

https://doi.org/10.7236/IIBC.2016.16.6.239

IIBC 2016-6-31

밀리미터파 이미징을 위한 이중 곡률 렌즈의 설계

Design of Dual Curved Lens for Millimeter-Wave Imaging

이원희*, 표성민**

Won-Hui Lee*, Seongmin Pyo**

요약 본 논문에서는 이중 곡률을 갖는 오목 렌즈를 제안하였다. 이중 곡률 렌즈는 HDPE (High Density Polyethylene)를 이용하여 제작하였다. 이중 곡률 렌즈는 두 개의 오목 구조로 구성되었다. 두 개의 오목 구조의 역할은 빔을 균일하게 넓게 보내기 위함이다. 작은 오목 구조는 큰 오목 구조 보다 더 큰 곡률 반경을 갖는다. 이러한 이중 곡률 렌즈는 밀리미터파 이미징 시스템에 적용 가능하다. 제작된 이중 곡률 렌즈를 250 GHz VDI 소스를 이용하여 검증하였다. 광학 시뮬레이션 툴인 ZEMAX를 이용하여 설계하고 제작된 렌즈는 균일한 빔과 확장 성능을 충분히 수행함을 확인하였다.

Abstract In this paper, we proposed the dual curved lens of concave type. HDPE (High Density Polyethylene) used to fabricate the dual curved lens. The dual curved lens consisted of two concave structures. Role of two concave structures is to beam uniform and expansion. A small concave structure has the greater curvature than big concave structure. The dual curved lens will apply to millimeter imaging system. We measured the dual curved lens performance using 250 GHz VDI source. And we simulated the dual curved lens using ZEMAX. Fabricated lens have a good performance for beam uniform and expansion.

Key Words : dual curved lens, millimeter-wave, HDPE, concave structure

1. 서 론

밀리미터파는 미래 과학기술의 보고로서 초고속 통신, 보안 검색 등 다양한 분야에 응용, 연구되고 있으나, 영상 기술은 고출력 반도체 신호원이나 배열형 검출기와 같은 핵심 부품 기술의 부재로 연구 개발 초기 단계에 있다 [1],[2]. 밀리미터파[3]는 종이, 섬유 등의 비이온화 물질에 대한 투과성과 금속에 대한 높은 반사도를 이용하면 사람이 밀집되어 있는 장소에서의 은닉된 흉기나 폭발물 등의 위험물에 대한 영상을 비접촉식으로 획득할 수 있으며, 식품의 가공 또는 유통과정 중에 발생할 수 있는 식품 이물질을 제품의 손상 없이 구별해 낼 수 있다[4]~

[6]. 이러한 밀리미터파를 이용한 영상시스템을 구현하기 위한 가장 중요한 기술적 요소는 소스 빔의 크기를 균일하게 확장시키는 것이다. 소스 빔을 균일하게 확장시키면 대상 물체에 크게 조사할 수 있으므로 큰 물체에 대해서도 빠르게 이미지를 획득할 수 있다. 본 논문에서는 소스 앞에 결합하여 소스 빔을 균일하게 확장시킬 수 있는 이중 곡률 렌즈에 관한 것으로 광학 툴인 ZEMAX를 이용하여 시뮬레이션을 하였고, VDI사의 250 GHz 밀리미터파 소스를 이용하여 실험하였다. 시뮬레이션 결과와 실험 결과를 분석함으로써 설계된 렌즈의 성능을 평가하였다.

