

# 비자성 선도금 리드프레임의 특성

이대훈\*, 장태석\*, 김혁돈\*, 홍순성\*\*, 이지원\*\*, 양형우\*\*

\*선문대학교 전자재료공학과

\*\* (주) 아큐텍 반도체 기술

[dhlee@acqutek.co.kr](mailto:dhlee@acqutek.co.kr)

## Characteristics of a nonmagnetic preplating leadframe

D.H. Lee\*, T.S. Jang\*, H.D. Kim\*, S.S. Hong\*\*, J.W. Lee\*\*, H.W. Yang\*\*

\*Dep. of Electronic Materials Eng., Sunmoon Univ.

\*\* ACQUTEK Semiconductor & Technology Co., Ltd.

### 요 약

기존의 Ni PPF를 대신하여 새롭게 Cu-Sn 합금을 barrier층으로 적용한 PPF를 제조하여, 그 제반 특성들을 조사하였다. Cu-Sn 합금도금층은 기존의 Ni PPF와 마찬가지로 반도체 substrate로서 지녀야 할 열적 안정성을 충분히 확보할 수 있음을 알 수 있었다. 또한 기지층 및 보호층과의 계면간 밀착성이 Ni PPF보다 더 우수했으며, 미세한 결정립들이 균일하게 분포한 도금층 구조를 나타내어, 이들이 Ni PPF보다 구조적으로 더욱 안정할 것임을 예상할 수 있었다. 한편 강자성 거동을 보이는 Ni PPF와는 달리 Cu-Sn PPF는 완벽한 상자성 특성을 보여, 점차 고집적, 고밀도화 되어가는 반도체 패키지의 동작중 발생할 발열 및 신호간섭의 위험이 원천적으로 제거될 수 있음을 보였으며, solderability, bondability 등의 field 특성 또한 Ni PPF와 거의 비슷함을 알 수 있었다.

### 1. 서론

반도체를 구성하는 중요 구조부품 중 하나인 leadframe은 표면의 산화를 방지하고 PCB와의 용접성을 향상시키기 위하여, packaging 공정에서 leadframe 중앙부에 칩을 부착하고 wire bonding 및 epoxy compound molding을 한 후 회로 역할을 할 external lead에 가장 대표적 솔더재료인 Pb-Sn을 도금하여 사용하였다. 그러나 Pb에 의한 환경오염과 인체 유해성이 심각하게 대두되면서, EU에서는 2006년 7월부터 Pb를 비롯한 카드뮴, 수은, 6가 크롬 등 중금속이 허용치 이상 들어간 전자제품의 생산 및 사용을 전면 금지하는 특정유해물질규제 법안 (RoHS)을 발효하는 등, 선진국들을 필두로 세계 각국에서 Pb 사용에 대한 규제가 매우 엄격해 지고 있어서, 장차 Pb가 들어간 용접재료는 사실상 거의 사용할 수 없게 될 전망이다. 이에 따라 Pb를 대체한 Sn-In, Sn-Ag, Sn-Cu, Sn-Ag-Cu 등 다양한 솔더재료들이 개발되어 왔으며, 이 중 일부가 이미 사용되고 있다. 그러나 가장 효율적인 대체 방법은

leadframe의 external lead 부분까지 미리 Pb-free plating한 PPF (Pre-Plating Frame)를 개발하여 사용하는 것으로, 현재까지는 Cu 기지층에 Ni 층을 도금하고 그 위에 Pd 또는 Pd 합금을 도금 적층한 Cu/Ni/Pd계 PPF가 주류를 이루고 있다. 이와 같은 PPF를 사용하면 Pb를 사용하지 않음으로써 환경문제를 해결함은 물론, packaging 공정에서 도금 라인과 이에 필요한 공간이 제거됨에 따라 공정의 단순화, 생산시간의 단축, 생산비용의 절감, 수율의 향상 등이 가능하게 되어 최종 IC 부품의 생산성을 대폭 향상시킬 수 있다.

