<연구논문>

한국표면공학회지
J. Kor. Inst. Surf. Eng.
Vol. 45, No. 2, 2012.

<http://dx.doi.org/10.5695/JKISE.2012.45.2.081>

이중 로듐 층을 갖는 멤스 프로브 팁의 특성

박동건^a, 박용준^a, 임슬기^a, 김일^b, 신상훈^b, 조현철^b, 박승필^b, 김동원^{a*}

^a경기대학교 신소재공학과, ^b(주)윌테크놀로지

Characteristics of MEMS Probe Tip with Multi-Rhodium Layer

Dong-Gun Park^a, Yong Joon Park^a, Seul-Ki Lim^a, Il Kim^b, Sanghun Shin^b,
Hyun Chul Cho^b, SeungPil Park^b, Dong-Won Kim^{a*}

^aDepartment of Advanced Materials Engineering, Kyonggi University, Suwon 443-760, Korea

^bWill Technology, Suwon 440-310, Korea

(Received March 26, 2011 ; revised April 25, 2012 ; accepted April 30, 2012)

Abstract

Probe tip, which should have not only superior electrical characteristics but also good abrasion resistance for numerous contacts with semiconductor pads to confirm their availability, is essential for MEMS probe card. To obtain good durability of probe tip, it needs thick and crack-free rhodium layer on the tip. However, when the rhodium thickness deposited by electroplating increased, unwanted cracks by high internal stress led to serious problem of MEMS probe tip. This article reported the method of thick Rh deposition with Au buffer layer on the probe tip to overcome the problem of high internal stress and studied mechanical and electrical properties of that. MEMS probe tip with double-Rh layer had good contact resistance and durability during long term touch downs.

Keywords: MEMS probe card, MEMS probe tip, Electroplating, Rhodium, Buffer layer

1. 서 론

최근 반도체 산업의 발전과 함께 DRAM, NAND Flash memory, CIS(CMOS Image sensor) 등과 같은 반도체 소자의 정상 작동 여부를 사전 평가할 수 있는 장비인 프로브 카드(probe card)가 주목받고 있다. 프로브 카드는 반도체 웨이퍼의 완성 후, 웨이퍼를 절단하기 전에 반도체의 기능과 성능을 검사하기 위하여 웨이퍼 프로브 테스트에 사용되는 반도체 검사 장비의 핵심 부품으로서 프로브 팁과 웨이퍼 패드를 접촉시켜 전기적 신호를 입력시키고 그 결과에 따라서 칩(chip)의 결함을 찾아내는 고부가가치의 소모성 부품이다.

기존의 프로브 카드는 수작업에 의해 제작된 텅

스텐 니들을 에폭시로 고정하는 니들 타입(needle type)으로 소면적의 웨이퍼 칩을 검사하는데 사용된다. 하지만 최근 칩 패드의 집적도가 증가하면서 웨이퍼 상에 구현된 칩의 패드가 소형화 되고, 패드와 패드 사이의 피치(pitch) 간격이 점점 미세화 되었으며, 한 번에 많은 수의 다이(die)를 테스트하기 위한 대면적이 요구됨에 따라 니들 타입의 프로브 카드로는 검사에 한계가 있다. 또한 수가공에 의존하기 때문에 잦은 유지 보수로 생산현장에서 시간적으로 큰 손실을 유발한다. 따라서 차세대 제품으로 반도체 공정을 이용한 멤스(MEMS; micro electro mechanical systems) 기술을 응용하여 팁의 집적도, 정확도 및 반복적인 검사 시 회귀성 등에서 탁월한 성능을 발휘하는 마이크로의 프로브 팁을 구현하여 테스트에 적용하고 있다¹⁻³⁾.

