

논문 2006-43TC-5-23

# 밀리미터파 수동 이미징 시스템 연구

(Studies on the millimeter-wave Passive Imaging System)

정민규\*\*, 채연식\*, 김순구\*, 미즈노코지\*\*\*, 이진구\*

(Min-Kyoo Jung, Yeon-Sik Chae, Soon-Koo Kim, Mizuno Koji, and Jin-Koo Rhee)

## 요약

본 연구에서는 물체의 복사 에너지를 수신하여 영상화하는 밀리미터파 수동 이미징 시스템을 설계하였다. 수동 이미징 시스템은 수신하는 열 잡음 신호가 매우 미약하기 때문에 렌즈와 수신기 전단이 매우 중요하다. 수신된 신호를 집중시키기 위한 렌즈는 광학전달함수를 적용하여 설계하였다. 수동 이미징 시스템에서는 열 잡음을 고감도 및 광대역으로 수신할 필요가 있기 때문에, 이미징에 필요한 증폭기의 목표성능을 최대이득40dB, 최대잡음지수 5dB로 하였으며, 대역폭을 10GHz로 하였다. 증폭된 밀리미터파를 직류 출력하는 검파회로 설계에는 SBD MSS-20 141B10D 다이오드를 사용했다.

## Abstract

In this study, we have designed the millimeter-wave passive imaging system which records energy that is reflected or emitted from the source and produces image. The lens and front-end of receiver appeared to be important in the system to detect input thermal noise signal. The lens for signal focusing has been designed by optical transfer function. Amplifier of the imaging system has been set up with 40dB in maximum gain, 5 dB in maximum noise figure, and 10GHz in bandwidth to enhance sensitivity for thermal noise and to receive it in wide-band width as well. The SBD MSS-20 141B10D diode has been used for the detector circuit to convert amplified millimeter-wave signals to DC output.

**Keywords :** Millimeter-wave, Passive imaging, Thermal noise signal, Detector

## I. 서론

특정 물체의 온도에 따른 밀리미터파 복사 에너지가 흑체복사 이론을 바탕으로 밀리미터파 대역에 있어서도 흑체 온도와 휘도가 비례관계인 것으로부터 밀리미터파 수동 이미징 연구가 시작됐다. 주파수와 흑체 방사온도의 관계인 플랑크 방사곡선<sup>[1]</sup>에 따르면 적외선 영역에 비해 열세하지만 밀리미터파 대역에서도 특정 물체의

온도에 따라 전력이 방사되는 양이 다르며, 온도와 방사전력이 비례관계인 것을 알 수 있다. 밀리미터파 이미징 방식에는 크게 나누어 능동 이미징과 수동 이미징의 두 방식이 있다. 능동 이미징은 발진기로부터 방사되는 간섭성의 밀리미터파를 물체에 조사해서 그 반사파 혹은 투과파를 수신·검파하여, 수신강도 혹은 위상에 대응하는 화상을 얻는다. 발진기 출력에 대응하는 전력을 수신하는 것이 가능하기 때문에 수신강도는 비교적 강하지만, 간섭성의 전파를 쓰고 있기 때문에 speckle이나 glint가 생겨 화상화의 경우에 복잡한 신호 처리가 요구된다<sup>[2]</sup>. speckle이라고 하는 것은, 간섭성의 전파가 거친 면에서 산란 반사할 때에 생기는 반점 모양의 것이다. 또한, 전자파가 물체로부터 반사·산란되었을 때, 물체의 형상에 의해서 특이하게 그 산란강도가 크게 되는 경우가 있으며, 이 현상을 glint라 부른다. 이와 같은 능동 이미징 방식은, 이미징 레이더나 플라즈마 전자밀도 측정 등에 주로 이용된다<sup>[2-3]</sup>.

\* 정희원, 동국대학교 밀리미터파 신기술 연구센터 (Millimeter-wave Innovation Technology Research center)

\*\* 정희원, 삼성 탈레스 (Samsung Thales CO., LTD.)

\*\*\* 東北大學 電氣通信研究所 (RIEC Tohoku University)

※ 본 연구는 동국대학교 밀리미터파 신기술 연구센터 (MINT)를 통한 한국과학재단의 우수연구센터(ERC) 지원금에 의하여 수행되었습니다.

