

테라헤르츠 대역의 Yagi-Uda 안테나 설계

Terahertz Yagi-Uda Antenna Design

한경호*, 김상인*, 한해욱**, 박익모*, 임한조*

*아주대학교 전자공학부, **포항공과대학교 전기컴퓨터공학부

ipark@ajou.ac.kr

테라헤르츠 안테나는 저온 성장된 GaAs (LT-GaAs) 기판 위에 증착된 테라헤르츠 광원인 포토믹서와 결합해서 사용한다. 포토믹서에 서로 다른 주파수의 레이저 빔을 입사 시키고 두 주파수의 차이가 테라헤르츠 주파수가 되면 이에 해당하는 테라헤르츠파가 발생된다.⁽¹⁾ 이때 발생된 테라헤르츠파는 낮은 출력을 가지는 문제점이 있는데, 이는 포토믹서의 임피던스는 10 k Ω 이상의 높은 값을 가지는 것에 비해 안테나의 임피던스는 상대적으로 매우 낮아서 두 소자 간에 임피던스 부정합이 생기기 때문이다.⁽²⁾ 따라서 안테나의 임피던스가 높아질수록 포토믹서와의 임피던스 부정합 문제는 개선되어 테라헤르츠파의 출력도 증가하므로, 전 파장 다이폴, 폴디드 다이폴 안테나 등 향상된 임피던스를 가지는 안테나를 통해서 부정합 문제를 개선하려는 노력이 있었다.⁽²⁾⁽³⁾ 본 논문에서는 안테나의 임피던스를 높이고 높은 지향성을 얻기 위해서 전 파장 다이폴 Yagi-Uda 안테나를 설계하였다. 일반적으로 사용되는 Yagi-Uda 안테나는 driver가 반 파장 다이폴이고 구조상 낮은 임피던스를 가지기 때문에 테라헤르츠 안테나로는 적합하지 않다. 그러나 복사 소자를 전 파장 다이폴로 하면 높은 임피던스를 얻을 수 있기 때문에 임피던스 부정합이 개선되고 테라헤르츠 출력 또한 높아지게 된다.

그림 1에는 안테나의 구조도를 나타내었다. 각 금속소자들의 두께와 전도도는 각각 실제 안테나 제작에 사용되는 Ti/Au 박막의 측정값인 0.35 μm 와 1.6×10^7 S/m로 두었고⁽⁴⁾, 안테나는 비유전율이 12.9이고 면적이 700 x 400 μm^2 , 두께가 4 μm 인 기판에 설계하였다. 안테나의 최적화는 CST사의 EM Simulator인 MWS로 하였으며 각 설계변수들은 다음과 같다: $L_0=150$ μm , $L_1=230$ μm , $L_2=130$ μm , $L_3=130$ μm , $w=8$ μm , $S_0=108$ μm , $S_1=108$ μm , $S_2=178$ μm . 그림 2에는 안테나의 임피던스 특성을 나타내었는데 안테나는 563 GHz에서 공진하며 이때 입력임피던스는 2121 Ω 이다. 이는 기존의 전 파장 다이폴, 폴디드 다이폴 안테나가 수백 Ω 정도의 입력 임피던스를 가지는데 비해 높은 값을 가지는 것을 알 수 있고 증가된 테라헤르츠파의 출력을 기대할 수 있다. 그림 3과 4에는 각각 xy-평면, xz-평면에서 본 복사패턴을 나타내었고 공진주파수인 563 GHz에서 11.04 dBi의 지향성과 83.33%의 복사효율을 가지고, x축 방향으로 지향적인 복사패턴이 나타나는 것을 알 수 있다. 일반적으로 기판위에 놓인 안테나에서 발생된 전자기파는 $\epsilon_r^{3/2}:1$ 의 비율로 기판 쪽으로 복사되는 빔이 많다.⁽⁵⁾ 그러나 기판 내부에서의 전반사로 인해 많은 양이 표면파 형태로 갇히고 일부만 공기 중으로 복사되는 문제로 인해, 포토닉 크리스털 구조를 사용해서 기판 쪽으로 복사되는 전자기파를 차단하거나⁽⁵⁾ 기판에 실리콘 렌즈를 결합시켜서 내부 전반사를 없애고 빔을 한 방향으로 시준 시켜준다.⁽⁶⁾ 반면에 제안한 안테나는 기판의 두께를 얇게 하여 기판에 의한 영향을 최소화 하였고 Yagi-Uda 안테나 구조로 설계함으로써 안테나 고유의 단방향 지향적인 복사 특성을 얻을 수 있었다.

