

파운드리급 품질을 지원하는 고주파 평가 플랫폼 구축

—고도로 재현 가능한 온웨이퍼 측정을 통한 GaN MMIC 설계 검증 향상—

한국전자통신연구원 (ETRI)

안리쓰 벡터 네트워크 애널리저 (VNA) 를 활용하여 GaN MMIC용 평가 플랫폼을 구축했다.

이 플랫폼은 밀리미터파 및 서브테라헤르츠 (sub-THz) 대역에 걸쳐 높은 재현성을 갖는 측정을 지원함으로써 일관된 설계 검증을 가능하게 한다.



개요

한국전자통신연구원(ETRI) 은 정보통신기술(ICT), 전자, 반도체 분야를 선도하는 국내 대표 연구기관이다.

ETRI는 밀리미터파 및 서브테라헤르츠(sub-THz) 응용을 위한 화합물 반도체 기술과 차세대 통신 기술에 대한 연구를 수행하고 있다.

GaN MMIC 기반 고주파 소자 개발에는 동작 주파수 대역을 넘어서는 광대역 특성 평가가 요구된다. 설계 정확도와 성능 예측력을 높이기 위해서는 고주파 주파수 대역에 대한 평가도 중요하다. 이를 위해 온웨이퍼 측정이 널리 활용되고 있다. 그러나 밀리미터파 및 서브테라헤르츠 대역에서는 측정 결과가 프로브 접촉 조건 및 측정 시스템의 영향에 매우 민감하게 반응하여 측정 재현성과 데이터 일관성을 유지하기가 어렵다. 동작 주파수가 계속 높아짐에 따라, 시뮬레이션 결과와 측정 데이터 간의 정확한 상관관계를 확보할 수 있는 평가 플랫폼의 중요성이 점점 커지고 있다.

이러한 과제를 해결하기 위해 ETRI는 최대 220 GHz까지 단일 스윕(single-sweep) 측정을 지원하는 안리쓰 VectorStar™ ME7838G 광대역 벡터 네트워크 애널리저를 도입했다. ETRI는 단일 측정 플랫폼을 활용하여 일관된 시험 조건 하에서 밀리미터파부터 서브테라헤르츠 대역까지 소자를 특성 평가할 수 있는 온웨이퍼 평가 플랫폼을 구축했다.

본 아티클에서는 고주파 소자 개발 과정에서의 온웨이퍼 측정의 과제와 ETRI가 구축한 평가 플랫폼, 그리고 이 플랫폼이 GaN MMIC 설계 검증에 기여하는 바를 소개한다.

고주파 온웨이퍼 특성 평가의 과제

소자의 동작 주파수가 밀리미터파 및 서브테라헤르츠 대역으로 확장됨에 따라 일관된 측정 결과를 확보하는 것이 점점 더 어려워지고 있다.

온웨이퍼 측정에서는 프로브 접촉이나 정렬의 미세한 차이, 임피던스 불연속, 기생 효과 등이 S-파라미터 결과에 직접적인 영향을 미칠 수 있다. 이로 인해 동일한 소자에서도 일관된 결과를 얻기 어려울 수 있다.

이러한 편차는 시뮬레이션 결과와 측정 데이터 간의 상관관계를 저해할 수도 있다.

100 GHz 이상의 주파수 대역에서는 기준면(reference-plane) 정의와 프로브 접촉 재현성의 영향이 더욱 커진다. 따라서 측정 편차를 최소화하는 것이 소자 특성 평가에서 핵심 과제가 된다. 이는 엄격하게 통제된 시험 조건 하에서의 광대역 측정을 필요로 한다.

광대역 온웨이퍼 평가 플랫폼 구축

이러한 과제를 해결하기 위해 ETRI는 안리쓰 VectorStar™ ME7838G 광대역 벡터 네트워크 애널리저를 도입했다.