접수일자: 2005년7월22일, 수정완료일: 2006년5월15일

수동 이미징은, 물체가 그 절대온도에 비례하여 방사하고 있는 열 잡음 중 밀리미터파를 광대역에 걸쳐서 수신·증폭·검파하여 이미지를 얻는 것이다. 발진기가 필요 없고, 비 간섭성의 파를 수신하기 때문에 간섭의 영향이 없어 신호처리가 매우 용이한 이점이 있으나, 수신신호가 매우 미약한 열 잡음이기 때문에 저잡음·고감도의 수신기가 요구된다. 이 방식은 레디오미터나 전파천문학 등에 주로 이용된다<sup>[4]</sup>. 수동 이미징은 전파천문학이나 원격 센싱에 사용되었으나 최근에는 공항에서 승객의 의복 등을 통해 무기·폭발물 등의 검지<sup>[5-6]</sup>, 악천후 하에서 비행기 착륙보조<sup>[7]</sup>, 연기로 덮힌 화산 관측, 플라즈마 관측 등에의 응용이 고려되고 있다. 또한, 교통환경 응용으로서 터널 내 사고 시 연기 나 화염을 통과한 관측, 도로상의 안개, 연기를 통과한 차량형상 관측, 자동차 전방 장애물형상 관측 오일 누출이나 지뢰탐지 등에 대한 연구도 활발하게 진행 중이며, 최근에는 유방암 검사 등 의료응용에 대한 연구도 활발하게 진행되고 있다. 본 연구에서는 이와 같이 다양한 응용 분야에 활용할 수 있는 밀리미터파 수동 이미징 시스템을 설계하였다.

## II. 이 론

흑체가 온도  $T$  로 유지되고 있으면, 열평형상태에서는 물체에 입사하는 열 에너지와 물체로부터 방사되는 열 에너지는 동일하게 된다. 그 방사에너지는 이산적인 파장 분포를 가진 전자파 에너지이다. 따라서 모든 물체는 절대온도 0K 이상에서 에너지를 방사한다<sup>[8]</sup>. 그림 1은 물체로부터 방사되는 방사전력 개념도로서, 원점  $O$  에 위치한 실효방사면적  $A_s$  의 방사체에 의해  $r$  만 큼 떨어진 점  $Q$  에 입체각  $\Omega$  를 통해 전달되는 단위 입체각 당 방사전력을  $F_s [Wsr^{-1}]$  로 하면 방사체의 단위 면적으로부터 전해져 가는 단위입체각당 방사전력은 식 (1)과 같이 주어진다.

$$B = \frac{F_s}{A_s} [Wsr^{-1}m^{-2}] \quad (1)$$

위의  $B$ , 즉 단위면적의 방사체로부터 단위 입체각당 방사되는 단위전력을 휘도 (Brightness) 라 정의한다. 또 휘도  $B$  는 주파수 특성을 갖고 있어 단위주파수당 휘도  $B_f [Wsr^{-1}m^{-2}Hz^{-1}]$  를 스펙트랄 휘도(Spectral brightness)라고 정의한다.

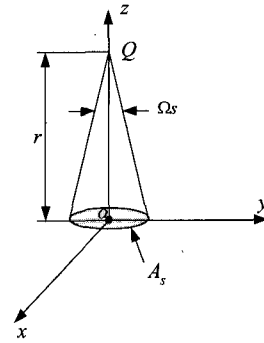


그림 1. 방사전력의 개념도  
Fig. 1. Concept of emission.

어떤 온도  $T$  인 완전흑체로부터 방사되는 스펙트랄 휘도  $B_f$  는 플랑크방사 법칙에 의해 모든 방향으로 식 (2)로 주어진다.

$$B_f = \frac{2hf^3}{c^2} \left( \frac{1}{e^{\frac{hf}{kT}} - 1} \right) \quad (2)$$

여기서  $h$  는 플랑크상수 ( $6.63 \times 10^{-34} J \cdot s$ ),  $f$  는 주파수,  $c$  는 광속도 ( $2.998 \times 10^8 m \cdot s^{-1}$ ),  $k$  는 볼츠만 상수 ( $1.38 \times 10^{-23} J \cdot K^{-1}$ ) 이다. 밀리미터파 대에서는  $hf/kT \ll 1$  이기 때문에 Rayleigh-Jeans 법칙에 의해 근사적으로

$$B_f = \frac{2f^2kT}{c^2} = \frac{2}{\lambda^2}kT \quad (3)$$

로 나타낼 수 있다. 즉 밀리파 영역에서는  $B_f$  는 온도  $T$  에 비례하는 관계가 얻어진다. 실제 지구상의 물체는 완전흑체가 아니므로 어떤 온도  $T$  의 물체로부터의 스펙트랄 휘도  $B_f^*$  는 같은 온도 하에서 완전흑체의 스펙트랄 휘도와 다음과 같은 관계가 있다.

$$B_f^* = \epsilon B_f \quad (4)$$

여기서  $\epsilon$  는 방사율로,  $0 \leq \epsilon \leq 1$  이다. 식(4)에 식 (3)을 대입하면,  $B_f^*$  는 식(5)와 같이 쓸 수 있다.

$$B_f^* = \frac{2}{\lambda^2} \epsilon kT = \frac{2}{\lambda^2} kT_B \quad (5)$$

여기서  $T_B (= \epsilon T)$  는 휘도온도라 불리고, 관측물체의 관측온도를 나타낸다. 방사율  $\epsilon$  는 주파수, 편파면, 입사각 등의 관측조건과 물체의 유전률 등 전기적 특성 및 표면의 거칠기 등에 의존한다. 따라서, 휘도온도를 측정

하는 것에 의해 관측물체의 온도 및 물체에 관한 다양한 정보를 얻어 영상화 할 수 있다.

