

## SAC 305솔더와 ENIG 기판의 접합강도에 미치는 저주파 수소라디칼처리의 영향

이아름\* · 조승재\* · 박재현\*\* · 강정윤\*\*\*,†

\*부산대학교 하이브리드소재솔루션 협동과정

\*\*포항산업과학연구원 분석평가본부

\*\*\*부산대학교 재료공학부

### Improvement of Solder Joint Strength in SAC 305 Solder Ball to ENIG Substrate Using LF Hydrogen Radical Treatment

Ah-reum Lee\*, Seung-jae Jo\*, Jai-hyun Park\*\* and Chung-yun Kang\*\*\*,†

\*National Core Research Center(NCRC) for Hybrid Material Solution, Pusan National University,  
Pusan 609-735, Korea

\*\*Research Institute of Industrial Science & Technology, Pohang 790-600, Korea

\*\*\*Pusan National University, Pusan 609-735, Korea

†Corresponding author : kangcy@pusan.ac.kr

(Received November 15, 2010 ; Revised December 8, 2010 ; Accepted January 11, 2011)

#### Abstract

Joint strength between a solder ball and a pad on a substrate is one of the major factors which have effects on electronic device reliability. The effort to improve solder joint strength via surface cleaning, heat treatment and solder composition change have been in progress. This paper will discuss the method of solder ball joint strength improvement using LF hydrogen radical cleaning treatment and focus on the effects of surface treatment condition on the solder ball shear strength and interfacial reactions. In the joint without radical cleaning, voids were observed at the interface. However, the specimens cleaned by hydrogen-radical didn't have voids at the interface regardless of cleaning time. The shear strength between the solder ball and the pad was increased over 120%(about 800gf) when compared to that without the radical treatment (680gf) under the same reflow condition. Especially, at the specimen treated for 5minutes, ball shear strength was considerably increased over 150%(1150gf). Through the observation of fracture surface and cross-section microstructure, the increase of joint strength resulted from the change of fracture mode, that is, from the solder ball fracture to IMC/Ni(P) interfacial fracture. The other cases like radical treated specimen for 1, 3, 7, 9min. showed IMC/solder interfacial fracture rather than fracture in the solder ball.

Key Words : Low frequency, LF, Hydrogen radical, Plasma, Fluxless, Soldering, Pb-free

#### 1. 서 론

최근 전자 부품의 소형화 및 고집적화에 대한 시장의 요구에 따라 전자 소자와 그 내부 구조가 매우 미세해졌으며, 동시에 소자와 기판을 접합하는 패키징(packag-

ing) 기술에 있어서 솔더볼 미세화를 야기시켰다.

이와 더불어 환경에 대한 관심과 규제가 고조됨에 따라 종래의 Sn-Pb계의 유연솔더에서 납성분을 포함하지 않는 무연 솔더로의 사용 전환이 이뤄지고 있으며, 특히 Sn-Ag-Cu계솔더는 용점이 다소 높으며(약 490K) 솔더링 시 브리지(Bridge)가 발생하기 쉬운 단점이 있

음에도 불구하고 솔더 특성과 접합 신뢰성이 우수하여 널리 사용되고 있다. 이와 같이 접합신뢰성은 전자제품의 신뢰성에 큰 영향을 미친다.

많은 연구자들이 솔더와 기판의 접합강도와 접합신뢰성을 향상시키기 위하여 많은 노력을 하고 있다. 특히 열처리나 표면 세정 등을 이용하여 접합강도를 개선하기 위한 노력이 이루어지고 있다.

금속표면에는 오염층, 극분자층, 물흡착층, 가스 흡착층, 산화물층 등이 존재하고 있으며, 이러한 오염층은 용융솔더와 금속패드 사이의 젖음성 감소시켜 접합 불량과 신뢰성 저하의 원인이 된다. 표면세정을 이용하는 방법의 경우 접촉하고자 하는 기판의 금속패드 및 솔더 등의 금속 표면에 존재하는 오염층을 제거함으로써 접합성을 향상시키고자 하는 것이다.

많은 반도체 공정에서 접합의 신뢰성을 높이기 위해 화학용액에 기반을 둔 습식세정을 이용하고 있으나, 세정과 행금과정에서 많은 양의 순수(pure water)가 필요하며 대규모의 폐액이 발생하여 향후 친환경적인 건식세정 방법으로 대체될 것이라 예상된다.

플라즈마나 라디칼을 이용하는 건식세정 방법은 친환경 공정일 뿐만 아니라, 공정이 비교적 간단하여 단순공정의 일체화에 적합하다. 또한 플라즈마의 전력, 유량, 처리 시간 등을 조절하여 nm 단위의 표면처리가 가능하다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 기존의 Ar을 기반으로 하는 플라즈마 처리는 세정 후 대기에 노출되면 빠르게 재산화 및 오염이 발생하는 단점이 있었다.

최근 일본의 Hagihara<sup>10,11)</sup> 등은 수소라디칼처리를 이용한 솔더링 공정을 개발하였다. 수소라디칼이란 분자상태의 수소처럼 전자를 공유하여 옥텟(Octet)을 만족하지 못하는 수소 원자를 말하며, 옥텟을 만족하지 못하므로 화학적 활성도가 높아 환원능이 매우 뛰어나다. Hagihara 등에 의하면 수소라디칼 처리를 함으로써 표면의 재산화 시간이 지연되며, 이를 수소라디칼 버핑(Buffing) 효과라고 명명하였다. 하지만 이 경우에는 수소라디칼의 발생 전원(Generator)으로 2.34GHz의 마이크로웨이브(microwave)를 사용하였다.