그러나, 이미 오래 전부터 장식과 공업용, 특히 전자부품 도금에 사용되어 왔던 Ni은 인체에 노출되면 allergy를 일으키는 인체에 유해한 물질로 판명되면서 EU에서는 1980년대 초부터 일정함량 이상의 Ni이 도금된 장신구의 반입을 금지하여 왔고, 일본에서는 Ni이 함유되지 않은 stainless 강의 개발에 착수한 것으로 알려져 있다. 또한 Ni은 강자성체로 갈수록 고집적, 고밀도화 되어가는 반도체 패키지와 이들이 고대역의 주파수 환경에서 사용되는 이동통

신 및 RFID(Radio Frequency IDentification)와 같은 응용분야에 사용될 때, eddy current에 의한 반도체 패키징내에서의 발열과 전자기장 발생에 의한 인접회로와의 신호간섭 위험이 매우 높아지고 있는 상황이다.

따라서 Ni을 보다 친환경적이며 비자성체인 물질로 대체하기 위한 연구개발이 조속히 이루어져야 할 필요가 있으며, 이를 위하여 본 연구에서는 새로운 비자성 Cu-Sn 합금 및 이의 도금 방법을 개발, Ni층을 이 합금층으로 대체한 Cu/Cu-Sn/Pd계 PPF를 개발하여, 그 특성들을 조사하였다.

### 2. 실험방법

본 연구에서 개발하고자 하는 PPF의 층상 구조 및 실제 sample의 모습을 Fig. 1a와 1b에 각각 나타냈다. 제조 할 PPF의 기지 금속으로는 leadframe 제작시 일반적으로 사용되는 Cu 합금소재중의 하나인 EFTEC64T 합금을 사용하였으며, 우선 전기도금법을 사용하여 기지위에 Ni과 Cu-Sn층을 각각 0.5  $\mu\text{m}$  이내의 두께로 도금하였으며, 그 위에 Pd 층과 Au 층을 적층하여 PPF 시편을 제작하였다. 시편의 미세구조 및 도금층 두께는 TEM 분석을 통하여 확인하였으며, ESCA 분석을 이용하여 각 도금층간의 원자 확산 여부, 특히 Cu 기지층의 Cu 원자가 Ni 혹은 Cu-Sn 합금을 통하여 최외곽 도금층으로의 확산 여부를 조사하였다. 자기특성은 VSM을 이용하여 10 kOe의 인가자장 하에서 측정하였다. 또한 wire pulling test, peel strength test, solder joint reliability test 등을 통해 Cu-Sn 합금을 사용한 PPF의 실제 적용성을 검토하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Fig. 2의 a와 b는 Cu 기지위에 Cu-Sn 합금과 Ni을 각각 도금한 후 그 위에 Au/Pd 보호층을 도금한 PPF의 단면을 TEM으로 관찰한 결과를 나타낸 것이다. Fig. 2a에 나타난 바와 같이, Cu-Sn 합금층은 상당히 균일하고 미세한 결정립들로 구성되어 있었으며, wetting 특성이 좋아 Au/Pd 보호층과는 물론 Cu 합금 기지와도 완벽하게 밀착되어 있는 것을 관찰할 수 있었다. 그러나 Fig. 2b에 보이는 것과 같이, Ni 도금층은 기지조직과의 wetting이 좋지 않아 Cu합금 기지와의 계면에서 흰색으로 나타난 void가 종종 발

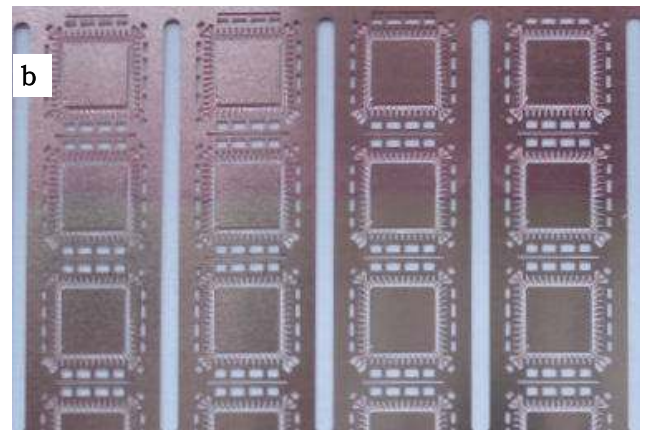
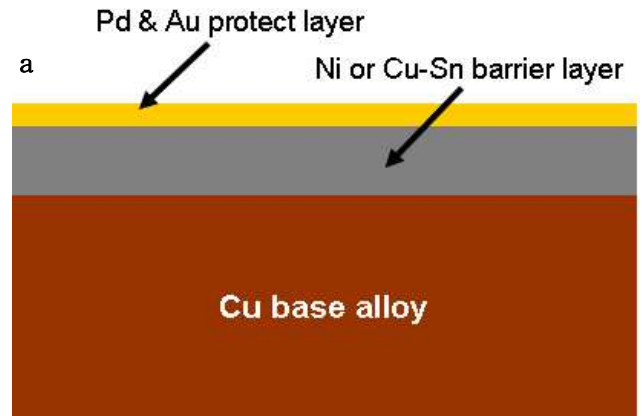