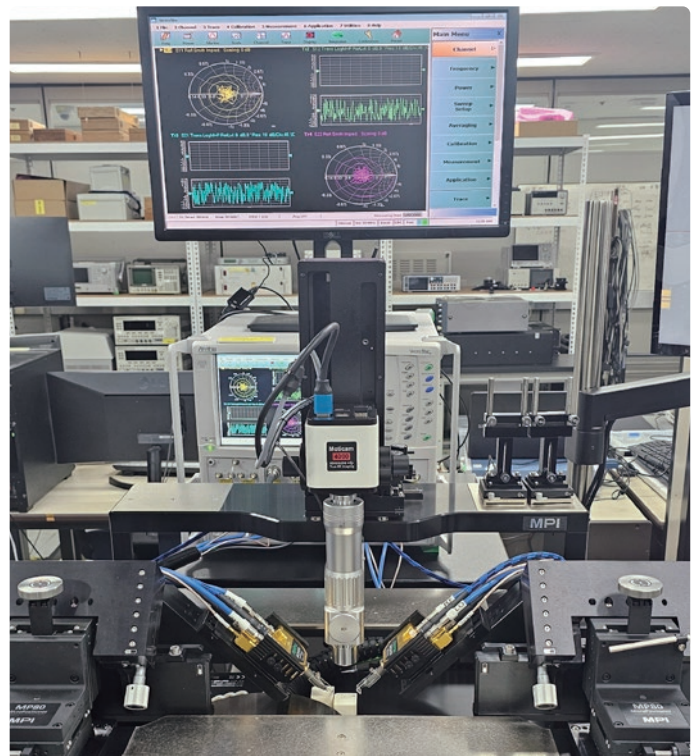
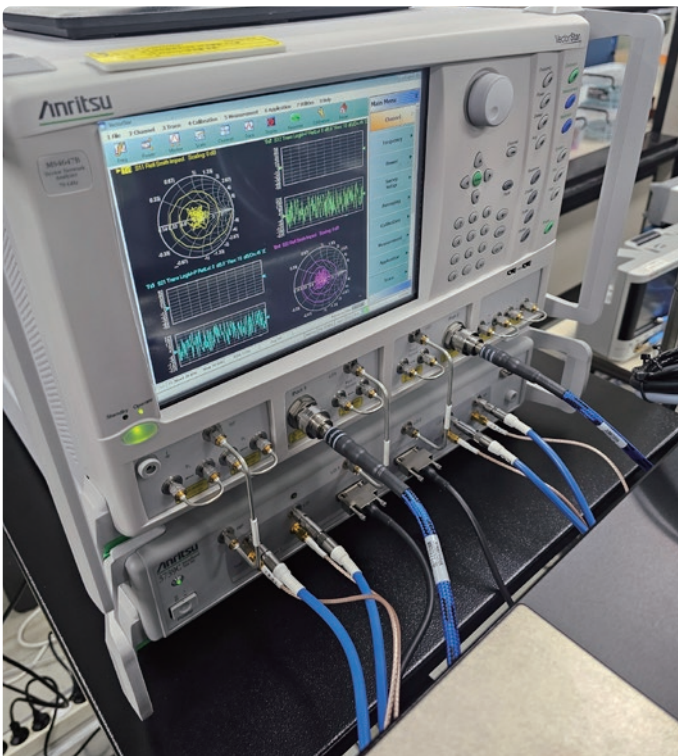
ME7838G는 단일 측정 플랫폼에서 최대 220 GHz 까지 단일 스위프 측정을 지원하여 주파수 대역 간 측정 시스템을 전환할 필요를 없앤다. 이를 통해 일관된 시험 조건 하에서 밀리미터파부터 서브테라헤르츠 대역까지 소자 특성을 평가할 수 있으며, 측정 데이터의 비교 및 분석도 한층 간편해진다.