본 논문에서 제안한 안테나는 기판위에서도 한 방향으로 테라헤르츠파의 복사가 집중되는 특성이 있고 2000 Ω 이상의 높은 임피던스를 가짐으로써 테라헤르츠 출력이 향상될 것으로 예상된다.

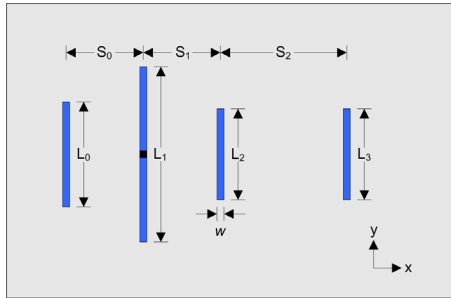


그림 1. 안테나 구조도

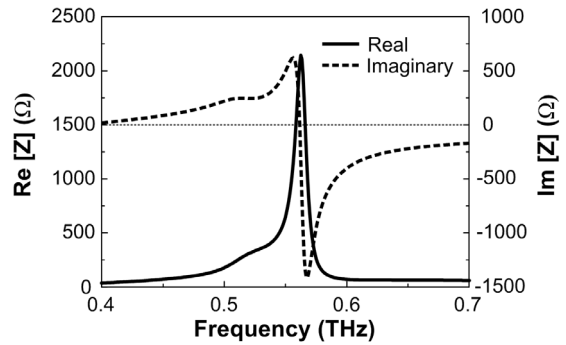


그림 2. 안테나 임피던스 특성

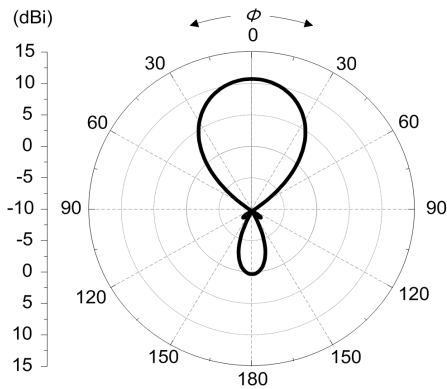


그림 3. xy-plane 복사패턴

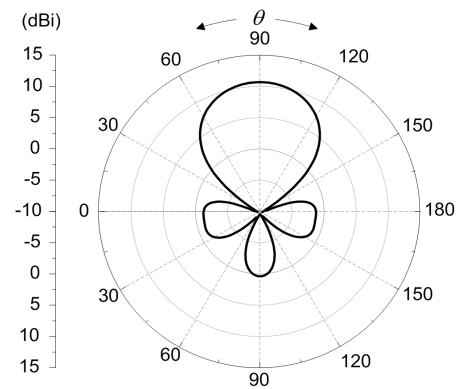


그림 4. xz-plane 복사패턴

참고문헌

1. M. Tani, O. Morikawa, S. Matsuura, and M. Hangyo, "Generation of terahertz radiation by photomixing with dual- and multiple-mode lasers", *Semiconductor Science and Technology*, vol. 20, no. 7, pp. S151-S163, (2005).
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 for coherent terahertz output power", *IEEE Trans. on Microwave Theory Tech.*, vol. 49, no. 6, pp. 1032-1038 (2001).
3. K. Moon, H. Han, and I. Park, "Terahertz folded half-wavelength dipole antenna for high output power", *Topical Meeting on Microwave Photonics*, Seoul, Korea, pp. 301-304 (2005).
4. U. D. Keli, D. R. Dykarr, A. F. J. Levi, R. F. Kopf, L. N. Pfeiffer, S. B. Darack, and K.W. West, "High-speed coplanar transmission lines", *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. 28, no. 10, pp. 2333-2342, Oct. (1992).
5. E. R. Brown and C. D. Parker, "Radiation properties of a planar antenna on a photonic-crystal substrate", *Optical Physics*, vol. 10, no. 2, pp. 404-407 (1993).
6. A. Hirata, N. Sahiri, H. Ishii, K. Machida, S. Yagi, and T. Nagatsuma, "Design and characterization of millimeter-wave antenna for integrated photonic transmitter", *Asia Pacific Microwave Conf.*, Sydney, Australia, pp. 70-73, (2000).