현재 멤스 프로브 카드는 제조비용이 저렴하고

*Corresponding author. E-mail : dwkim@kgu.ac.kr

우수한 탄성 특성을 나타내는 Ni-Co 재료의 프로브 팁을 탑재하고 있으며³⁻⁵⁾, 프로브 팁 끝에 Pt, Ru, Rh과 같은 백금족 원소로 도금하여 내구성을 향상시키는 연구가 보고되고 있다⁶⁻⁸⁾. Rh은 백금족 6개의 금속 원소 중의 하나로, 높은 용융점, 높은 안정성, 부식과 마모에 대한 높은 저항성을 가진다. 또한 Pt보다도 높은 내화학성과 높은 전기적 전도성을 가지고 있으며⁹⁾, 600°C 온도까지 내산화성 특성이 우수하여¹⁰⁾ 고성능 프로브 팁의 제작을 위해 채택되고 있다.

프로브 팁은 반복적으로 패드와 접촉하여 검사를 진행하기 때문에 팁의 지속적인 마모가 발생한다. 따라서 Rh 도금 프로브 팁이 우수한 내구성을 만족시키기 위해서는 Rh 도금층의 두께가 충분히 확보 되어야 한다. 그러나 Rh 도금은 높은 내부 응력에 의해 두꺼운 코팅시 벗겨짐 또는 표면 균열이 발생하는 문제를 나타내고 있다^{6,9,11)}.

따라서 본 연구는 프로브 팁의 내마모성을 증진하기 위해서 두꺼운 Rh층을 프로브 팁 끝에 도금하였으며, Rh의 전착 시 발생하는 내부 응력에 의

한 균열 및 벗겨짐 현상을 방지하기 위해 Au를 버퍼층으로 사용하여 팁 상부에 6 μm 이상의 두꺼운 Rh 층을 형성하였다. 또한 두꺼운 Rh 층을 포함하는 프로브 팁이 탑재된 멤스 프로브 카드의 기계적 및 전기적 특성을 관찰하였으며 두꺼운 Rh 도금층을 적용시킨 멤스 프로브 카드의 우수성을 실제 응용 하에서 평가하였다.

2. 실험방법

2.1 Ni-Co 프로브 제조

본 연구에서 멤스 프로브 카드에 장착 할 Ni-Co 프로브는 그림 1과 같은 공정들에 의해서 제작되었다. 공정을 위한 기판은 6인치, p-type (1 0 0) Si 웨이퍼를 사용하였다. 먼저 기판위에 프로브 빔 (beam) 형태를 제작하기 위해 1 μm 의 두꺼운 산화층을 증착하였다(그림 1a). 프로브 팁 몰드는 감광액(PR, photoresist) 패틴 후 bosch 공정⁴⁾을 통해 건식 식각(DRIE; deep reactive ion etching)을 하였다. Bosch 공정은 일반적으로 식각 단계, 중합반응

Fig. 1. Fabrication process of MEMS probe tip for electroplating Au/Rh

(polymerization)으로 이루어진다. 식각단계로 Si 기판을 SF_6 가스를 450 sccm, 2500 W의 파워를 이용하여 6초동안 식각하였으며, 식각 공정시 벽면(sidewall)의 식각을 방지하기 위해 고분자 계열의 C_4F_8 가스를 300 sccm, 120 W의 파워로 3.5초 동안 중합반응을 하였다. 연속적으로 SF_6 가스를 통한 식각, C_4F_8 가스 통한 중합반응을 반복적으로 하여 트렌치 구조를 형성 하였다(그림 1b). 도포된 감광액을 제거시킨 후, 다시 한 번 건식식각을 하여 프로브 팁과 빔 형태가 제작되었다(그림 1c). 제작된 프로브 팁 형태에 피라미드 형상을 구현시키기 위해서 프로브 팁 몰드에 산화층을 입힌 후 45 wt% KOH 용액으로 80°C에서 7분 동안, 100 wt% tetramethylammonium hydroxide 용액으로 90°C에서 25분 동안 습식 식각을 하였다(그림 1d). 도금을 위한 시드(seed)층은 단차 피복(step coverage) 특성이 우수한 Cu를 채택하였으며, 시드층과 기판사이의 접착력을 증가시키기 위해 Ti을 스퍼터 공정을 통해 패턴 된 Si 기판 위에 증착하였다. 증착 조건은 Ti의 경우 아르곤 50 sccm, 5,000 W의 파워, 공정압력 5×10^{-2} torr에서 증착하였으며, 연속적으로 코팅된 Ti 위에 Cu를 Ar 가스 50 sccm, 1,600 W의 파워, 공정압력 5×10^{-2} torr에서 증착하였다. 증착된 시드에 의한 불필요한 부분의 도금을 방지하기 위해 감광액을 도포한 후 패턴하였으며, 프로브 팁과 빔은 70wt%Ni-30wt%Co 도금조에서 1.0 A/dm², 55°C에서 6시간동안 전착하였으며, 도금 후 Si 기판 도포된 감광액과 잉여의 Ni-Co층을 화학적 기계적 연마(CMP; chemical mechanical polishing) 공정을 통해 연마시켜주었다(그림 1e).

