

# Chip to antenna interconnection을 위해 bonding wire가 적용된 60 GHz 배열 패치 안테나

정재웅\*, 박윤식, 유종인

\*한국전자기술연구원 ICT디바이스·패키징연구센터

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

## 60 GHz array patch antenna with bonding wire for chip-to-antenna interconnection

Jaewoong Jung, Yunsik Park, Jongin Ryu

ICT Device and Package Research Center, Korea Electronics Technology Institute

### 요약

본 논문은 60 GHz 패치 배열 안테나와 MMIC 간의 상호 연결을 위해 bonding wire를 이용한 임피던스 매칭 구조를 제안한다. 디자인된 패치 배열 안테나의 단일 패치 크기는 2.1 mm × 1.36 mm이며 2.82 mm의 배열 간격을 갖는다. 그리고 interconnection line과 패치 배열 안테나를 bonding wire로 연결하기 위해 interconnection line과 bonding wire, 50 ohm 전송선으로 구성된 2-port 모델링을 진행하였으며, 제안된 구조는  $\lambda/4$  transformer와 open stub이 적용된다. 그리고 임피던스 매칭을 위해 stub 길이를 조절하여 시뮬레이션을 진행하였으며, stub 길이가 0.35 mm일 때 58.75 GHz에서 61.28 GHz까지 S11이 -20 dB 이하임을 확인하였다. 그리고 디자인한 매칭 구조를 60 GHz 패치 배열 안테나에 적용하여 시뮬레이션한 결과, 목표 주파수 대역인 60 GHz에서 약 -24.6 dB의 S11과 11.03 dBi의 안테나 이득 특성을 확인하였다.

### I. 서론

최근 무선 통신 기술의 발전에 따라 고집적, 고성능의 마이크로파 집적 회로(MMIC)의 수요가 급증하고 있다. MMIC는 소형화, 경량화는 물론 높은 신호 처리 능력을 필요로 하는 다양한 통신 애플리케이션에서 중요한 역할을 한다. 이러한 MMIC를 활용한 모듈 구현을 위해서는 효과적인 패키징 기술이 필수적이며, 특히 안테나와의 효율적인 상호 연결이 성능에 결정적인 영향을 미친다. Bonding wire를 이용한 패키징은 제작 과정에서의 수정이 용이하며, 비용이 저렴하다는 장점이 있어 대량 생산에 유리하다. 하지만 높은 임피던스를 가지는 bonding wire로 인해 임피던스 불일치가 발생하며, 이를 해결하기 위해 적절한 임피던스 매칭이 필수적이다. 본 논문에서는 MMIC를 플립칩 방식으로 패키징하고, bonding wire를 이용하여 60 GHz 패치 배열 안테나와의 상호연결을 위한 임피던스 매칭 기법을 제안한다. Bonding wire로 인해 발생한 임피던스 불일치를 해결하기 위해  $\lambda/4$  transformer와 open stub를 이용하여 임피던스 매칭을 진행하였으며 이를 통해 고주파 신호의 전송 손실을 최소화하고, 전체 시스템의 성능을 향상시킬 수 있다.

은 0.31 mm의 선 폭 ( $F$ )을 가진 50 ohm line으로 연결된다. 패치 배열 안테나를 구성하는 antenna substrate의 유전율은 3.0이고 기판 높이는 0.127 mm이다. 디자인된 패치 배열 안테나는 Ansys사의 HFSS EM 시뮬레이션 툴을 이용하여 시뮬레이션을 진행하였다. 60 GHz 패치 배열 안테나의 반사 손실 시뮬레이션 결과는 그림 3과 같으며, 목표 주파수인 60 GHz에서 반사 손실이 약 29.35 dB이다.

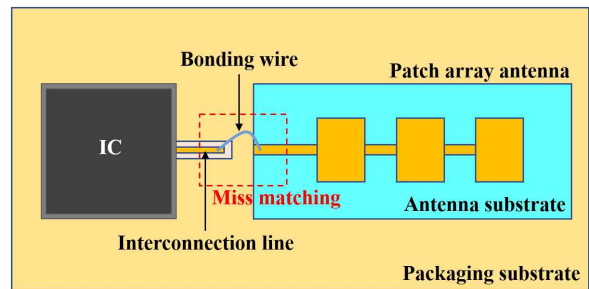


그림 1. MMIC와 패치 배열 안테나가 통합된 패키징 구성도

### II. 본론

그림 1은 60 GHz에서 동작하는 패치 배열 안테나와 MMIC가 Packaging substrate에 패키징된 모습이다. Packaging substrate의 유전율은 2.2이며 기판의 높이는 127  $\mu$ m이다. IC와 연결된 interconnection line과 패치 배열 안테나의 feeding line은 bonding wire로 연결되며, 이로 인해 임피던스 불일치가 발생한다. 60 GHz 패치 배열 안테나의 디자인은 그림 2와 같다. 2.1 mm의 패치 폭 ( $W$ )과 1.36 mm의 패치 길이 ( $L$ )를 가진 패치 3개를 2.82 mm의 배열 간격 ( $D$ )으로 디자인 되며, 패치 간 연결

