J. Microelectron. Packag. Soc., 22(3), 19-23 (2015)
Print ISSN 1226-9360 Online ISSN 2287-7525
http://dx.doi.org/10.6117/kmeps.2015.22.3.019

# Al 및 SiN 박막 위에 형성된 TiW Under Bump Metallurgy의 스퍼터링 조건에 따른 Au Bump의 접착력 특성

조양근[1] · 이상희[1] · 김지묵[2] · 김현식[3] · 장호정[1,†]
[1]단국대학교 전자・전기공학과
[2]단국대학교 창조다산링크사업단
[3](주)태미세미콘

# Effects of Sputtering Conditions of TiW Under Bump Metallurgy on Adhesion Strength of Au Bump Formed on Al and SiN Films

**Yang-Geun Jo[1], Sang-Hee Lee[1], Ji-Mook Kim[2], Hyun-Sik Kim[3] and Ho-Jung Chang[1,†]**
[1]Dept of Electrical and Computer Engineering, Dankook University, Cheonan-si 330-714, Korea
[2]Creative DASAN LINC Educational Development Institute, Dankook University, Chenonan-si 330-714, Korea
[3]TAMISEMICON Corporation, Cheonan-si 833-14, Korea

(Received July 7, 2015: Corrected September 8, 2015: Accepted September 24, 2015)

**초 록**: 본 연구에서는 COG (Chip On Glass) 패키지 적용을 위해 Au 범프를 전기도금 공정을 사용하여 Al/Si wafer와 SiN/Si wafer 위에 TiW/Au 구조를 갖는 두 종류의 Au범프 시료를 제작하였다. UBM (Under Bump Metallurgy) 물질로서 TiW 박막을 스퍼터링 방법으로 증착하였으며 스퍼터링 입력 파워(500~5000 Watt)에 따른 박리 현상을 관찰하였다. 안정된 계면 접착을 나타내는 스퍼터링 파워는 1500 Watt임을 확인 할 수 있었다. 또한 SAICAS (Surface And Interfacial Cutting Analysis System) 장비를 사용하여 기판 종류에 따른 Au Bump의 접착력을 조사하였다. TiW 증착 조건은 스퍼터링 파워를 1500 Watt로 고정하였다. TiW/Au 계면의 접착력은 두 종류의 wafer (Al/Si과 SiN/Si wafers)에 관계없이 오차 범위 안에서 비슷한 접착력을 보여주었으나, TiW UBM 스퍼터링 박막 계면에서의 접착력은 하부 박막인 Al 금속과 SiN 비금속 박막에서의 접착력 차이가 약 2.2배 크게 나타났다. 즉, Al/Si wafer와 SiN/Si wafer위에 증착된 TiW의 접착력은 각각 0.475 kN/m와 0.093 kN/m 값을 나타내었다.

**Abstract:** In this study, two types of Au/TiW bump samples were fabricated by the electroplating process onto Al/Si and SiN/Si wafers for the COG (Chip On Glass) packaging. TiW was used as the UBM (Under Bump Metallurgy) material of the Au bump and it was deposited by a sputtering method under the sputtering powers ranges from 500 to 5000 Watt. We investigated the delamination phenomenas for the prepared samples as a function of the input sputtering powers. The stable interfacial adhesion condition was found to be 1500 Watt in sputtering power. In addition, the SAICAS (Surface And Interfacial Cutting Analysis System) measurement was used to find the adhesion strength of Au bumps for the prepared samples. TiW UBM films were deposited at the 1500 Watt sputtering power. As a results, there was a similar adhesion strengths between TiW/Au interfacial films on Al/Si and SiN/Si wafers. However, the adhesion strength of TiW UBM sputtering films on Al and SiN under films were 2.2 times differences, indicating 0.475 kN/m for Al/Si wafer and 0.093 kN/m for SiN/Si wafer, respectively.