플라즈마 처리 장비는 일반적으로 가스 플라즈마를 발생시키기 위하여 RF(Radio Frequency, 13.56MHz)나 Microwave(2.34GHz) 방식의 고주파 플라즈마를 사용해 왔다. 그러나 저주파(LF : Low Frequency, 40-50kHz) 방식의 경우는 처리 영역이 넓고 균일하며 저주파 발생 전원의 원가가 더 낮음에도 불구하고 거의 사용되지 않았는데 이것은 저주파 플라즈마에 대한 연구가 거의 이루어 지지 않았기 때문이다.

본 연구에서는 저주파 발생 전원을 사용하여 수소라디칼을 발생시키고 기판 세정에 적용한 경우, 세정처리 시간이 솔더볼의 전단강도와 접합 계면반응에 미치는 영향에 대하여 검토하였다.

### 2. 사용재료 및 실험 방법

Fig. 1은 무전해 Ni 도금(ENIG : Electroless Nickel Immersion Gold) 기판 위의 금속패드와 솔더볼의 개략도를 나타낸 것이다. 사용한 재료는 직경 450 $\mu$ m의 SAC 305 솔더볼(Sn-3.0wt%Ag-0.5wt%Cu)과 ENIG 기판을 사용하였다. 솔더볼의 직경은 450 $\mu$ m 이었으며, FR-4 기판 위에 형성된 금속패드의 직경은 380 $\mu$ m로 솔더볼 직경의 약 85%가 되도록 하였다. 금속 패드는 Cu foil 위에 Au와 Ni층이 형성되어 있으며, Au와 Ni층 각각의 두께는 약 0.5 $\mu$ m와 7 $\mu$ m이었다. 사용된 Ni층에 함유된 P 함량은 15at.% 이었다.

Fig. 2는 본 실험에서 사용한 수소라디칼처리 장치의 개략도이다. 수소가스는 챔버 상부에서 주입되며, 저주파 플라즈마 발생원이 직류 펄스(DC pulse)를 만들면서 수소분자를 수소라디칼로 전환시킨다. 수소라디칼은

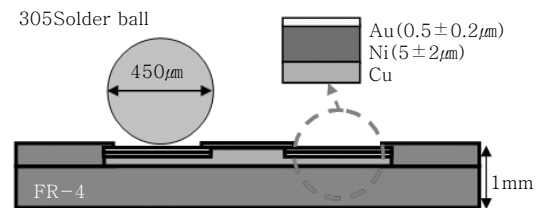


Fig. 1 Schematic of material used in this study (a) solder ball and ENIG substrate, (b) Optical Microscope image of ENIG substrate

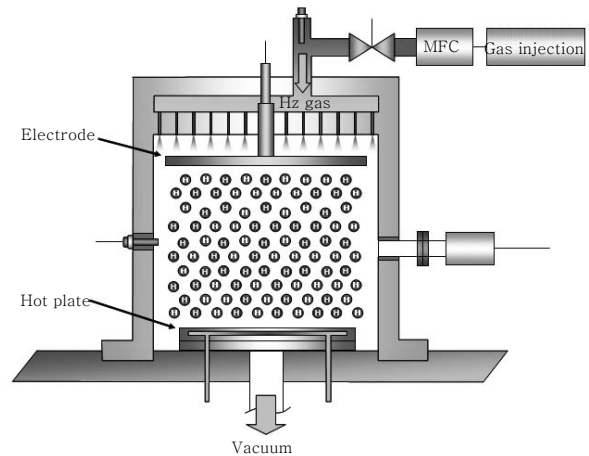


Fig. 2 Schematic illustration of low frequency hydrogen radical apparatus

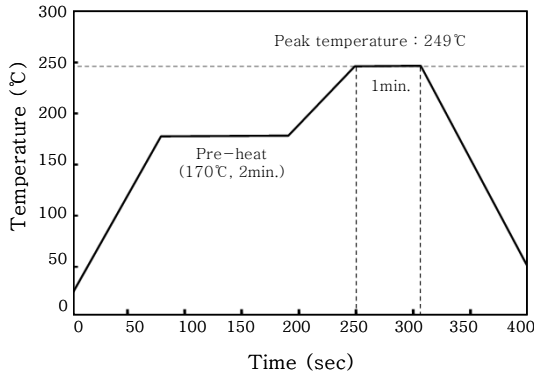


Fig. 3 Reflow condition

산화된 금속 표면과 반응하여 금속표면을 환원시키고 수소와 산소가 결합하여 물(H<sub>2</sub>O)을 생성하게 되며, 표면에 흡착된 물을 탈착하기 위하여 수소라디칼 처리는 150°C의 온도에서 수행되었다. 수소라디칼처리의 초기 압력은 약 10<sup>-3</sup>torr이었으며, 작업압력은 약 10<sup>-1</sup>torr였다. 전력(Power)은 270W로 고정하였으며, 유량은 60sccm으로 유지하였다. 수소라디칼처리 시간을 변수로 하여 ENIG 기판을 0분, 1분, 3분, 5분, 7분, 9분간 세정하였다.