Fig. 1 (a) Schematic cross section of a Ni PPF and (b) a picture of a fabricated PPF (MLF2).

견되었으며, 결정립들이 표면에 수직인 방향으로 배향하면서 조대한 columnar 조직을 이루고 있는 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 조직발달의 형태는 보호층인 Au/Pd층에도 영향을 미쳐, 비록 Ni과 이들 보호층과의 밀착상태는 우수하였지만, Fig. 2d에 나타난 바와 같이 보호층의 표면을 거칠게 하는 결과를 초래하였다. Fig. 2의 c와 d에 나타난 바와 같이, PPF의 표면, 즉 Au/Pd 보호막의 표면 형태도 그 두께가 100 nm 이하로 매우 얇고 하부층과의 밀착상태가 우수하여 Cu-Sn 합금층과 Ni 층에서의 결정성장 및 표면 형태에 의해 영향을 받는 것을 알 수 있었다. Fig. 2c에 보이는 것처럼, Cu-Sn 도금 PPF의 표면은 균질하게 발달된 Cu-Sn층의 영향으로 상당히 평평하고 균일한 반면, Ni substrate의 표면 (Fig. 2d)은 columnar 형태로 발달한 Ni층의 영향으로 굴곡이 저있는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 packaging 공정 시 PPF에 굽힘 응력이 발생하였을 때, Cu-Sn 합금으로 이루어진 PPF가 구조적으로 더 안정할 것임을 예상할 수 있었다.

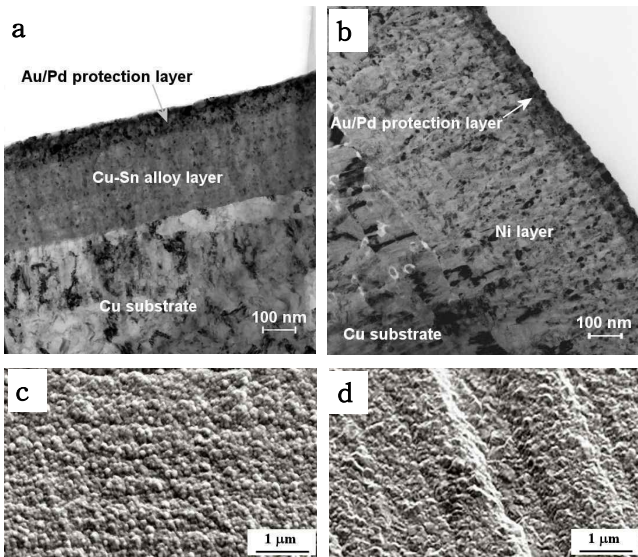


Fig. 2 Cross-section TEM images of (a) Cu-Sn PPF and (b) Ni PPF. Surface morphologies of (c) Cu-Sn PPF and (d) Ni PPF.

