

TT-P033

Monolithic 3D-IC 구현을 위한 In-Sn을 이용한 Low Temperature Eutectic Bonding 기술

심재우, 박진홍

성균관대학교 전자전기공학부

Monolithic three-dimensional integrated circuits (3D-ICs) 구현 시 bonding 과정에서 발생하는 aluminum (Al) 이나 copper (Cu) 등의 interconnect metal의 확산, 열적 스트레스, 결함의 발생, 도펀트 재분포와 같은 문제들을 피하기 위해서는 저온 공정이 필수적이다. 지금까지는 polymer 기반의 bonding이나 Cu/Cu와 같은 metal 기반의 bonding 등과 같은 저온 bonding 방법이 연구되어 왔다. 그러나 이와 같은 bonding 공정들은 공정 시 void와 같은 문제가 발생하거나 공정을 위한 특수한 장비가 필수적이다. 반면, 두 물질의 합금을 이용해 녹는점을 낮추는 eutectic bonding 공정은 저온에서 공정이 가능할 뿐만 아니라 void의 발생 없이 강한 bonding 강도를 얻을 수 있다. Aluminum-germanium (Al-Ge) 및 aluminum-indium (Al-In) 등의 조합이 eutectic bonding에 이용되어 각각 424°C 및 454°C의 저온 공정을 성취하였으나 여전히 400°C이상의 eutectic 온도로 인해 3D-ICs의 구현 시에는 적용이 불가능하다. 이러한 metal 조합들에 비해 indium (In)과 tin (Sn)은 각각 156°C 및 232°C로 굉장히 낮은 녹는점을 가지고 있기 때문에 In-Sn 조합은 약 120°C 정도의 상당히 낮은 eutectic 온도를 갖는다. 따라서 본 연구팀은 In-Sn 조합을 이용하여 200°C 이하에서 monolithic 3D-IC 구현 시 사용될 eutectic bonding 공정을 개발하였다. 100 nm SiO₂가 증착된 Si wafer 위에 50 nm Ti 및 410 nm In을 증착하고, 다른 Si wafer 위에 50 nm Ti 및 500 nm Sn을 증착하였다. Ti는 adhesion 향상 및 diffusion barrier 역할을 위해 증착되었다. In과 Sn의 두께는 binary phase diagram을 통해 In-Sn의 eutectic 온도인 120°C 지점의 조성 비율인 48 at% Sn과 52 at% In에 해당되는 410 nm (In) 그리고 500 nm (Sn)로 결정되었다. Bonding은 Tbon-100 장비를 이용하여 140°C, 170°C 그리고 200°C에서 2,000 N의 압력으로 진행되었으며 각각의 샘플들은 scanning electron microscope (SEM)을 통해 확인된 후, 접합 강도 테스트를 진행하였다. 추가로 bonding 층의 In 및 Sn 분포를 확인하기 위하여 Si wafer 위에 Ti/In/Sn/Ti를 차례로 증착시킨 뒤 bonding 조건과 같은 온도에서 열처리하고 secondary ion mass spectrometry (SIMS) profile 분석을 시행하였다. 결론적으로 본 연구를 통하여 충분히 높은 접합 강도를 갖는 In-Sn eutectic bonding 공정을 140°C의 낮은 공정 온도에서 성공적으로 개발하였다.

Keywords: Wafer bonding, In-Sn eutectic, 3D-IC