*정회원, 서일대학교 정보통신과

**정회원, 한밭대학교 정보통신공학과(교신저자)

접수일자: 2016년 8월 25일, 수정완료: 2016년 11월 9일

게재확정일자: 2016년 12월 9일

Received: 25 August, 2016 / Revised: 9 November, 2016

Accepted: 9 December, 2016

**Corresponding Author: spyo@hanbat.ac.kr

Dept. of Information and Communication Engineering, Hanbat National University, Korea

II. ZEMAX 시뮬레이션

그림 1은 이중 곡률 렌즈를 설계하기 위해 광학 툴인 ZEMAX를 이용하여 시뮬레이션 한 결과이다. 구조는 그림 1과 같이 이중의 오목 렌즈 형태를 갖는다. 시뮬레이션 결과 초점 거리(focal length)는 -93.316 mm로 계산되었고, 빔은 균일하게 잘 확장되는 것을 볼 수 있다. 일반적인 오목렌즈와의 차이점은 가운데 더 많은 곡률을 준 이중의 오목렌즈 구조를 가짐으로써 더 넓은 빔 확장성과 균일성을 갖는 것이다. 또한, 빔을 넓게 조사하거나, 좁게 조사할 때 이중 곡률 렌즈에 의해 다른 초점거리(focal length)를 갖는다. 그림 2는 같은 크기의 오목렌즈의 ZEMAX 시뮬레이션 결과로 초점 거리는 -101.478 mm로 계산되었다. 이중 곡률 렌즈의 초점 거리에 비해 더 길게 계산되었다. 이중 곡률 렌즈는 같은 크기에서 더 짧은 초점 거리를 갖기 때문에 시스템을 꾸밀 때 좀 더 작게 시스템 제작이 가능한 장점이 있다. ZEMAX 시뮬레이션에서 이중 곡률 렌즈의 재질은 HDPE, 굴절률은 1.5, 렌즈 지름은 55 mm, 두께는 8 mm이다. 밀리미터파의 전파는 광(ray)과 전파(wave)의 중간의 성질을 갖기 때문에 HDPE처럼 전파의 손실이 적은 재질을 이용하여 제작하면 밀리미터파를 효율적으로 확장시킬 수 있다.

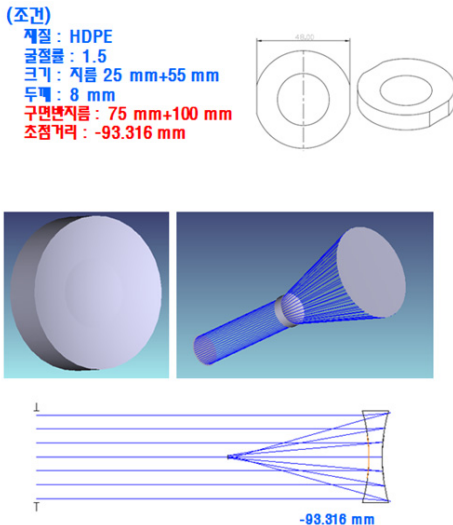


그림 1. 이중 곡률 렌즈의 ZEMAX 시뮬레이션 결과
Fig. 1. ZEMAX simulation results of dual curved lens

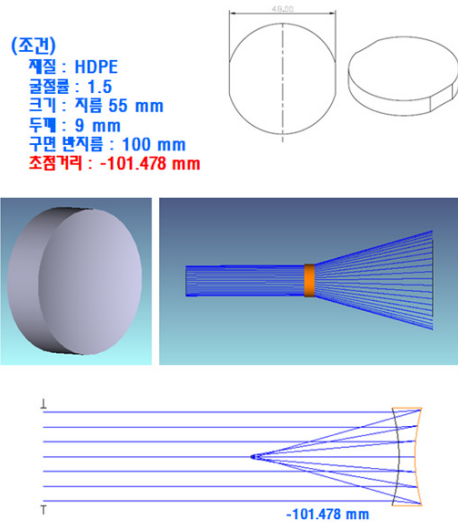


그림 2. 일반 오목 렌즈의 ZEMAX 시뮬레이션 결과
Fig. 2. ZEMAX simulation results of normal concave lens