ENIG 기판을 세정시간을 다르게 하여 수소라디칼처리한 후, 세정된 기판과 SAC 305 솔더볼을 컨베이어 방식의 표면실장(SMT) 리플로우 공정에 의하여 접합하였다. 리플로우 조건은 Fig. 3과 같다. 리플로우 최고 온도는 249°C이었으며 최고온도에서 약 1분간 유지하였다.

수소라디칼처리 시간에 따른 기판의 접합강도를 평가하기 위하여 고속전단시험을 수행하였으며, 공구속도(Tool speed)는 2000µm/sec 이었고, 하중은 2000gf를 인가하였다.

수소라디칼 세정처리의 효과 검증을 위해 ENIG 기판을 수소라디칼 처리하여 처리 전과 5분간 처리한 시편의 금속패드 부를 XPS 분석하였다. 접합계면의 조직학적 분석을 위하여 SEM(Scanning electron microscopy)과 BSE(Backscattered Scanning electron microscopy)를 이용하였고, EDS(Energy Dispersive Spectrometer)를 이용하여 계면 조직의 성분분석을 수행하였다

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 수소라디칼 처리의 효과

Fig. 4는 수소라디칼처리가 ENIG 기판에대한 세정 효과를 조사하기 위하여 ENIG 기판에 저주파 수소라

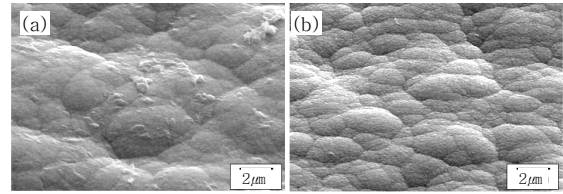


Fig. 4 SEM image of ENIG substrate surface with treatment time (a)No treatment, (b)1min

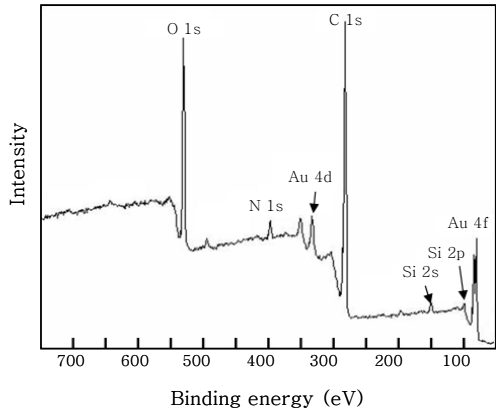
디칼처리를 1분간 실시한 후, SEM으로 표면상태의 변화를 관찰한 결과를 나타낸 것이다. Fig. 4-(a)의 경우는 저주파 수소라디칼처리를 하기 전의 금속패드로서 작은 돌기들이 발견된다. 이러한 돌기들은 Au도금공정에 생성되는 불균일한 Au층 도금 찌꺼기와 유기물질 등이다. (b)의 경우는 1분간 수소라디칼처리를 실시한 시편의 표면 이미지로서 이러한 돌기들이 사라진 것을 확인할 수 있다. 수소라디칼처리 시간이 1분 이상인 경우에도, 1분과 동일한 형태의 표면 상태를 나타내었다.

수소라디칼처리로 인하여 이러한 돌기들이 사라지는 이유는 수소라디칼의 매우 높은 화학적 반응성과 플라즈마 자체의 물리적인 표면개질 특성 때문이다. 저주파 수소라디칼을 사용하는 경우 자장(magnetic field)의 파장이 길어 수소라디칼의 평균자유행로(mean free path)가 길다. 즉 시편표면이 이온충돌에 의해 받는 물리적인 충격량이 크므로 표면 입자 제거 효과가 뛰어나 표면을 평탄화하게 된다. 또한 수소라디칼의 화학적으로 높은 반응성은 표면 산화막을 환원하고 유기물질을 분해하는 효과가 있다.

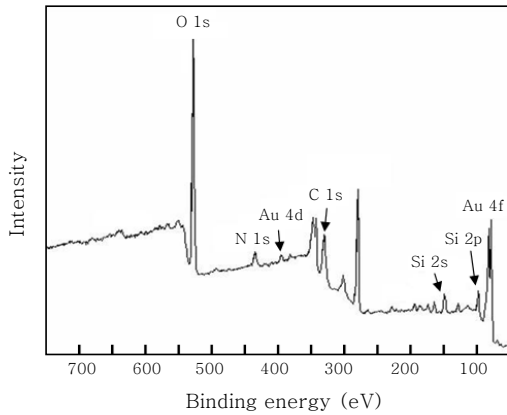
Fig. 5는 ENIG 기판 금속패드 부의 수소라디칼 처리 전과 5분처리한 시편의 XPS 표면 분석 결과를 나타낸 것이다. 수소라디칼 처리 전과 후 545eV에서 O1s 피크와 290eV에서 C1s 피크가 나타난다. 수소라디칼 처리에 따라 O 1s 피크가 감소할 것이라는 예상과는 달리 거의 비슷한 수준의 강도가 나타나는데, 이것은 Au 표면에 존재하는 산화막에 의한 것이 아니라, 깊이 방향의 분석 시 Ni에 고용되어 있던 산소에 의한 피크로 판단된다. 그러나 저주파 수소라디칼을 5분간 실시한 결과 C 1s 피크의 강도가 뚜렷하게 감소하였으며, 이것은 수소라디칼에 의해 표면 유기물질이 분해 및 제거되었다는 것을 의미한다.