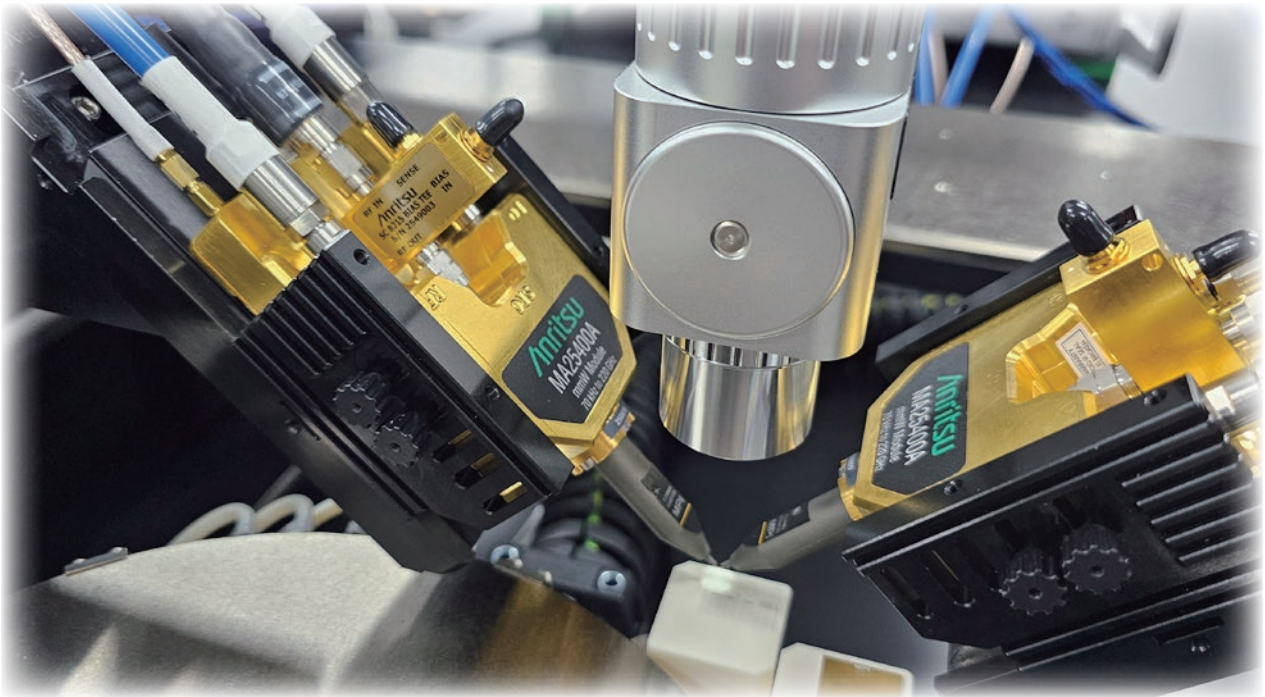
또한 이 시스템은 고급 교정(calibration) 기법을 지원하며 업계 표준 측정 환경과도 호환된다.

아울러 4 포트 측정, 차동 S-파라미터 분석, TDR 기능을 통해 개별 소자뿐 아니라 패키지 및 인터커넥트 구조까지 특성 평가 범위를 확장할 수 있다. 이러한 기능을 통해 소자와 이에 연결된 인터커넥트 구조를 동일한 플랫폼에서 평가할 수 있다.

신뢰성 있는 설계 검증을 위한 평가 플랫폼

ME7838G 도입 이후 ETRI는 교정 프로토콜을 수립하고 디임베딩(de-embedding) 기법을 적용했으며, 측정 조건과 절차를 표준화했다. 이러한 노력을 통해 측정자나 측정 세션에 관계없이 일관된 시험 조건에서 재현 가능한 측정 데이터를 확보할 수 있게 되었다.





보다 신뢰성 있는 설계 검증을 위한 측정 데이터

고주파 소자 설계는 모델을 개선하고 설계 파라미터를 최적화하기 위해 시뮬레이션 결과와 측정 데이터 간의 비교에 의존한다. 측정 데이터에 큰 편차가 존재하면 그 차이가 소자 자체에서 비롯된 것인지, 측정 조건에서 비롯된 것인지 판단하기 어려워진다.

ETRI가 구축한 평가 플랫폼은 높은 재현성을 갖는 측정 데이터를 제공하여 시뮬레이션 결과와 측정 데이터 간의 보다 정확한 상관관계를 가능하게 한다. 이를 통해 소자 성능 특성 평가와 모델 검증의 정확도가 향상된다.

보다 효율적인 설계 및 분석을 위한 광대역 평가

ME7838G는 단일 플랫폼에서 밀리미터파부터 서브테라헤르츠 대역까지 특성 평가를 가능하게 한다.

주파수 대역 간 측정 시스템을 전환할 필요가 없어짐에 따라 취득한 데이터의 비교 및 분석이 한층 간편해진다. 4 포트 측정, 자동 S-파라미터 분석, TDR 기능은 개별 소자를 넘어 패키지 및 인터커넥트 구조까지 평가 범위를 확장한다.

이에 따라 설계 검증, 특성 평가, 분석을 하나의 공통 플랫폼에서 수행할 수 있다.

향후 고주파 소자 개발을 위하여

6G 및 차세대 위성 통신 연구개발은 밀리미터파 대역을 넘어서는 주파수 영역으로 확장되고 있다. 이에 따라 시뮬레이션 결과와 정확하게 상관관계를 가질 수 있는 측정 데이터의 중요성이 더욱 커지고 있다.

ETRI가 구축한 평가 플랫폼은 현재의 GaN MMIC 특성 평가뿐 아니라 밀리미터파 및 서브테라헤르츠 대역에서의 향후 소자 개발에도 적용될 수 있다.

개발이 더 높은 주파수 대역으로 이동함에 따라, 이 플랫폼은 개발 전 주기에 걸쳐 설계 결과를 검증하는 데 필요한 측정 역량을 제공한다.