

論文2000-37SD-2-2

비냉각 금속 박막형 열전퇴 적외선 검지기

(Uncooled Metallic Thin-film Thermopile Infrared Detector)

吳光植*, 趙顯德*, 金鎮變**, 李龍鉉*, 李鐘玄*,
李正熙*, 朴世一***(Kwang-Sik Oh, Hyun-Duk Cho, Jin-Sup Kim, Yong-Hyun Lee,
Jong-Hyun Lee, Jung-Hee Lee, and Se Il Park)

요 약

열전퇴의 고온 접합부가 $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2/\text{Si}_3\text{N}_4$ 멤브레인에 의해 실리콘 기판으로부터 열차단되고, 열전퇴의 저온 접합부는 방열판 역할을 하는 실리콘 림(rim)에 의해 지지되는 멤브레인위에 놓여지며, Au-black이 적외선 흡수체로 사용되는 비냉각 금속 박막형 열전퇴 적외선 검지기를 제작하고, 적외선 검지기의 성능지수에 대해 논의하였다. 3~14 μm 의 파장범위에서 Au-black의 적외선 흡수도는 대개 90% 정도였고, Au 증발시의 챔버압력 및 증착된 Au-black의 단위면적당 질량에 크게 의존하였다. 초평 주파수가 5 Hz일 때 Bi-Sb 열전퇴 적외선 검지기의 전압 감응도, 잡음등가전력 및 비검지도는 실온의 공기중에서 각각 약 10.5 V/W, 2.3 nW/Hz^{1/2} 및 $1.9 \times 10^7 \text{cm} \cdot \text{Hz}^{1/2}/\text{W}$ 였다.

Abstract

Uncooled metallic thin-film thermopile infrared detectors have been fabricated, and the figures of merit for the detectors were examined. The hot junctions of a thermopile were prepared on a $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2/\text{Si}_3\text{N}_4$ -membrane which acts as a thermal isolation layer, the cold junctions on the membrane supported with the silicon rim which functions as a heat sink, and Au-black was used as an infrared absorber. Infrared absorbance of Au-black, which strongly depends on the chamber pressure during Au-evaporation and its mass per area, was found to be about 90% in the wavelength range from 3 μm to 14 μm . Voltage responsivity, noise equivalent power, and specific detectivity of Bi-Sb thermopile infrared detector at 5 Hz-chopping frequency were about 10.5 V/W, 2.3 nW/Hz^{1/2}, and $1.9 \times 10^7 \text{cm} \cdot \text{Hz}^{1/2}/\text{W}$ at room temperature in air, respectively.

* 正會員, 慶北大學校 電子電氣工學部
(School of Electronic and Electrical Engineering,
Kyungpook National University)

** 正會員, 仁濟大學校 電子情報通信工學部
(School of Electronic and Telecommunication
Engineering, Inje University)

*** 正會員, 韓國標準科學研究院 電磁氣研究部
(Division of Electromagnetic Metrology, Korea
Research Institute of Standards and Science)

※ 이 논문은 1998년 한국학술진흥재단의 학술연구비에
의하여 지원되었음

接受日字: 1999年11月30日, 수정완료일: 2000年1月19日

I. 서론

적외선 검지기는 오래전부터 군사용 감시 및 추적 시스템 등에 주로 사용되어 왔으며, 최근에 와서는 더욱 발전하여 열 영상 시스템에 응용되고 있다. 적외선 검지기는 군사적인 용도 외에도 산업용 보안 및 안전 시스템과 전자기기 등에서 매우 광범위하게 사용되고 있을 뿐만 아니라, 민수용 보안 시스템의 핵심부품으로 등장하게 되었다^[1].

적외선 검지기는 검지기구에 따라 크게 광 검지기 및 열 검지기로 분류된다. 열 검지형 적외선 검지기는 성능면에서 광 검지형보다 불리하지만, 실온에서의 동작이 가능하기 때문에 별도의 저온유지를 위한 냉각장치를 필요로 하지 않으며, 제작단가가 광 검지형보다 훨씬 더 저렴할 뿐만 아니라, 검지가능한 적외선 파장범위도 광 검지형보다 훨씬 더 넓기 때문에 여러가지 적외선 파장영역에서의 응용이 가능하다^[2]. 이러한 이유 때문에 최근에는 열 검지형 적외선 검지기가 각종 산업용 및 민수용 적외선 검지기로서 각광을 받고 있고, 또한 열 검지형 적외선 검지기에 대한 수요도 증가하고 있다.

