

MEMS기술에 의한 탐침용 소자의 제작

이근우, 김창교, *이재홍
순천대학교 전자정보공학과, *(주)나디스

Fabrication of probing device by MEMS technology

Keun Woo Lee, Chang Kyo Kim, *Jae Hong Lee
Dept. of Electrical Information Engineering, Soonchunhyang Univ¹, *NADIS Co. LTD.

Abstract - MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)기술과 니켈 전기도금 공정을 이용하여 수십 내지 수백개의 탐침소자를 갖는 프루브 디바이스(probe device)를 제작하였다. 사용된 기판은 4000Å의 oxide가 있는 p-type 실리콘 웨이퍼로서, 기판위에 NiCr과 Au를 증착한 후 PR 패터닝을 통하여 니켈을 전기도금법으로 도금하고 니켈 도금층을 제외한 부분의 NiCr과 Au를 식각함으로써 전류가 흐르는 라인(line)배선과 탐침소자가 세워질 라인을 형성하였다. 그 후 후막의 PR을 코팅하고 탐침소자가 세워질 부분을 패터닝 한 후 전기도금법을 이용하여 니켈 탐침소자를 제작하였다. 제작된 탐침소자 하나의 크기는 60 μ m의 폭과 70 μ m의 높이를 보이며, 탐침소자 전체의 크기는 250 μ m이고 탐침소자와 탐침소자 사이의 간격은 50 μ m로 제작되었다. 본 연구에서 제작된 탐침소자의 수는 25*2line으로서 총 50개이지만 이러한 공정방식을 이용하고 탐침소자의 크기를 작게 제작한다면 하나의 프루브 디바이스에 수백 내지 수천 개의 탐침소자를 제작할 수 있을 것이다.

1. 서 론

현재 메모리 및 ASIC(application specific integrated circuit)등과 같은 반도체 소자의 집적회로는 점점 복잡해지고 기능이 다양화되어 감에 따라, 고기능, 고집적화 되어 가는 반면에, 소자의 크기는 상대적으로 작아지면서 패드 크기가 작아질 뿐만 아니라 패드사이의 간격도 좁아(fine pitch)화가 진행되고 있다. 특히, 반도체 생산공정에서 웨이퍼에 집적된 IC(integrated circuit)칩의 양·불량여부를 판정하기 위한 검사시스템도 제조기술에 비례하여 빠른 발전을 요구하고 있다. 그 중 검사시스템과 웨이퍼사이의 전기적신호를 연결하는 프로브카드(probe card) 기술의 개발 및 발전은 앞으로의 반도체 검사공정의 핵심이 될 것이다.

최근까지 주로 사용된 프로브카드 는 니들(needle)형태의 금속을 탐침으로 사용한 수평식 프로브카드이며, 현재 많은 연구가 진행되고 있는 수직형 프로브카드 중에는 미국의 PHI사에서 개발한 얇고 탄성이 있는 멤브레인 위에 반구형의 범프를 탐침으로 사용한 수평식 프로브카드는 제조과정이 수작업으로 진행됨으로 니들을 제조할 때 그 길이와 두께를 조절하기가 매우 어렵고, 니들의 끝을 굽힐때 각도 조절 역시 어렵다. 그리하여 생산시간이 길고 불량률이 높아져서 대량생산에 적합하지 않다. 또한 측정하고자 하는 IC패드의 위치에 따른 모듈 제작에 많은 제한을 받게 되고, 니들 조립의 이차원적인 한계 때문에 multi-chip 테스트의 구현이 매우 어려워 검사공정의 가격상승과 생산물의 저하를 초래하고 있다. 그리고 니들의 응력(tension)을 조절하기가 어렵고 임피던스 조절이 좋지 않아 반사 잡음이 발생하기 쉽기 때문에 최대 측정 주파수가 약 50MHz 정도로 제한되어 있다. 그리하여 수평식 프로브카드의 문제점을 해결하기 위하여 수직형 프로브카드의 개발이 활발하게 진행되고 있는 실정이다. 수 μ m의 짧은 범프를 탐침으로 사용하기 때문에 임피던스가 변하지 않아 최대 측정주파수가 약 200 μ m까지 가능하고 제조시 사진식각공정을 사용하기 때문에 측정할 IC의 패드수가 증가하여도 동일공정으로 쉽게 제조할 수 있다. 그러나 멤브레인형은 응력을 전체적으로 제어하므로 개개의 범프에 일정한 응력을 유지하기가 어렵다. 따라서 범프형 탐침과 패드가 접촉할 때마다 부분적으로 접촉불량을 유발시킬 수 있는 문제점이 발생한다.