#### 3.2 수소라디칼 처리 시간에 따른 접합계면 조직

Fig. 6의 (a)는 기판에 5분간 수소라디칼 처리를 한 후 접합한 시편의 대표적인 접합계면 SEM사진으로서, EDS 점분석을 실시한 위치를 A, B, C, D로 표시하였

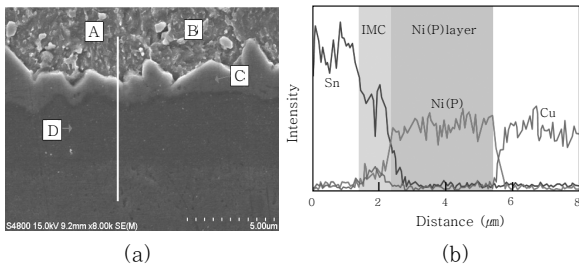


(a) Before radical treatment



(b) After radical treatment

**Fig. 5** XPS spectra of metallization pad in ENIG substrate. (a) The spectrum of not radical treated surface. (b) After hydrogen radical irradiation during 5 minutes at 150°C



**Fig. 6** Interfacial cross section between the solder and the substrate after reflow process at the treatment time of 5 minutes (a) SEM image (b) EDS line analysis

다. 그리고 Table 1은 각 영역의 점분석한 결과를 정리한 것이다. 솔더합금은 기지 상 A상과 석출상 B상의 2상으로 구성되어 있다. Table 1에서 A상은 100% Sn이고, B상은 상태도 상의 안정상인  $Ag_3Sn$  상과 다른 조성으로 나타났다. 이것은 석출상이 너무 미세하기 때문에 분석 시 기지조성이 겹쳐 분석된 것으로 예상되

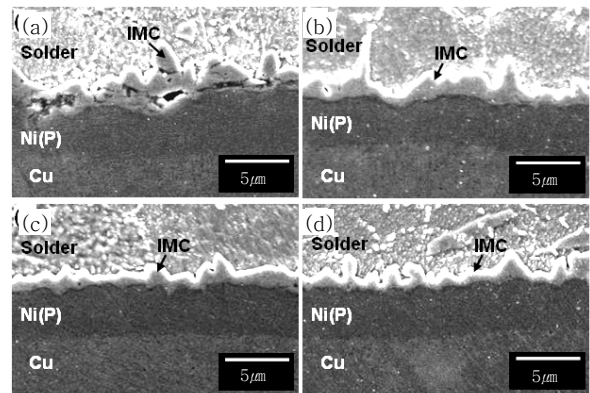
**Table 1** EDS analysis results at the positions pointed in Fig. 7

	Composition (at%)				
	Sn	Ag	Ni	Cu	P
Point A	100	-	-	-	-
Point B	46.05	53.95	-	-	-
Point C	46.44	-	17.93	35.63	-
Point D	-	-	85.41	-	14.59

고, 실제로 B상은  $Ag_3Sn$ 상 이라고 판단된다. 솔더와 Ni-P층 사이에 금속간화합물(C)층이 형성되어 있으며, EDS분석 결과로부터  $(Cu,Ni)_6Sn_5$  상임을 알 수 있다. 한편 최상층인 Au 층은 리플로우 후에 소멸되어 보이지 않는다. 일반적으로 Au층의 경우 리플로우 공정 중에 솔더 조작내에 고용되어 성분분석상 나타나지 않으며, Au 고용으로 드러난 Ni 층과 용융 솔더가 반응하여  $Cu_6Sn_5$  상 내부로 Ni이 고용되면서  $(Cu, Ni)_6Sn_5$  상이 형성되는 것으로 알려져 있다<sup>1)</sup>. D 부분은 Ni(P) 도금 층 부분으로 15 at.%의 P가 나타나는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 7은 라디칼 처리 시간에 따른 리플로우 후의 솔더볼/ENIG 접합계면의 SEM 사진을 나타낸 것이다. Fig. 7로부터,  $(Cu, Ni)_6Sn_5$  금속간화합물층은 라디칼처리 유무와 처리시간에 관계없이 모든 조건에서 동일하게 생성되었다. 특히, 기판에 라디칼 처리를 하지 않은 (a)의 경우 Ni(P)층과 금속간화합물층 사이에 보이드가 존재한다. 그러나 수소라디칼처리 한 접합부는 모든 접합계면에 보이드가 거의 관찰되지 않는다.

금속 산화물이나 유기물질 등과 같은 불순물들은 솔더링 시 용융솔더의 표면에 붙어서 솔더의 젖음성을 감



**Fig. 7** SEM images of cross sections between the solder ball and the ENIG substrate with treatment time. (a) No treatment, (b) 1min, (c) 5min, (d) 9min

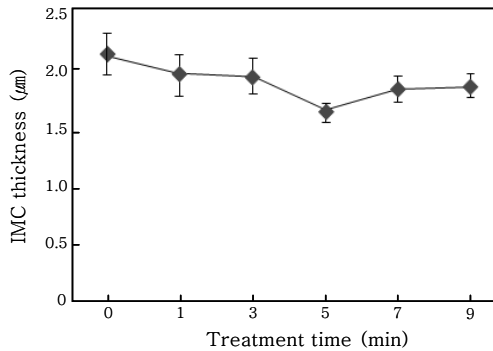


Fig. 8 The thickness of intermetallic compounds with treatment time

소시킨다. 결국 이러한 불순물이 완전히 제거 되지 않는 경우 불순물이 접합계면에 남아 접합의 장벽 (barrier)으로 작용하여 보이드과 같은 결함이 발생하는 원인이 되는 것으로 생각된다.