## II. 수신기 전단 및 검파회로

수동 이미징 시스템은 안테나로 입사되는 신호의 크기가 능동 이미징 시스템에 비해 매우 작기 때문에 렌즈와 안테나의 설계 및 저잡음 증폭기의 선택이 매우 중요하다.

### 1. 렌즈 및 안테나 설계

렌즈를 설계하는데 있어서 고려할 특성에는, 공간분해능, 수차, 렌즈의 시야, 렌즈와 안테나의 정합 등이 있다. 본 연구에서, 공간분해능은 차가 안개 속을 달리고 있을 때, 밀리미터파 수동 이미징 시스템으로 50m 앞을 나란히 달리고 있는 두 자동차를 구별하는 것을 목표로 렌즈를 설계하였다. 그림 2에서는 35GHz대역에서 50m 앞의 분해능과 이에 필요한 렌즈 직경 관계를 나타내고 있다.

렌즈의 직경이 500mm일 경우 약 1.05m 정도 떨어진 물체를 구별할 수 있음을 알 수 있다. 수차는, 실제 렌즈의 동작과 이상 렌즈의차를 나타낸다. 구면을 가진 렌즈는, 광축과 작은 각도로서 교차하는 광선의 경우, 이상적으로 동작하지만, 그 각도가 커지면, 이상적으로 동작하지 않는다<sup>[4]</sup>. 구면을 가진 렌즈에서는, 중앙부에 비해서 주변부에서의 굴절각이 크게 되어 주변광선은 근축광선보다 크게 굴절하여 렌즈 가까이에 초점을 맺어 버린다. 이 수차는 구면수차라 불리는 것이고, 최소한으로 억제하는 가장 간단한 방법은 렌즈의 중심부만을 사용한다든지, 렌즈의 직경을 작게 한다든지 하는 것이다. 그러나 렌즈의 직경이 작게 되면, 공간분해능

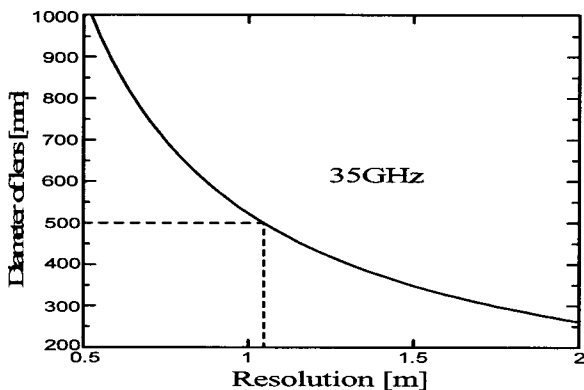


그림 2. 분해능과 필요한 렌즈 직경  
Fig. 2. Resolution vs. Diameter of lens.

이 나쁘게 되고, 또 수신면적이 작게되기 때문에 수신 강도도 작게 된다. 따라서 수차를 억제하기 위하여 비구면 렌즈를 선택하였다. 렌즈의 설계는 광선 추적 소프트웨어인 ZEMAX를 써서 행하였다<sup>[2]</sup>. 그림 3은 ZEMAX로써 광선 추적을 행한 결과이다.

수차는 광축상만이 아니라, 광축으로부터 떨어진 곳에서도 작게 되어있을 필요가 있다. 광축으로부터 떨어진 곳에서 상의 왜곡 쪽이 크게 되면, 화상화한 경우에 상의 왜곡으로 되어 나타나 버린다. 또, 점 광원을 보았을 때의 상이 수차에 의해 크게 되면, 다른 점 광원의 상과 중합이공간분해능의 저하로 연결된다. 그림 4는 광축으로부터 떨어졌을 때 신호의 강도분포를 나타내고 있다. Spot diagram은 광축으로부터 떨어지는 것에 따라 흐트러져, 광축부터의 거리가 120mm를 넘으면 상을 맺을 수 없게 된다. 렌즈에 입사되는 밀리미터파는 동일 진폭분포의 평면파가 아니면 안되기 때문에, 지향성이 거의 반구상인 도파관의 절단면을 송신원으로 써서, 그것을 렌즈로부터 충분히 먼, 3m 거리에서 측정을 하였다. 신호원으로서 Network Analyzer의