III. 이중 곡률 렌즈의 제작 및 실험

HDPE를 이용하여 렌즈를 제작하고, VDI 상용 소스를 이용하여 실험하였다. VDI 소스는 10.41 GHz 대역의 가변 YIG 발진기 출력을 24배 체배하여 250 GHz의 출력을 발생시킨다. 250 GHz에서의 소스 최대출력은 27 mW이다. 그림 3에는 실험에 사용된 250 GHz VDI 소스를 나타내었다. VDI 소스에서 10 cm 떨어진 위치에서 PM4 파워미터를 이용하여 파워 밀도 분포를 측정된 결과를 그림 4(a)에 나타내었고, VDI 소스 앞에 이중 곡률 렌즈를 결합하고 10 cm 떨어진 위치에서 파워밀도 분포를 측정된 결과를 그림 4(b)에 나타내었다. 측정 결과 이중 곡률 렌즈를 결합하여 측정된 결과가 빔 패턴도 균일하고, 빔 확장이 잘 되는 것을 확인할 수 있었다. HDPE 재질의 경우 손실이 거의 없고, 렌즈의 두께가 8 mm로 매우 얇기 때문에 소스와 이중 곡률 렌즈를 결합한 경우를 비교 했을 때 최대 빔 출력의 변화가 그림 4와 같이 거의 차이가 없었다. 그림 4는 빔의 측정 위치와 빔 스캔 사이즈를 같이 하여 측정하였기 때문에 측정 데이터 상 중심의 파워는 (a), (b) 모두 거의 같은 수준이다.

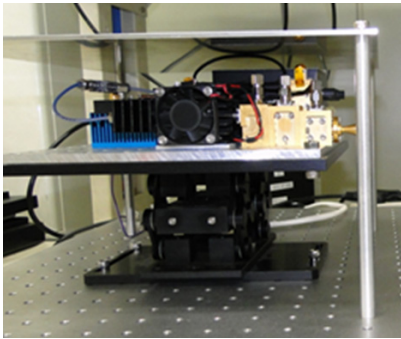


그림 3. 상용 250 GHz 밀리미터파 소스
Fig. 3. Commercial millimeter wave source at 250 GHz



그림 5. 공항 전신 스캐너^[8]
Fig. 5. Body scanner at airport^[8]

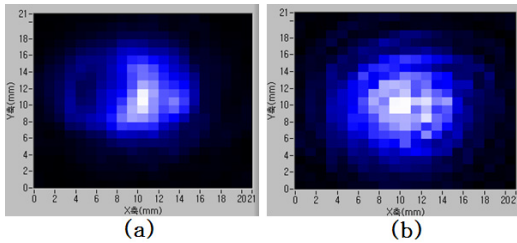


그림 4. 밀리미터파 소스의 빔패턴 (a)와 이중 곡률 렌즈를 결합한 빔 패턴 (b)
Fig. 4. Beam pattern of millimeter wave (a) and Beam pattern of add to dual curved lens (b)

IV. 이중 곡률 렌즈의 응용

밀리미터파 기술이 개발되면서 보안 검색 분야는 가장 큰 가능성이 있는 응용분야 중 하나로 인식되었다. 도체 등의 무기류 등은 밀리미터파 영상에 의해 비파괴로 검색할 수 있기 때문이다. 비파괴 보안 영상의 한 예로 그림 5와 같이 공항에서 이미 시행 중에 있는 전신 투시 영상을 들 수 있다. 밀폐된 부스 안에서 피검자는 그림 5와 같은 형태의 전신 스캔 영상을 제공하게 된다. 금속으로 된 무기, 허리 띠, 금속제 장신구 등도 모두 투시 영상으로 확인이 가능하다^[7]. 이러한 밀리미터파 이미징 시스템에서 가장 중요한 것인 소스 빔의 균일한 조사와 이미징을 위한 어레이 디텍션 기술이며, 빔의 균일한 조사를 위해 상기에 연구한 밀리미터파 이중 곡률 렌즈가 큰 역할을 할 것으로 기대된다.

