

전도성 시트 기반 고주파 반도체 검사용 소켓의 개발 및 주파수 특성 평가

이예은*, 박선아*, 이희준*

미르텍알앤디 주식회사*

yaeun97@naver.com, sunah123456@naver.com, mirtech77@naver.com

Development and Frequency Characterization of a High-Frequency Semiconductor Test Socket Based on a Conductive Sheet

Lee Ye Eun*, Park Sun Ah*, Lee Hee Joon*

Mirtech R&D Corporation*

요약

본 연구는 미세 피치 대응 및 경제성을 동시에 고려한 차세대 반도체 검사용 소켓을 개발하고 그 성능을 평가한 것이다. 전도성 시트를 기반으로 탐침 패드를 제작하였으며, 이를 활용한 소켓의 저항과 주파수 특성을 분석하였다.

측정 결과, 소켓의 저항은 $31.6\text{m}\Omega$ 으로 고주파 특성 기준을 만족하였고, HFSS 시뮬레이션 및 실제 주파수 분석에서도 삽입 손실과 반사 손실이 최소화되어 안정적인 신호 전달이 가능함을 확인하였다. 이를 통해 개발된 소켓이 고주파 반도체 검사 환경에 적합함을 입증하였다.

I. 서론

5G, 자율주행차, AI 등 첨단 산업의 성장과 함께 반도체의 고성능, 소형화, 고집적화가 요구되고 있으며, 이에 따라 HBM(High Bandwidth Memory), LPDDR(Low Power Compression Attached Memory)와 같은 3차원 반도체가 개발되고 있다. 이와 함께 성능 검증을 위한 검사용 소켓에도 고신뢰성과 경제성이 중요해지고 있다[1, 2].

반도체 제조 공정 중 프로브 및 패키지 검사는 불량 방지와 신뢰성 확보를 위한 핵심 단계이며, 이때 검사용 소켓이 사용된다. 검사용 소켓은 반도체와 검사 장비를 연결하는 주요 부품이다[3, 4].

기존의 포고 핀(Pogo Pin) 타입, 러버(Rubber) 타입 그리고 블레이드 핀(Blade Pin) 방식의 소켓은 각각 장단점을 가지나, 고주파 대응 및 내구성, 제조 비용 등 여러 측면에서 한계를 보인다[5-8].

이에 따라, 본 연구에서는 전도성 시트를 활용한 새로운 구조의 소켓을 설계·제작하고, 저항 및 주파수 특성에 대해 성능을 평가하였다.

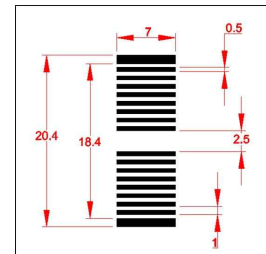
II. 본론

II-I. 전도성 시트 및 탐침 패드 제작

전도성 시트는 액정폴리머(Liquid Crystal Polymer, LCP) 표면에 구리(Cu)와 소량의 금(Au)을 도금하여 전기적 특성을 강화한 후, 정밀한 접촉을 위해, 그림 1과 같이 미세 패턴을 설계하고 에칭 공정을 통해 이를 형성하였다.

탐침 패드는 이 시트를 기반으로 실리콘 러버와 결합하여 제작되었으며, 균일한 형상을 위해 스테인리스강 지그를 활용하였다. 제작 과정은 전도성 시트를 지그에 부착한 뒤, 실리콘 러버의 주재와 경화제를 혼합하여 주입·경화하는 방식으로 수행되었으며, 지그는 분리와 반복 공정이 용이하도록 설계되었다.

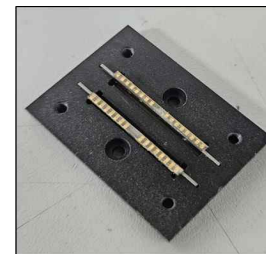
이와 같은 방식으로 제작된 탐침 패드는 재료비를 절감하면서도 정밀성과 경제성을 동시에 확보한 소켓 제작에 활용되었다.



<그림 1> 미세 패턴이 적용된 전도성 시트 설계 도면

II-II. 전도성 시트로 제작된 탐침 패드를 활용한 고주파 반도체 검사용 소켓 제작

제작된 탐침 패드를 고정하기 위해 블록 구조물을 설계하였으며, 기계적 강도, 내열성, 낮은 유전율 등의 특성을 고려해 블록 구조물의 소재로 울템(Ultem)을 선정하였다. 이후, 탐침 패드와 울템 블록 구조물을 결합하여 그림 2와 같이 고주파 반도체 검사용 소켓을 완성하였다.



<그림 2> 본 연구를 통해 개발된 고주파 반도체 검사용 소켓

II-III. 고주파 반도체 검사용 소켓 특성 평가

고주파 반도체 검사용 소켓의 성능을 확인하기 위해 저항, 주파수 특성을 분석하였다.

II-III-I. 고주파 반도체 검사용 소켓 저항 분석

고주파 반도체 검사 시 약 0.2mm의 높림이 가해진 상태에서 전기 신호가 전달되므로, 소켓의 전기적 특성 충족 여부를 확인하기 위해 저항 분석을 수행하였다.

총 3개의 소켓에서 무작위로 선택한 전도성 라인의 저항을 측정한 결과, 모든 시료에서 평균 저항은 31.6mΩ으로 분석되었다. 전도성 라인의 손상 없이 안정적인 전기적 특성을 유지하였으며, 표 2에 해당 측정 결과를 정리하였다.