2.2 Au, Rh층 도금

제조된 Ni-Co 프로브 팁 상부에 Au와 Rh를 전해 도금 하기 위해 Si 기판의 뒷면에 감광액으로 패턴 하였다(그림 1f). 패턴 된 Si 기판의 앞면은 Rh 도금 공정 시 노출된 Ni-Co 프로브 빔의 도금을 방지하기 위해 감광액으로 코팅하였으며, Si 기판의 뒷면은 프로브 팁이 노출 되어질 때까지 건식식각을 하였다(그림 1g). 노출되어진 프로브 팁의 시드층은 HF와 CH_3COOH 용액을 사용하여 제거시켰다(그림 1h). 노출된 프로브 팁의 시드 층을 제거시킨 후, Au 층은 Au 도금조(potassium gold cyanide, 희승금속)에서 0.5 A/dm², 50°C 조건하에 1분간 0.2 μm 의 두께로 도금하였다. Au층 위에 Rh 층은 Rh 도금조(rhodium sulfate, EEJA)에서 1.0 A/dm², 53°C 조건하에 12분동안 3.0 μm 의 두께로 전착시켜 주었으며 각 도금액의 성분들은 표 1에 나타내

Table 1. Component of Ni-Co, Au and Rh bath

Nickel-Cobalt bath	
Nickel sulfamate ((NH_2SO_3) ₂ Ni·4H ₂ O)	600 g/l
Nickel bromide (NiBr ₂ ·3H ₂ O)	40 g/l
Cobalt sulfamate ((NH_2SO_3) ₂ Co·4H ₂ O)	28 g/l
Boric acid (H ₃ BO ₃)	40 g/l
2-Butyne-1,4-diol (C ₄ H ₆ O ₂)	28 ml/l
1,3(6,7)Naphthalenetrisulfonic acid (C ₁₀ H ₂ (SO ₃ Na) ₃ ·H ₂ O)	2 ml/l
Wetting agent	0.2 ml/l
Gold bath	
Potassium gold cyanide (KAu(CN) ₂)	35 g/l
SOFA-100	1 l/l
Rhodium bath	
Rhodium sulfate (Rh(SO ₄) ₂)	1 l/l

었다. Au 층을 전착한 후 Rh 층을 반복적으로 전착하여 2중 Rh층을 갖는 프로브 팁 구조물을 제작 하였다(그림 1i).

2.3 미세구조, 기계적 및 전기적 측정

프로브팁의 도금 전에 Si 기판 위에 Ni-Co 프로브 구조와 동일하게 Ni-Co층 위에 Au층과 Rh층을 전착하였으며, Au 버퍼층에서 균열 없는 Rh 도금층의 두께 한계를 관찰하기 위한 방법으로 α -step(ASIQ, KLA Tencor)으로 두께를 측정하였으며, 표면 미세구조는 광학 현미경(DIMIS-M, (주)시원광기술)을 사용하여 관찰하였다. 맵스 공정을 통해 제작되어진 프로브 팁의 미세 구조는 주사탐침 현미경(FE-SEM; HITACHI-S4800)을 사용하여 관찰하였다.

