

NAC 을 이용한 웨이퍼 테스트용 프로브카드 전기적 특성 분석

Wafer-Level Characterization of Probecards using NAC Probing

김규열^{1,2}, 변언조², 강기상², 전영현², 공배선¹

¹성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과, ²삼성전자 반도체 총괄

전화: (031)208-6772, E-mail: gyul.kim@samsung.com

Abstract

This paper presents Needle Auto Calibration (NAC) probing technique to measure the electrical characteristics of probecards for wafer-level test. Probecard needle alignment and probing tasks, which are generally known to be hard and time-consuming, can be done easily through Automatic probecard aligning function of NAC. The inaccuracy problem during measurements by NAC probing due to difficulties of calibration is compensated by adapter characterization and de-embedding techniques. According to our experimental results, the inaccuracies of group delay, insertion loss and phase characteristic are decreased from 30.4% to 2.71%, from 1.75% to 0.53%, and from 35.2% to 1.32%, respectively.

I. 서론

고속 웨이퍼 테스트 시 테스트 결과에 대한 신뢰성을 확보하기 위해서는, 테스트 장비에서 생성된 고속 디지털 신호를 손실 없이 메모리 디바이스로 전달할 수 있어야 한다. 이를 위해서는, 테스터와 메모리를 전기적으로 연결시켜 주는 프로브카드의 고주파 특성이 매우 중요하고 이를 정확하게 측정할 수 있어야 한다 [1]. 프로브카드의 전기적 특성을 정확하게 측정하기 위해서는, 네트워크 분석기를 이용하여 프로브카드의 Zero Insertion Force (ZIF) 단과 니들(Needle)에 고주파 측정용 프로브를 사용하여 그림1과 같이 수직 프로빙으로 2-포트 측정을 해야한다. 그러나, 기존 방법은 수십 um의 작은 니들 크기와 니들 간 간격으로 인하여, 프로빙 자체가 용이하지 않고 많은 시간이 소요되는 단점이 있다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위해 니들 프로빙을 쉽게 하기 위해 그림2의 웨이퍼 핸들링 장비인 PROBER에 장착된 Needle Auto Calibration(NAC)을 이용한 측정기술을 제안한다.

II. 본론

1. NAC 프로빙

NAC 프로빙은 니들과 ZIF 접촉을 위해 NAC과 고주파 측정용 프로브를 사용하며, 신호의 흐름도는 그림3과 같다. 이러한 방식은 NAC의 니들 자동 정렬기능을 이용하여 프로브카드 특성 측정에 걸리는 시간을 단축할 수 있다. 하지만, NAC 프로빙은 고주파 측정용 프로브와 NAC의 구조로 인해 기준평면(보정평면)과 측정평면이 일치하지 않기 때문에 측정 데이터의 정확도를 떨어뜨리는 단점이 있다 [2]. 이와 같은 단점을 보완하기 위해 고주파 보정을 할 수 없는 고주파 측정용 프로브와 NAC의 고주파 특성을 추출하고 보상하여 NAC 프로빙의 단점인 측정데이터의 정확성을 확보하고자 한다.