열 적외선에 의한 온도에 따른 강유전체의 자발분극 변화로부터 초전전류가 발생하는 초전형 적외선 검지기는 열 검지형 적외선 검지기들중에서 가장 높은 검지도 및 가장 넓은 검지 파장범위를 나타내지만, 일정한 방향의 자발분극을 얻기 위한 강유전체의 분극화(poling) 및 시간에 따른 강유전체의 자발분극 변화를 얻기 위한 복사된 적외선의 초핑(chopping)이 필수적이다. 열 적외선에 의한 열기전력을 발생시키는 열전퇴(thermopile)형 적외선 검지기는 낮은 검지도 및 큰 열시정수에 의한 느린 동작속도 때문에 초전형 적외선 검지기보다 성능은 다소 떨어지지만, 열전퇴형 적외선 검지기의 제작공정이 초전형 적외선 검지기의 것보다 훨씬 더 간편할 뿐만 아니라 제작단가도 월등히 저렴하기 때문에 적외선 검지기의 양산성, 성능 및 외부 전자회로와의 정합성 등을 종합적으로 고려해 본다면, 열전퇴형 적외선 검지기가 민수용 적외선 검지기로서 가장 적합하다^[3].

본 연구에서는 실리콘 기판의 벌크 마이크로머시닝으로 제작된 열차단용 $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2/\text{Si}_3\text{N}_4$ 멤브레인위에

Bi-Sb 열전쌍 또는 크로멜-알루미늄 열전쌍의 직열 연결로 만들어지는 열전퇴의 고온 접합부, 등은 수집층 및 적외선 흡수체가 순서대로 각각 적층되고, 열전퇴의 저온 접합부는 방열판 역할을 하는 실리콘 림(trim)에 의해 지지되는 멤브레인위에 놓여지는 구조의 비냉각 금속 박막형 열전퇴 적외선 검지기를 제작하고, 또한 적외선 흡수체의 특성 및 적외선 검지기의 성능지수에 대해 논의하였다.

II. 적외선 검지기의 제작

적외선 검지기 제작을 위한 기판으로는 결정면이 (100), 비저항이 $5\sim 20 \Omega \cdot \text{cm}$, 두께가 약 $600 \mu\text{m}$ 이고, 양면이 경면으로 연마된 직경 5인치의 N형 실리콘 웨이퍼를 사용하였다. 적외선 검지기의 제작공정 순서를 그림 1에 나타내었다.

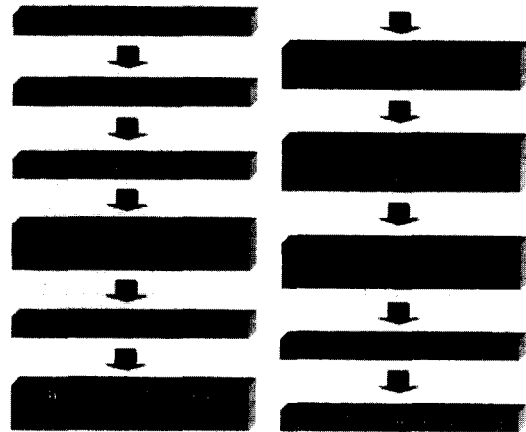


그림 1. 적외선 검지기의 제작공정 순서

Fig. 1. Process sequence for the fabrication of infrared detectors.

우선 적외선 검지기와 실리콘 기판 사이의 열차단용 멤브레인으로 사용될 $150 \text{ nm-Si}_3\text{N}_4/300 \text{ nm-SiO}_2/150 \text{ nm-Si}_3\text{N}_4(\text{N/O/N})$ 박막을 저압화학증착법으로 실리콘 기판위에 증착하였다. 실리콘 기판에 의해 Si_3N_4 박막에 나타나는 인장 스트레스와 SiO_2 박막에 나타나는 압축 스트레스가 서로 균형을 이루게 할 수 있기 때문에 이러한 샌드위치구조의 N/O/N 멤브레인은 기계적으로 안정된 특성을 나타낼 뿐만 아니라, 이 멤브레인의 수평방향 열전도도가 약 $2.4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 으로서 실리콘

의 벌크 열전도도 약 $140 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 보다 훨씬 더 작기 때문에 N/O/N 멤브레인은 우수한 열차단 특성을 나타낸다^[4-7].

그 다음 실리콘 기판의 앞면에서는 와이어 본딩패드로 사용되고, 기판의 뒷면에서는 실리콘의 이방성 식각용 N/O/N 식각 마스크의 제작을 위한 약 40 nm 두께의 Ti 및 약 200 nm 두께의 Pt를 각각 고주파 마그네트론 스퍼터링하였다. 기판 앞면 및 뒷면의 Pt/Ti를 습식식각한 후 반응성 이온식각으로 기판 뒷면의 N/O/N 층을 식각하였다.