라디칼 처리 시간에 따라 생성되는 금속간화합물층의 두께와 형태에 대하여 이미지분석기(Image analyzer)를 이용하여 다음과 같이 두께를 측정하였다. 각 처리 조건 당 5개씩의 시편을 분석하였고, 전체 금속간화합물층의 넓이를 구한다음 전체 길이로 나누어 평균 두께를 구하였다. 그 결과를 Fig. 8에 나타낸다. 그림에 나타난 최대와 최소값은 5개의 시편에서 구한 평균두께의 최대와 최소값이다. 그림에서 확인할 수 있듯이 처리 전의 금속간화합물 두께가 가장 두꺼우며 수소라디칼 처리 시간 증가에 따라 금속간 화합물의 두께는 얇아지다가 5분에서 가장 얇은 두께를 나타낸다. 하지만 5분 이상 처리하게 된 경우는 금속간 화합물 두께가 다시 증가한다.

이러한 결과는 후술한 접합강도와 대응관계를 나타내며, 이러한 현상이 나타나는 원인은 접합강도 결과와 더불어서 서술하였다.

### 3.3 수소라디칼처리 시간에 따른 접합부의 고속전단시험 결과 및 파단면

Fig. 9는 수소라디칼처리 시간에 따른 고속전단시험 결과를 나타낸 것이다. 수소라디칼 처리를 하지 않은 경우, 솔더 볼의 접합강도는 680gf로 나타났다. 접합강도는 수소라디칼처리 시간의 증가에 따라 증가하였으며, 5분에서 1150gf로 가장 높은 강도를 가진 뒤 오히려 시간 증가에 따라 강도가 감소하고 있다. 하지만 라디칼처리를 수행한 모든 조건에서 처리 전에 비하여 강도가 높게 나타났으며, 이러한 결과는 수소라디칼처리 공정이 기존 리플로우 공정에 적용될 경우 접합강도 향

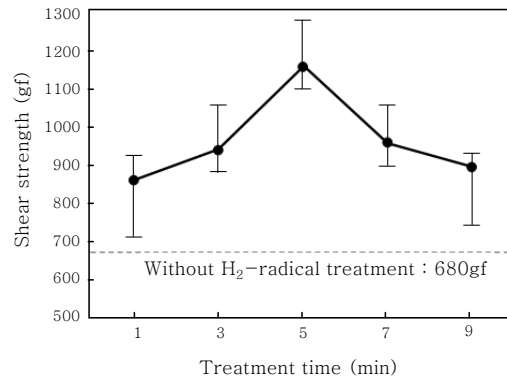


Fig. 9 The results of high shear speed test with 2000μm/sec speed and 2000gf

상에 기여한다는 것을 의미한다.

수소라디칼처리가 강도증가에 미치는 영향을 분석하기 위하여, 파단면과 파단시편 단면을 비교 검토하였다. Fig. 10은 파단된 시편의 마크로조직(SEM)을 나타낸 것이다. 또한 Fig. 11~Fig. 13은 Fig. 10의 (a), (d)와 (f)에 □으로 표시한 영역을 확대한 파면 SEM 조직과 이에 대응하는 단면 SEM조직을 나타낸 것이다. 라디칼처리를 실시하지 않아서 강도가 가장 낮은 시편의 경우, 거시파면(Fig. 10의 (a))과 미시파면(Fig. 11의 (a))으로부터, 소성변형 흔적이 없고, 파면 전체가 거의 평활한 면으로 이루어져 있음을 알 수

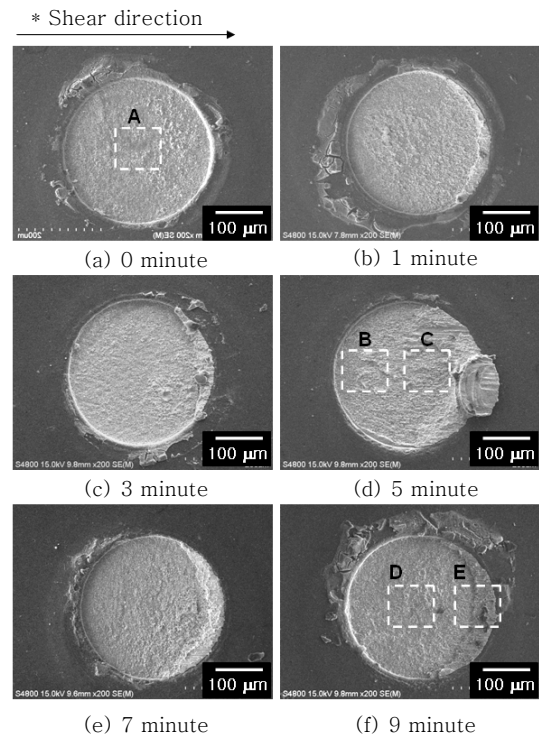
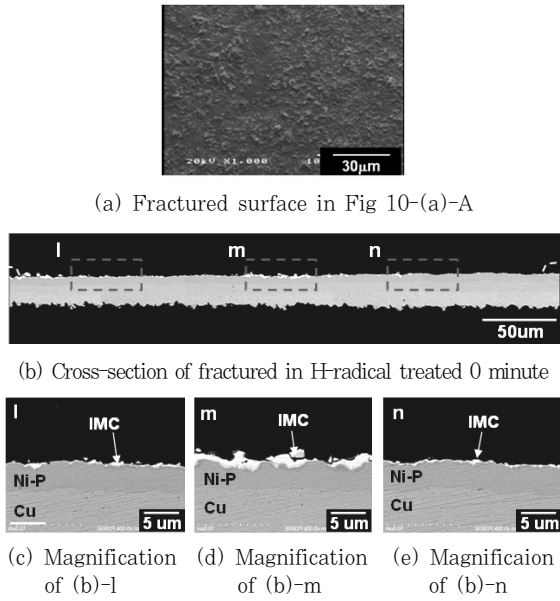