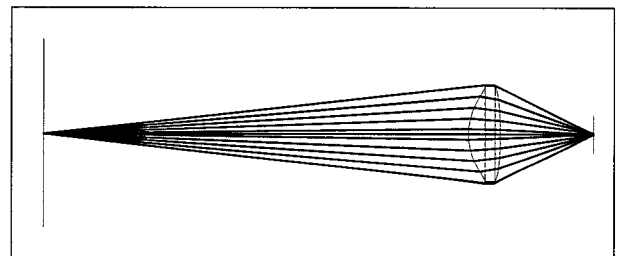


그림 3. 광선 추적법 (35GHz)  
Fig. 3. Tracking of beam.

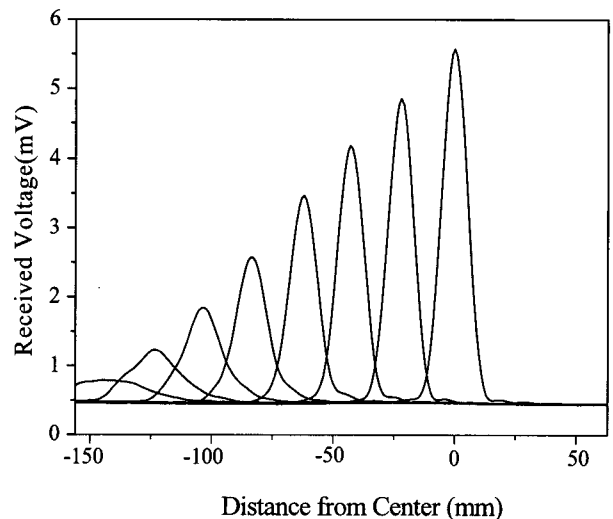


그림 4. 광축과 거리에 대한 신호의 강도  
Fig. 4. Distance from center vs. signal intensity.

35GHz(CW)을 사용하였고, 출력전력은 -44.5dBm였다. 광축으로부터 거리가 80mm를 넘으면 상의 신호강도가 절반 떨어지고, 120mm를 넘으면 상을 맺을 수 없게 되는 것을 확인했다.

측정치에 의하면 상면에 있어서, 희미 해지지만 상을 맺는 범위가 ±120mm정도인 것을 고려, 각도를 표기하면 22.6°이다. 이것을 50m앞의 물체면으로 환산하면 시스템 관측 가능 범위는 20m로 되고, 렌즈를 움직이지 않고 나란히 달리는 차를 시야 내로 넣는 것이 가능하다. 이것이 렌즈의 보는 범위인 「렌즈의 시야」이다. 다음으로 렌즈와 안테나의 정합은 광학전달함수  $\alpha$ 를 도입하여 설계 하였다<sup>[9]</sup>.

$$\alpha = \frac{\left| \int_{-\pi/2}^{\pi/2} q(\phi) f(\phi) d\phi \right|^2}{\left[ \int_{-\pi/2}^{\pi/2} |q(\phi)|^2 d\phi \right] \left[ \int_{-\pi/2}^{\pi/2} |f(\phi)|^2 d\phi \right]} \quad (6)$$

여기서  $q(\phi)$ 는 렌즈의 빔 패턴,  $f(\phi)$ 는 안테나의 방사 패턴이고, 각각 전계 강도이다. 만일  $q(\phi)$ 과  $f(\phi)$ 이 완전하게 일치해 있으면,  $\alpha = 1$ 로 되어 렌즈에 입사된 밀리미터파가 완전하게 안테나에서 수신되게 된다. 이 식은 1 차원으로 나타나지만, E면과 H면에서 효율을 계산하여 전달효율을 구할 수 있다. 그림 5는 렌즈와 안테나의 정합성 개념도이다.

실제로 이미징에서 물체를 관측할 때는, 렌즈부터 물체까지 거리에 의해 렌즈의뒤에서 초점을 맺는 위치가 변하기 때문에, 안테나가 렌즈를 내다보는 각이 변화한다. 설계 중심주파수 35GHz에 있어서 안테나가 렌즈를 내다보는 각  $\theta$ 에 대한 전달효율은 그림 6에 나타내었다. 렌즈·안테나계의 효율 $\alpha$ 는 먼 쪽(100m앞)을 관측한 때( $\theta=26^\circ$ )에서 79%로 최대로 되고, 근거리(2.6m앞)