기판 뒷면의 N/O/N 층을 식각한 후, 기판 앞면의 유전체 멤브레인위에 Bi-Sb 열전퇴를 제작할 경우 Bi 및 Sb 박막을 각각 약 800 nm 및 약 500 nm의 두께로 진공증착하고, 감광액 lift-off 공정으로 열전퇴의 패턴을 형성하였고, 또한 크로멜-알루멜 열전퇴를 제작할 경우에는 크로멜 및 알루멜 박막을 각각 약 500 nm의 동일한 두께로 DC 마그네트론 스퍼터링하고, 감광액 lift-off 공정으로 패턴을 형성하였다.

열전퇴의 고온 접합부로부터 저온 접합부까지 두종류 열전금속을 통한 열전도가 동일하게 되도록 하기 위해 두종류의 열전금속 박막의 단면적, 즉 두께 및 폭을 서로 다르게 해야 한다^[4]. Bi 및 Sb 박막의 열전도도는 각각 약 $5.2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 및 약 $13 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 으로서 서로 크게 다르기 때문에 Bi 및 Sb 박막의 선폭이 각각 약 $50 \mu\text{m}$ 및 약 $30 \mu\text{m}$ 가 되도록 하였고^[8], 또한 크로멜 및 알루멜 박막의 열전도도는 각각 약 $90 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 및 약 $95 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 으로서 서로 비슷하기 때문에 크로멜 및 알루멜 박막의 선폭은 각각 약 $30 \mu\text{m}$ 및 약 $20 \mu\text{m}$ 로 하였으며, 이들 패턴의 길이는 모두 약 $600 \mu\text{m}$ 였다.

열전퇴의 고온 접합부와 적외선 흡수체 사이의 절연체 역할을 하고, 적외선 흡수체에서 발생된 열을 균일하게 유지시킬 뿐만 아니라, 적외선 흡수체의 열을 열전퇴의 고온 접합부로 전달시키는 등은 수집층으로서 사진 감광액을 약 $1 \mu\text{m}$ 두께로 열전퇴의 고온 접합부 위에 스핀 코팅하였다. 다음은 적외선 흡수체 형성공정으로서 질소를 잔류기체로 하는 약 1 Torr의 저진공 챔버속에서 Au를 증발시켜 약 $600 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 의 단위면적당 질량을 갖는 적외선 흡수체 Au-black을 등은 수집층위에 증착하고, 감광액 lift-off 방법으로 Au-black의 패턴을 형성하였다.

기판의 뒷면에 형성된 Pt/Ti/N/O/N 박막을 식각 마

스크로 하고 실리콘 기판을 약 85°C 의 KOH 수용액으로 이방성 식각하여, 그림 2가 보여주는 바와 같이 열전퇴의 고온 접합부 및 저온 접합부가 각각 열차단용 N/O/N 멤브레인위 및 방열판 역할을 하는 실리콘 림(rim)에 의해 지지되는 멤브레인위에 놓여지는 구조의 열전퇴 적외선 검지기를 제작하였다. 실리콘 기판의 이방성 식각시 기판의 앞면에 먼저 형성된 패턴들이 KOH 수용액에 의해 손상되지 않도록 하기 위해 특별히 고안된 지그(jig)가 사용되었다. 실리콘 기판의 (100)면에 대한 식각율은 분당 약 $1.6 \mu\text{m}$ 였고, Bi-Sb 및 크로멜-알루멜 열전퇴 적외선 검지기의 열차단용 N/O/N 멤브레인의 면적은 각각 약 3.8 mm^2 및 약 3.0 mm^2 였다. 그림 3은 본 연구에서 제작된 열전퇴 적외선 검지기를 패키지에 와이어 본딩한 사진이다.

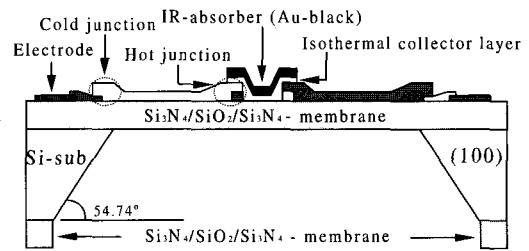


그림 2. 적외선 검지기의 개략도
Fig. 2. Schematic diagram of the infrared detector.

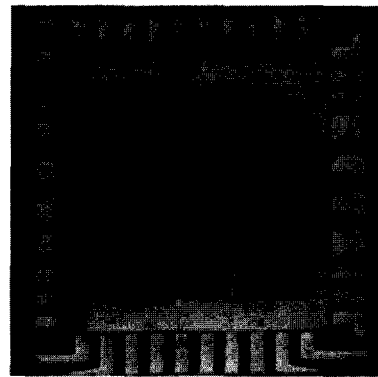


그림 3. 패키지에 와이어 본딩된 적외선 검지기의 사진
Fig. 3. Photograph of the infrared detector after wire-bonding with package.