**Keywords:** Au Bump, Chip on Glass (COG), Packaging, Under Bump Metallurgy (UBM), Adhesion Strength, SAICAS (Surface And Interfacial Cutting Analysis System)

## 1. 서 론

전자 기기의 소형화 추세에 따라 기기를 구성하는 부품 소자에 대해 얇고 가벼우면서 고집적화가 달성되도록 하여야 하는 과제를 안고 있다. 특히, 구성 반도체 소자 모듈의 개발은 패키징 부피가 작아지고 입, 출력을 위한 단자 수가 많아지게 됨에 따라 보다 높은 신뢰성이 요구되고 있다.[1,2] 따라서 많은 반도체 소자 제조 업체들은 이

†Corresponding author
E-mail: hjchang@dankook.ac.kr

© 2015, The Korean Microelectronics and Packaging Society
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

를 만족 시키기 위한 신제품 개발에 역량을 집중하고 있다.[3-5] 이러한 반도체 모듈 패키징에 대해 소형화, 집적화, 미세화를 위해 반도체 칩과 기판과의 신뢰성 있는 접합 방법과 구조를 포함한 기능적 향상이 요구되고 있다. 새로운 패키징 기술 개발을 위해서는 범프 소재 및 계면 형상과 관련한 특성 연구에 대한 요구가 증대되고 있다.[5] 최근, 대형 LCD (Liquid Crystal Display)에 이용되는 COG 범프는 현재 주로 20×80 $\mu m^2$ 크기에서 점차 소형화되는 경향이며 소형화로 인한 접착면 응력으로 인한 계면 취약성에 따라 공정 불량 증가와 모듈 제작 후 불량 가능성 또한 우려되고 있다. 범프의 소형화, 다량화에 따른 배치 구조 변경 등으로 인해 접촉 면적 증대를 위하여 입/출력 단자가 아닌 영역에도 추가 더미범프를 형성하여 칩과 패널 사이의 접합 응력을 분산하는 구조로 개선되는 경향이 있다. 이 경우 범프 구조 변화에 따른 접착력의 차이 등 계면에서의 특성 변화가 발생될 수 있다. 범프 접촉부의 구조는 일반 범프의 경우 알루미늄으로 생성된 입/출력 패드 위에 위치하여 전기적 입출력을 동시 수행하는 반면 더미범프의 경우에는 전기적 역할을 수행하지 않기 때문에 일반적으로 웨이퍼 상부를 덮고 있는 패시베이션 표면에 접착하게 된다. 또한, UBM 물질 증착 시 power가 증가함에 따라 증착속도는 증가할 수 있으며 온도가 높아지는 경향이 있다. 일반적으로 금속과 금속의 접착력은 온도 편차에 따른 열팽창 변화로 금속간의 열응력에 의하여 계면 특성, 즉 접착력 저하를 가져올 수 있다. 또한, 비금속과 범프 사이의 접착력 역시 Power 증가에 따라 접착력의 특성 변화를 가져 올 수 있다. UBM 물질로 주로 사용되는 TiW 증착 시 최적화된 Power 조건을 찾을 경우 높은 수율과 신뢰성을 갖는 Au 범프를 제조할 수 있다.

본 연구에서는 Al/Si 기판 웨이퍼와 SiN/Si 웨이퍼 위에 TiW UBM 물질을 사용하여, Au를 범프를 전기 도금법으로 형성하였다. 각각의 웨이퍼 위에 TiW UBM 물질을 스퍼터링(Sputtering) 방법으로 증착하였으며 증착시 스퍼터링 power 조건에 따른 범프 계면에서의 접찹력 등을 측정, 평가하였다.

## 2. 실험방법

Au 범프를 적용한 COG 패키징 공정을 위해 8 inch 크기의 Al 웨이퍼와 SiN 웨이퍼를 사용하였으며, Scrubber 장비를 이용하여 웨이퍼 표면의 오염물질을 제거하였다. UBM 물질인 TiW 박막 형성을 위해 스퍼터링 방법으로 입력 파워를 각각 500, 1000, 1500, 2500, 4000, 5000 Watt로 변화 하면서 증착하였다. 이 후 PR (Photo Resist) 도포, Exposure, Develop 공정을 거쳐 패턴을 형성 한 후 Descum 공정을 통하여 PR 잔여물 제거한 후 최종적으로 전기도금 공정을 이용하여 Au를 증착하였다. 마지막 단계로 PR Strip 공정을 통하여 PR 제거 후 최종적으로 Au

(a) (b)

**Fig. 1.** Cross-sectional Multi-Layered Structures of Au Bump with Film Thicknesses: (a) Au/TiW/Al/Si Wafer and (b) Au/TiW/SiN/Si Wafer.