제작된 프로브 팁은 프로브 카드를 구조 형성을 위해 플립 칩 본딩(flip chip bonding) 기술을 이용하여 접합한 후, 30 g load cell(GSO-30, transducer techniques)로 해당 overdrive를 인가하여, contact force를 측정하였다. 프로브 팁의 내마모성, 내화학성 검사는 실제 운영조건하에 반도체 소자에 일반적으로 많이 사용되는 Al 전극에 반복적으로 접촉시키는 touch down 검사를 하였으며 3차원 측정기(VMR653, Nikon)를 통해 touch down 검사 후 Ni-Co 프로브 팁과 이중 Rh층을 갖는 프로브팁의 표면 형상을 관찰하기 위해 사용되었다.

이중 Rh층을 갖는 프로브팁이 장착된 프로브 카드의 전기적 특성은 10 V, 50 mA의 전류조건을 인가하여, 프로브 카드 전용시험 장비인 PRVX 2 (Applied Precision Inc.)를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 균열 없는 이중 Rh층 제조

프로브 카드의 실제 운용 시, 프로브 팁은 반복적인 패드와의 접촉에 의해서 마모가 될 뿐만이 아니라 팁 표면에 패드의 입자들이 부착된다. 이는 팁이 패드에 전기적 신호를 보낼 때, 오류를 발생시키며 프로브 검사의 신뢰성을 떨어뜨리게 된다. 따라서 프로브 팁 표면 위에 흡착된 오염물질을 제거를 위한 세정과정과 마모된 프로브 팁을 원래의 형태인 피라미드 형태로 만들기 위한 재복원(reshaping) 과정을 반복해야 한다. 이 과정에서 프로브 팁의 로딩층은 지속적으로 마모가 발생하게 되며, 이러한 문제를 극복하기 위해 프로브 팁 표면에 내마모성과 내화학성이 우수한 Rh층을 두껍게 코팅하여야 한다.

그러나 Rh 전해도금은 상당히 어려운 공정으로 알려져 있다. 즉, Rh 도금액은 수용성 염으로 변환되기 어려우며, 희석이 요구되는 등 안정한 수용성 전착액을 만드는 조건이 까다롭다. 또한 Rh 전착은 높은 내부 응력으로 인해 접착력이 좋지 않다. 따라서 Rh층의 두께가 두꺼울수록 벗겨짐 또는 크랙을 발생시킨다^{9,11)}. 또한 Rh의 전착은 금속 하층(underlayer)에 따라서 내부응력에 큰 영향을 받게 되며 따라서 적절한 금속 하층의 선택이 필요하다. Au는 Rh과의 접착력이 좋으며, Rh의 응력을 감소시킬 수 있기 때문에 하층으로 가장 좋다고 알려져 있으며, 이는 균열 없는 Rh 전착에 필수적이기 때문에 버퍼층으로 사용되고 있다⁶⁾.