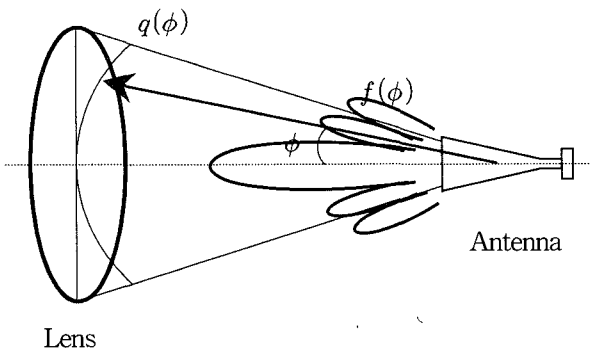


그림 5. 렌즈와 안테나의 정합성  
Fig. 5. Matching of lens and antenna.

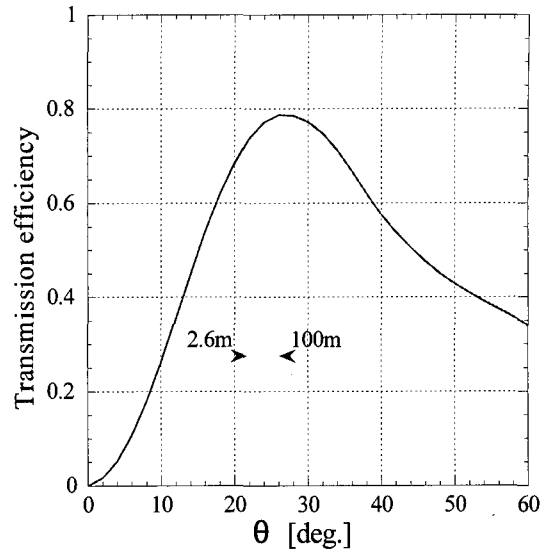


그림 6. 렌즈·안테나 계의 효율  
Fig. 6. Efficiency of lens and antenna.

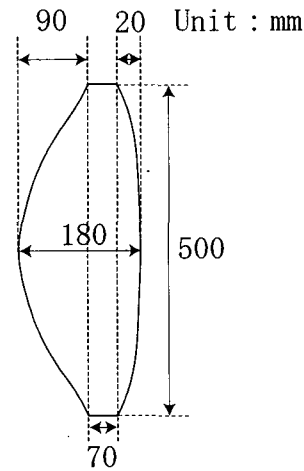


그림 7. 렌즈 설계도  
Fig. 7. Designed lens.

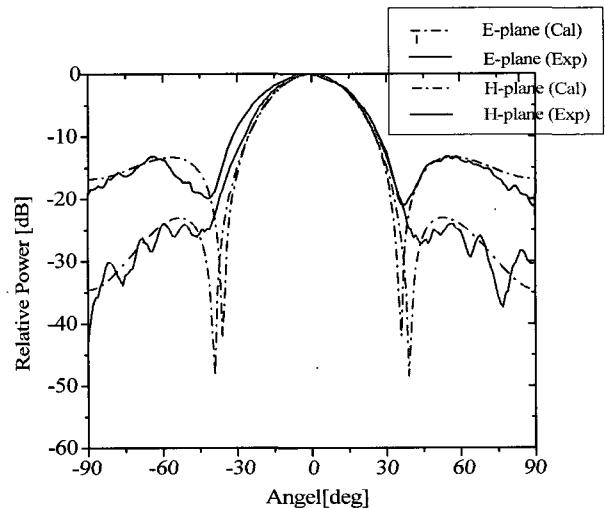


그림 8. 방사 패턴(35GHz)  
Fig. 8. Emission patterns (35GHz).

을 관측한 때( $\theta = 22^\circ$ )에서 74%로 좋은 특성을 얻었다.

이상을 고려한 결과, 계산된 렌즈 설계도를 그림 7에 나타내었다. 렌즈 표면은 수차가 작게 되도록 비구면으로 설계 하였다. 렌즈 재료로는 가공도가 용이한 고밀도 폴리에틸렌을 사용했다.

안테나는 Ka-band 혼 안테나를 사용하였다. 개구의 크기는 13.5mm × 20.3mm의 구형으로 되어 있다. 35GHz에 있어서 방사 패턴의 설계치와 측정 결과를 그림 8에 나타내었다. 혼 안테나의 절대이득은 35GHz의 측정치에서 23dBi 이었다.