웨이퍼에 있는 모든 칩을 동시에 검사하는 wafer-to-wafer 테스트를 통하여 검사시간 단축, 테스트 장비의 효율성, 작업능률 및 생산성을 증대시킬 수 있다. 특히, 마이크로 탐침의 신호처리회로를 동일 웨이퍼위에 집적하는 것이 가능하기 때문에 종래의 프로브카드에 사용된 PCB(printed circuit board)가 불필요하게 되고 신호대 잡음 특성이 뛰어나다. 완성된 웨이퍼를 절단하기 전에 반도체의 기능과 성능을 검사하기

위해서 칩을 테스트하게 되는데 이때 프로브 카드(Probe card)를 이용하게 된다.

최근 MEMS(micro electro mechanical systems)기술을 이용한 마이크로 디바이스가 많이 개발되고 있으며, 그에 대한 실용성도 증대되고 있는 실정이다. MEMS 공정에 있어서 부가적으로 많이 사용되는 공정 중의 하나인 전해 도금 기술은 훨씬 두꺼운 종횡비(High aspect ratio)를 갖는 구조물을 비교적 간단한 장비로 손쉽게 제작할 수 있으며, 퍼멀로이(permalloy)와 같은 자성 재료 등이 다양한 물질의 도금이 가능하다는 큰 장점을 지니고 있어서 많이 이용되고 있는 기술이다. 따라서 본 연구에서는 전해도금법을 이용하여 탐침용 소자를 제작하기 위해 SiO₂막이 있는 p-type 웨이퍼에 NiCr 과 Au가 증착된 웨이퍼를 이용하여 니켈 전기도금 공정과 2번의 사진식각공정을 통하여 탐침용 소자인 마이크로 프루브를 제작하였다.

2. 본 론

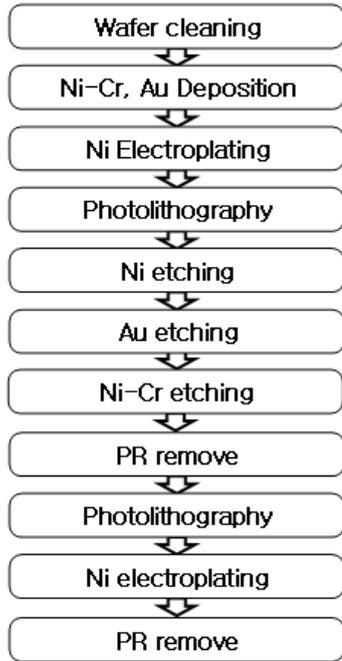
2.1 마이크로 프루브 제작 공정

그림 1은 탐침용 소자인 마이크로 프루브를 제작하기 위한 공정 흐름도이다. 사용된 기판은 4000Å의 SiO₂가 증착되어 있는 p-type 웨이퍼로서, 먼저 웨이퍼의 표면은 유기물과 미세먼지가 없는 표면으로 만들기 위해 아세톤과 메탄올을 이용하여 일반적인 알칼리 세정작업을 해 주었다. 세정된 옥사이드 웨이퍼위에 E-beam evaporator를 이용하여 Au를 1000Å 증착하였다. 이때 옥사이드 웨이퍼와 Au 사이에 접착력을 높여 주기 위하여 300Å의 NiCr을 증착하였다. 다음으로 Au가 증착된 기판위에 전기도금법을 이용하여 10 μ m 높이의 니켈을 도금하였다. 니켈을 도금하기 위한 전기도금 공정은 사용된 웨이퍼 기판이 p-type이기는 하지만 미세한 전류의 흐름을 보일 수 있기 때문에 전기도금을 수행하기 이전에 뒷면에 PR을 코팅해 줌으로서 기판 뒷면으로의 전류흐름을 완전히 차단시켜주었다. 또한 전기도금 공정을 수행함에 있어서 니켈 전해도금액의 온도 변화 및 도금액의 흐름은 매우 중요한 변수가 되므로 항상 일정한 온도와 흐름을 유지시켜 주어야 한다. 이렇게 여러 가지 공정 변수를 모두 제어한 후에 0.05A의 전류를 인가하여 니켈층을 도금하였다. 이때 인가된 총 전류량은 인가된 전류의 크기와 시간에 관계되는데 인가되는 전류의 크기가 작을수록 도금 시간은 길어지지만 니켈도금은 매우 조밀하게 도금되며 또한 니켈 표면의 거칠기가 매우 평탄하게 되므로 낮은 전류를 인가해 주었다.

다음으로, 프루브 디바이스의 라인과 탐침소자가 형성될 부분을 제외한 나머지 부분의 니켈과 Au 및 NiCr을 제거하기 위하여 1차 사진식각 공정(photolithography)을 실시하였다. 이때 Au와 NiCr은 매우 얇은 박막층으로, 이를 식각하는데 있어서 매우 주의하여야 한다. 만일 식각 시간이 모자라게 되면 완전한 식각이 이루어지지 않아 탐침소자간에 단락(short)되는 현상이 일어나게 되며, 식각 시간이 지나치게 되면 도금된 니켈층과 Au 등이 lift-off 되어 떨어지는 현상이 발생하기 되므로 각각의 박막을 식각하는데 있어서 주의하여야 한다.