Au 버퍼층 위에 코팅된 Rh층에서 균열이 발생하는 Rh 도금층의 두께 한계를 관찰하기 위해 Ni-Co 프로브 층의 상부에 Au 버퍼층을 코팅한 후 각각 3.0, 4.0, 5.0 μm 두께의 Rh층을 도금하였다. 즉, 프로브 팁의 전착 조건과 동일 조건에서 Si 기판상에 시드층을 스퍼터 한 후, Ni-Co를 2.0 μm 전착시키고, Au층을 0.2 μm 전착시킨 뒤, Rh층을 각각 3.0, 4.0, 5.0 μm 전착하였다. 이에 대한 구조 및 광학현미경 사진을 그림 2에 나타내었다. 그 결과, Rh층의 두께가 3.0 μm 의 두께에서는 Rh층의 균열이 발생하지 않았지만 4.0 및 5.0 μm 두께에서는 Rh층 내에 균열들이 형성됨을 알 수 있었다. 따라서 Rh 도금의 하층으로 Au 버퍼층을 사용하여도 Rh 도금층이 4.0 μm 이상으로 두꺼워지면 Rh층의 내부응력에 의해 균열이 발생하며 균열 없는 Rh 도금층의 두께 한계가 3.0 μm 임을 확인할 수 있었다. 이를 토대로 하여, 본 Rh 도금 두께는 Au 버퍼층 상부에 3.0 μm 두께의 Rh 도금층으로 적용하였다. 그림 3은 Ni-Co 프로브 팁 상부에 Au 버퍼층을 형성한 후 전착된 Rh 층의 주사 전자 현미경 사진들이다. 최초에 제작된 Ni-Co 프로브 팁(그림 3a)에 강산의 Rh 도금액 의한 침식 방지 및 Rh의 내부응력을 조절 위해 금속 하층으로서 Au를 도금하였으며, 그 위에 Rh층을 전착하였다. 그러나 그림 3b에서 알 수 있는 바와 같이 5.0 μm 의 두꺼운 두께를 갖는 Rh 코팅 층에서는 크랙이 발생하였다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 Rh의 크랙 발생 범위 이내 두께인 3.0 μm 로 전착하였으며 그림 3c에서 볼 수 있는 바와 같이 균열 없는 Rh 코팅층을 증착하였

Fig 2. Optical microscopy image(x50) of Electroplating Rh/Au/Ni-Co of on Si wafer. (a) 3.0 μm Rh layer(crack-free), (b) 4.0 μm Rh layer(crack), (c) 5.0 μm Rh layer(crack).

Fig. 3. SEM images of the probe tip. (a) Ni-Co probe tip, (b) crack image of single-Rh layer (>5.0 μm) (c) single-Rh layer probe tip (3.0 μm), (d) double-Rh layer probe tip (6.0 μm), (e) cutting face of single-Rh layer, (f) cutting face of double-Rh layer.

다. 프로브팁의 내마모성 증진을 위해서는 두꺼운 Rh 도금층의 확보가 필수적이며 두꺼운 Rh 도금층을 얻기 위해 균열없는 1단의 3.0 μm Rh층 위에 다시 Au를 버퍼층으로 활용하여 0.2 μm 도금하였으며 그 위에 다시 Rh를 3.0 μm 전착시켜 6.0 μm 두께의 이중 Rh층을 형성하였다. 그림 3d에서 알 수 있는 바와 같이 두꺼운 6.0 μm 두께에서도 균열 없는 Rh 코팅층을 얻을 수 있었다. 즉, Rh/Au/Rh/Au/Ni-Co 구조의 두꺼운 Rh 코팅층의 프로브팁을 제조함으로써 프로브 팁의 내마모성과 실제 검사 시 운영 효율을 증진시킬 수 있을 것으로 기대된다.

3.2 이중 Rh층을 갖는 프로브팁의 내구성

프로브 카드의 구조의 형성을 위해 Si 기판에 정렬되어 제작된 프로브팁의 배열은 그림 4와 같이 multi-layer ceramic(MLC) 기판상에 플립 칩 본딩 기술을 이용하여 접합되었으며, 검사 장비로의 전기적인 연결을 위한 printed circuit board(PCB) 및 여러 부품 요소들을 조립하여 프로브 카드 구조물을 제작하였다. 프로브 카드의 내구성 비교 시험을 위해 이중 Rh층이 적용된 프로브 팁이 탑재된 프

로브 카드와 종래 Ni-Co 프로브 팁이 적용된 프로브 카드를 준비하였다. 프로브 카드의 내구성 실험은 일반적으로 반도체 패드로 사용되는 Al 패드가 형성된 기판 상에 프로브 팁이 반복적으로 접촉하도록 하는 touch down 검사를 실행하였다^{2,5)}.

