

높은 입력임피던스를 갖는 H 형태의 THz 공진 안테나 설계

Design of the H-shaped Terahertz Resonant Antenna with High Input Impedance

우인상*, 이상운*, 김상인*, 한해욱**, 박익모*, 임한조*

*아주대학교 전자공학부, **포항공과대학교 전기컴퓨터공학부

ipark@ajou.ac.kr

THz 안테나는 THz 영역에서 발생하는 광전도체 내의 광전류 신호를 전자기파 형태로 복사시키거나 검출하는데 사용되는 소자이다.⁽¹⁾ 일반적으로 THz 안테나는 발생과 검출원에 해당되는 광전도체 구조와 함께 일체형으로 구성된다. 광전도체는 물질적 특성상 매우 낮은 전도도를 갖는데 이를 임피던스 값으로 환산하면 대략 10 k Ω 이상이 된다.⁽²⁾ 반 파장 다이폴 안테나의 경우 70 Ω 정도의 매우 낮은 입력 임피던스를 갖는데, 이는 안테나와 광전도체 사이에 심각한 임피던스 부정합이 생겨 높은 효율 저하로 이어진다. 이와 같은 THz 대역 내 광전류와 전자기파 간의 낮은 에너지 전환효율은 THz 파의 응용에 있어서 커다란 장애 요소로 작용하고 있다. 이러한 문제를 해결하고자 전 파장 다이폴, 폴디드 다이폴, 반 파장 듀얼 슬롯 안테나 등과 같은 공진형 안테나가 제시되었으나⁽²⁻⁵⁾ 안테나의 입력 임피던스를 높이는 데에는 한계가 있었다. 본 논문에서는 광전도체와 안테나 사이의 임피던스 정합개선을 위한 안테나 설계 모델로서 새로운 H 형태의 전 파장 공진 안테나를 제안 하였다. 안테나 특성은 상용 3D 전자기파 전산모사 툴인 CST사의 Microwave Studio를 사용하였다. 본 연구에서는 안테나 구조에 의한 고유한 공진 특성만을 살펴보기 위하여 안테나 설계를 자유 공간으로 한정하였다.

그림 1은 제안한 안테나의 구조로서, H자 형태로 변형된 전 파장 다이폴 안테나이다. 초기 설계변수로 가로 길이 D_x 는 54 mm, 세로 길이 D_y 는 44 mm, 선폭 w 는 3 mm로 주어 졌으며, 도체(Au/Ti 박막)의 두께는 0.35 mm로 하였고 전도도는 1.6×10^7 S/m를 사용하였다. 그림 2는 가로길이 D_x 에 따른 안테나 특성 변화를 보여주는데, 가로 길이가 증가함에 따라 공진주파수가 낮아질 뿐 입력 저항의 값에는 변화가 거의 없었다. 그림 3은 세로 길이 D_y 에 따른 안테나 특성 변화로서, 세로 길이가 증가함에 따라 공진주파수가 낮아 졌으나 가로 길이 변화의 경우와 비교하면 상대적으로 공진주파수의 변화폭은 적었다. 그러나 입력 저항은 세로 길이가 증가함에 따라 점차 증가 하였다. 다음으로 제안된 안테나의 입력저항과 복사패턴을 기존의 전 파장 다이폴 안테나와 비교하였다. 전 파장 다이폴 안테나는 H형 안테나와 동일한 공진 주파수를 갖도록 길이 88 mm, 폭 3 mm로 정하였다. 그림 4에서 볼 수 있듯이 본 논문에서 제안한 H형 안테나의 입력저항은 1177 Ω 으로 전 파장 다이폴 안테나의 650 Ω 에 비해 1.8배 높은 수치를 갖는다. 그림 5와 그림 6에는 H형 안테나와 전 파장 다이폴 안테나의 x-y 평면과 x-z 평면 복사 패턴을 공진주파수인 2.57 THz에서 각각 비교한 것이다. 전 파장 다이폴 안테나의 경우 3 dBi의 지향성과 각각 59°와 59°의 반 전력 빔 폭을 갖는데 비해, 제안된 안테나의 경우 2 dBi의 지향성과 각각 92°와 71°의 반 전력 빔 폭을 보여주고 있다. 제안된 구조는 안테나 구조의 변화에 따라 전류흐름의 주된 방향이 가로에서 세로로 옮겨지면서 점차 전방향성 복사 특성이 약해지는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 패턴의 변화 양상은 최종 설계 시 임피던스 특성 변화와 함께 적절히 고려되어야 할 것이다.