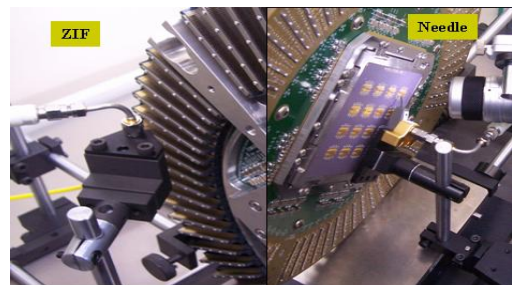


그림1 프로브카드 수직프로빙

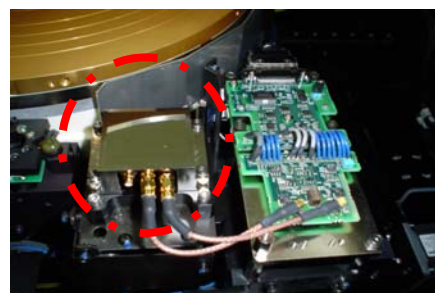


그림2 NAC

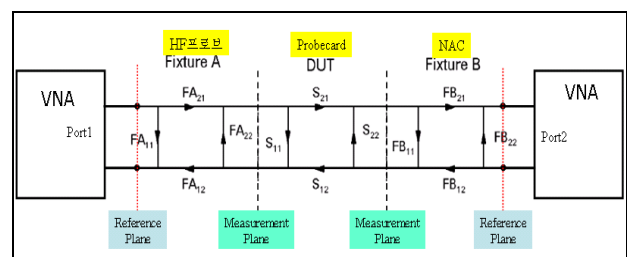


그림3 NAC 프로빙 구성도

2. 고주파 측정용 프로브와 NAC 특성 추출

먼저, 고주파 측정용 프로브의 특성은 그림4처럼 보정 기판을 이용하여 추출할 수 있다. 그림5는 그림4의 측정에 대한 신호의 흐름도이다. 부하를 고려한 기준평면에서의 입력반사계수는 아래에 나타난 식(1)과 같이 표현될 수 있다.

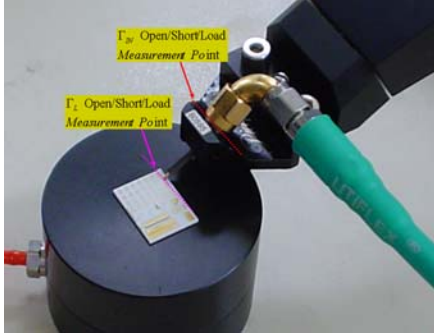


그림4 고주파 측정용 프로브 특성 측정

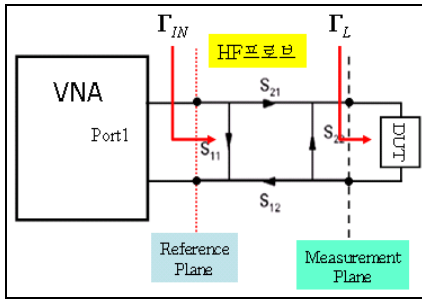


그림5 고주파 측정용 프로브 프로빙 구성도

$$\Gamma_{IN} = S_{11} + \frac{S_T S_T \Gamma_L}{1 - S_{22} \Gamma_L} \quad (1)$$

여기서, S_{11} 은 입력반사계수, S_{22} 는 출력반사계수, 그리고 $S_T = S_{12} = S_{21}$ 는 전달계수를 나타낸다 [3]. 이제, 식(1)은 기준평면과 측정평면 각각에 대하여 보정기판의 Open, Short, 및 Load 부하를 달고 실시한 측정을 통해, $\Gamma_{IN_Open}, \Gamma_{IN_Short}, \Gamma_{IN_Load}, \Gamma_{L_Open}, \Gamma_{L_Short}, \Gamma_{L_Load}$ 의 6개 측정 결과를 얻을 수 있다. 그리고 이를 식(1)에 대입하면 아래와 같이 식(2-1)~(2-3)의 3개의 식으로 표현이 가능하다.

$$\Gamma_{IN_Open} = S_{11} + \frac{S_T S_T \Gamma_{L_Open}}{1 - S_{22} \Gamma_{L_Open}} \quad (2-1)$$

$$\Gamma_{IN_Short} = S_{11} + \frac{S_T S_T \Gamma_{L_Short}}{1 - S_{22} \Gamma_{L_Short}} \quad (2-2)$$

$$\Gamma_{IN_Load} = S_{11} + \frac{S_T S_T \Gamma_{L_Load}}{1 - S_{22} \Gamma_{L_Load}} \quad (2-3)$$

이러한 과정을 통하여 얻어진 식(2)의 결과를 S_{11} , S_{22} , S_T 에 대해 정리하면, 아래에 나타난 식(3)~(5)와 같이 고주파 측정용 프로브의 S 파라미터를 얻을 수 있다.

