

외부 신호 주입을 통한 주파수 제어가 가능한 WR-3.4 발진기 도파관 모듈

고윤경, 김문일, 고려대학교 전기전자공학과
kyeong0226@korea.ac.kr

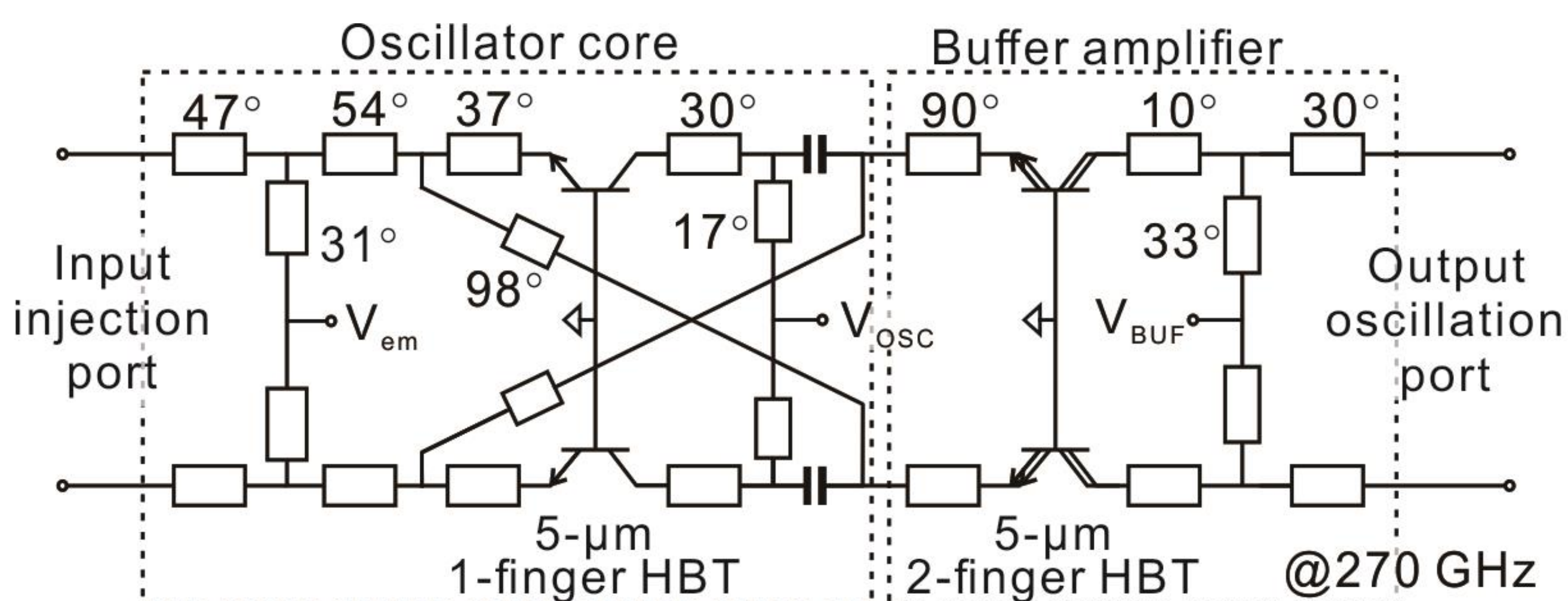


Introduction

- 기존 테라헤르츠 신호 발생기는 출력 전력이 낮고 성능이 불안정한 문제를 가지고 있음
- Injection-locked oscillators (ILOs)는 주파수 안정성과 위상 잠금 기능을 제공하는 신호 발생기로, 안정적인 테라헤르츠 신호 생성을 가능하게 함
- Teledyne InP 250nm HBT 공정을 활용하여, WR-3.4 주파수 대역(220~320 GHz)에서 동작하는 ILO IC를 설계함
- 소형 패키징과 우수한 성능을 갖춘 ILO IC를 통해, 테라헤르츠 응용 분야에 적합한 신뢰성 높은 솔루션을 제시함