범프를 형성하였다. Al 두께는 0.5 μm, SiN 두께는 0.3 μm 이며 각각의 웨이퍼는 Scrubber 세정 공정을 거치고 범프의 접합 및 신뢰성을 향상시키기 위하여 UBM 물질로서 TiW는 0.2 μm의 두께로 스퍼터링하여 형성하였다. 포토리소그래피 공정을 거친 후 최종적으로 5 μm (Width) × 9 μm (Length) × 14 μm (Height) 크기의 Au 범프를 전기도금법으로 형성하였다.[6] 또한 Au 범프의 신뢰성 평가를 위해 TiW UBM 박막위에 형성된 Au 범프의 박리가 일어나는 비율을 확인하기 위해 300개의 Au 범프를 웨이퍼 위에 제작한 후 박리가 나타나는 갯수를 조사, 관찰하였다. Fig. 1은 제작된 다층구조의 층별 두께와 Au 범프의 단면 이미지 구조를 보여주고 있다. 여러 스퍼터링 입력 파워에서 증착된 TiW 박막위에 형성된 Au 범프는 Scrubber 장비(Wafer오염물질을 제거하는 세정장비)를 이용하여 일정 압력 및 시간(90 kgf/$cm^2$, 30 sec)에 따라 Au 범프의 박리현상을 관찰 하였다.

또한 본 연구에서는 계면 특성을 관찰하기 위해 SAICAS 측정 방법을 사용하였다. SAICAS장비(MODEL NN-EX)는 100 nm~1 um Film Thickness 박막을 Cutting speed 1 nm/sec (Min)으로 Cutting Force (3 N~30 N)을 가하여 박막 접착력을 측정하는 측정 장비이다. SAICAS 측정을 위해 Au 범프는 TiW 증착시 스퍼터링 파워는 1500 Watt이며 크기는 5 μm (Width) × 9 μm (Length) × 5 μm (Height) 이었다. UBM 물질인 TiW의 두께는 0.2 μm 이다. 최종적으로 Al/Si 웨이퍼와 SiN/Si 웨이퍼에서 제작된 Au 범프에서 TiW/Au의 계면과 Wafer/TiW 계면에서의 접착력을 평가하였다.

## 3. 결과 및 고찰

UBM 물질이 스퍼터링되는 속도는 스퍼터링 타겟에 충돌하는 이온(중성 원자)의 개수 및 충돌 에너지와 스퍼터링 수율(Yield)에 의하여 결정된다. 이온 에너지는 전압에 의존하기 때문에 결국 스퍼터링 속도는 sheath 전압에 의존하게 된다.[7] 따라서 Au 범프의 UBM으로 사용된 TiW는 동일한 두께에서 스퍼터링 파워 조건에 변화를 주었으며, Scrubber 장비를 이용하여 일정 압력에서(90 kgf/$cm^2$, 30 sec) Au Bump의 박리현상을 관찰하였다. Fig. 2는 2500 Watt의 파워에서 증착된 TiW UBM 박막위의 Au

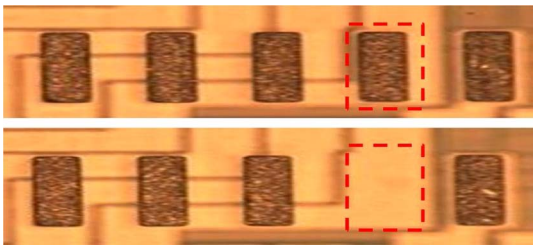

**Fig. 2.** Optical Microscope Images for Delamination of Au Bump on TiW UBM.

범프의 박리 현상을 광학 현미경(optical microscope)을 이용하여 확인된 사진을 보여주고 있다. 사진에서처럼 정상적으로 접착된 Au 범프(상단 사진)와 박리된 Au 범프(하단 오른쪽 두 번째 범프)를 뚜렷이 확인 할 수 있다. Fig. 3는 TiW UBM 박막에 대해 여러 스퍼터링 입력 파워에서 Au 범프 소자를 300개씩 제작하였다. Scrubber 장치를 사용하여 일정 압력(90 kgf/cm$^2$, sec)의 조건에서 Au 범프의 박리가 일어나는 비율을 보여 주고 있다.

Al/Si 위에 형성된 Au 범프의 경우 스퍼터링 파워가 5000 Watt에서 박리를 확인하였다. 또한 SiN/Si 기판위에 형성된 Au 범프의 경우는 2500과 4000 Watt에서 Au 범프의 박리 현상이 나타났다.

