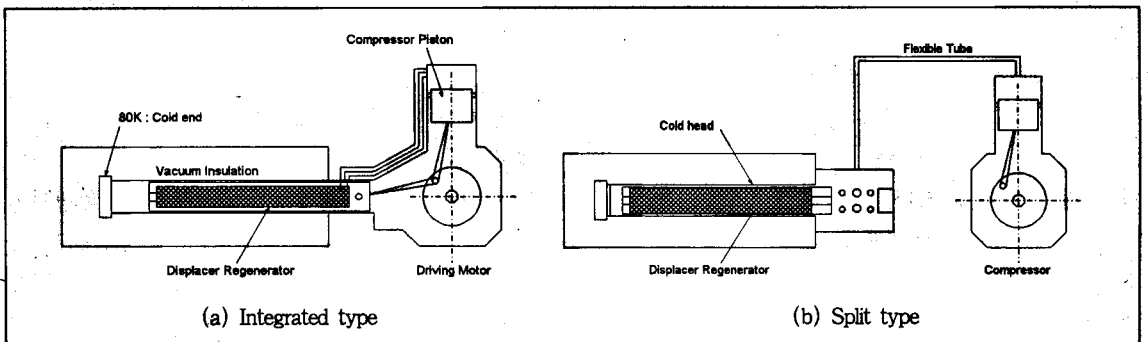


그림 7. 스테링 냉동기의 형태

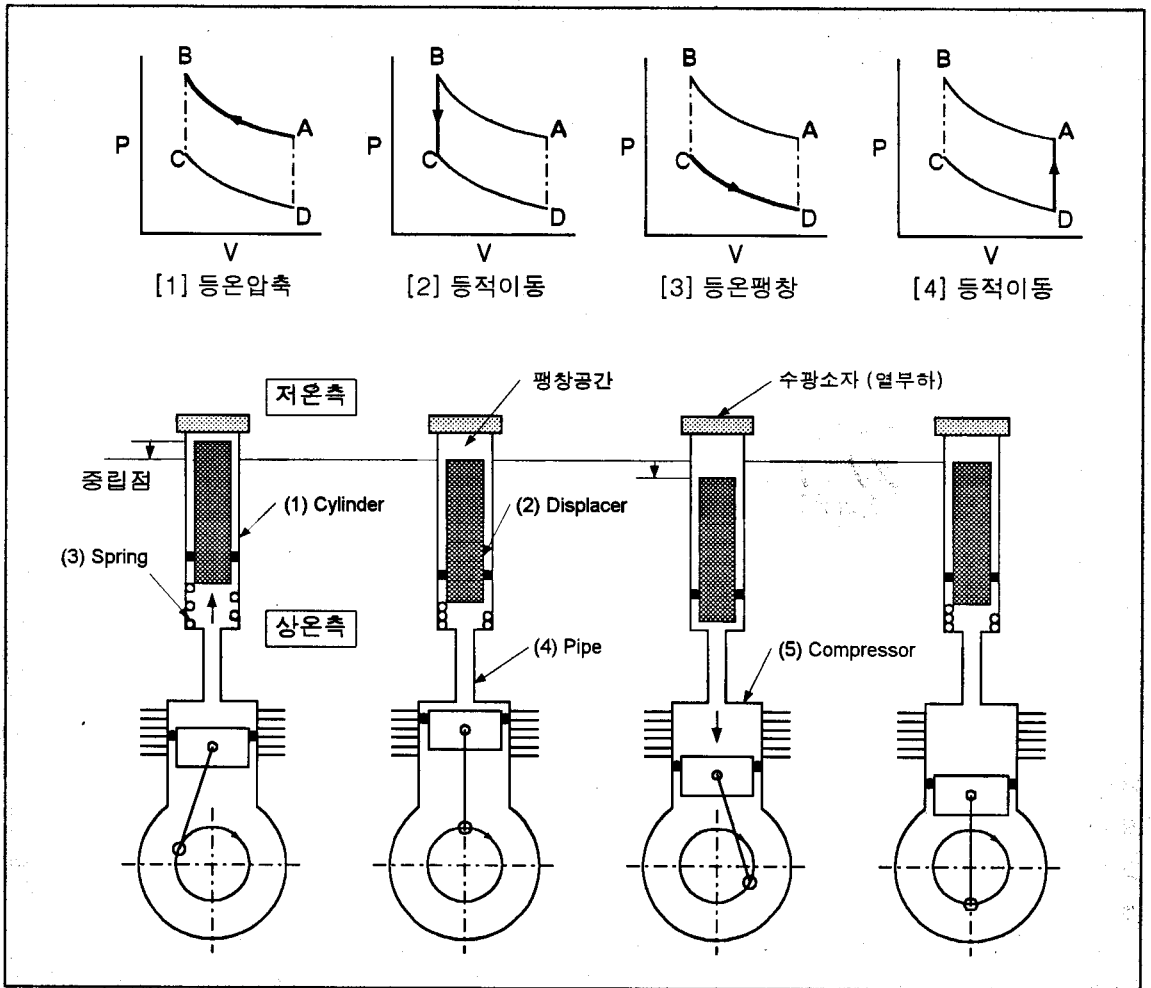


그림 8. 스테링 냉동기의 동작 원리

한 그림에 PV 선도를 나타내었는데, 기본 사이클은 등온압축, 등적과정, 등온팽창, 등적과정의 4행정으로 이루어져 있다.

[1]의 동작은 시스템 공간내의 헬륨압력을 높이는 압축행정이고, 압축열은 냉각핀에 의해 방열된다(등온압축). 또 이 상태에서의 displacer 위치는 압축과 동반하여 중립점보다 위로 이동하고 있는 상태에 있다.

[2]의 동작은 시스템내의 체적이 최소로 되어 압력이 최대가 되고, 이 시점에서 displacer의 위치는 스프링 작용에 의해 중립점으로 돌아오기 때문에 압축가스는 축냉기를 통과하면서 팽창공

간으로 이동한다(등적과정).

[3]의 동작은 압축 피스톤이 내려가서 시스템 공간내의 압력이 감소하고, 동시에 displacer도 아래로 이동하고 있기 때문에 팽창공간내의 체적이 증가하여 팽창이 일어난다. 그리고 외부로부터의 열을 흡수하여 열팽창이 되자 하기 때문에 열부하를 냉각하게 된다(등온팽창).

[4]의 동작은 냉각한 가스의 냉열을 축냉기에 주면서 압축부로 돌아옴과 동시에 displacer도 중립위치로 돌아오기 때문에 가스가 이동한다(등적과정). 또한 displacer의 구동은 시스템 공간의 압력변화와 spring의 작용에 의해 각 행정의 위