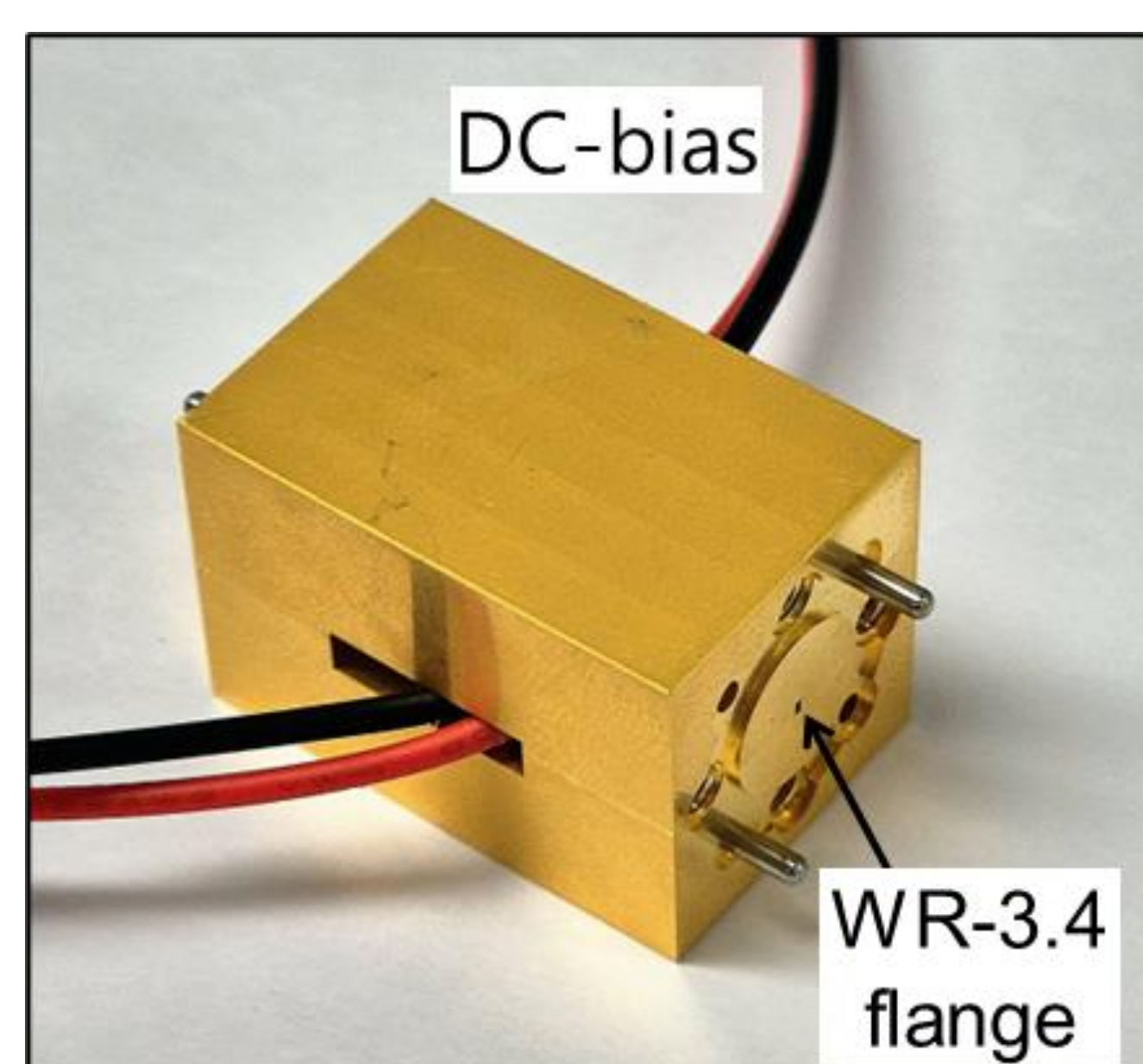