III. Au-black의 적외선 흡수도

Au의 저진공 증착으로 제조되는 Au-black이 Bi-Sb

및 크로멜-알루미늄 열전퇴 적외선 검지기의 적외선 흡수체로서 사용되었다. 진공챔버에 질소가스를 주입하여 약 1 Torr의 챔버압력으로 증착시킨 Au-black의 SEM 사진을 그림 4에 나타내었다. 여기서 Au-black의 단위면적당 질량은 약 $600 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 이고, 두께는 약 $5 \mu\text{m}$ 였다. 그림 4가 보여주는 바와 같이 Au-black은 미세한 침들이 습과 같이 뭉쳐진 구조를 갖기 때문에 Au-black에는 많은 미세공동이 존재한다는 것을 알 수 있다. 증발된 Au와 잔류 질소가스 사이의 충돌에 의해 Au의 표면 이동도가 크게 감소되어 Au는 처음 도달한 기관의 위치에 계속 달라 붙게 되며, 이러한 증착과정에 의해 Au-black의 내부에 많은 미세공동이 생기게 되고, 또한 Au-black의 표면도 매우 거칠게 된다^{19, 10)}. Au-black의 내부에 있는 많은 미세공동에 의해 Au-black에 복사된 적외선은 흡수와 반사를 반복하여 궁극적으로 미세공동속에 포획되기 때문에 적외선의 반사 및 투과에 의한 열 손실이 현저히 감소하게 된다.

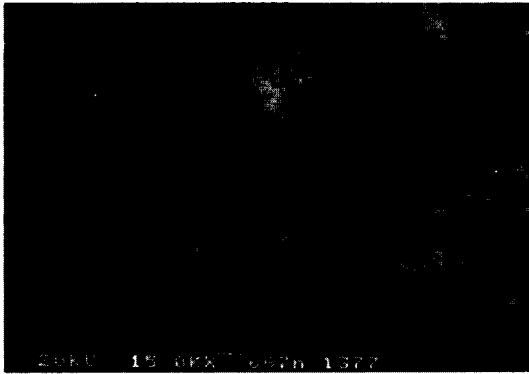


그림 4. Au-black의 표면형상

Fig. 4. Surface morphology of Au-black.

실리콘 기관의 적외선 파장에 따른 반사도 및 투과도 측정으로부터 실리콘 기관의 적외선 흡수도를 구하였고, 실리콘 기관위에 증착된 Au-black의 적외선 흡수도를 구할 때 실리콘 기관의 적외선 흡수도를 충분히 고려하였다. 적외선 반사도 및 투과도 측정을 위해 MCT(Mercury Cadmium Telluride : HgCdTe)를 적외선 검지기로 하는 FTIR 분광분석기가 사용되었다. 본 실험에서 사용된 실리콘 기관은 $3\sim 14 \mu\text{m}$ 의 측정 파장범위중 대개 $9 \mu\text{m}$ 이상의 파장영역에서 약간의 반사도 및 흡수도를 나타내었고, $9 \mu\text{m}$ 이하의 파장영역에서는 거의 100%에 가까운 투과도를 나타내었다.

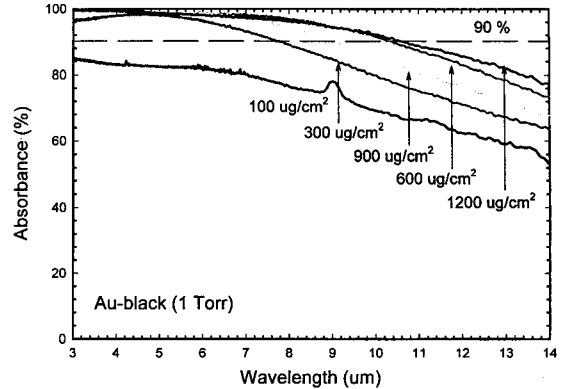


그림 5. Au-black의 단위면적당 질량에 따른 적외선 흡수도 스펙트럼

Fig. 5. Infrared absorbance spectra of Au-black as a function of mass per area.

