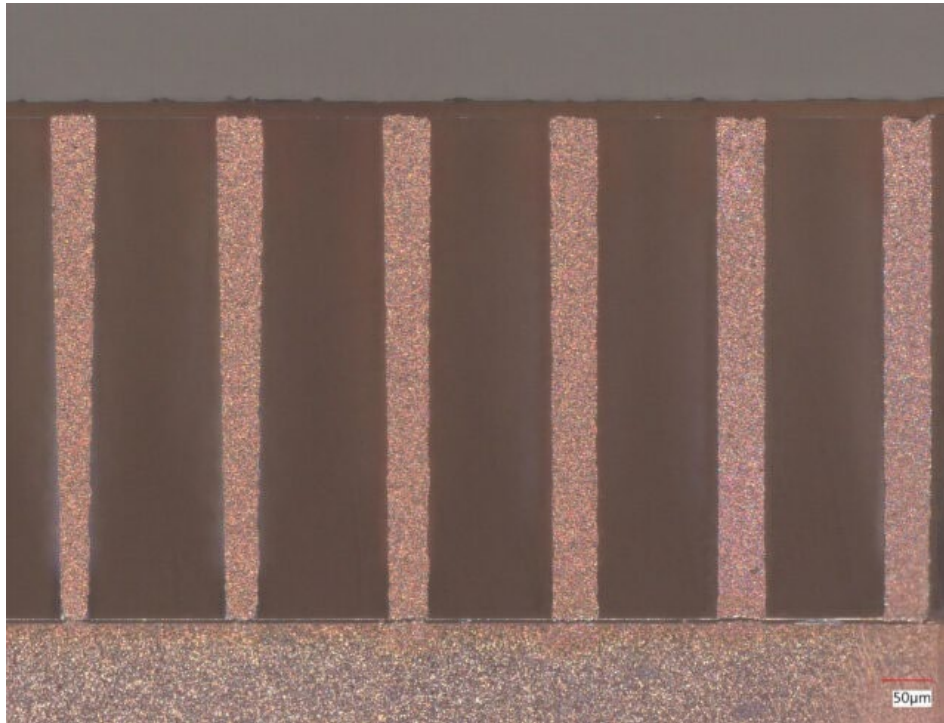


엘레판텍, 첨단 패키징의 글래스 비아용 구리 나노 페이스트 'SAphire™ G' 개발

고종횡비(High-AR)에서 저수축·고내구성 도체 형성을 구현하여 차세대 반도체 패키지의 보급에 기여

Elephantech Inc. (엘레판텍 주식회사, 본사: 도쿄도 주오구, 대표이사 사장: 시미즈 신야)는 독자적인 자가 조립 구리 나노입자(SA-CuNP) 기술을 활용하여, 유전체 글래스 관통전극(TGV) 충전용 구리 나노 페이스트인 'SAphire™ G'를 개발했습니다. 엘레판텍은 첨단 AI 및 HPC 패키징용 글래스 기판 상용화의 최대 걸림돌이었던 고종횡비(AR) TGV에 대해 저수축성이면서 내구성이 높고 견고한 메탈라이제이션을 입증하는데 성공했습니다. 현재 고객사들과 공동 평가를 진행 중입니다. 엘레판텍은 본 제품 공급을 통해 첨단 반도체 패키징 도입을 가속화하고 AI 컴퓨팅 진화에 기여하고자 합니다.



SAphire™ G를 이용한 충전, 소결 및 열충격 시험 후의 TGV 단면
(Φ50 μm, 0.5 mm 두께, AR=10:1) (현미경, × 300)

배경

AI 가속기 등의 성능이 향상됨에 따라 반도체 패키징은 고밀도화 및 대형화 방향으로 계속 진화하고 있습니다. 기존의 유기 기판은 열응력으로 인한 휘어짐(Warping)이나 표면 거칠기로 인한 미세 피치 배선 형성의 한계 등 물리적 과제에 직면해 있습니다. 반면, 실리콘 칩과 유사한 열팽창계수(CTE) 및 우수한 표면 평탄성을 제공하는 글래스 기판은 첨단 패키징을 위한 강력한 기반이 될 것으로 기대됩니다. 글래스는 고주파 신호 전송 효율을 높이는 낮은 유전 손실뿐만 아니라, 향후 공동 패키징 광학(Co-Packaged Optics, CPO) 기술과의 높은

호환성으로 인해 업계의 큰 주목을 받고 있습니다.