그림 5는 30 g load cell을 프로브 팁 끝에 수직적 방향으로 힘을 가하여 변위를 주었으며, 프로브 팁에 가해진 변위인 overdrive에 따른 contact force를 나타내었다. 프로브 팁은 20 μm 의 overdrive 당 평균 1.05 gf(표준편차 0.02)의 contact force를 가지며 100 μm 의 overdrive에서 평균 5.4 gf(표준편차 0.03)로 100 μm overdrive까지 contact force가 선형적으로 증가하는 우수한 가역적 탄성 특성을 보인다. Touch down 검사는 실제 프로브 검사 시 팁이 패드에 접촉할 때 일반적으로 최대로 가해지는 overdrive인 100 μm 를 적용하였으며 반복 touch down 검사 동안에 각각의 프로브 팁에 인가되는 하중은 평균적으로 5.4 gf이다. Touch down 검사 후, Ni-Co 프로브 팁과 이중 Rh층을 갖는 프로브 팁의 변화 상태를 그림 6에 나타내었다. 종래의 Ni-Co 팁의 경우 그림 6a와 같이 2000회의 touch down test 후 프로브 팁 형상이 마모되었으며, Al 패드와

Fig. 4. Schematic diagram of probe card structure. (a) bonded probe tip array on multi-layer ceramic (MLC), (b) enlarged of probe tip array, (c) component of fabricated probe card.

Fig. 5. Contact force of fabricated probe tip.

의 반복적인 접촉에 의해 발생한 Al 입자들이 정전기적 접촉에 의해 프로브 팁의 상부에 남아 있음을 보여준다. 하지만 이중 Rh층을 갖는 프로브 팁은 그림 6b와 같이 2000회의 touch down 검사 후에도 검사 전과 거의 유사한 프로브팁 형상을 유지하였으며, 심지어는 그림 6c와 같이 50,000회의 touch down 검사 후에도 팁 끝의 마모와 Al 입자들과 정전기적 접촉이 거의 발생하지 않음을 확인할 수 있었다.

이와 같은 현상은 Rh의 높은 경도와 화학적 안정성 및 낮은 금속간 고용도에 의해 설명 된다. 경도(hardness)는 굽힘, 마모 등에 대한 저항의 척도가 되는 것으로 일반적으로 경도가 높을수록 내마

Fig. 6. Optical microscope image after touch down test result(O/D 100 μm): (a) Ni - Co probe tip after 2,000 touch downs, (b) double-Rh layer probe tip after 2,000 touch downs, (c) test of double-Rh layer probe tip after 50,000 touch downs.

모성이 증가 하게 되며, 프로브 카드의 내구성이 길어진다. Rh의 비커스 경도는 1246 MPa으로 Ni의

경도인 638 MPa보다 약 2배 정도 높다. 따라서 이중 Rh 층이 코팅된 프로브 팁은 Ni-Co 프로브 팁에 비해 내마모성의 향상에 의해 검사전의 프로브 팁의 형상을 유지하며, 즉 이는 프로브 팁의 수명을 증가시킬 수 있다.

Rh은 이와 같은 높은 경도와 더불어 600°C의 온도 범위에 이르기까지 표면에 산화막이 형성이 잘 되지 않는 우수한 내산화성 특성을 가진다⁹⁾. Rh에 비해 표면에 산화막을 형성하기 쉬운 Ni-Co 프로브팁의 경우에는 표면에 형성된 산화막은 반복된 touch down 검사 과정에서 인가된 전기 신호에 의해 발생할 수 있는 정전기를 내보내지 못하고 순간적으로 축적하게 된다. 검사 과정에서 프로브 팁에 부착되는 Al 입자는 표면이 쉽게 산화될 수 있으며, 반복적으로 인가된 전기 신호에 의해 산화막 표면에 전하를 축적하게 된다. 따라서 프로브 팁 표면 및 Al 입자 표면에 형성된 산화막에 의해 해소되지 못한 정전기력은 Al 입자의 계속적인 정전기적 접촉을 가져 오게 된다. 반면, Rh 프로브 팁은 프로브 사용 환경에서 표면에 산화막을 거의 형성되지 않기 때문에 Al 입자의 정전기적 접촉이 잘 일어나지 않게 된다.

