

Sub-THz 대역 마이크로스트립-패치 안테나 transition 구조 연구

정재웅, 서덕진, 박윤식, 유종인*

*한국전자기술연구원 ICT디바이스·패키징연구센터

wow212@keti.re.kr, usetooltip@keti.re.kr, yun7098@keti.re.kr, *aceryu@keti.re.kr

A Study of Transitions from Microstrip and Patch Antenna in Sub-THz

Jae-Woong Jung, Deokjin Seo, Yunsik Park, Jongin Ryu*

ICT Device and Package Research Center, Korea Electronics Technology Institute

요약

본 논문은 Sub-THz 대역에서 동작하는 패치 안테나가 마이크로스트립으로부터 transition 되는 구조를 설계하고 시뮬레이션을 통해 특성을 확인하였다. 제안된 구조는 bumper를 이용하여 transition 되는 구조이며, 마이크로스트립-마이크로스트립 transition 구조에서 먼저 transition 성능을 검증하였다. 시뮬레이션 결과, shielding bumper를 적용한 transition 구조가 마이크로스트립의 $50\ \Omega$ 특성을 유지하였으며, bumper 직경이 $100\ \mu\text{m}$ 일 때 성능이 가장 우수하였다. 그리고 마이크로스트립-패치 안테나 transition 구조에서도 $S_{11} = -25.88\ \text{dB}$, 안테나 이득 7.28 의 특성을 확인하였다.

I. 서론

6세대 이동통신에서는 높은 데이터 전송률을 만족시키기 위해 $100\ \text{GHz}$ 이상의 서브 테라헤르츠(Sub-THz) 주파수 대역의 통신 시스템에 관한 연구 및 개발은 최근 몇 년 동안 매우 주목을 받고 있다[1]. Sub-THz 주파수 대역에서 이동통신을 구현하기 위해 널리 사용되는 솔루션 중 하나는 IC 칩과 안테나를 동시에 패키징하여 interconnection 손실을 최소화하는 Antenna-in-package (AiP) 또는 Antenna-on-package (AoP)가 있다. AiP와 AoP 구조에서는 우수한 반사 손실과 낮은 삽입 손실을 확보해야 하므로 IC 칩과 안테나 간의 interconnection 되는 부분이 중요하다. Interconnection 기술에는 대표적으로 와이어 본딩과 플립 칩 방식이 있으며, 와이어 본딩 방식은 간단하고 저렴하지만, 와이어 길이에 따라 인덕턴스가 증가하여 임피던스와 손실을 크게 증가시킨다. 플립 칩 기법을 이용한 interconnection 방식은 본드 와이어 길이보다 bump 높이가 낮고, 두껍기 때문에 와이어 본딩 기술보다 손실이 낮다. 하지만 bumper의 직경에 따라 임피던스 부정합이 발생함으로 설계 구조에 알맞은 bumper 사이즈를 설정해야 하며, bumper로 인해 발생하는 임피던스 부정합 부분 문제를 해결하여야 한다. 따라서 본 논문에서는 시뮬레이션을 통해 Sub-THz 대역에서 동작하는 단일 패치 안테나와 $50\ \Omega$ 마이크로스트립 라인을 bumper로 연결하여 성능을 분석하고 검증하였다[2].

II. 본론

그림 1은 유전체 PI를 기반으로 한 $50\ \Omega$ 마이크로스트립을 top sub, bottom sub에 각각 배치하고 bumper를 이용하여 연결된 3D 모델링 모습이다. Top sub와 bottom sub에 적용된 PI의 유전율은 2.5 이며, 기판 두께는 $50\ \mu\text{m}$ 이다. 그림 1의 x-z 단면도는 그림 2와 같으며, 그림 2(a)는 Top sub의 마이크로스트립과 bottom sub의 마이크로스트립을 bumper로만 연결한 모습이고, 그림 2(b)는 마이크로스트립을 연결하는 bumper의 주위 사면을 둘러싼 shielding bumper가 적용된 모습이다. 그리고 $50\ \Omega$ 마이크로스트립 라인의 선 폭은 $140\ \mu\text{m}$, 길이는 $\lambda_g/2$

mm이다. 또한, top sub와 bottom sub을 관통하는 via의 직경은 $60\ \mu\text{m}$ 이다. 유전 손실과 도체 손실을 제외하고 이상적인 디자인에서 bumper 적용에 따른 transition 성능을 분석하기 위해 마이크로스트립 및 ground는 PEC로 디자인하였다.