이러한 측정 결과로 부터, 본 연구에서는 TiW UBM 위에 전기도금법으로 형성된 Au 범프는 Al/Si 웨이퍼와 SiN/

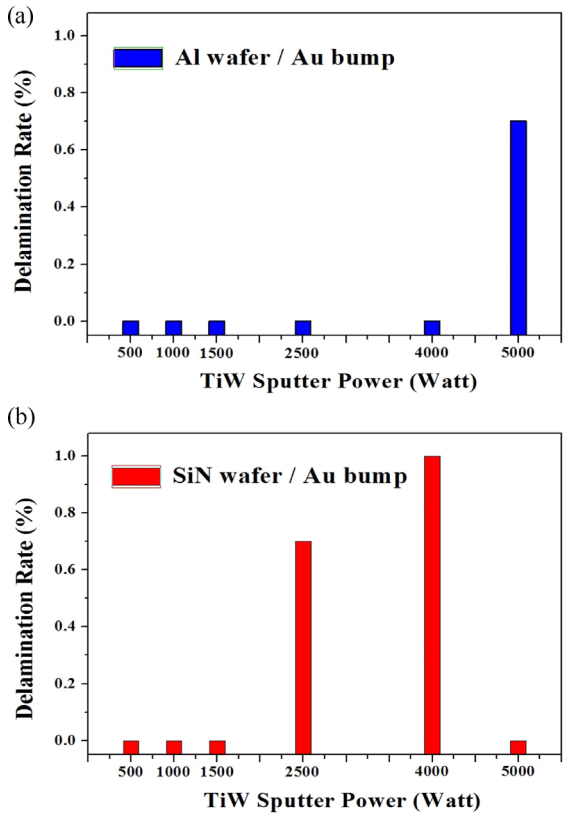


**Fig. 3.** Delamination rates of Au Bumps depending on the TiW Sputtering Power conditions on (a) Al/Si Wafer and (b) SiN/Si Wafer.

Si 웨이퍼를 사용할 경우 안정된 접착 및 높은 스퍼터링 yield를 나타내는 최적의 스퍼터링 파워는 1500 Watt임을 확인 할 수 있었다.

Power가 높은 편이 증착속도가 증가하여 생산속도에도 유리함으로 1000 Watt보다 1500 Watt가 최적이다. 한편, SAICAS 접착력 특성 실험을 위하여 TiW 증착시 스퍼터링 파워를 1500 Watt로 고정한 후 증착하였다. Al/Si 웨이퍼위에 증착된 TiW/Au 범프와 SiN/Si 웨이퍼 위에서 제작된 TiW/Au 범프의 계면 접착력은 Au 와 TiW의 경도 차이를 이용하여 측정하였다.[8,9] 수직 방향 전달 힘 [Vertical Force ($F_V$)]를 0.1 N 으로 고정하여 TiW 박막의 계면과 접촉하여도 더 이상 Blade가 침투하지 않도록 측정 조건을 조절하였다. 이때, Blade Width는 1.0 mm, 측정 시간 간격은 0.2 sec, 측정 시간은 1200 sec, 수직방향 속도는 0.01 μm/s, 수평방향 속도는 0.1 μm/s이다. Al/Si과 SiN/Si 웨이퍼 위의 TiW 박막의 계면 접착력은 TiW 박막이 하부층인 Al 박막과 SiN 박막을 접촉할 경우 Blade가 계면을 지나 경도가 약한 곳으로 더 깊숙이 들어가는 현상이 나타날 수 있다.[8-10] 따라서, 본 실험에서는 wafer/TiW 계면의 접착력은 TiW UBM 박막의 두께인 0.2 μm 깊이로 Blade가 침투하도록 설정하여 Wafer/TiW 계면의 접착력을 측정하였으며, 이를 위해 Blade width는

0.3 mm, 측정 시간 간격은 0.2 sec, 측정 시간은 120 sec, 수직방향 속도는 0.02 μm/s, 수평방향 속도는 5 μm/s로 설정하였다. 식 (1)[11]에서는 SAICAS 장비로 측정된 접착력, P (Peel Strength)는 수평 방향으로 전달된 힘, $F_H$ (Horizontal Force)와 Blade 폭, W (Blade Width)와의 관계를 보여주고 있다.[12]