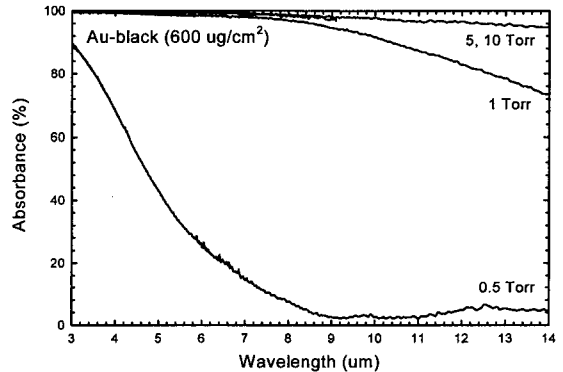


그림 6. Au-black의 증착시 챔버압력에 따른 적외선 흡수도 스펙트럼

Fig. 6. Infrared absorbance spectra of Au-black as a function of evaporation chamber pressure.

그림 5에 챔버압력을 약 1 Torr로 하고, Au 증발원의 양을 변화시켜 증착된 Au-black의 단위면적당 질량에 따른 적외선 흡수도 스펙트럼을 나타내었다. 그림 5로부터 약 1 Torr의 챔버압력으로 Au-black을 증착하는 경우 단위면적당 질량이 약 $600 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 이상인 Au-black의 적외선 흡수도는 $3\sim 14 \mu\text{m}$ 의 파장범위에서 대체로 90%정도가 됨을 알 수 있다.

단위면적당 질량을 약 $600 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 로 하고, 챔버압력을 $0.5\sim 10$ Torr의 범위로 바꾸어 증착된 Au-black의 증착시 챔버압력에 따른 적외선 흡수도 스펙트럼을 그림 6에 나타내었다. 여기서 약 1 Torr이상의 챔버압력으로 증착된 Au-black은 거의 90%의 적외선 흡수도를 나타내는데, 이것은 약 1 Torr이상의 챔버압력으로 증

착된 Au-black에서 적외선을 포획하는 미세공동 밀도가 크게 증가하기 때문인 것으로 생각된다.

IV. 적외선 검지기의 성능지수

적외선 검지 성능지수의 측정을 위한 적외선 원으로서 900 K의 흑체복사가 사용되었고, 복사구멍의 직경은 0.4인치였으며, 적외선 원에서 사용된 필터의 투과도는 1~25 μm 의 파장범위에서 100%였다. 적외선 원과 검지기 사이의 거리는 약 10cm였고, 적외선 원으로부터 검지기에 복사되는 전력은 약 4 mW/cm^2 였다. 성능지수의 계산에 사용된 검지기의 감지면적은 열전퇴의 고온 접합부 면적으로 하였고, 성능지수는 모두 실온의 공기중에서 측정되었다. 또한 열 영상 검출용 화소(pixel)로서 열전퇴 적외선 검지기가 응용될 경우 적외선의 초핑이 필요하기 때문에 본 연구에서는 초핑 주

파수에 따른 적외선 검지기의 성능지수를 측정하였다.

Bi-Sb 및 크로멜-알루멜 열전퇴 적외선 검지기의 적외선 초핑 주파수에 따른 전압 감응도(voltage responsivity)를 그림 7에 나타내었다. 여기서 Bi-Sb 및 크로멜-알루멜 열전퇴는 각각 공히 40개 열전쌍의 직열 연결로 제작되었고, Bi-Sb 및 크로멜-알루멜 열전퇴의 고온 접합부 전체면적은 각각 약 $1.96 \times 10^{-3}\text{ cm}^2$ 및 약 $1.44 \times 10^{-3}\text{ cm}^2$ 이었으며, 고온 접합부와 저온 접합부의 면적은 동일하였다.

5 Hz의 초핑 주파수에서 Bi-Sb 및 크로멜-알루멜 열전퇴 검지기의 전압 감응도는 각각 약 10.5 V/W 및 약 7.0 V/W로서, 열전 성능지수(Seebeck 계수차이)가 큰 열전쌍으로 제작된 검지기가 높은 전압 감응도를 나타내었다. 본 실험에서 제작된 Bi-Sb 및 크로멜-알루멜 박막 열전쌍의 열전 성능지수는 각각 약 $97\ \mu\text{ V/K}$ 및 약 $36\ \mu\text{ V/K}$ 로서, 벌크 열전쌍의 열전 성능지수보다 약간 더 작은 값을 각각 나타내었다^[11-12].

그림 8로부터 구한 Bi-Sb 및 크로멜-알루멜 열전퇴 검지기의 열 시정수(thermal time constant)는 각각 약 50 ms 및 약 65 ms로서, 두종류 검지기 모두 비교적 큰 열 시정수를 나타내었다. 그림 7 및 그림 8이 보여주는 바와 같이 이러한 큰 열 시정수 때문에 전압 감응도가 초핑 주파수에 강하게 의존하는 것으로 보인다.

