

Zn-Sn계 고온용 무연솔더를 이용한 Si다이접합부의 접합특성 및 열피로특성

김성준, 김근수, 스가누마카츠아키

오사카대학 산업과학연구소

Joining properties and thermal cycling reliability of the Si die-attached joint with Zn-Sn-based high-temperature lead-free solders

Seongjun Kim, Keun-Soo Kim and Katsuaki Sukanuma

Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

Abstract

전자부품의 내부접속 및 파워반도체의 다이본딩과 같은 1차실장에는 고온환경에서의 사용과 2차실장에서의 재용융방지를 위해 높은 액상선온도 및 고상선온도를 필요로 하여, Pb-5wt%Sn, Pb-2.5wt%Ag로 대표되는 납성분 85%이상의 고온솔더가 널리 사용되고 있다. 생태계와 인체에 대한 납의 유해성이 보고된 이래, 무연솔더에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔으나, Sn-Ag-Cu계로 대표되는 Sn계 합금으로 대체 중인 중온용 솔더와는 달리, 고온용 솔더에 대해서는 대체합금에 대한 연구가 미흡한 실정이다. 대체재의 부재로 인해 기존의 납을 다량함유한 솔더로 1차실장이 지속됨으로서, 2차실장의 무연화에도 불구하고 전자부품 및 기기의 재활용에 큰 어려움을 겪고 있다.

지금까지 고온용 무연솔더로서는 용점에 근거해 Au-(Sn, Ge, Si)계, Bi-Ag계, Zn-(Al, Sn)계의 극히 제한된 합금계만이 보고되어 왔다. Au계 솔더는 현재 플럭스를 사용하지 않는 광학, 디스플레이 분야 등 고부가가치 공정에 사용되고 있으나, 합금가격이 매우 비싸며 가공성이 나빠 대체재료로서는 적합하지 않다. Bi-Ag계 솔더 또한 취성합금으로 와이어 및 박판으로 가공하는데 어려움이 크며, 솔더로서 중요한 특성중 하나인 전기전도도 및 열전도도가 나쁜 편이다. 이에 비해, Zn계 합금은 비교적 낮은 합금가격, 적절한 가공성과 뛰어난 인장강도, 우수한 전기전도도 및 열전도도를 지녀, 고온용솔더 대체재료의 유력한 후보로 생각된다. 이전 연구에서, 필자의 연구그룹은 Zn-Sn계 합금을 고온용 무연솔더로서 제안한 바 있다. Zn-Sn계 합금은 충분히 높은 용점과 함께, 금속간화합물이 없는 미세조직, 우수한 기계적 특성, 높은 전기전도도 및 열전도도 등의 장점을 나타내었다. 본 연구에서는 기초합금특성상 고온솔더로서 다양한 장점을 지닌 Zn-30wt%Sn합금을 고온용 솔더의 대표적인 적용의 하나인 다이본딩에 적용하여, 접합부의 강도 및 미세조직, 열피로신뢰성에 대해 분석을 함으로서 실제 공정에서의 적용가능성에 대해 검토하였다.

Zn-30wt%Sn을 이용해 Au/TiN(Titanium nitride) 코팅한 Si다이를 AlN-DBC(aluminum nitride-direct bonded copper)기판에 접합한 결과, 양측에 완전히 젖은 기공이 없는 양호한 다이접합부를 얻었으며, 솔더내부에는 금속간화합물을 형성하지 않았다. Si다이와의 계면에는 TiN만이 존재하였으며, Cu와의 계면에는 Cu로부터 Cu_5Zn_8 , $CuZn_5$ 의 반응층을 형성하였다. 온도사이클시험을 통한 열피로특성평가에서, Zn-30wt%Sn를 이용한 다이접합부는 1500사이클 지점에서 Cu와 Cu-Zn금속간화합물의 사이에서 피로균열이 형성되며, 접합강도가 크게 감소하였다. 열피로특성향상을 위해 Cu표면에 TiN코팅을 하여 Zn-30wt%Sn 솔더로 다이접합한 결과, Si다이와 기판 양측에 TiN만으로 구성된 계면을 형성하였으며, TEM관찰을 통해 Zn-30wt%Sn과 극히 미세한 접합계면이 형성하고 있음을 확인하였다. Zn-wt%30Sn솔더와 TiN층의 병용으로 2000사이클까지 미세조직의 변화 및 강도저하가 없는 극히 안정된 고신뢰성의 다이접합부를 얻을 수가 있었다.

Key Words : Zn-Sn, Pb-free Solder, High-temperature, Die-attach, Interfacial microstructure, Joining strength, Thermal cycling, Reliability, Au-20Sn, Pb-5Sn