$$P = F_{H,Peeling}/W \text{ (kN/m)} \quad (1)$$

Fig. 4에는 (a) Al/Si 웨이퍼에서 제작된 Au 범프에서 TiW/Au의 계면에서 접착력을 보여주고 있으며, 접착력을 나타내는 peel strength는 1.470 (kN/m)이다. 또한 (b) SiN/Si 웨이퍼에서 제작된 Au 범프에서 TiW/Au 박막 계면에서의 접착력은 1.690 (kN/m)이다. 또한 (c)는 Al/Si 웨이퍼와 TiW의 접착력을 나타내고 있으며, 접착력은 0.104 (kN/m)를 보여주었다. 마지막으로 (d) 그림은 SiN/Si wafer와 TiW의 접착력으로 0.047 (kN/m)의 측정 값을 나타내었다. 측정결과, Al/Si 웨이퍼 와 SiN/Si 웨이퍼에서 제작된 Au 범프의 각 계면에서 접착력과 TiW/Au 계면에서의 접착력의 차이는 약 0.01 (kN/m)로 비슷한 수준의 접착력을 보였으며, Al/Si 웨이퍼에서 TiW 계면에서 접착력은 SiN/Si 웨이퍼에서 TiW의 계면에서 접착력 보다 약 2.2배 더 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 금속간의 결합이 더욱 강하다는 고찰을 할 수가 있다. 결국, 1500 Watt의 입력 파워에서 스퍼터링에 의해 증착된 TiW UBM 박막과 Au 범프와의 접착력은 Al/Si과 SiN/Si의 기판종류에 따라 접착력에 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 그러나 TiW UBM 박막과 Al과 SiN 하부 박막의 접착력은

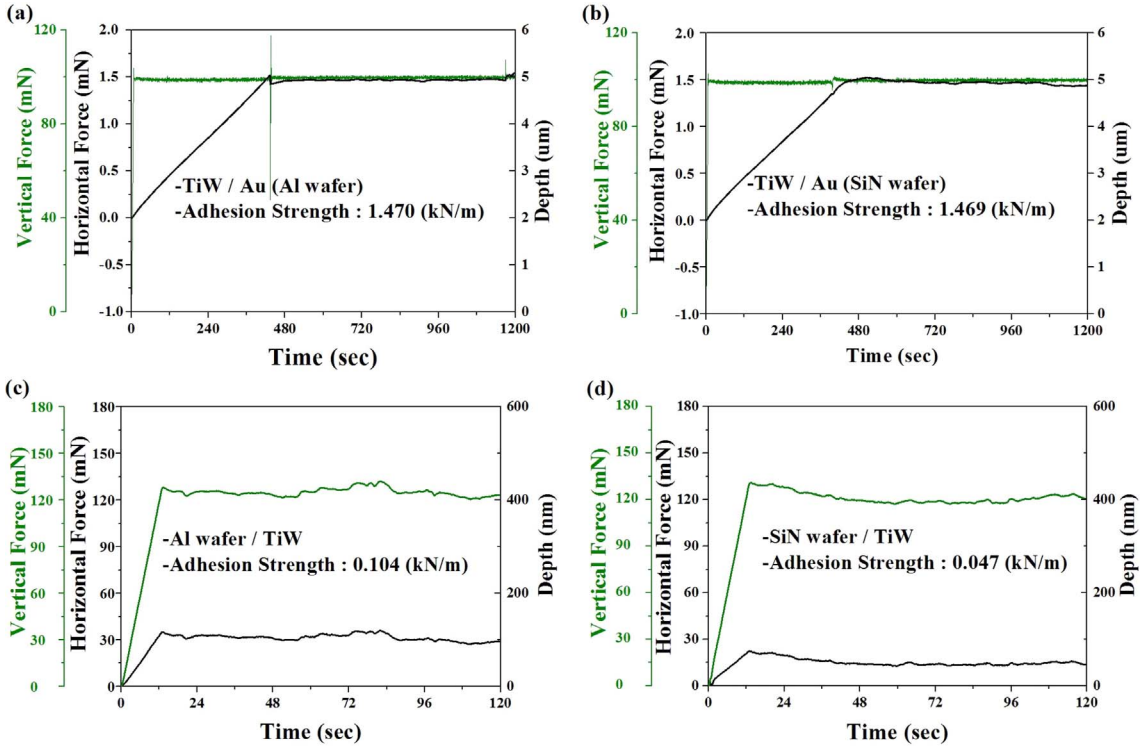


**Fig. 4.** Adhesion Strength Profiles measured by SAICAS Method for Different Interfacial Layers: (a) TiW/Au Bump on Al/Si Wafer, (b) TiW/Au Bump on SiN/Si Wafer, (c) TiW UBM Film on Al/Si Wafer and (d) TiW UBM Film on SiN/Si Wafer.