또한 금속과 금속 상호간의 화학적 친화력은 금속간 고용도에 밀접한 관계가 있으며 이는 금속간 접촉에 영향을 준다. 그림 7은 상호 금속간의 고용도 정도를 나타내었다¹²⁾. 그림 7에서 알 수 있는 바와 같이 Pt는 일반적으로 반도체 패드에 사용되는 Al에 대해 Ni보다는 낮은 고용도를 가진다. Pt과 같은 계열인 Rh은 Pt와 유사한 금속간 고용도 특성을 나타낼 것으로 판단된다. Rh 프로브 팁 경우에는 Ni-Co 프로브 팁보다 반도체 패드 재료인 Al 전

극에 대한 낮은 고용도를 가지므로 검사 시 발생된 Al 입자간 접촉이 낮게 발생한다. 따라서 Rh은 높은 내산화성 및 낮은 금속간 고용도에 의해 프로브 카드의 실제 운용 온도에서 Al 입자와의 정전기적 흡착을 발생시키지 않는다. 이러한 이중 Rh 층을 갖는 프로브 카드를 사용함으로써 내마모성이 우수하여 내구성을 증진시킬 뿐만 아니라 클리닝 공정을 최소화하여 검사 장비 가동률(test cell up-time)을 더욱 증대시킬 수 있을 것으로 기대된다.

3.3 이중 Rh층을 갖는 프로브 팁의 전기적 특성

프로브 카드의 팁과 패드의 접촉 시 발생하는 접촉 저항(C_{res} , contact resistance)은 중요한 전기적 성질이며, 통상적으로 낮은 값을 요구한다. 이중 Rh 층을 가지는 프로브 팁의 C_{res} 를 측정하기 위해 Au 패드를 사용한 프로브 카드 전용시험 장비인 PRVX 2가 사용되었다. PRVX 2는 VI 소스(source)를 이용하여 해당 채널(channel)에 지정된 전류(I)를 인가하고 voltage drop(V)을 측정한 다음 $C_{res} = V/I$ 의 수식을 이용하여 산출하였다. 측정 시 인가한 전류 조건은 10 V, 50 mA이었다. 그림 8은 이중 Rh층을 적용시킨 프로브 팁을 약 12,000개 장착한 probe card의 C_{res} 를 측정한 그래프이다. 실험 결과에 의하면 C_{res} 값이 0.5~3.0 Ω 의 범위 내에 있음을 보여주고 있다. 넓은 범위의 C_{res} 값을 나타나는 이유는 전류가 통과 할때에 MLC와 PCB의 전기적 저항차이에서 기인한다. Signal tip들은 평균적으로 2.103 Ω (표준편차: 0.138)의 C_{res} 값을 가지며, 이는 MLC와 PCB에 길고 좁은 배선 구조를 가지기 때문에 저항이 높게 나타난다. 이와 대조적으로 약 0.636 Ω 의 낮은 C_{res} 값을 가지는 power tip들은 MLC와 PCB

Fig. 7. Degree of expected adhesion between metal combinations.

Fig. 8. Path resistance of MEMS probe card with double Rh layer tip.

내부에서 일부분 직접 연결되거나 면(plane) 형태의 넓은 배선 구조로 구성되기 때문이다. 따라서 배선 형태에 영향을 적게 받는 power tip들이 이중 Rh층 프로브팁들의 C_{res} 값으로 간주할 수 있다. Rh 프로브 팁들의 C_{res} 값은 약 0.6Ω 으로 볼 수 있으며, 프로브카드의 MLC 및 PCB의 배선들의 저항은 약 1.5Ω 정도로 간주 된다. 본 연구에서 제작된 이중 Rh층을 갖는 프로브 팁을 탑재한 프로브 카드는 3.0Ω 이하의 C_{res} 를 갖는 것으로 나타났으며, 이는 통상적인 프로브 카드의 사양을 충분히 만족시키며 우수한 전기적인 성질을 가진다.