<표 2> 고주파 반도체 검사용 소켓의 저항 분석 결과

시료번호	전도성 라인 번호	시험 결과 (mΩ)
#1	1	30
	2	32
	3	35
	4	32
	5	34
#2	1	32
	2	32
	3	34
	4	32
	5	34
#3	1	28
	2	29
	3	29
	4	30
	5	31

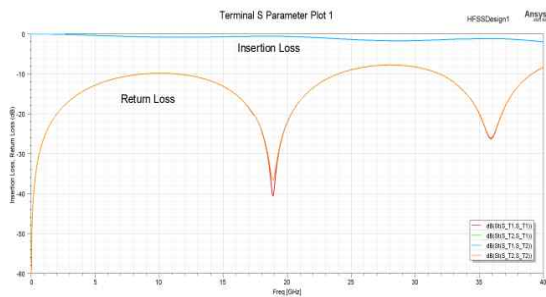
II-III-II. 고주파 반도체 검사용 소켓 주파수 시뮬레이션 분석

고주파 반도체 검사용 소켓은 신호 감쇠와 반사를 최소화하여 안정적인 신호 전달이 가능해야 하므로, 주파수 응답 특성 평가가 필수적이다.

본 연구에서는 HFSS(Ansys)를 이용해 0~40GHz 범위에서 시뮬레이션을 수행하고, 삽입 손실(Insertion Loss)과 반사 손실(Return Loss)을 분석하였다.

분석 결과는 그림 4에 나타내었으며, 삽입 손실의 변화 폭이 작고 반사 손실은 대부분의 주파수 대역에서 -10dB 이하를 유지하고 있어, 소켓이 고주파 환경에서 양호한 임피던스 매칭 특성을 갖는 것으로 확인되었다.

일부 대역에서의 손실과 변동은 측정 환경 및 설계 변수에 따른 정상 범위 내의 현상으로 판단되며, 전체적으로 소켓이 광대역 주파수 환경에 적합함을 입증하였다.



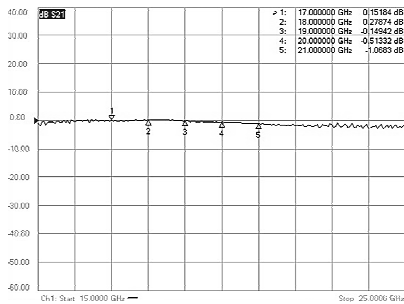
<그림 4> 고주파 반도체 검사용 소켓의 HFSS 시뮬레이션 결과

II-III-III. 고주파 반도체 검사용 소켓 주파수 분석

HFSS 시뮬레이션의 타당성을 검증하기 위해 Network Analyzer를 이용하여 17~21GHz 범위에서 삽입 손실(S21)을 측정하였다.

측정 결과는 그림 5와 표 3에 나타내었으며, 삽입 손실은 0.152dB(17GHz)에서 -1.068dB(21GHz) 범위로 나타났다. 이는 HFSS

시뮬레이션 결과와 유사한 경향을 보여주며, 본 소켓이 고주파 대역에서도 안정적인 신호 전달 특성을 확인할 수 있었다.



<그림 5> 고주파 반도체 검사용 소켓의 주파수 분석

<표 3> 고주파 반도체 검사용 소켓의 주파수 분석 결과

Freq (GHz)	S21 (dB)
17	0.152
18	0.279
19	-0.149
20	-0.513
21	-1.068

III. 결론

본 연구에서는 전도성 시트를 활용하여 고주파 반도체 검사용 소켓을 설계 및 제작하고, 경제성과 성능을 동시에 확보할 수 있는 구조를 제안하였다.

제작된 소켓은 40mΩ 이하의 저항 값을 유지하며, 고주파 특성에서도 삽입·반사 손실이 최소화되어 우수한 신호 전달 성능을 확인하였다.

또한, HFSS 시뮬레이션 결과와 실제 주파수 측정 결과가 유사하게 나타나 본 소켓의 성능과 신뢰성이 실험적으로 입증되었다. 이를 통해 개발된 소켓은 고주파 반도체 검사 환경에 안정적으로 적용 가능하며, 경제성 측면에서도 경쟁력을 갖춘 것으로 평가된다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the R&D Program under Project No. 2024-DD-RD-0105-01.

참 고 문 헌

[1] 이종희. (2012). 한국 반도체산업 발전과정과 장비산업 경쟁력 분석 연구. 경기대학교 건설·산업대학원 석사학위논문.

[2] 정의영. (2015). 반도체 산업의 성과 분석을 통한 메모리 산업의 미래 전략 도출. 디지털산업정보학회 논문지, 11(4), 1-15.

[3] 장수열. (2019). 기계학습 알고리즘을 이용한 반도체 테스트공정의 불량 예측. 고려대학교 대학원 석사학위논문.

[4] 박노열 외. (2024). 반도체 제조기술의 이해 (2판). 한울.

[5] 김명식, & 배규식. (2008). BGA 검사 소켓 핀의 불량 분석 연구. 한국재료학회지, 18(9), 497-503.

[6] 김선아, & 김문정. (2024). 실리콘 러버 소켓의 구조 변경을 통한 신호 전달 특성 향상. 반도체디스플레이기술학회지, 23(1), 104-112.

[7] 이에은, 박선아, 이희준, 배민지, & 한상민. (2024). RF 검사용 소켓 개발. 학술논문집, 1-10.

[8] 이에은, 박선아, 이희준. (2024). 차세대 디스플레이 부품 검사용 소켓 개발. 2024년 한국산학기술학회 추계 학술발표논문집, 447-448.