2. MMIC LNA 및 검파 회로

밀리미터파 수동 이미징 검출회로계는, 수신신호가 미약한 열잡음이기 때문에, 고이득·광대역·고감도·저잡음인 것이 요구된다. 수동 이미징 시스템에서는 열잡음을 고감도 및 광대역으로 수신할 필요가 있기에, 이미징에 필요한 증폭기의 목표성능을 최대이득40dB, 최대잡음지수5dB로 하였으며, 대역폭을 10GHz로 설정하고, 설계에 이용된 저잡음 증폭기는 30~40 GHz 대역에서 이득이 20dB, 잡음지수가 2.0dB인 후지쓰사 MMIC MM5704X로, 소자를 사용하여 2단으로 설계하였다. 증폭 단에서 증폭된 밀리미터파는 검파회로에서 검파 되어 직류출력이 얻어진다<sup>[10]</sup>. 검파회로는 MMIC에서 증폭된 신호를 광대역, 고감도로 검출하는 성능이 요구되며, 회로 자체도 소형이어야 한다. 이상의 요구 성능을 근거로, 본 연구에서는 Metelics사의 SBD MSS-20 141B10D 다이오드를 설계에 사용했다. 이 검파용 다이오드는 8,000V/W의 감도를 갖고 있으며, 바이어스 없이 동작하기 때문에, 회로 설계에 있어 바이어스 회로를 고려할 필요가 없고, 검파 회로를 아주 작

게 할 수 있다는 이점이 있다. 검파회로 설계에 있어서는 MMIC와 그 접속환경을 고려, 검파회로 기판에는 MMIC와 동일한 두께인 100 $\mu$ m 알루미늄 기판을 이용하였다. 알루미늄 기판의 유전률은 약 9.8이고, 35GHz대에 있어 고주파회로의 길이는 SBD 실장 가능한 길이에 넣는 것이 가능하다. 검출회로계의 최대 목표는, 광대역, 고감도, 검출계의 열잡음에 대한 검출특성 평가이다. 열잡음을 검출계에 입력한 경우, 검출 특성을 그림 9에 나타내었다.

검파기의 측정결과에 의해, 잡음입력 전력 -68 ~ -84dBm에 있어서, 선형적인 검출특성을 얻었다. 이상의 결과로부터, 이미징 어레이의 검출계에는 MMIC 증폭기와 SBD 검파회로를 조합한 저잡음·광대역 검출계가 유효한 것을 확인하였다.

IV. 수동 이미징 시스템

수동 이미징 시스템의 구성도를 그림 10에 나타내었다. 앞에서 설계된 수신기의 천단과 검파회로를 이용하였으며, 수신된 신호를 영상 처리하는 부분은 컴퓨터로 검파 된 데이터를 입력 받아 A/D 변환하여 화상으로 표시 하도록 한다. 수동 이미징 시스템의 설계에 있어, 주파수는 35GHz대역을 사용했으며, 이 장치는, 혼안테나, 광대역 저잡음 증폭기, 다이오드 검파기를 가동대에 탑재, 이들을 렌즈 초점부근에서 주사시켜 화상을 얻도록 하였다.

신호의 기준을 얻기 위한 초퍼의 주기는 70Hz이다. 또, LNA 증폭도의 시간 변동을 피하기 위하여, 안테나 앞에서 초퍼를 동작시키는 Dicke형을 사용하였다. 초퍼의 뒤에는 전파 흡수체를 붙여서 참조신호로 하였다. 초퍼를 동작시키는 것에 의해 목표 물체와 비교물체를 반복적으로 측정하면서 그 차를 출력으로서 신호를 감지한다. 혼 안테나의 절대이득은 35GHz의 측정치에서 23dBi 이었다. 증폭기의 목표성능은 이득40dB, 잡음지

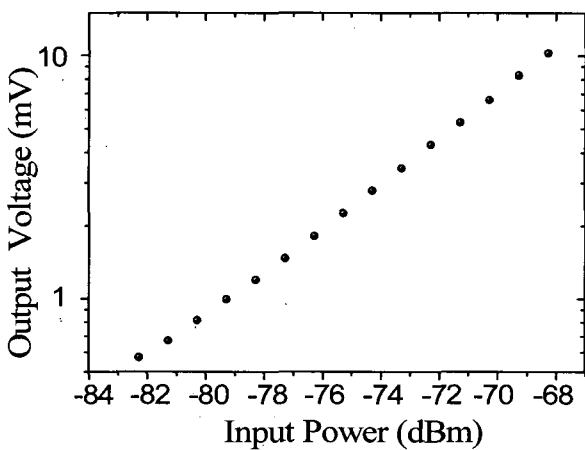


그림 9. 검출회로계의 검파특성  
Fig. 9. Characteristic of detector.