니켈 라인 배선과 탐침소자가 도금될 부분을 제외한 선택적인 식각이 이루어지고 나면 탐침소자를 도금하기 위하여 2차 사진공정을 수행한다. 이때 사용되는 PR은 탐침소자의 높이를 고려하여 높은 막을 갖는 THB-151N PR을 사용하였다. PR 현상을 수행함에 있어서 주의할 점은 PR의 현상이 매우 수직적으로 이루어져야 한다는 것이다. 탐침소자의 형성은 PR 패터닝을 이용한 전기도금법으로 제작되기 때문에 만일 수직적으로 PR 현상이 이루어지지 않으면 형성되는 탐침소자의 형태가 아래 부분의 지름이 작고 위 부분의 지름이 큰 형태가 되므로 PR 현상 시 주의하여야 한다. PR 현상이 끝나고 나면 브리지 형태의 정 중앙 부

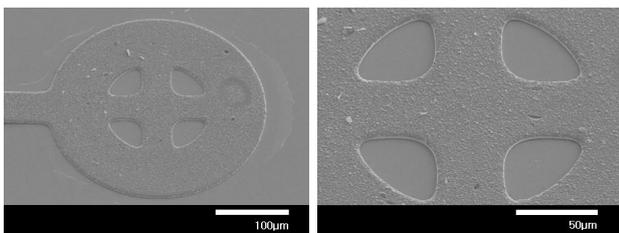
분만 니켈이 드러나게 되고 드러난 니켈층 위에 전기도금 공정을 이용하여 니켈을 도금한다. 드러난 니켈층은 수십 마이크로 미터의 크기를 보이게 되므로 이 공간에 니켈을 도금하기 위해서는 매우 낮은 전류를 사용하여야 하며 정확한 높이의 조절을 위하여 시간을 정확하게 조절하여야 한다. 만일 도금 시간을 단축하기 위하여 높은 전류를 인가하게 되면 도금이 잘 이루어지지 않게 되거나 완전한 원통형의 탐침소자를 제작할 수 없게 되므로 낮은 전류를 인가해 주는 것이 좋으며 도금 시간이 너무 길어지게 되면 PR층 보다 높게 니켈이 도금되게 되므로 주의하여야 한다. 이처럼 PR 패터닝을 이용하여 탐침소자인 니켈을 도금한 후에는 PR을 완전히 제거함으로써 마이크로 프러브인 탐침소자를 제작하였다.



〈그림 1〉 공정 흐름도

2.2 제작된 마이크로 프러브

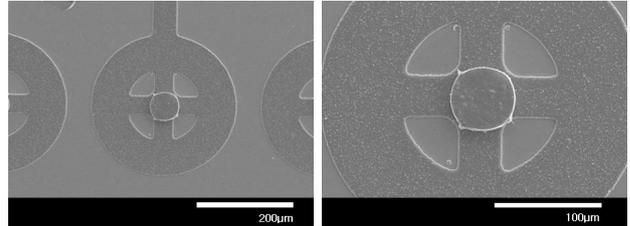
그림 2는 1차 사진공정을 마친후의 사진으로, 니켈이 도금된 기판을 사진공정을 통하여 라인 배선과 탐침소자가 도금될 라인을 패터닝 한 후의 사진이다. 그림 1의 (a)는 약간 기울어져 찍은 사진으로 약 10 μ m 정도의 높이를 갖는 니켈층과 약 250 μ m의 전체크기 및 70 μ m정도 높이의 탐침소자가 도금될 브리지 패턴을 확인할 수 있다. 그림 (b)에서 보듯이 원형의 니켈층 가운데 브리지 형태로 탐침소자가 도금될 부분을 제작한 이유는 브리지를 기준으로 4군데의 드러난 부분을 이용하여 cavity를 만들어 줌으로서 탐침소자가 cavity 위에 브리지처럼 떠 있게 만들기 위하여 설계되었다. 또한 니켈 전기도금을 수행함에 있어서 낮은 전류를 인가함으로써 인하여 도금된 니켈 표면의 거칠기가 매우 평탄함을 알 수 있다. 또한 Au와 NiCr의 식각에 있어서 시간조절이 매우 양호하여 전체적으로 라인 배선과 탐침소자 부분의 식각이 매우 양호하게 식각되었음이 보인다.