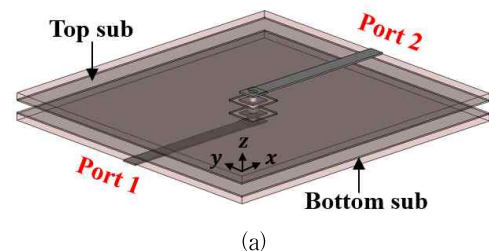


그림 1. 마이크로스트립 transition 구조의 3D 모델링 모습

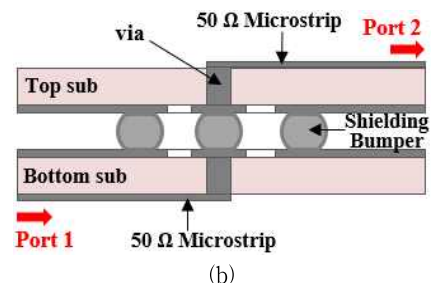
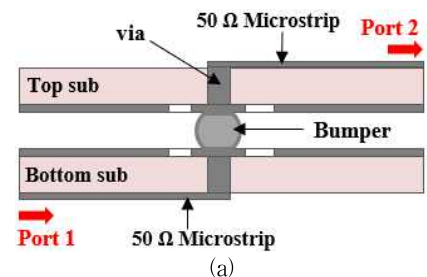


그림 2. 마이크로스트립 transition 구조의 단면도

그림 3은 shielding bumper가 적용되지 않은 마이크로스트립 transition 구조의 bumper 직경에 따른 S-parameter 시뮬레이션 결과이다. 시뮬레이션 결과, bumper 직경이 75 μm , 100 μm , 150 μm 일 때, 120 GHz에서 반사 손실은 17.74 dB, 16.88 dB, 13.77 dB이다. 그리고 삽입 손실은 0.48 dB, 0.63 dB, 0.96 dB이다.

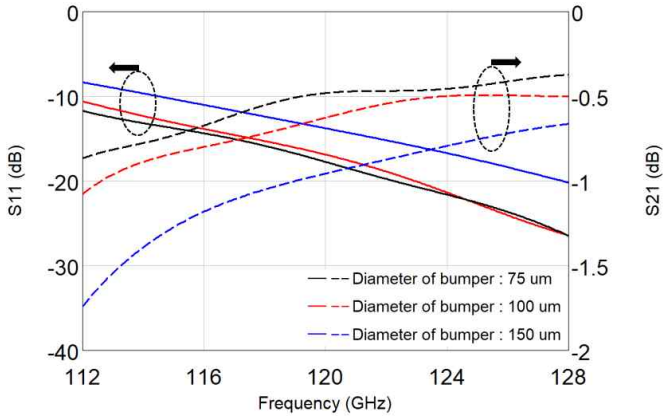


그림 3. Shielding bumper를 적용하지 않은 구조의 S-parameter 시뮬레이션 결과

그림 4는 shielding bumper가 적용된 마이크로스트립 transition 구조의 S-parameter 시뮬레이션 결과이다. 시뮬레이션 결과, bumper 직경이 75 μm , 100 μm , 150 μm 일 때, 120 GHz에서 반사 손실은 19.19 dB, 30.76 dB, 16.89 dB이다. 그리고 삽입 손실은 0.30 dB, 0.25 dB, 0.35 dB이다. 따라서, 시뮬레이션을 통해 Shielding bumper를 적용한 transition 구조가 Shielding bumper를 적용하지 않은 구조보다 반사 손실 및 삽입 손실 성능이 우수하다는 것을 검증하였다. 또한, bumper의 직경이 100 μm 일 때 S11이 112 GHz ~ 128 GHz 대역에서 -20 dB 이하를 만족하였으며, top sub의 마이크로스트립과 bottom sub의 마이크로스트립 간의 임피던스 정합이 유지되는 것을 확인하였다.

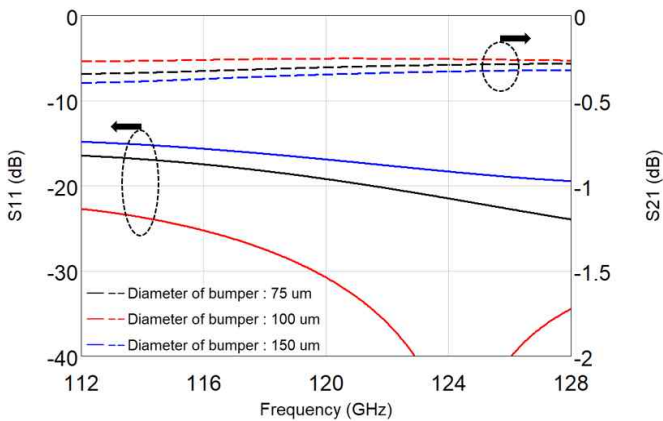


그림 4. Shielding bumper를 적용한 구조의 S-parameter 시뮬레이션 결과

그림 5는 직경이 100 μm 인 bumper를 이용한 마이크로스트립에서 단일 패치 안테나로 transition 되는 구조를 디자인한 모습을 나타낸다.