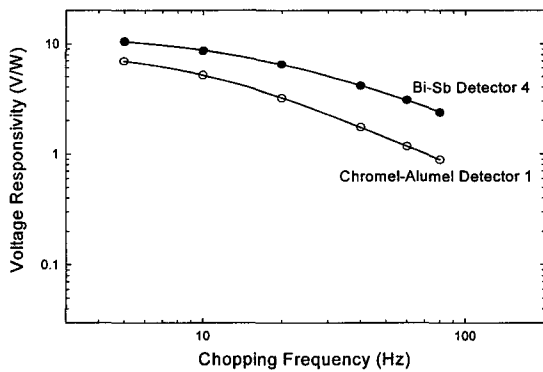


그림 7. 초핑 주파수에 따른 전압 감응도
Fig. 7. Voltage responsivity as a function of chopping frequency.

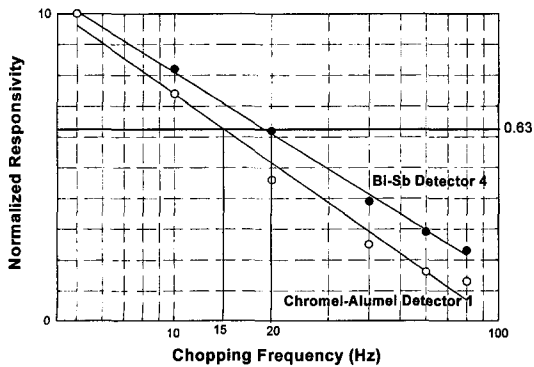


그림 8. 열 시정수의 계산
Fig. 8. Thermal time constant calculation.

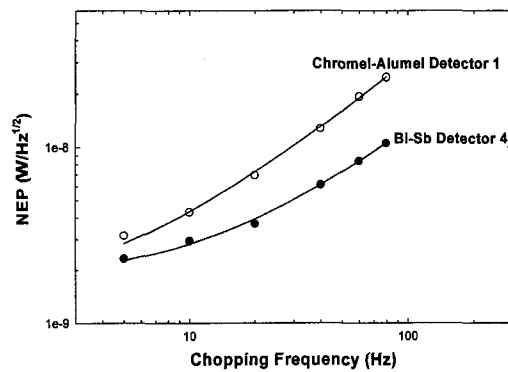


그림 9. 초핑 주파수에 따른 잡음등가전력
Fig. 9. Noise equivalent power as a function of chopping frequency.

적외선 검지기의 초핑 주파수에 따른 잡음등가전력(noise equivalent power)을 그림 9에 나타내었다. 초핑 주파수가 증가함에 따라 잡음등가전력이 증가하는 것은 초핑 주파수의 증가에 따른 전압 감응도의 감소 때문인 것으로 생각된다. 10 Hz의 초핑 주파수에서 등가

잡음대역폭(equivalent noise bandwidth)이 2.5 Hz일 때 Bi-Sb 및 크로멜-알루멜 열전퇴 검지기의 잡음분광밀도(noise spectral density)는 각각 약 16 nV/Hz^2 및 약 14 nV/Hz^2 였고, 5 Hz 초핑 주파수에서 Bi-Sb 및 크로멜-알루멜 열전퇴 검지기의 잡음등가전력은 각각 약 $2.3 \text{ nV/Hz}^{1/2}$ 및 약 $3.2 \text{ nV/Hz}^{1/2}$ 였다.

본 실험에서 제작된 Bi-Sb 및 크로멜-알루멜 열전퇴의 전체 저항은 각각 약 12 k Ω 및 약 0.9 k Ω 이었다. 잡음분광밀도의 측면에서 크로멜-알루멜 열전퇴 검지기가 Bi-Sb 열전퇴 검지기보다 성능이 더 우수한 이유는 크로멜-알루멜 열전퇴의 작은 저항으로부터 기인하는 낮은 열잡음 때문이고, 또한 잡음등가전력의 측면에서 Bi-Sb 열전퇴 검지기가 크로멜-알루멜 열전퇴 검지기보다 성능이 더 우수한 것은 Bi-Sb 열전퇴 검지기의 더 높은 전압 감응도 때문이다.

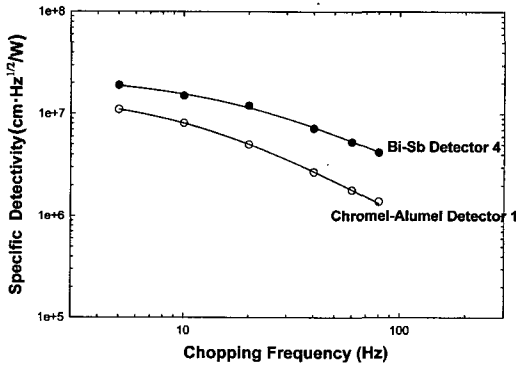


그림 10. 초핑 주파수에 따른 비검지도

Fig. 10. Specific detectivity as a function of chopping frequency.