그러나 실제 적용을 위해서는 기판의 상부와 하부를 전기적으로 연결하는 글래스 관통비아(TGV)의 전도가 필수적입니다. 특히, 밀도가 증가함에 따라 고종횡비 비아에서 신뢰성 있고 비용 효율적인 전도를 달성하는 것이 업계 전반의 거대한 병목 현상이 되었으며, 혁신적인 솔루션에 대한 강력한 수요가 존재합니다.

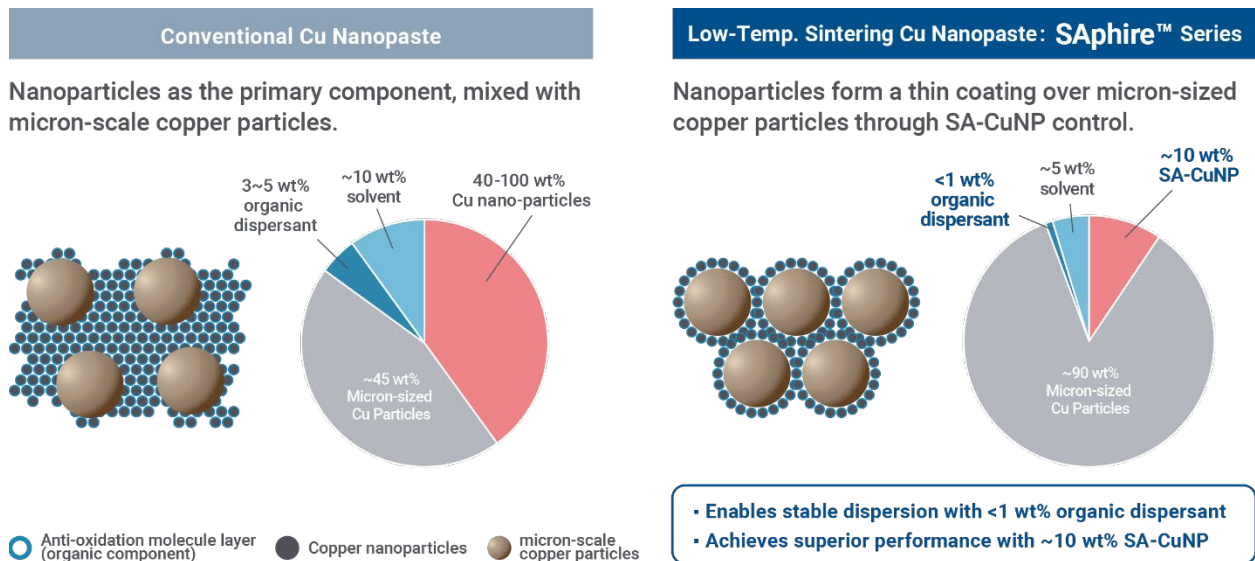
업계 TGV 형성 트렌드 및 기술적 과제

현재 첨단 AI/HPC 패키징의 TGV 메탈라이제이션을 위해 전해 구리 도금(ECP)과 페이스트 충전(Paste Filling)의 두 가지 주요 어프로치가 고려되고 있습니다. 그러나 두 방법 모두 고종횡비 비아에 적응함에 있어 양산화를 위한 큰 장벽에 직면해 있습니다.