$$S_{11} = \Gamma_{IN_Open} - \frac{S_T^2 \Gamma_{L_Open}}{1 - S_{22} \Gamma_{L_Open}} \quad (3)$$

$$S_T = \sqrt{\frac{(\Gamma_{IN_L} - \Gamma_{IN_O})(1 - S_{22} \Gamma_{L_L})(1 - S_{22} \Gamma_{L_O})}{(\Gamma_{L_L} - \Gamma_{L_O})}} \quad (4)$$

$$S_{22} = \frac{-\beta \pm \sqrt{\beta^2 - 4\alpha\gamma}}{2\alpha} \quad (5)$$

여기서, 각 S 파라미터 식에서 쓰인 상수 값들은 아래의 식(6)~(10)과 같이 나타내어진다.

$$\alpha = (B \Gamma_{L_O} \Gamma_{L_S} - A \Gamma_{L_L} \Gamma_{L_O}) \quad (6)$$

$$\beta = -[B(\Gamma_{L_S} + \Gamma_{L_O}) - A(\Gamma_{L_O} + \Gamma_{L_L})] \quad (7)$$

$$\gamma = (B - A) \quad (8)$$

$$A = \frac{(\Gamma_{L_O} - \Gamma_{L_S})}{(\Gamma_{L_L} - \Gamma_{L_O})} \quad (9)$$

$$B = \frac{(\Gamma_{IN_O} - \Gamma_{IN_S})}{(\Gamma_{IN_L} - \Gamma_{IN_O})} \quad (10)$$

그림6은 이를 통해 추출한 고주파 측정용 프로브의 삽입손실과 입력반사계수의 크기와 위상 데이터이다. 또한, NAC의 주파수 특성은 그림7처럼 고주파 측정용 프로브와 NAC를 관통연결로 구성하여 측정한 데이터에 고주파 측정용 프로브의 데이터를 ADS의 디임베딩 기능을 이용하여 NAC의 S파라미터를 추출하였다. 그림8은 추출한 NAC의 삽입손실의 크기이며 1GHz에서 -0.04dB이다.