〈그림 2〉 1차 공정 후

그림 3은 후막 PR 패터닝을 이용한 니켈 도금공정으로 제작된 탐침소자를 보여주고 있다. 사용된 PR은 THB-151N 으로서 2차 스핀코팅을 수행함으로써 100 μ m 높이의 PR을 코팅하였다. THB-151N PR을 코

팅함에 있어서 1차 코팅 후에 soft bake를 하고 2차 코팅을 수행하여야 100 μ m 정도의 높이를 갖는 PR을 코팅할 수 있다. 이처럼 제작된 PR을 이용하여 원형 내부의 브리지 형태의 정 중앙을 현상함으로써 그 부분에 니켈을 전기 도금공정으로 약 70 μ m 정도 높이로 도금하였다. 제작된 탐침소자의 전체 크기는 약 250 μ m의 지름을 보이고 있으며 탐침소자의 지름은 약 60 μ m 정도임이 그림 3에서 보여진다. 또한 브리지 정 중앙에 있는 탐침 소자를 기준으로 대각선 4군데에 Au와 NiCr을 식각한 이유는 이 부분을 이용하여 실리콘 식각을 수행함으로써 cavity를 제작할 수 있고, cavity가 제작된다면 탐침소자는 브리지 위에 떠 있게 제작할 수 있기 때문이다.



〈그림 3〉 2차 공정 후 팁 제작

3. 결 론

반도체 소자의 생산공정에 있어서 웨이퍼에 집적된 IC(integrated circuit)칩의 양·불량여부를 판정하기 검사시스템과 웨이퍼사이의 전기적신호를 연결하는 프러브 디바이스를 MEMS 기술과 전기 니켈도금 공정을 이용하여 제작한 결과는 다음과 같다.

옥사이드가 있는 웨이퍼 상에 니켈을 전기도금 공정에 의해 도금하기 위해서는 웨이퍼와 니켈층의 중간에 Au를 증착해 주어야 하며, Au와 웨이퍼의 접착력을 높여주기 위해 NiCr을 증착해 주어야 한다. 이때 증착되는 Au의 높이는 도금되는 니켈의 높이에 따라 결정되어지며, 니켈층에 비해 Au의 높이가 너무 낮으면 도금된 니켈이 Au로부터 떨어져 나가게 된다. 또한 Au의 높이에 따라 증착되는 NiCr의 높이도 약 10:1의 비율 정도로 증착되어야 한다. 다음으로 1차 사진공정에 있어서 니켈을 선택적으로 식각하고 니켈 하단에 있는 Au와 NiCr을 식각함에 있어서 식각 시간을 정확히 조절해 주어야 한다. 만일 식각시간을 정확히 조절하지 않으면 완전한 식각이 이루어지지 않아 탐침 소자간에 단락현상이 일어나게 되며 식각시간이 너무 오래 진행되면 lift-off에 의해 니켈층이 떨어져 나가게 된다. 그리고 1차 사진식각공정과 2차 사진식각공정 후에 니켈을 도금함에 있어서 인가되는 전류밀도의 크기가 너무 높게 되면 도금되는 니켈의 상태가 불량하게 되므로 낮은 전류를 인가하여 니켈을 도금해 주는 것이 좋다. 다음으로 2차 사진공정에 있어서 두껍게 코팅된 PR의 현상이 매우 중요하다. PR의 코팅 두께는 탐침소자의 높이를 결정짓게 되며 또한 형태도 결정짓게 되므로 PR을 코팅함에 있어서는 2차에 걸친 코팅에 주의하여야 하며, 또한 PR을 현상함에 있어서는 수직적으로 현상되어야 한다. 이처럼 제작된 탐침용 소자는 새로운 개념의 MEMS probe card로 발전될 수 있을 것이며, 이는 브리지에 있는 4군데의 cavity를 만들어 줌으로써 튀어짐(tention)을 갖는 탐침소자를 제작할 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 산업자원부 한국산업기술평가원 지정 순천향대학교 차세대 BIT 무선부품 지역혁신센터 지원에 의한 것입니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김용권, 마이크로 머신의 세계, 반도체출판사, 1997
- [2] Takahiro Ito Renshi Sawada, and Eiji Higurashi, Micro IC Probe for LSI Testing, MEMS '99
- [3] Yanwei Zhang, Yongxia Zhang, Dan Worsham, Dan Morrow, and R.B. Marcus, A New MEMS Wafer Probe Card, MEMS '97, January 1997, pp. 395-399
- [4] 조찬섭, 심준화, 이종현, "다공질 실리콘 식각법을 이용한 실리콘 미세가공기술", 대한전자공학회 논문지, 제 31권, A편, 11호, pp.116-123, 1994
- [5] 정규원, A study on the characteristics of the pull-in voltage of a micromirror and its structural and modal analysis using a coupled-field method, 西江大學校 工學碩士 학위논문 1999