Fig. 10 Fractured surfaces with hydrogen- radical treatment time

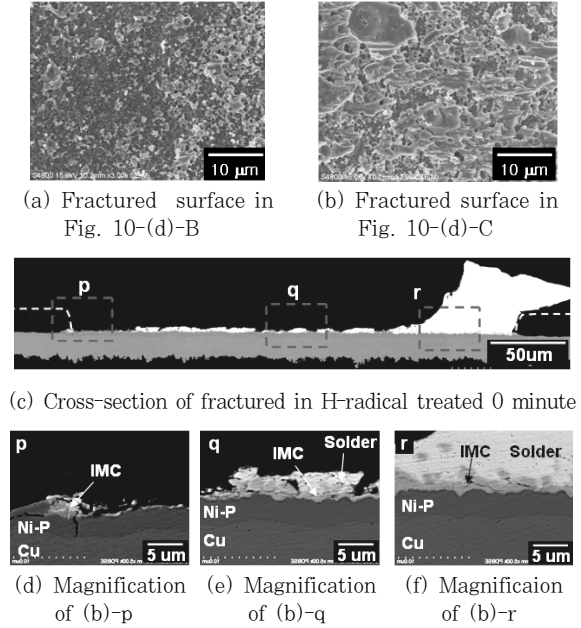


**Fig. 11** Cross-sections of fractured surface treated hydrogen-radical during 0 minute and magnified fractured surface in Fig.10-(A)-A

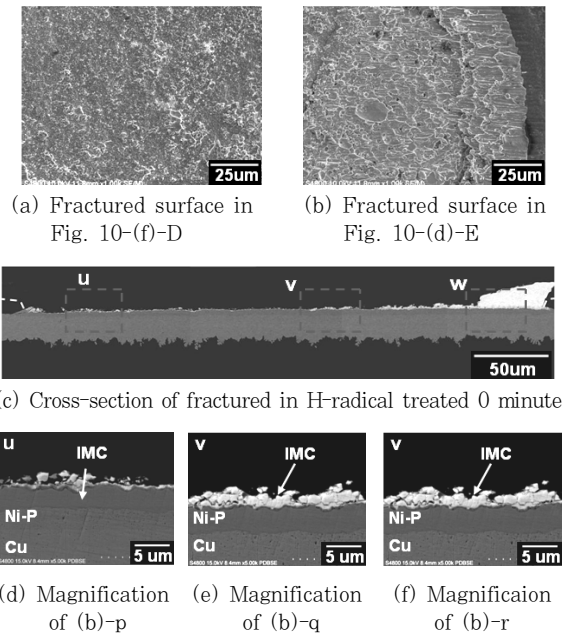
있다. 한편 파면과 대응하는 단면인 Fig. 11의 (b)와 여기에 l, m, n으로 표시된 영역의 확대 조직사진인 (c), (d), (e)를 자세히 관찰하여 보면, 전단이 시작되는 l 영역(c)에서 전단이 끝나는 n 영역(e)에 이르기까지 백색상인 잔류솔더가 거의 존재하지 않고, m 영역(d)에서 소량의 금속간화합물이 관찰된다. 이상의 파면과 단면의 관찰 결과로부터, Ni(P)와 금속간화합물의 계면 혹은 금속간화합물층과 솔더의 계면에서 파단되었음을 알 수 있다.

접합강도가 가장 높은 5분간 수소라디칼처리 시편의 경우, 거시파면(Fig. 10의 (d))과 미시파면(Fig. 12의 (a)와 (b))으로부터, Fig. 10의 B 영역에서는 약간의 소성변형한 흔적이 보이고, C 영역에서는 전단변형한 형상을 명확히 관찰할 수 있다. 한편 파면과 대응하는 단면인 Fig. 12의 (c)와 여기에 p, q 및 r로 표시된 영역의 확대 조직사진인 (d), (e), (f)를 자세히 관찰하여 보면, Fig. 10 (d)의 좌측에 해당하는 p영역은 Ni(P)계면에서 파단되고, (c)에서 백색상이 얇게 형성되어 있는 영역(q에 해당)은 (e)에서 볼 수 있는 것처럼 계면 근방의 솔더에서 파단 되었으며, r 영역 역시 솔더 내부에서 파단되었음을 알 수 있다. 약 80%가 솔더에서 파단되어 강도가 아주 높은 것으로 생각된다.