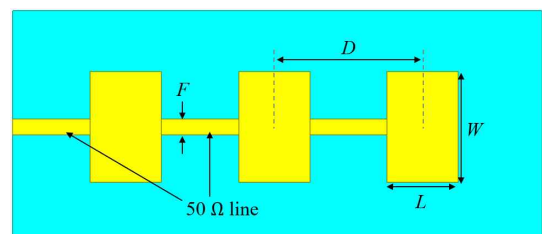


그림 2. 60 GHz 패치 배열 안테나 모습

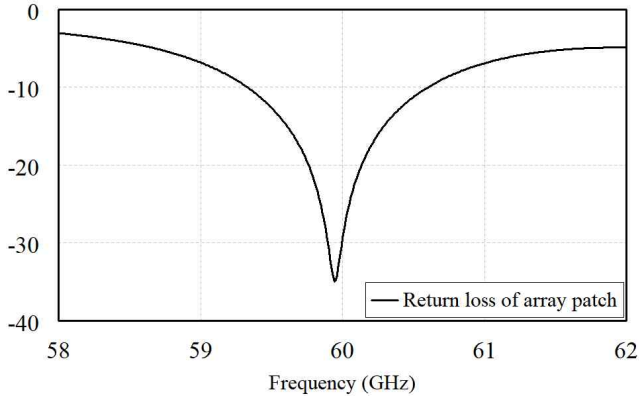


그림 3. 60 GHz 패치 배열 안테나의 반사 손실 시뮬레이션 결과

그림 4는 Bonding wire가 적용된 interconnection line과 패치 배열 안테나 간의 임피던스 불일치 지점을 3D 모델링한 모습이며 선 폭이 0.1 mm 인  $\lambda/4$  transformer와 open stub이 적용되었다. Interconnection line의 입력단에 Port 1을 배치하고 antenna substrate의 50 ohm 전송선로 끝에 Port 2를 배치하여 모델링을 진행하였다. 임피던스 매칭을 위해 Stub의 길이인  $L_s$ 를 0.25 mm부터 0.45 mm까지 변경하여 시뮬레이션을 진행하였으며,  $L_s$ 에 따른 S11 시뮬레이션 결과는 그림 5와 같다. 시뮬레이션 결과  $L_s$ 가 0.35 mm일 때, S11이 가장 낮은 것을 확인하였으며, 58.75 GHz에서 61.28 GHz까지 S11이 -20 dB 이하임을 검증하였다.

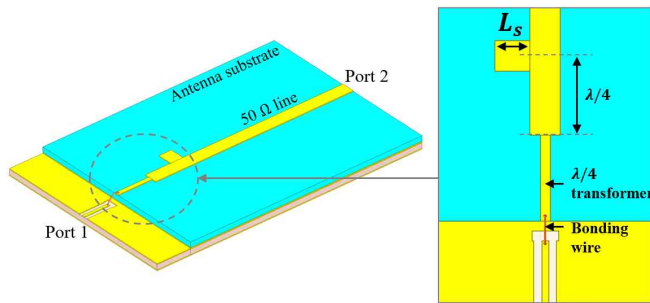


그림 4. Bonding wire가 적용된 전송선 모델링 모습

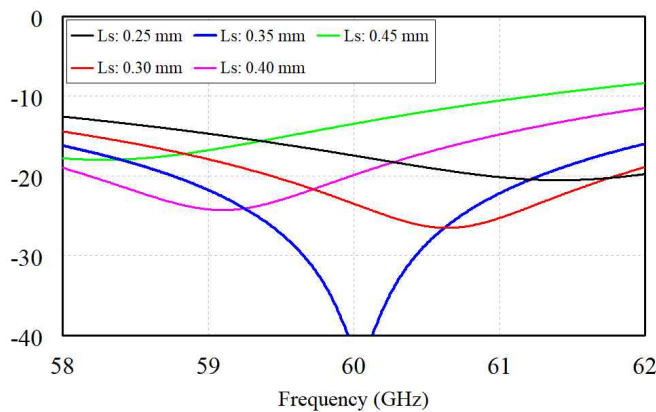


그림 5.  $L_s$ 에 따른 S11 시뮬레이션 결과

그림 6은 60 GHz 패치 배열 안테나에 디자인한 open stub과  $\lambda/4$  transformer를 적용하여 bonding wire로 interconnection line과 연결된 모습의 단면도와 3D view이다. Port 1으로 에너지가 인가되어 bonding wire를 통해 패치 배열 안테나에 급전되는 구조이며, 시뮬레이션을 통해 안테나의 S11과 방사 패턴을 확인하였다. 그림 7은 제안한 구조의 S11 시뮬레이션 결과이며, 목표 주파수 대역인 60 GHz에서 약 -24.6 dB의 S11