Bi-Sb 및 크로멜-알루멜 열전퇴 검지기의 초핑 주파수에 따른 비검지도(specific detectivity)를 그림 10에 나타내었다. 5 Hz의 초핑 주파수에서 Bi-Sb 및 크로멜-알루멜 열전퇴 검지기의 비검지도는 각각 약 $1.9 \times 10^7 \text{ cm} \cdot \text{Hz}^{1/2}/\text{W}$ 및 약 $1.1 \times 10^7 \text{ cm} \cdot \text{Hz}^{1/2}/\text{W}$ 로서 Bi-Sb 열전퇴 검지기가 크로멜-알루멜 열전퇴 검지기보다 약간 더 높은 비검지도를 나타내었는데, 이것은 Bi-Sb 열전퇴 검지기의 높은 전압 감응도에 의한 작은 잡음등가전력 때문이다. 그리고 초핑 주파수가 증가함에 따라 비검지도가 감소하는 것은 초핑 주파수의 증가에 따른 전압 감응도의 감소 때문이다.

실온의 공기중에서 측정된 Bi-Sb 및 크로멜-알루멜

열전퇴 적외선 검지기의 성능지수를 표 1에 요약하였다. 최근에는 열전 성능지수가 큰 열전금속의 개발로 인하여 약 300 $\mu\text{V/K}$ 의 열전 성능지수를 갖는 Bi-Te 및 Bi-Sb-Te의 두종류 열전금속으로 제작된 열전퇴 적외선 검지 화소(pixel)의 경우 실온의 진공중에서 약 $10^9 \text{ cm} \cdot \text{Hz}^{1/2}/\text{W}$ 이상의 비검지도가 얻어지기도 한다^[13].

표 1. 열전퇴 적외선 검지기의 성능지수
Table 1. Figures of merit of thermopile infrared detectors.

Infrared Detectors	Voltage Responsivity at 5 Hz [V/W]	NEP at 5 Hz [$\text{nW/Hz}^{1/2}$]	Specific Detectivity at 5 Hz [$\text{cm} \cdot \text{Hz}^{1/2}/\text{W}$]
Bi-Sb Thermopile	10.5	2.3	$1.9\text{E}7$
Chromel-Alumel Thermopile	7.0	3.2	$1.1\text{E}7$

V. 결론

본 연구에서는 저압화학증착법 및 실리콘 기판의 마이크로머시닝으로 제작된 열차단용 150 nm-Si₃N₄/300 nm-SiO₂/150 nm-Si₃N₄ 멤브레인위에 Bi-Sb 또는 크로멜-알루멜 열전퇴의 고온 접합부, 사진 감광액의 등은 수집층 및 적외선 흡수체 Au-black이 순서대로 적층되고, 열전퇴의 저온 접합부는 방열판 역할을 하는 실리콘 림에 의해 지지되는 멤브레인위에 놓여지는 구조의 비냉각 열전퇴 적외선 검지기를 제작하고, 적외선 흡수체의 특성 및 적외선 검지기의 성능지수에 대해 논의하였다.

적외선 흡수체 Au-black의 단위면적당 질량이 약 $600 \mu\text{g/cm}^2$ 인 경우 약 1 Torr이상의 챔버압력으로 증착된 Au-black에는 적외선이 포획되는 고밀도의 미세 공동이 존재하기 때문에 3~14 μm 의 파장범위에서 Au-black은 대개 90%의 높은 적외선 흡수도를 나타내었고, 또한 Au-black의 적외선 흡수도는 증착시 챔버압력 및 단위면적당 질량에 크게 의존하였다. Bi-Sb 열전퇴 적외선 검지기의 전압 감응도, 잡음등가전력, 비검지도 및 열 시정수가 5 Hz의 초핑 주파수 및 실온의 공기중에서 각각 약 10.5 V/W, 2.3 $\text{nW/Hz}^{1/2}$, $1.9 \times 10^7 \text{ cm} \cdot \text{Hz}^{1/2}/\text{W}$ 및 50 ms로서, 주로 전압 감응도 및 잡

음특성의 차이에 의해 Bi-Sb 열전퇴 적외선 검지기가 크로멜-알루멜 열전퇴 적외선 검지기보다 다소 우수한 성능지수를 나타내었지만, 크로멜-알루멜 열전퇴를 채용하면 매우 어려운 Bi-Sb 열전퇴 제작공정의 수행을 피할 수 있다.