한편 9분간 수소라디칼처리를 실시한 시편의 파면(Fig. 13의 (a)와 (b))과 단면(c~f)을 5분간 처리한



**Fig. 12** Cross-sections of fractured surface treated hydrogen-radical during 5 minute and magnified fractured surface in Fig. 10-(d)-B and C



**Fig. 13** Cross-sections of fractured surface treated hydrogen-radical during 9 minute and magnified fractured surface in Fig. 10-(f)-E and F

시편의 것(Fig.12)과 비교하여 보면, 파면은 서로 유사하게 보이지만, Fig. 13 (c)의 단면에서 9분 처리한 것은 솔더 파면 면적보다 금속간화합물/솔더 계면에서 파단된 면적이 더 넓은 것을 알 수 있다. 따라서 강도

가 다소 감소하는 것을 알 수 있다.

이상의 파면 및 단면분석으로부터, 금속간화합물/Ni(P) 계면 또는 금속간화합물/솔더 계면에서 파단되는 계면파단이 많이 일어나면 접합강도가 저하되는 것을 알 수 있다.

라디칼 세정처리를 하지 않으면, Fig. 7 (a)에서 보이는 것처럼 보이드가 존재하므로 거의 계면에서 파단되고, 강도가 아주 낮은 것으로 판단된다. 또한 5분간 라디칼 처리한 것은 젖음성이 개선되어 솔더와 반응이 충분히 일어나 계면강도가 높아 솔더에서 파단되는 비율이 증가하기 때문에 접합강도가 아주 높다. 그러나 5분 이상 라디칼처리하면 다음과 같은 이유에서 표면이 재오염 되기 때문에 강도가 낮아지는 것으로 추측된다.

저주파 수소라디칼의 물리적인 스퍼터링에 의하여 ENIG 금속패드의 얇은 Au도금층이 일부 제거되게 되는데, 라디칼 처리 시간이 7분 이상인 경우 Ni층이 일부 드러나게 되어 공기 노출 시에 표면 재산화 가속화 되는 것으로 판단된다. 또한 이때에 Ni 표면에 존재하는 산소와 수소라디칼의 반응 시 수소라디칼은 금속을 환원시키고 산소와 결합하여 물을 생성시킨다. 이렇게 시편 표면에 생성된 물 분자의 탈착(desorption)은 이온 충돌(ion bombardment)과 수소라디칼의 유량을 증가시킴으로 가속화시킬 수 있다. 그러나, 탈착된 물 분자는 수증기가 되어 플라즈마에 의해 O, OH, H 등으로 분해하게 되고, Cr, Ni, Cu 등과 같은 금속과 쉽게 반응하여 시편이 재오염된다.<sup>18)</sup> 따라서 7분 이상의 시간에서는 Au층의 제거로 인한 Ni층의 산화와 물 분자에 의한 재오염으로 생성된 얇은 산화막층으로 인해 접합강도가 감소하며, 3분 이하의 시간에서는 오염물 층을 제거하는데 라디칼 처리 시간이 불충분하여 접합강도가 낮은 것으로 판단된다.

같은 이유로, 5분 처리의 경우 청정해진 금속패드 표면과 솔더볼이 충분한 젖음성을 나타내어 금속간화합물이 얇고 균일하게 형성되나 1분과 3분의 경우 완전히 제거되지 않은 오염물로 인하여 젖음성이 감소하고, 7분과 9분의 경우 재오염으로 인하여 젖음성이 감소된 것으로 판단된다. 오염된 금속패드와 솔더가 반응하는 경우 부분적으로 반응성이 좋은 부분에서 금속간화합물이 두껍게 생성되어 평균 금속간화합물두께 상승에 기여하는 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

본 연구에서, 저주파 수소라디칼을 이용하여 ENIG 기판의 금속패드 부를 세정처리한 뒤, SAC305 솔더볼

을 리플로우 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) ENIG 기판을 수소라디칼 세정 처리 하여, 전과 후의 XPS 스펙트럼을 분석한 결과 처리 후 C 1s 피크가 뚜렷하게 감소하여, 저주파 수소라디칼이 시편 표면의 유기물 제거 능력이 우수함을 증명하였다.

2) 수소라디칼 세정처리 시간에 상관없이 계면에서 생성된 금속간화합물의 조직은 (Cu,Ni)<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> 상이었다. 하지만 생성되는 금속간화합물의 두께는 처리 전에 가장 두껍고, 세정시간 증가에 따라 얇아지며 5분에서 가장 두께가 얇았다. 그러나 5분 이상 세정처리를 한 것은 금속간화합물이 다시 두꺼워 졌다.

3) 수소라디칼 세정처리를 하지 않은 경우, 솔더볼의 접합강도는 680gf이었다. 수소라디칼처리 시간의 증가에 따라 접합강도가 증가하였으며, 5분에서 1150gf로 가장 높은 강도 값을 가진 뒤 시간 증가에 따라 오히려 감소하였다. 하지만 라디칼 세정처리를 수행한 모든 시편은 처리 하지 않은 시편에 비교하여 강도가 높았다.