또한 Cu-Sn PPF에서의 온도 안정성을 조사하기 위하여, 200 °C 이상의 온도에서 packaging 상황에 맞는 조건들을 설정한 후 열처리를 실시하여 열처리

에 따른 특성 변화를 조사하였다. Fig. 3은 열처리에 따른 원자들의 확산 여부, 특히 Cu의 표면 확산 여부를 알아보기 위하여 열처리 전후의 Cu-Sn PPF에 대하여 ESCA 분석을 실시한 결과를 나타낸 것이다. 만약 열처리 후(packaging 시) PPF의 표면으로 Cu 기지층의 원자가 barrier 층을 통과하여 확산되면, 이들이 산소와 반응하여 CuO, CuO<sub>2</sub>와 같은 Cu 산화물을 형성하며, 이러한 Cu 산화물들은 packaging 과정 중 wire-bonding성을 현격히 감소시키는 주된 요인으로 작용한다. 이와 같이, 반도체 PPF에서 barrier층은 Cu 기지층의 Cu 원자가 표면으로 확산되는 것을 방지하는 매우 중요한 역할을 한다. 따라서 Cu-Sn 합금을 적용한 PPF에서의 Cu-Sn 층도 이와 같이 Cu 확산을 방지하는 barrier층으로서의 역할을 충실히 수행하여야 하며, 이것은 PPF와 같은 반도체 substrate의 실용성을 좌우하는 결정적 요소이기도 하다. Cu-Sn PPF는, Fig. 3b와 c에 나타난 것처럼, 열처리 후에도 표면에서는 물론, 비록 경우에 따라 약간의 차이는 있지만, 최소한 표면에서 10 nm 정도까지는 Cu가 발견되지 않는 것을 확인할 수 있었다. 열처리에 따라 Cu-Sn 합금층에서

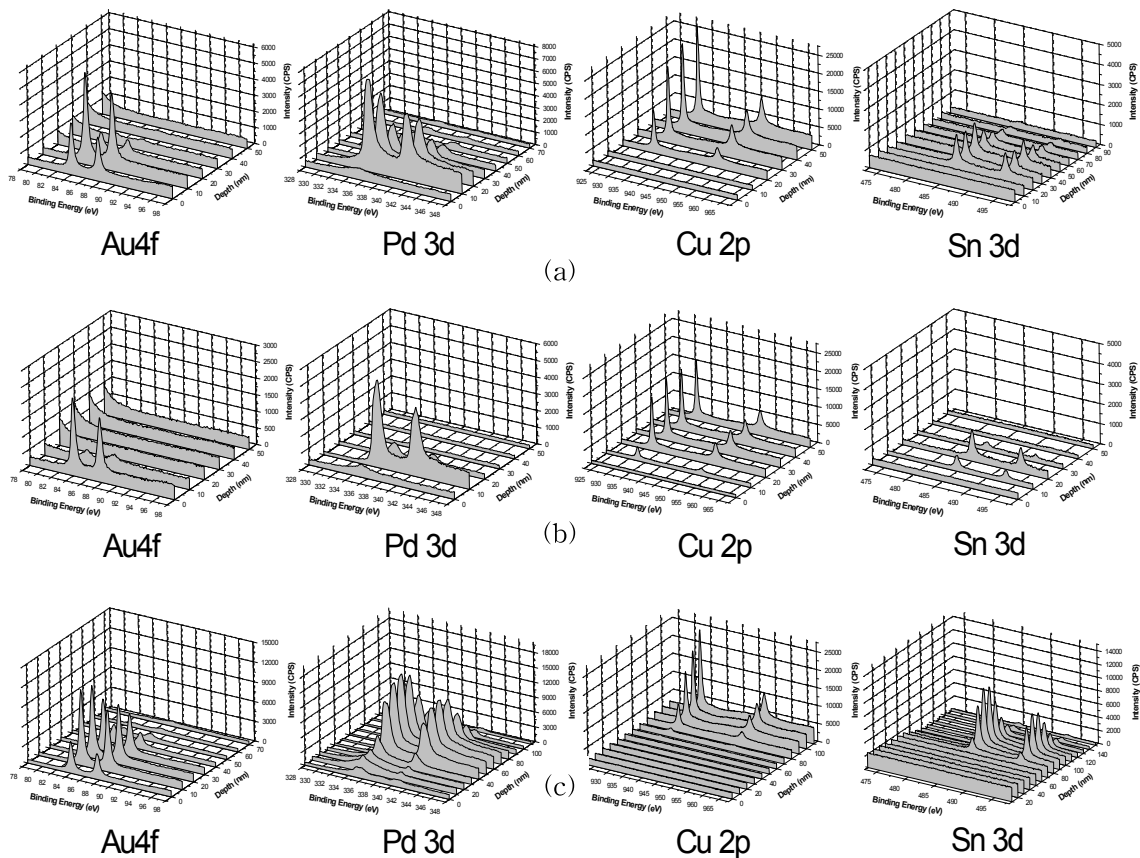




Fig. 3 ESCA depth profiles of the Cu-Sn PPF: (a) As-plated, (b) annealed at 200 °C for 5 min., and (c) annealed three times at 260 °C for 40 sec.