을 갖는다. 그리고 그림 8과 같이 60 GHz에서 안테나 이득은 11.03 dBi의 특성을 갖는다.

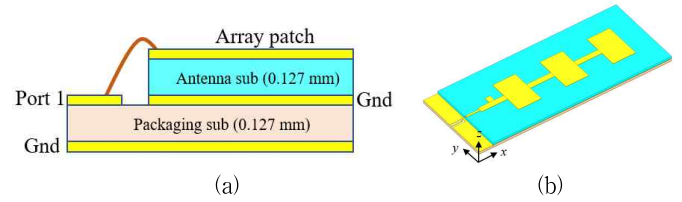


그림 6. Bonding wire로 연결된 60 GHz 패치 배열 안테나 모습 (a) 단면도 (b) 3D view

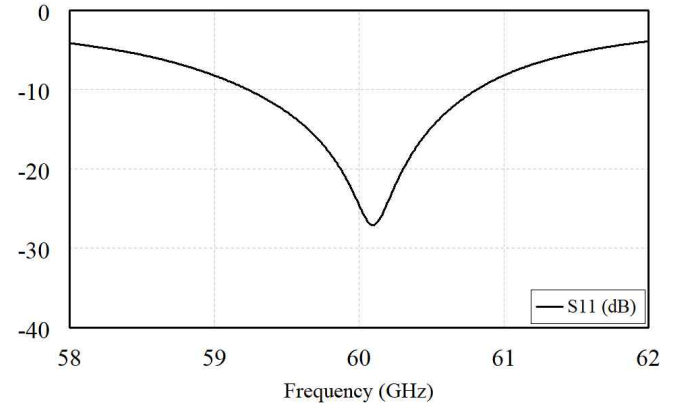


그림 7. Bonding wire로 연결된 60 GHz 패치 배열 안테나 S11 시뮬레이션 결과

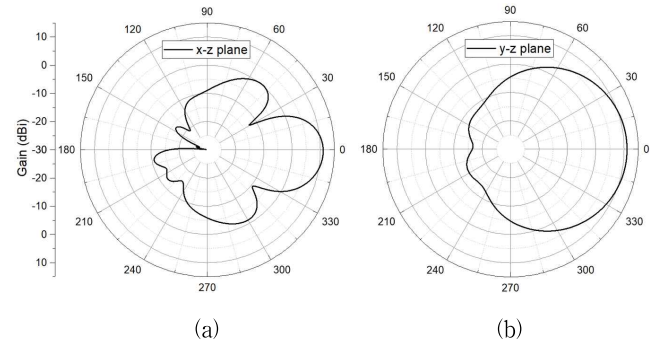


그림 8. Bonding wire로 연결된 60 GHz 패치 배열 안테나 방사 패턴 시뮬레이션 결과 (a) x-z plane (b) y-z plane

### III. 결론

본 논문에서는 MMIC와 60 GHz 패치 배열 안테나를 bonding wire로 패키징 할 시 발생하는 임피던스 불일치 문제를 해결하기 위해  $\lambda/4$  transformer와 open stub을 이용한 안테나 패키징 구조를 제안한다. 제안된 구조는 Interconnection line과 bonding wire, 50 ohm 전송선로로 시뮬레이션을 진행하였으며, stub의 길이인  $L_s$ 를 조절하여 임피던스 매칭을 진행하였다. 시뮬레이션 결과,  $L_s$ 가 0.35 mm일 때 S11이 가장 낮았으며, 58.75 GHz에서 61.28 GHz까지 S11이 -20 dB 이하임을 확인했다. 그리고 60 GHz 패치 배열 안테나와 연결하여 시뮬레이션한 결과, 목표 주파수 대역인 60 GHz에서 S11이 -24.6 dB이고 안테나 이득이 11.03 dBi임을 확인하였다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2024-00347032, 차세대 자율주행 기술을 위한 PMCW 기반 MIMO 디지털 레이더 SoC 개발)