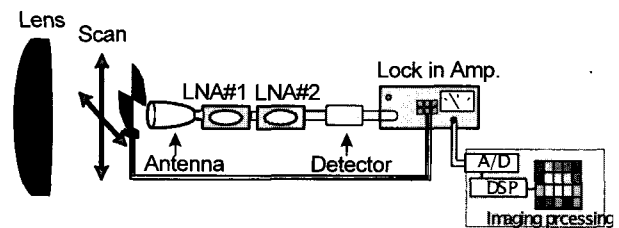


그림 10. 설계된 수동이미징 시스템 구성도  
Fig. 10. Designed millimeter-wave passive imaging system.

수5dB로 하였으며, 대역폭을 10GHz로 설정하였고, 검파회로는 8,000V/W의 감도를 갖고 있다. Lock in amp.는 적분과 DC증폭의 역할을 하여 적분시간 1초, 이득 60dB이다.

## V. 결 론

밀리미터파 영역은 이제까지 개발이 늦어, 현재에도 각 부품이나 시스템의 개발 비용이 매우 높다. 그러나 대용량 통신이나 원격 센싱의 예를 보면, 공학적으로 매우 중요하고, 또한 밀리미터파 이용 없이 실현이 불가능한 응용이 다소 있다. 사고로 연기, 화염 등으로 충만한터널 내의 관측, 토석흐름의 감시, 화재 시 불꽃을 통한 관측, 혹은 테러대책 등 보안 분야, 구름으로 덮인 화산활동 감시, 등에 그 응용을 가지고 있다. 또 생체관측에 응용하면 적외선 혹은 마이크로파와는 다른 특징을 가진 생체진단장치의 실현 가능성을 가지고 있다. 본 연구는 수동 이미징 시스템 기술의 연구개발을 목적으로 하여, 그 이론 확립을 도모하고, 그것을 기초로 수동 이미징 시스템에 필요한 부품을 조합하여 설계하여 수동 이미징 기술의 응용 가능성을 넓혀, 그 발전에 도움이 되고자 하였다. 따라서 본 연구에서 설계된 밀리미터파 수동 이미징 시스템을 바탕으로 밀리미터파 이미징을 위한 밀리미터파 수동 이미징 시스템을 제작할 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] J. D. Kraus, "Radio Astronomy," chap.3, McGraw-HillBook Company, New York, 1966.
- [2] 渡部謙一, "ミリ波帯イメージングに関する研究," 博士學位論文, 東北大學, 1998.
- [3] 上原一浩, "ミリ波帯イメージングの研究," 博士學位論文, 東北大學, 1991.
- [4] M. E. Tiuri, "Radio Astronomy Receivers," IEEE Trans. On Antenna and Propagation, vol. AP-12, pp. 930-938, Dec. 1964.
- [5] Mikko Kantanen, Manu Lahdes, Jussi Tuovinen, "A Millimeter wave imager," MINT-MIS2005/TSMMW2005, pp. 240-243, 2005.
- [6] N. C. Currie, F. J. Demma, D. D. Ferris, Jr., B. R. Kwasowsky, R. W. Mcmillan, and M. C. Wicks, "Infrared and Millimeter-Wave Sensors for Military Special Operations and Law Enforcement Applications," International Journal of Infrared and Millimeter Waves, Vol. 17, No. 7, pp. 1117-1138, 1996.
- [7] Firooz Sadjadi, "Enhanced vision for adverse weather aircraft landing," International Journal of Infrared and Millimeter Waves, Vol.17, No.1, 1996.
- [8] F. T. Ulaby, R. K. Moore, A. K. Fung, "Microwave Remote Sensing Active and Passive," Volume 1, Addison-Wesley, 1981.
- [9] S. E. Schwarz, "Efficiency of Quasi-Optical Couplers," Int. J. Infrared & Millimeter Waves, vol. 5, pp 1517-1525, 1984.
- [10] 新井直人, "ミリ波帯パッシブイメージングの研究," 卒業論文, 東北大學, 1999.

저 자 소 개



정 민 규(정회원)  
 1999년 한국해양대학교  
 진과공학과 학사,  
 2001년 영남대학교 전자공학과  
 석사  
 2004년 일본동북대학 전자공학과  
 박사  
 2004년 삼성전자 컴퓨터시스템사업부 근무  
 2004년~현재 삼성탈레스 레이더 시스템 근무  
 <주관심분야 : 밀리미터파, PMMW 이미징시스  
 템, 레이더, 레디오미터>



채 연 식(정회원)  
 1997년 동국대학교 대학원  
 전자공학과 석사,  
 2002년 동국대학교 대학원  
 전자공학과 박사,  
 <주관심분야 : 밀리미터파 응용,  
 반도체소자>

김 순 구(정회원)  
 2004년 8월 전자공학회 논문지  
 제 41 권 SD 제 8 호 참조

미즈노 코지  
 1963년 동북대학 공학부 전자공학과 졸업,  
 1968년 동북대학 대학원 공학연구과 수료,  
 1968년~1972년 동북대학 조수,  
 1972년~1984년 동북대학 조교수,  
 1984년~2004년 동북대학 교수,  
 2004년~현재 동북대학 명예교수, 객원교수(상근)  
 <주관심분야 : 밀리미터파 이미징 시스템>

이 진 구(정회원)  
 2005년 5월 전자공학회 논문지  
 제 42 권 TC 제 5 호 참조

# 공 시 사 항

## 1. 회비의 납부

◆ 2006년도 회원 년회비는 다음과 같습니다.