Table 1. Results of the field tests for the Cu-Sn and Ni PPF.

	Cu-Sn alloy PPF	Ni PPF
Wire-bonding pull test (g)	7.33	7.41
Solderability test (%)	 99 ~ 100	 99 ~ 100

의 원자 확산이 상당히 활발할 것으로 예상됨에도 불구하고 이와 같은 결과를 얻은 것은 Cu-Sn 합금이 적용된 PPF의 실용화 가능성을 열어주는 매우 고무적인 일이다.

Fig. 4는 Cu-Sn PPF와 Ni PPF의 자기이력곡선을 나타낸 것으로, Cu-Sn 또는 Ni 층에 따라 서로 큰 차이가 남을 알 수 있다. 즉, Ni PPF는 전형적인 강자성체의 이력곡선을 나타내고 있는 반면, Cu-Sn PPF는 전형적인 상자성체의 특성, 즉 비자성을 나타내고 있다. 이것은 반자성인 Cu의 특성과 상자성인 Sn의 특성 때문이며, 장차 Cu-Sn 합금을 적용한 PPF가 외부 자기장이나 고주파수 환경에서 자기적으로 반응을 일으키지 않을 것임을 시사한다. 즉, eddy current에 의한 열 발생이나 자기장 형성에 의한 신호 간섭 현상이 발생할 가능성이 적음을 말해주는 것이다.

Table 1은 본 연구를 통하여 개발한 Cu-Sn PPF의 실제 적용성을 알아보기 위하여 Cu-Sn PPF와 Ni PPF에 대한 wire-bonding pull test와 solderability test 결과를 비교한 것이다. Table에 나타난 바와 같이, 두 PPF의 bondability와 solderability에 서로 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 이러한 사실은 Cu-Sn PPF가 Ni PPF를 충분히 대체할 수 있음을 의미하는 것이다. 이상과 같이, 미세조직, 표면/계면 상태, Cu 확산 방지 능력, 자기적 성질, 실장성 등의 특성과 생산가격, 환경문제 등을 고려했을 때, Cu-Sn PPF가 기존 Ni PPF를 대체함은 물론 멀지 않은 장래에 반도체 substrate의 주류를 이룰 수 있음을 예상할 수 있었다.