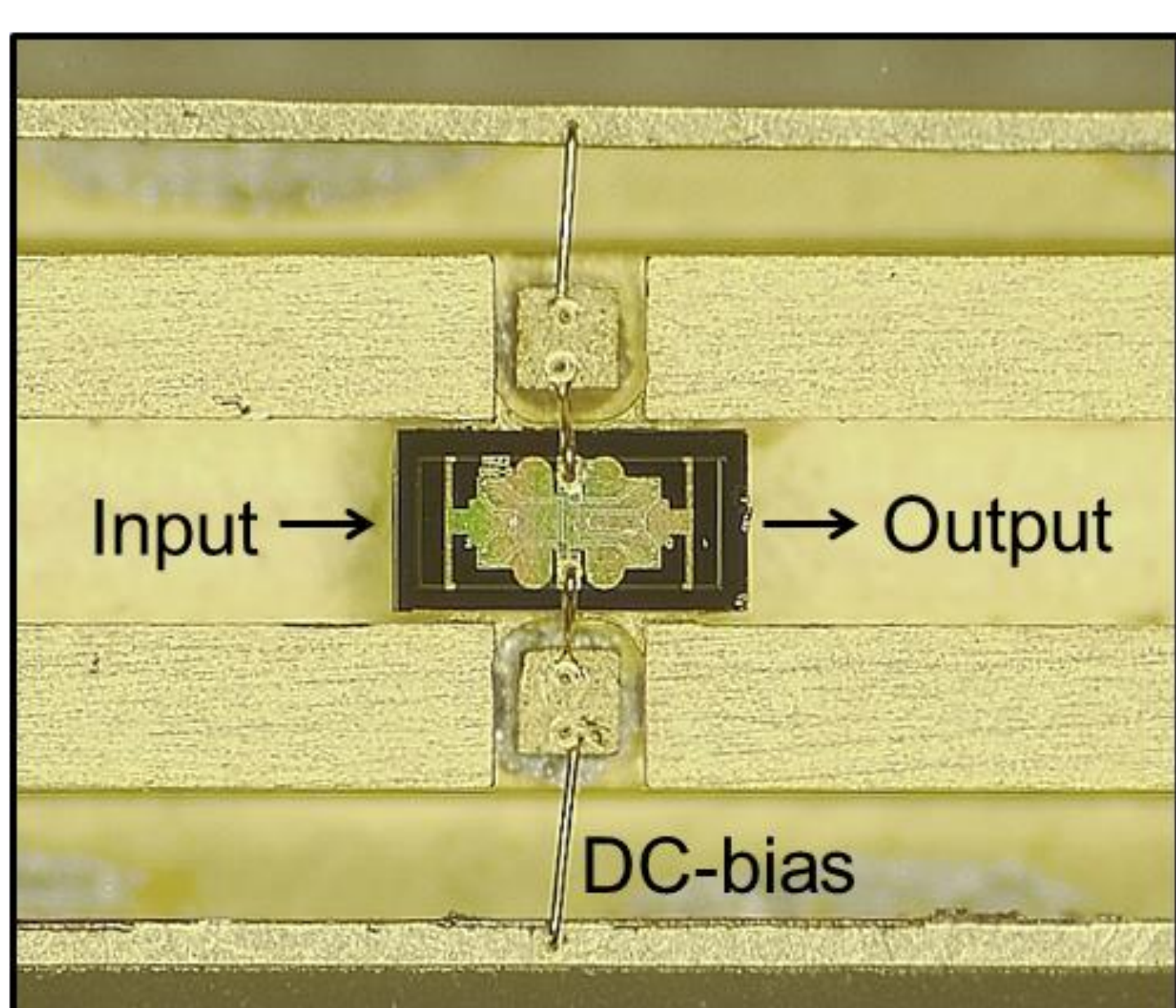
Injection-locked oscillator design