3. 결 론

1. 프로브 카드에서 프로브팁의 내마모성은 프로브 카드의 수명과 연관 되는 특성이며, 내마모성을 만족시키기 위해 MEMS 공정을 통해 제작된 Ni-Co 프로브 팁 상부에 Rh를 도금하였다.

2. Rh의 도금은 Rh의 내부응력으로 인해 균열을 발생시키며 도금조건이 매우 어렵다. 따라서 Rh의 하층으로 가장 효율적인 Au를 버퍼층으로 활용하였으며, Au 버퍼층을 통해 균열없는 $6.0 \mu\text{m}$ 이상의 이중 Rh층을 확보할 수 있었다.

3. 이중 Rh층이 도금된 프로브 팁은 신뢰성 평가를 위해 50,000회 이상의 touch down test를 진행하였다. 이중 Rh층 프로브 팁은 Rh의 높은 경도로 인해 검사 후에도 Ni-Co 프로브 팁에 비하여 초기형상을 거의 유지하는 우수한 내구성을 가진다. 또한 프로브 카드 운영 온도에서 산화가 되지 않으며, 반도체 패드에 일반적으로 사용하는 Al패드와 낮은 금속간 고용도에 의해 프로브 테스트시 발생하는

Al 입자와의 정전기적 접촉이 일어나지 않는 우수한 내화화성을 지니고 있음을 확인할 수 있었다.

4. 또한 프로브 팁과 반도체 웨이퍼 패드사이의 접촉 저항은 반도체 검사장비의 중요한 특성 중 하나이며, 본 연구에서 제작한 이중 Rh층을 갖는 프로브 팁이 장착된 프로브 카드는 통상적으로 프로브 카드에 요구되는 특성을 상회하는 3.0Ω 이하의 C_{res} 값을 가짐을 확인할 수 있었다.

5. 제작된 멤스 프로브 카드는 메모리 반도체 검사용뿐만 아니라 메모리 반도체 검사용 프로브 카드보다 touch down 수가 10배 이상 많은 CMOS image sensor(CIS)용 프로브 카드의 실제로 응용될 것으로 기대된다.

후 기

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 산학연협력 기업부설연구소 지원사업(No. 0041092-1)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

참고문헌

1. F. Wang, R. Cheng, X. Lin, J. Microelectromech. Syst. 18 (2009) 993.
2. B. H. Kim, J. B. Kim, J. H. Kim, IEEE Trans. Ind. Electron. 56 (2009) 1079.
3. B. H. Kim, B. J. Park, J. B. Kim, Sens. Actuators A 152 (2009) 252.
4. J. T. Huang, C. Y. Lin, W. S. Lai, P. S. Chao, S. H. Shih, Proceeding of 7th Electronics Packaging Technology Conference, Singapore (2005) 107.
5. B. H. Kim, J. B. Kim, J. Micromech. Microeng. 18 (2008) 075031.
6. P. Kuban, J. M. Berg, P. K. Dasgupta, Anal. Chem. 76 (2004) 2561.
7. A. Broue, J. Dhennin, P. L. Charvet, F. Courtade, P. Heeb, P. Pons, R. Plana, Design Test Integration and Packaging of MEMS/MOEMS(DTIP), Seville (2010) 397.
8. H. Lee, R. A. Coutu, S. Mall, K. D. Leedy, J. Micromech. Microeng. 16 (2006) 557.
9. L. A. Carol, G. S. Mann, Oxid. Met. 34 (1990) 1.
10. M. Pushpavanam, V. Raman, B. A. Shenoi, Surf. Technol. 12 (1981) 351.
11. R. R. Benham, Platinum Metals Rev. 5 (1961) 13.
12. E. Rabinowicz, ASLE Trans. 14 (1971) 198.