- 정 회 원 : 60,000원(입회비 : 10,000원)
- 학생회원 : 30,000원(입회비 면제)
- 평생회원 : 600,000원

◆ 년회비 3년, 5년 일시불 납입 안내 / 비교표

구분	매년납입	일시불		
		납입금액	할인금액	할인율
3년	180,000원	150,000원	30,000원	16.6%
5년	300,000원	250,000원	50,000원	16.7%

## 2. 논문지 회비

학회지와 논문지 1권은 당해년도 회원회비를 납부한 회원에게 무상으로 배부하며, 논문지 추가를 하실 경우는 별도의 논문지 회비를 납부하셔야 됩니다. 추가신청은 아래와 같습니다.

1. Telecommunications(TC-월간) : 통신, 스위칭 및 라우팅, 마이크로파 및 전파전파, ITS, 정보보안시스템, 군사전자, 통신방송융합 기술
2. Semi-conductor and Devices(SD-월간) : 반도체·재료 및 부품, 광파 및 양자전자, SoC설계, PCB & packaging, RF집적회로기술
3. Computer and Information(CI-격월간) : 전자계산, 인공지능·신경망 및 퍼지시스템, 멀티미디어, 유비쿼터스 시스템
4. Signal Processing(SP-격월간) : 화상처리 및 텔레비전, 음향 및 신호처리
5. System and Control(SC-격월간) : 제어계측, 회로 및 시스템, 전력전자, 의용전자 및 생체공학, 지능로봇, 국방정보 및 제어연구회
6. Technology Education(TE-계간) : 전문대학 기술교육 그룹
  - ① 전자공학회 논문지 TC, SD, CI, SP, SC, TE권 중 : 무상
  - ② 전자공학회 논문지 TC, SD, CI, SP, SC, TE권 중 + 1권 추가신청 : 10,000원
  - ③ 전자공학회 논문지 TC, SD, CI, SP, SC, TE권 중 + 2권 추가신청 : 20,000원
  - ④ 전자공학회 논문지 TC, SD, CI, SP, SC, TE권 중 + 3권 추가신청 : 30,000원
  - ⑤ 전자공학회 논문지 TC, SD, CI, SP, SC, TE권 중 + 4~5권 추가신청 : 40,000원

## 3. 회비의 유효기간

회원 여러분께서 납부한 각종 회비(회원의 년회비, 논문지 회비)는 회비를 납부한 당해연도에 한합니다.

## 4. 회비의 납부방법

본 학회에서는 신용카드(국민, 외환, BC : 비자 및 마스터 카드), 지로(7510904) 및 계좌이체(우체국 013524-01-000471) 방법 등을 이용하여 학회비, 논문지 회비, 심사비 및 논문게재료를 납부하여 주시기 바랍니다.



# SD편에 수록된 논문

2006년 5월

제43권 SD편 제5호

## 논 문

### [ 반도체-재료 및 부품 ]

- 1 1.8V 8-bit 500MSPS Cascaded-Folding Cascaded-Interpolation CMOS A/D 변환기의 설계 ..... 정승휘, 박재규, 황상훈, 송민규
- 11 탄소밀도의 변화가 SiOC 박막의 결합구조에 미치는 영향 ..... 오데레사

### [ 광파 및 양자전자공학 ]

- 17 시스템적 접근을 통한 피드포워드 아날로그 광 송신기의 회로 파라미터 최적화와 W-CDMA 신호의 ACPR 개선 ..... 이준재, 박상현, 윤영설, 문연태, 최영완
- 25 전달 행렬 방법을 이용한 Schottky 다이오드 자외선 광검출기의 물질특성 추출과 설계 ..... 김진형, 김상배

### [ SoC 설계 ]

- 34 설계사양기반 RF 집적회로의 시간영역 테스트 기법 ..... 한석봉, 백한석, 김강철
- 48 광모듈용 단일 칩 및 2 칩 트랜시버의 특성비교 연구 ..... 채상훈, 정현재
- 54 14b 100MS/s 3.4mm<sup>2</sup> 145mW 0.18um CMOS 파이프라인 A/D 변환기 ..... 김영주, 박용현, 유시욱, 김용우, 이승훈