V. 결론

큰 대상 물체와 빠른 이미지 획득을 위한 밀리미터파 영상시스템을 구현하기 위한 필수적인 기술적 요소는 소스 빔의 크기를 균일하게 확장시키는 것이다. 이러한 목적을 달성하고자 본 논문에서는 이중 곡률 렌즈를 제안하였다. 시뮬레이션은 ZEMAX를 이용하여 수행하였고, 실험은 VDI의 250 GHz 밀리미터파 상용 소스를 이용하여 측정하였다. 시뮬레이션 결과 빔 확장이 균일하게 잘 확산 되는 것을 확인하였고, 실험 결과도 이중 곡률 렌즈가 없는 경우보다 빔 확장이 균일하게 잘 되는 것을 볼 수 있었다. 향후, 밀리미터파 보안 영상 시스템에 적용하면 양호한 영상을 획득할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] M. Risker, "Progress Towards a THz Imager", DARFAR MTO(Microsystems Technology Office) IMS2007 Workshop, 8, 2007.
- [2] W-H Lee, T-J Chung, "A 1.485 Gbps Wireless Video Signal Transmission System at 240 GHz", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol. 10, No. 4, pp. 105-113, 2010.
- [3] S. K. Kim, "Fabrication of Millimeter Wave Radiometer", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol. 12, No. 3, pp. 71 - 74, 2012.

DOI: <https://doi.org/10.7236/jiwit.2012.12.3.71>

- [4] X. C. Zhang, "Terahertz wave imaging: Horizons and hurdles", *Physics in Medicine and Biology* 47, pp. 3667 - 3677, 2002.
DOI: <https://doi.org/10.1088/0031-9155/47/21/301>
- [5] G. J. Kim et al., "Enhanced continuous-wave terahertz imaging with a horn antenna for food inspection", *Journal of Infrared Millimeter and Terahertz waves* 33, pp. 657 - 664, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10762-012-9902-1>
- [6] C. Jordens, F. Rutz, M. Koch, "Quality assurance of chocolate products with terahertz imaging, In: 9th European NDT Conference (ECNDT) 2006" Poster 67, pp. 1 - 8, 2006.
- [7] M. C. Kemp, P. F. Taday, B. E. Cole, J. A. Cluff, A. J. Fitzgerald, W. R. Tribe "Security applications of terahertz technology," *Proc. SPIE* 5070, *Terahertz for Military and Security Applications*, 44, 2003.
DOI: <https://doi.org/10.1117/12.500491>
- [8] <http://www.sds.l-3com.com/advanced-imaging/safeview.htm>

표 성 민(정회원)



- 2002년 : 고려대학교 전기전자전파 공학부 공학사
- 2004년 : 고려대학교 전파공학과 공학석사
- 2011년 : 고려대학교 컴퓨터전파통신공학과 공학박사
- 2011년 3월~2011년 10월 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2011년 11월~2013년 2월 : 국방과학연구소 선임연구원
- 2013년 2월~현재 : 한밭대학교 정보통신공학과 조교수
<주관심분야 : 마이크로파/밀리미터파 회로 및 시스템, 메타물질 기반 재구성 안테나, 추적 레이더 시스템>

저자 소개

이 원 희(정회원)



- 2000년 : 건국대학교 전자정보통신공학과 공학석사
- 2003년 : 건국대학교 전자정보통신공학과 공학박사
- 1998년~1999년 : 건국대학교 전자정보통신공학과 교육조교
- 1999년 : 전자부품연구원 위촉연구원
- 2000년~2002년 : 대림대학교 디지털전자과 외래교수
- 2002년~2008년 : LG전자 DA연구소 책임연구원
- 2008년~2009년 : 포항공과대학교 Post Doc.
- 2009년~2016년 : 한국전자통신연구원 선임연구원
- 2016년~현재 : 서일대학교 정보통신과 조교수
<주관심분야 : 무선 데이터 및 영상 통신, 이동통신, 무선통신 시스템, 밀리미터파 및 테라헤르츠 응용>