본 논문에서는 THz 대역에서 안테나와 광전도체간의 정합 효율 개선시키고자 높은 임피던스 특성을 지니는 H형 THz 공진 안테나를 제안하였으며, 제안된 구조는 전 방향 복사패턴을 유지하면서도 기존의 전 파장 다이폴 안테나보다 1.8배 높은 입력 임피던스를 보였다.

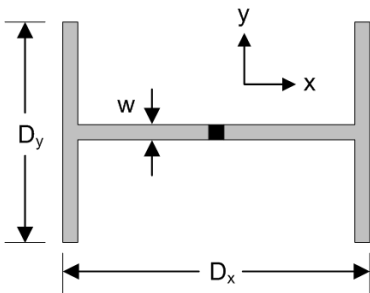


그림 1. 안테나 구조

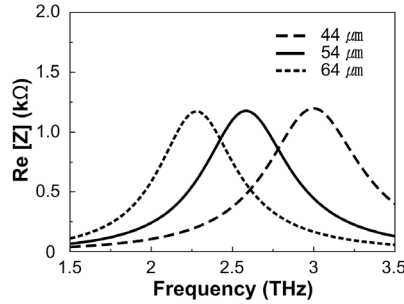


그림 2. D_x 변화

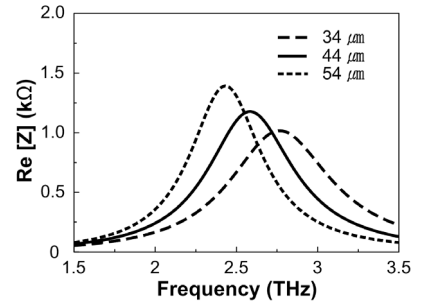


그림 3. D_y 변화

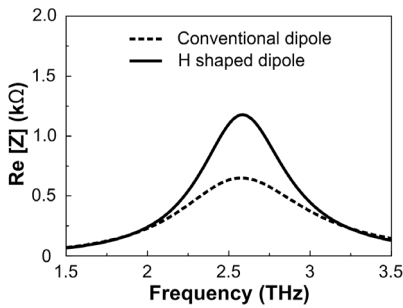


그림 4. 임피던스 비교

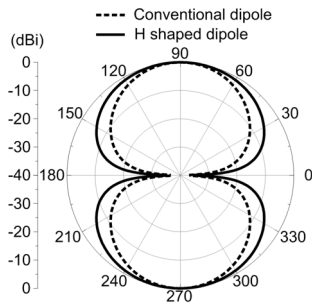


그림 5. 복사패턴 ($x-y$ 평면)

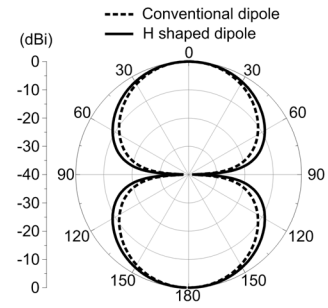


그림 6. 복사패턴 ($x-z$ 평면)

참고문헌

1. P. R. Smith, D. H. Auston, and M. C. Nuss, "Subpicosecond photoconducting dipole antennas," *IEEE J. Quantum Electron.*, 24, 255-260 (1988).
2. S. M. Duffy, S. Verghese, K. A. McIntosh, A. Jackson, A. C. Gossard, and S. Matsuura, "Accurate modeling of dual dipole and slot elements used with photomixers coherent terahertz output power," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, 49, 1032-1038 (2001).
3. K. A. McIntosh, E. R. Brown, K. B. Nichols, O. B. McMahon, W. F. DiNatale, and T. M. Lyszczarz, "Terahertz measurements of resonant planar antennas coupled to low-temperature-grown GaAs photomixers," *Appl. Phys. Lett.*, 69, 3632-3634 (1996).
4. S. Matsuura, M. Tani, and K. Sakai, "Generation of coherent terahertz radiation by photomixing in dipole photoconductive antennas," *Appl. Phys. Lett.*, 70, 559-561 (1997).
5. K. Moon, H. Han, I. Park, "Terahertz folded half-wavelength dipole antenna for high output power," *Topical Meeting on Microwave Photonics*, 301-304 (2005)