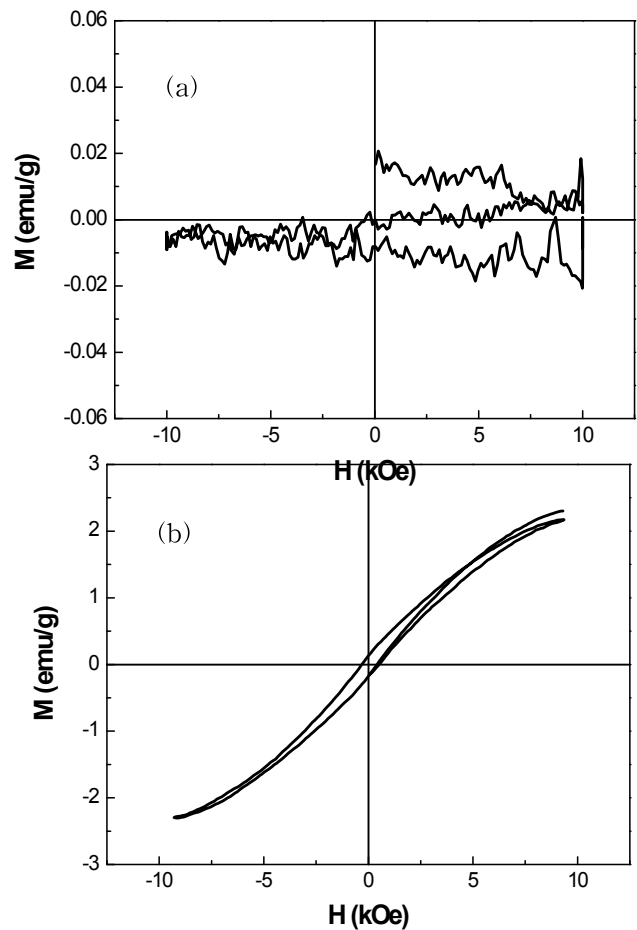


Fig. 4 Hysteresis loops of the (a) Cu-Sn PPF and (b) Ni PPF.

#### 4. 결론

새로운 친환경, 비자성 Cu-Sn 합금을 barrier층으로 적용한 PPF를 제조하여, 그 제반 특성들을 조사한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. Cu-Sn 합금도금층은 기존의 Ni PPF와 마찬가지로 기저층의 Cu 원자가 barrier층을 통해 표면으로 확산되지 않음을 ESCA 분석을 통해 확인할 수 있었으며, 이는 Cu-Sn PPF가 반도체 substrate로서 기본적으로 지녀야 할 열적 안정성을 충분히 가지고 있음을 시사하는 것이다.
2. Cu-Sn 합금도금층은 기저층 및 보호층과의 계면간 밀착성이 Ni 도금층보다 더 우수했으며 미세한 결정립들이 균일하게 분포한 도금층 구조를 나타내어, 이들이 도입된 PPF가 기존의 Ni PPF보다 구조적으로 더욱 안정할 것임을 예상할 수 있었다.
3. 상자성 거동을 보이는 Ni PPF와는 달리 Cu-Sn PPF는 완벽한 상자성 특성을 보여, 점차 고집적, 고밀도화 되어가는 반도체 패키지가 고대역의 주파수 환경에서 동작 중 발생할 수 있는 발열 및 신호간섭의 위험이 크게 감소될 수 있음을 알 수 있었다.
4. Cu-Sn PPF는 solderability, bondability 등의 field 특성 또한 Ni PPF와 거의 비슷함을 알 수 있었으며, 따라서 Cu-Sn PPF가 기존 Ni PPF를 대체함은 물론 멀지 않은 장래에 반도체 substrate의 주류를 이룰 수 있음을 예상할 수 있었다.

- [10] L.R. Conrad, M.J. Pike-Bieganski, R.I. Freed, in: *Proc. 15th Annual Connectors and Interconnection Technology Symposium*, Fort Washington, PA, USA (1982), p. 401.
- [11] D.W. Williams: *IEEE Trans. Compon. Hybrids Manuf. Technol.* Vol. 11 (1988), p. 36.
- [12] T.Y. Lin, K.L. Davison, W.S. Leong, Simon Chua, Y.F. Yao, J.S. Pan, J.W. Chai, K.C. Toh, and W.C. Tjiu: *Microelectronics Reliability*, Vol. 43 (2003), p. 803.

### 참고문헌

- [1] M.G. Corson, *Trans. AIME* (1927) 435.
- [2] Y.G. Kim, C. Ryu. *Semicond. Int.* 8 (1985) 250.
- [3] S. A. Lockyer, F.W. Noble, *J. Mater. Sci.* 29 (1994) 218~226.
- [4] J. Miyake, G. Ghosh, M.E. Fine, *MRS Bull.* 21 (1996) 13~18.
- [5] F. Huang, J. Ma, H. Ning, Y.W. Cao, and Z. Geng: *Mater. Lett.* Vol. 57 (2003), p. 2135.
- [6] A. Chinda, H. Akino, and R. Koizumi: *Hitachi Cable Review* No. 17 (1998), p. R9.
- [7] P.G. Kim, K.N. Tu, and D.C. Abbott: *Appl. Phys. Lett.* Vol. 71 (1997), p. 61.
- [8] P. Zhao and M. Pecht: *Microelect. Reliability* Vol. 43 (2003), p. 775.
- [9] A. Visser and M. Buhlert: *Mater. Proc. Technol.* Vol. 115 (2001), p. 108.