4) 가장 강도가 낮은 수소라디칼처리를 하지 않은 경우 금속간화합물/Ni(P) 계면에서 파단이 발생하였고, 5분처리의 경우 솔더파면율이 높아 강한 접합강도를 갖는 것으로 판단되며, 5분을 제외한 다른 세정조건의 경우 금속간화합물/솔더 계면파단의 비율이 높아 강도가 저하된 것으로 판단된다.

#### 후 기

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 국가핵심연구센터사업(No. R15-2006-022-02004-0) 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. D. G. Kim, J. W. Kim, S. B. Jung : Effect of aging conditions on interfacial reaction and mechanical joint strength between Sn-3.0Ag-0.5Cu solder and Ni-P UBM, *Materials Science and Engineering*, **B 121**(2005), 204-210
2. T. H. You, Y.S. Kim, W. G. Jung, J.T. Moon, H. M. Choe : Effect of surface finish on the fracture behavior of Sn-Ag-Cu solder joints during high-strain rate loading, *Journal of Alloys and Compounds*, **486** (2009), 242-245
3. F. Cheng, F. Gao, H. Nishikawa, T. Takemoto : Interaction behavior between the additives and Sn in Sn-3.0Ag-0.5Cu-based solder alloys and the relevant joint solderability, *Journal of Alloys and Compounds*, **472** (2009), 530-534

4. J. W. Yoon, B. I. Noh, S. B. Jung : Effects of third element and surface finish on interfacial reactions of Sn-Ag-xCu(or Ni)/(Cu or ENIG) solder joints, *Journal of Alloys and Compounds*, **506** (2010), 331-337
5. Y.W.Lee, J.P.Jung : A study on the spreadability of Sn-8mass%Zn-3mass%Bi solder with Au plating thickness, *Journal of the institute of industrial technology*, **14** (2006), 26-29 (in Korean)
6. B.Y No, S. B. Jung : Effet of plasma treatment on adhesion strength between underfill and substrate, *The Korea institute of metals and materials conference*, 2006, 13-15 (in Korean)
7. Y. C. Sohn, J. Yu, S.K. Kang, D. Y. Shih, T. Y. Lee : Effect of intermetallics spalling on the mechanical behavior of electroless Ni(P)/Pb-free solder interconnection, *Electronic components and technology conference*, 2005, 83-88
8. N. H. Kang, H. S. Na, S. J. Kim, C. Y. Kang : Alloy design of Zn-Al-Cu solder for ultra high temperatures, *Journal of alloys and compounds*, **467** (2009) 246-250
9. S. J. Kim, K. S. Kim, S. S. Kim, C. Y. Kang, K. Sugauma : Characteristics of Zn-Al-Cu alloys for high temperature solder application, *Materials Transactions*, **49-7** (2008), 1531-1536
10. T. Hagihara, T. Takeuchi, Y. Ohno, Fluxless flip-chip bonding process using Hydrogen radical, 10th *Electronics Packaging Technology conference*, 2008, 595-600
11. M. Suenaga, T. Kakamori, D. Hirakawa, Y. Ohno, T. Hagihara, J. Kagami, T. Takeuchi : Development of flux-free reflow soldering process using hydrogen radicals, *Electronic components and technology conference*, 2005, 710-715
12. N. Hosoda, T. Suga : C3F8 plasma fluorination of lead free solders for fluxless soldering, *Applied surface science*, **227** (2004), 81-86
13. S. M. Hong, C. S. Kang, J. P. Jung : Flux-free direct chip attachment of solder-bump flip chip by Ar+H<sub>2</sub> plasma treatment, *Journal of electronic materials* **31-10** (2002) 1104-1111
14. R. Deltshew, D. Hirsch, H. Neumann, T. Herzog, K. J. Wolter, M. Nowotnick, K. Wittke : Plasma treatment for fluxless soldering, *Surface and coatings technology*, **142-144** (2001), 803-807
15. Y.T. Chin, P. K. Lam, H. K. Yow, T. Y. Tou : Investigation of mechanical shock testing of lead-free SAC solder joints in fine pitch BGA package, *Microelectronics reliability*, **48** (2008), 1079-7086
16. W. Liu, N. C. Lee: The Effects of Additives to SnAgCu Alloys on Microstructure and Drop Impact Reliability of Solder Joints, *JOM Journal of the minerals, metals and materials society*, **59-7** (2007), 26-31
17. Y.C. Sohn, J. Yu : Spalling of intermetallic compounds during the reaction between lead-free solders and eletroless Ni-P metallization, 2004 *Materials Research Society*, 2428-2436
18. Seung wook Lee., "Cr, Ni and Cu removal from Si wafer by remote plasma-excited hydrogen." *Journal of the Korean Vacuum Society*, **10-2** (2001), 267-274
19. M. J. Kim, S. Y. Cho, S. H. Kim, J. P. Jung, Lower Temperature Soldering of Capacitor Using Sn-Bi Coated Sn-3.5%Ag Solder, *journal of the Korea Welding and Joining Society*, **23-3** (2005), 61-67 (in Korean)
20. J. H. Park, J. H. Lee, Y. S. Ahn, Standardization of Mechanical Test Method for Lead-Free Solder Paste - Shear Test Method for Chip Joint -, *journal of the Korea Welding and Joining Society*, **25-2** (2007), 37-42 (in Korean)