Bi-Sb 및 크로멜-알루멜 열전퇴 적외선 검지기 모두 일반적인 열전퇴 적외선 검지기의 단점들중의 하나인 비교적 큰 열 시정수를 나타내었는데, 검지기의 동작속도 향상을 위해서 열 시정수를 줄여야 하겠고, 또한 검지기의 성능지수를 진공중에서 측정한다면 더 우수한 성능지수를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

[1] William Nunley and J. Scott Bechtel, *Infrared optoelectronics-devices and applications*, Marcel Dekker, Inc., 1987.
 [2] E. L. Dereniak and G. D. Boreman, *Infrared detectors and systems*, A Wiley Interscience Publication, 1996.
 [3] Paul W. Kruse and David D. Skatrud, *Uncooled infrared imaging arrays and systems*, Academic Press, 1997.
 [4] T. Elbel et al., "Thermoelectric radiation microsensors," *Sensors and Actuators A*, vol. 41-42, pp. 493-496, 1994.
 [5] 김명규 등, "스트레스 균형이 이루어진 Si₃N₄/SiO₂/Si₃N₄ 유전체 멤브레인의 제작," *센서학회지*, 제4권, 제3호, pp. 51-59, 1995
 [6] F. Völklein, "Thermal conductivity and diffusivity of a thin film SiO₂-Si₃N₄ sand-

wich system." *Thin Solid Films*, vol. 188, pp. 27-33, 1990.
 [7] T. Elbel, "Miniaturized thermoelectric radiation sensors," *Sensors and Materials*, vol. 3, no. 2, pp. 97-109, 1991.
 [8] Völklein et al., "High-sensitivity radiation thermopiles made of Bi-Sb-Te films," *Sensors and Actuators A*, vol. 29, pp. 87-91, 1991.
 [9] W. Lang et al., "A thin-film bolometer for radiation thermometry at ambient temperature," *Sensors and Actuators A*, vol. 21-23, pp. 473-477, 1990.
 [10] Walter Lang et al., "Absorbing layers for thermal infrared detectors," *Digest of Technical Papers of Transducers '91*, pp. 635-638, 1991.
 [11] J. Schieferdecker et al., "Infrared thermopile sensors with high sensitivity and very low temperature coefficient," *Sensors and Actuators A*, vol. 46-47, pp. 422-427, 1995.
 [12] A. W. Van Herwaarden and P. M. Sarro, "Thermal sensors based on the Seebeck effect," *Sensors and Actuators*, vol. 10, pp. 321-346, 1986.
 [13] Marc C. Foote et al., "Uncooled thermopile infrared detector linear arrays with detectivity greater than 10⁹ cm · Hz^{1/2}/W," *IEEE Trans. on Electron Devices*, vol. 45, no. 9, pp. 1896-1901, 1998.

저 자 소 개



吳光植(正會員)
 1971년 9월 16일생. 1998년 2월 인제대학교 전자정보통신공학부 졸업(공학사). 2000년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사). 2000년 2월~현재 피케이주식회사 근무. 주관심 분야는 MEMS, 적외선 검지기 및 플라즈마 식각장비 등임



趙顯德(正會員)
 1974년 5월 27일생. 1999년 2월 경북대학교 전자전기공학부 졸업(공학사). 1999년 3월~현재 경북대학교 대학원 전자공학과 재학중(석사과정). 주관심 분야는 MEMS, 적외선 검지기 및 열전변환기 등임

金 鎮 變(正會員) 第 36卷 D編 第 9號 參照
현재 인제대학교 전자정보통신공학부 부교수



李 龍 鉉(正會員)
1946년 3월 17일생. 1975년 2월 경
북대학교 전자공학과 졸업(공학사).
1977년 2월 경북대학교 대학원 전
자공학과 졸업(공학석사). 1991년 2
월 충남대학교 대학원 전자공학과
졸업(공학박사). 1979년 4월~현재
경북대학교 공과대학 전자전기공학부 교수. 주관심 분
야는 반도체 재료 및 공정, GaN 결정성장 및 소자, 적
외선 검지기 및 공진기 등임

李 鐘 玄(正會員) 第 36卷 D編 第 9號 參照
현재 경북대학교 전자전기공학부 교수 및 재단법인 대
구테크노파크사업단 단장

李 正 熙(正會員) 第 36卷 D編 第 9號 參照
현재 경북대학교 전자전기공학부 부교수

朴 世 一(正會員) 第 36卷 D編 第 9號 參照
현재 한국표준과학연구원 전자기연구부 근무