- WR-3.4 대역에서는 cross-coupled 피드백 구조가 발진기 설계에 주로 사용되며, 본 ILO 또한 아래 그림과 같이 common-base cross-coupled 구조로 설계됨
- 발진기 코어의 tank 회로를 변형하여, 외부 주입 신호를 인가할 수 있도록 설계함
- 신호 주입 포트와 출력 포트는 **프로브 측정용 버전**과 **도파관 패키징용 버전**으로 나뉘며, 동일한 회로를 기반으로 두 가지 버전으로 설계함



ILO IC packaging

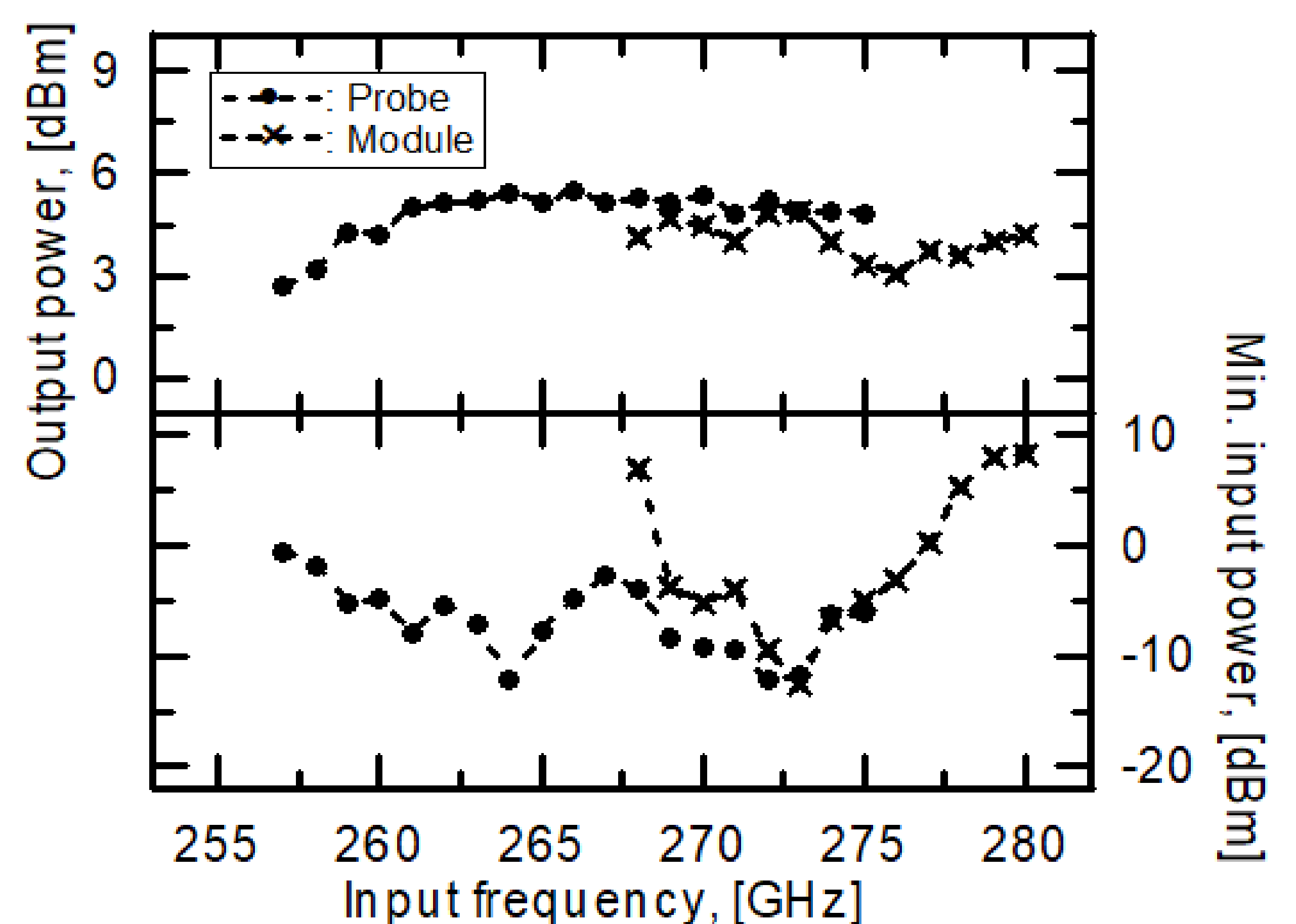
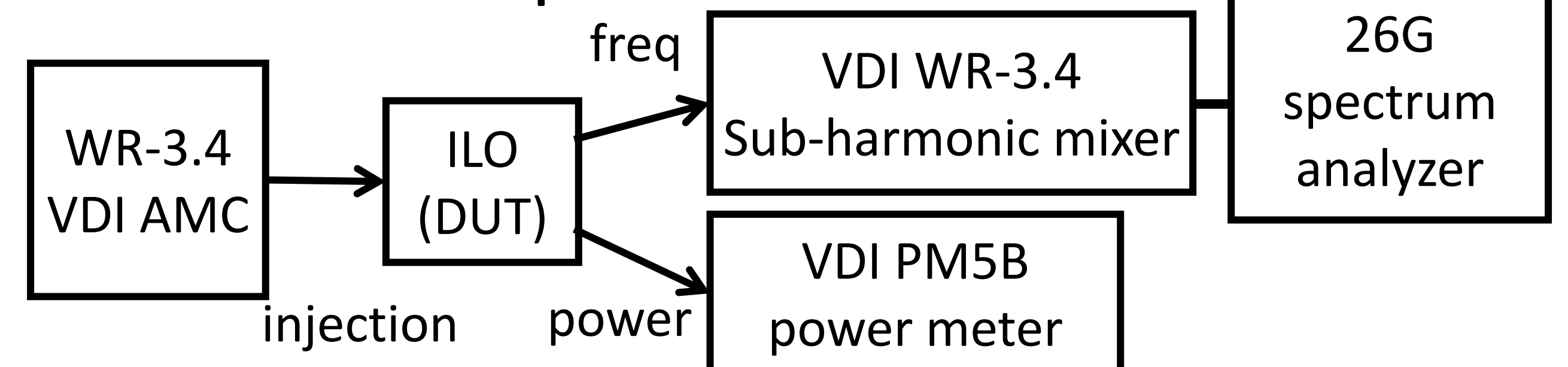
- 프로브 타입 ILO**: Differential 입력/출력 단에 balun을 연결하여 프로브 측정이 가능한 형태로 설계됨. 도파관 모듈과의 성능 비교를 목적으로 제작됨
- 도파관 모듈 ILO**: 입력/출력 단에 다이폴 트랜지션을 연결하고, 아래 사진과 같이 도파관 내부에 패키징함. 도파관 모듈은 **취급이 용이**하며, **전용 스테이션 없이 모바일 환경**에서도 사용 가능함