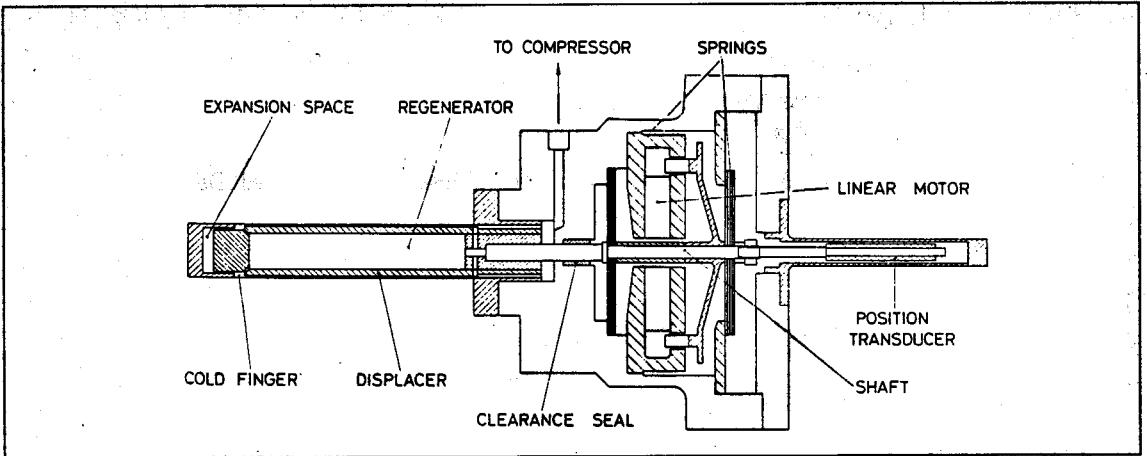


그림 9. Oxford형 스테링 냉동기의 저온 displacer

상 shift의 동작이 최적이 되도록 설계되어 있다.

스테링 냉동기는 주로 우주와 군사의 목적으로 개발되어 왔기 때문에 고신뢰도와 수명이 항상 해결해야 할 문제로 남아 있었다. 이에 대한 해결책으로 최근에는 linear drive compressor를 이용한 Oxford형 극저온 냉동기가 개발되었다. Oxford형 스테링 냉동기에서는 모든 dynamic seal이 비접촉의 gap sealing을 사용하고, displacer는 소형 linear motor에 의해 공기역학적으로 작동되므로 수명이 매우 증가되었다.

그림 9.는 Oxford형으로 제작된 Stirling 냉동기 저온 displacer부를 보여 주고 있다.

3.2.5 Pulse Tube(맥동관) 냉동 방식

최근에 스테링 냉동기의 대체용으로 스테링 냉동기 저온 축의 가동부를 한 개의 pipe로 치환한 형태인 맥동관 냉동기가 개발되어 많은 연구가 이루어지고 있다. 맥동관 냉동기에서 pipe는 관벽과 관내 가스와의 열 수송에 의해 압축기 축에 저온단부, 반대축에 고온단부로 구성되어 저온단부로부터 냉동능력을 얻는다. 맥동관 극저온 냉동기의 특징은 저온부에 기계적 가동부가 없이 구조가 간단하여 운전이나 보수가 용이하고, 장시간 운전에 신뢰성이 높으며 제조 비용이 저렴하나, 스테링 냉동기나 G-M 냉동기에 비해

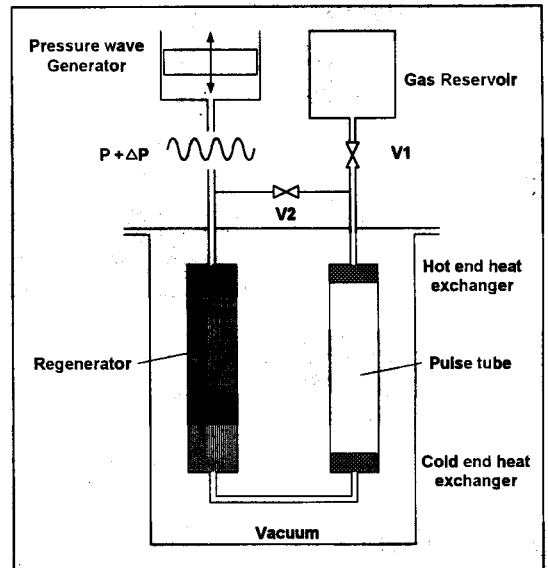


그림 10. 맥동관 극저온 냉동기의 개략도

효율이 낮은 단점이 있었다. 그러나 최근에 맥동관의 폐관 부에 위상제어 기구로서 오리피스를 통한 reservoir를 도입하고, double inlet 및 제 2 밸브 등을 맥동관 고온단에 사용함으로써 최저 도달온도 및 냉동특성이 크게 향상되어 스테링 냉동기와 G-M 냉동기의 대체 가능성을 높여주고 있다.