큰 차이가 있음을 확인하였다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 Al/Si 웨이퍼 및 SiN/Si 웨이퍼 위에 UBM 물질로서 TiW 박막을 스퍼터링 방법으로 증착한 후, 전기도금 공정을 거쳐 최종적으로 Au 범프를 제작하였다. Au 범프는 Scrubber 장비로 90 kgf/cm$^2$, 30 sec 조건에서 박리 현상(Delamination)을 관찰하였다. Al/Si 웨이퍼와 SiN/Si 웨이퍼에서 Au 범프의 안정적인 계면 접착을 나타내는 스퍼터링 파워는 1500 Watt임을 확인하였다. Al/Si과 SiN/Si 웨이퍼 위에 증착된 TiW UBM 박막을 1500 Watt 파워에서 제작한 시료에 대해 SAICAS 측정 방법으로 계면 박리 현상을 조사하였다. TiW/ Au 계면의 접착력은 웨이퍼 종류에 관계없이 오차 범위 안에서 유사한 값의 접착력을 보여주었다. 한편, TiW UBM 박막 계면에서의 접착력은 하부 박막인 Al 금속과 SiN 비금속 박막에서의 접착력 차이가 약 2.2배 크게 나타났으며 Al/Si과 TiW 박막의 접착력이 약 0.104 kN/m으로 보다 높은 값을 보여주었다.

## 감사의 글

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2014년도 산학연 협력 기술개발사업(No. C0218 977)의 연구 수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

## References

1. H. Tanaka and K. S. Kim, “Introduc tion of Reliability Test Technology for Electronics Package”, J. Microelectron. Packag. Soc., 19(1), 1 (2012).
2. J. W. Kim, Y. C. Lee, B. I. Noh, J. W. Yoon and S. B. Jung, “Recent Advances in Conductive Adhesives for Electronic Packaging Technology”, J. Microelectron. Packag. Soc., 16(2), 1 (2009).
3. S. H. Park, T. S. Oh and G. Englemann, “Interfacial Reactions of Sn Solder with Variations of Under-Bump-Metallurgy and Reflow Time”, J. Microelectron. Packag. Soc., 14(3), 43 (2007).
4. M. J. Yim, J. S. Hwang and K. W. Paik, “Anisotropic Conductive Films (ACFs) for ultra-fine pitch chip-on-glass (COG) applications”, Int. J. Adhes. Adhes., 27, 77 (2007).
5. J. W. Kim, D. G. Kim, S. S. Ha, W. C. Moon, C. S. Yoo, J. H. Moon and S. B. Jung, “Valuation of Thermo- mechanical Reliability of Flip Chip Solder Joints (I)”, J. Kor. Inst. Met. & Mater., 44(8), 581 (2006).
6. J. W. Kim, D. G. Kim and S. B. Jun g, “Valuation of Thermo mechanical Reliability of Flip Chip Solder Joints (II)”, J. Kor. Inst. Met. & Mater., 44(8), 587 (2006).
7. P. Sigmund, “A mechanism of surface micro-roughening by ion bombarment”, J. Mater. Sci. Lett., 8, 1545 (1973).
8. A. K. Vijh, “The influence of metal-metal bond energies on the adhesion, hardness, friction and wear of metals”, J. Mater. Sci., 10, 998 (1975).
9. A. F. J. Baggerman and F. J. H. Kessels, “Hardness reduction of Au bumps for tab interconnections”, Electronic Manufacturing Technology Symposium, Technology Symposium, 1992. 12th International. IEEE, 229 (1992).

10. Y. H. Chen, K. W. Lee, W. A. Chiou and Y. W. Chung, "Synthesis and structure of smooth, superhard TiN/SiNX multilayer coatings with an equiaxed microstructure", Surf. Coat. Technol., 146, 209 (2001).
11. N. Nagai, T. Imai, K. Terada, H. Seki, H. Okumura, H. Fujino, T. Yamamoto, I. Nishiyama and A. Hatta, "Depth profile analysis of ion-implanted photoresist by infrared spectroscopy", Surf. Interface Anal., 34, 545 (2002).
12. F. Saito, I. Nichiyama and T. Hyodo, "An improved method for the measurement of adhesion energy by using a nano-cutting machine", Surf. Coat. Technol., 205, 419 (2010).