Measurement

- 두 종류의 ILO는 아래 그림과 같은 측정 셋업을 통해 성능이 평가됨
- 주파수 측정: WR-3.4 서브하모닉 믹서를 이용해 다운컨버전한 후, 스펙트럼 분석기로 측정. 믹서의 LO 신호는 신호 발생기와 D-band 트리플러를 통해 생성
- 출력 파워 측정: VDI사의 PM5B 파워미터를 사용, 도파관 및 프로브 등에서 발생하는 손실은 캘리브레이션
- 프로브 타입 ILO: 272 GHz, 5.2 dBm 출력
- 도파관 모듈 ILO: 273 GHz, 4.8 dBm 출력
- 두 버전 간 출력 차이는 임피던스 미스매치에 의한 것으로 추정. 두 회로 모두 10~20 GHz 대역폭에서 성공적인 주파수 풀링(Frequency Pulling) 특성 확인

<ILO measurement setup>



Conclusion

본 ILO 회로는 IDEC 희망공정 HM-2401 지원을 받아, Teledyne 250nm InP HBT 공정으로 설계 및 제작됨. 테라헤르츠 대역에서 안정적인 신호 생성과 효율적인 패키징을 목표로 개발됨. 성능 비교를 위해 프로브 타입과 도파관 타입 두 가지 형태로 제작함. 두 회로 모두 270 GHz, 5 dBm 출력 성능을 달성하고 성공적으로 패키징 완료. 10~20 GHz의 locking range를 확인하며 주파수 풀링 현상을 검증함. Phase noise는 장비 부재로 인해 측정하지 못했지만, 향후 개선 가능성이 있음

Acknowledgement

본 연구는 IDEC에서 MPW와 EDA Tool을 지원받아 수행하였습니다.