그림 10.에 맥동관 극저온 냉동기의 개략도를 보여주고 있다. 맥동관 냉동기는 압력과 발생장

치, 축냉기, 맥동관, gas reservoir 및 orifice, double inlet 밸브 등으로 구성되어 있다. 냉동원리는 최초의 기본형 맥동관 냉동기에서는 orifice와 double inlet 밸브가 없이 압력의 고, 저압 진동에 따라 고온의 가스가 맥동관 벽면을 통하여 surface heat pumping 원리에 의해 냉동이 발생하였으나 개선된 맥동관 냉동기에서는 맥동관 고온단의 위상제어기구에 의해 압력과 가스 유속 사이의 위상차에 의해 발생된 팽창일의 펄핑에 의해 냉동이 발생한다.

4. 결 론

지금까지 적외선에 대한 일반적인 개요를 비롯하여 적외선 센서의 종류, 적외선 냉동 방식의 각 유형별 특성에 관하여 고찰하였는데, 용도와 목적에 따라 다양한 방법의 냉동 시스템이 있음을 알 수 있었다.

공통적인 사항으로서 적외선 수광 소자용의 냉동기의 금후 전망은 연속 운전이 가능하고 취급이 간편하여 수명이 긴 냉동기에 대한 개발이 필요하다는 것을 알 수 있다. 또한 실용화를 위해서는 수광 소자와의 interface설계나 목적용도, 사용 조건 등에 대해 해결해야 할 과제도 많이 남아 있다. 이러한 요구 조건에 적합토록 냉동기의 개량을 계속 진행하여 보급이 확대되도록 하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Walker, G., Cryocoolers Part I, II, Plenum Press, New York and London, 1983.
- [2] Walker, G. And Bingham, E.R., Low Capacity Cryogenic Refrigeration, Oxford University Press, Oxford, 1994.
- [3] 초전도 저온공학 Hand book, 일본 Ohm사, 사단법인 저온공학 협회편, 1994.
- [4] 岡本芳三, 원격외선 Remote Sensing 열계측법, 일본 Corona사, 1994.
- [5] 일본기계학회, RC 110 지구환경 및 다중열이용에 적합한 Stirling cycle 기기의 최적요소 설계수법에 관한 연구, 연구성과 보고서, 1993.
- [6] Moss, T. S., Infrared Detectors, Pergamon Press, New York, 1976.
- [7] Richard D. Hudson, Jr., Jacqueline Words Worth Hudson, Infrared Detectors, Dowden, Hutchinson & Ross, Inc, 1975.
- [8] Norton, P. R., Infrared Image Sensor Status, Proceedings, SPIE-The International Society for optical Engineering, 1994.
- [9] Chardin, A., Feger, D., and Verbeed, D., Space Qualification Program of a Signaal Usfa Tactical Cooler for the Mars 1996 Space Mission, Cryocoolers 8, Plenum Press, New York, 1995.
- [10] R. E. McMurray, Jr., Infrared Detector Requirements Which drive Cryogenic Development, Cryogenics, Vol. 34, No. 5, pp.425~429, 1994.
- [11] 渡 紀久, 적외선 수광소자용 냉동기, 일본정밀 공학회지, Vol. 56, No. 11, pp.28~31, 1990.
- [12] Davey, G., Review of the Oxford Cryocooler, Adv. Cryog. Eng., Vol. 35, pp.1423~1430, 1990.
- [13] 山本純也, 적외선 분야, 일본 냉동, Vol. 63, No. 733, pp.130~136, 1988.
- [14] 野間口有, 초소형 Stirling cycle 냉동기에 관하여 - 적외선 소자 냉각용, 일본 냉동, Vol. 62, No. 19, pp.1~7, 1987.
- [15] 한국과학기술원, 적외선 감지용 초전센서 및 array 제조(I), (II), (III), 1995.
- [16] Narayan, R., Dual Opposed Piston Stirling Cryocoolers for IR Systems, Cryocoolers 8, pp.129~136, 1995.