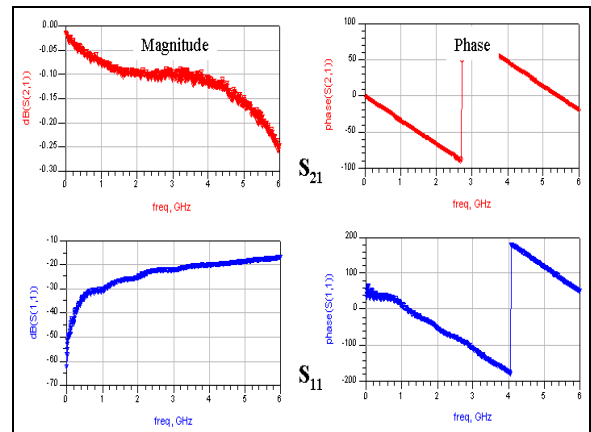


그림6 고주파 측정용 프로브 S_{21} 및 S_{11}

$$\Gamma_{IN_Open/Short/}$$

$$S = \sqrt{(\Gamma_{IN_}$$

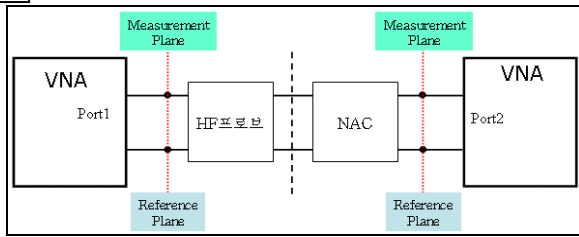


그림7 고주파 측정용 프로브와 NAC의 연결도

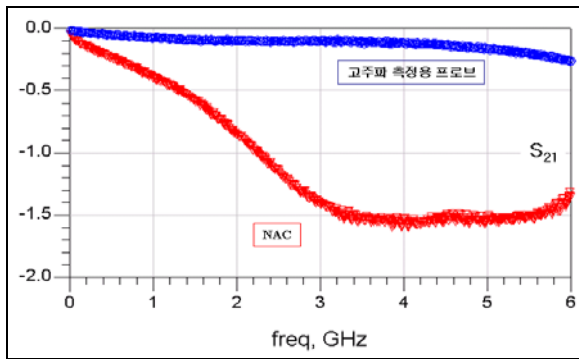


그림8 NAC 전송특성

3. 프로브카드 주파수 특성

프로브카드의 주파수 특성은 NAC 프로빙 측정 데이터에 II-2절에서 추출한 고주파 측정용 프로브와 NAC의 S파라미터를 보상하여 추출하였다. 그리고, 추출된 프로브카드 특성데이터의 정확성을 확인하기 위해 수직프로빙과 NAC프로빙 측정데이터의 편차를 지연특성과 위상특성을 보상 전과 후에 대해 비교하였다. 그림9는 수직프로빙과 NAC프로빙의 지연특성으로 편차가 보상 전 약414ps에서 보상 후 약37ps로 개선되었으며, 그림10은 위상특성으로 보상 후 위상편차는 126.69°에서 4.76°로 개선되었다. 그리고 표1에 수직프로빙과 NAC프로빙의 성능과 측정결과를 비교하였다.

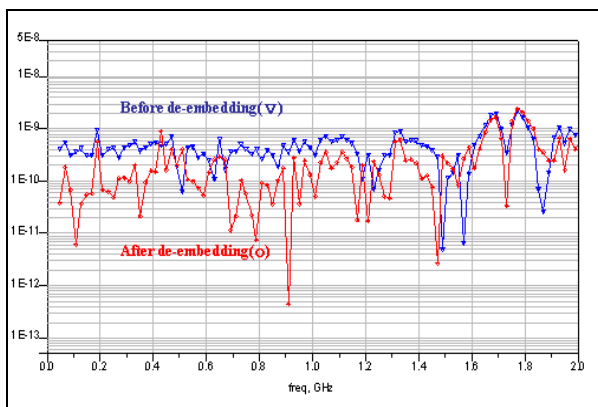


그림9 프로브카드 지연특성(수직프로빙-NAC프로빙)

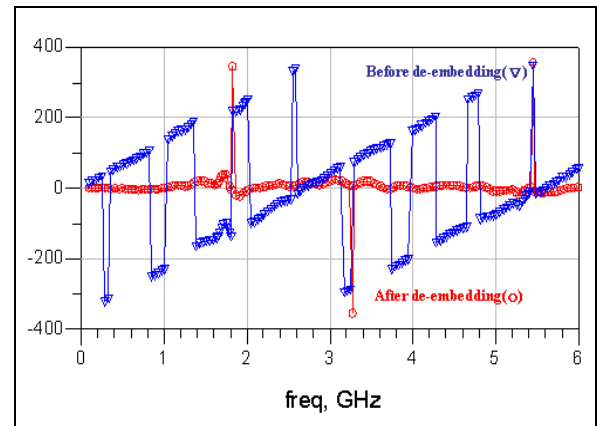


그림10 프로브카드 위상특성(수직프로빙-NAC프로빙)

	수직프로빙	NAC(보정전)	NAC(보정후)
정확성	A+	→	A
편리성	C	→	A
S ₂₁ [dB]@1G	-2.249	-2.402	-2.295
Phase delta	0.0°	126.69°	4.76°
delay [ns]	1.363	1.777	1.400

표1 프로브카드 프로빙 방법 특성 비교

III. 결론

본 논문에서는 프로브카드의 전기적 특성을 편리하게 측정하기 위해 NAC 프로빙 기술을 제안하였다. 제안된 기술의 단점인 보정 문제로 인한 측정데이터의 부정확성은 아답터 특성화와 디임베딩기법을 이용한 고주파 측정용 프로브와 NAC의 주파수 특성 추출 및 보상을 통하여 개선하였다. 실험결과, 측정데이터의 정확성은 지연특성의 경우 69.6%에서 97.3%로, 삽입손실의 경우 98.3%에서 99.5%로, 그리고 위상특성의 경우 64.8%에서 98.7%로 개선됨을 확인하였다.

참고문헌

- [1] Ricchiuti, V., et al., "De-embedding methods for characterizing PCB interconnections", Signal Propagation on Interconnects, Page:65-68, 2005
- [2] Reyes, S. "De-embedding Using a Vector Network Analyzer Including Calibration and Measurement Techniques" Microwave Journal, March 2005.
- [3] David M. Pozar, "Microwave Engineering 3rd", Wiley, June 1998.