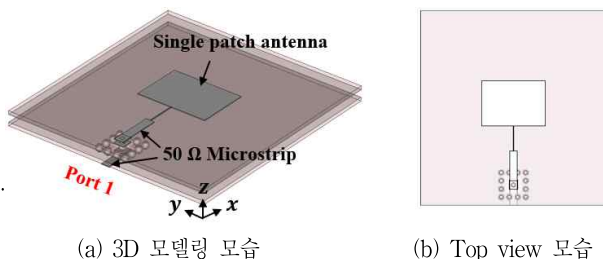


그림 5. 마이크로스트립-단일 패치 안테나 transition 구조

그림 6은 마이크로스트립-단일 패치 안테나 transition 구조의 S11 시뮬레이션 결과 그래프이다. 시뮬레이션 결과, 120 GHz에서 S11은 약 -25.88 dB이다. 그리고 그림 7은 마이크로스트립-단일 패치 안테나 구조에서의 방사 패턴 시뮬레이션 결과이며, 안테나 이득 7.28 dB의 방사특성을 확인하였다.

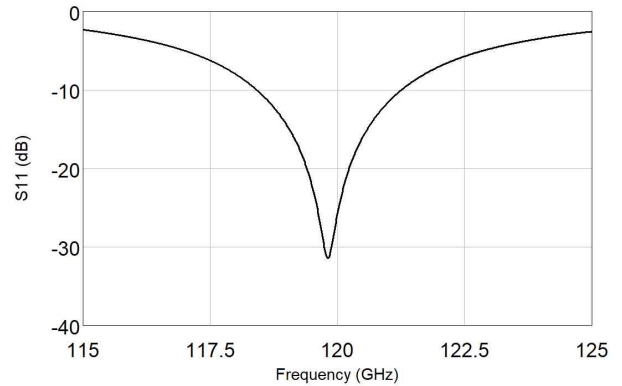


그림 6. 마이크로스트립-단일 패치 안테나 구조의 S11 시뮬레이션 결과

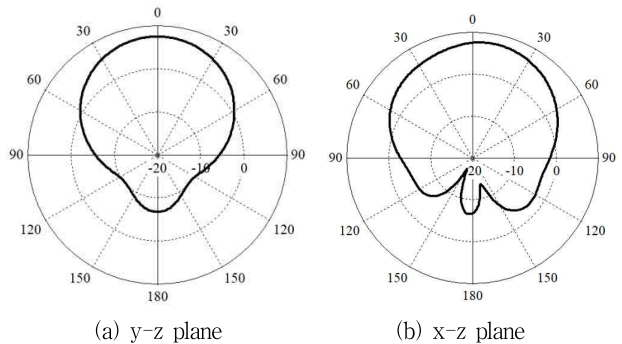


그림 7. 마이크로스트립-단일 패치 안테나 구조의 방사 패턴 시뮬레이션 결과

III. 결론

본 논문에서는 solder bumper를 이용하여 Sub-THz 대역에 적용할 수 있는 마이크로스트립-패치 안테나 transition 구조를 디자인하고 시뮬레이션을 통해 성능을 검증하였다. 우선 마이크로스트립-마이크로스트립 구조를 시뮬레이션한 결과, shielding bumper를 적용한 디자인에서 bumper 직경이 100 μm 일 때 반사 손실 30.76 dB, 삽입 손실 0.25 dB로 가장 성능이 우수하다는 것을 검증하였다. 그리고 마이크로스트립-패치 안테나 구조에서도 50 Ω 특성이 유지되는 것을 확인하였으며, 안테나 이득 7.28 dB의 방사특성을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-01016, 조정필, 저가격 Sub-THz 펄스 기반 레이더 칩 기술 개발)

참 고 문 헌

- [1] H. -T. Zhu and K. Wu, "Complex Permittivity Measurement of Dielectric substrate in Sub-THz Range," in IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology, vol. 11, no. 1, pp. 2-15, Jan. 2021.
- [2] Y. P. Zhang and D. Liu, "Antenna-on-Chip and Antenna-in-Package Solutions to Highly Integrated Millimeter-Wave Devices for Wireless Communications," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 57, no. 10, pp. 2830-2841, Oct. 2009.