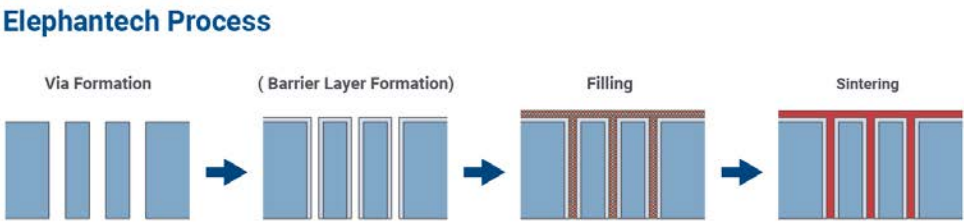
ECP 는 저저항 메탈라이제이션을 가능하게 하지만, 미세한 고종횡비 비아의 바닥면까지 금속을 균일하게 증착하기 어려워 비아 충전 불량 및 신뢰성 저하를 초래합니다. 또한 ECP 는 긴 사이클 시간과 복잡한 약액 관리가 필요합니다. 반면, 페이스트 충전은 공정이 더 간단하지만, 기존의 금속 소결 페이스트는 소결 중 심각한 부피 수축을 보여 비아 내부에 빈 공간(Void)이나 갭(Gap)을 유도하는 경우가 많습니다. 추가적으로 은(Ag) 기반 페이스트는 재료 비용이 구리의 약 60 배에 달해 양산화에 큰 비용 장벽이 존재합니다. 이에 따라 높은 성능, 신뢰성 및 비용 효율성을 동시에 달성하는 혁신적인 재료가 절실히 요구되고 있습니다.

SAPHIRE™ G 개요

엘레판텍의 구리 나노 페이스트 SAPHIRE™ 시리즈는 독자적인 SA-CuNP 기술을 기반으로 합니다. 이 기술은 15nm 급 구리 나노입자가 마이크론 크기의 구리 입자 표면에 자가 조립되어 전체 구조가 하나의 거대한 나노입자처럼 거동하도록 합니다. 이 독특한 메커니즘은 나노입자 함량이 약 10 wt%에 불과함에도 우수한 저온 소결을 달성하며, 유기 분산제를 1wt% 미만으로 줄여 잔류 불순물을 최소화합니다.



신제품 SApire™ G 는 이 기술을 사용하여 TGV 충전에 최적화되었습니다. 소결 수축을 최소화하기 위해 나노입자 함량을 크게 줄임으로써, 첨단 패키징에 요구되는 고종횡비 비아에서 빈 공간(Void)과 크랙(Crack)을 억제하는 메탈라이제이션을 달성합니다.



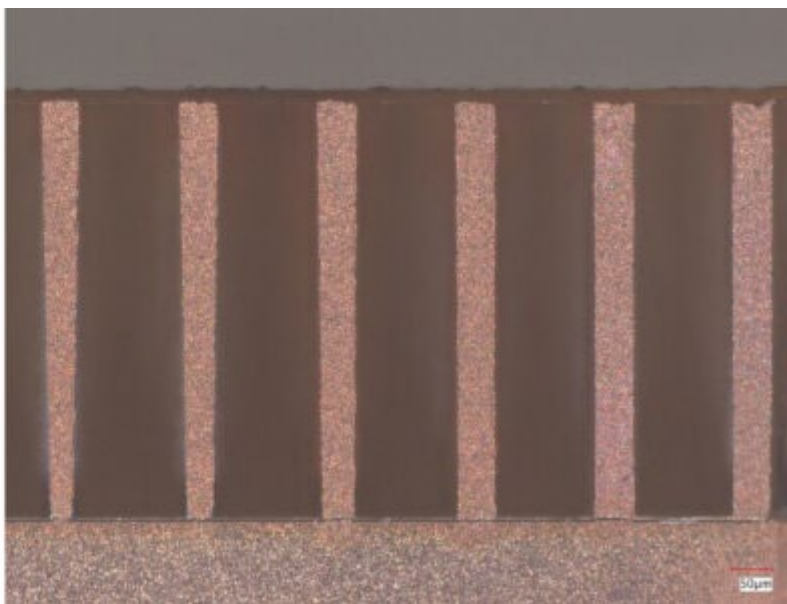
기술적 장점

1. 고종횡비 비아를 위한 고내구성 메탈라이제이션 (Highly Durable Metallization for High-AR Vias)

엘레판텍은 직경 50 μm , 두께 0.5 mm (AR=10:1)의 TGV 에서 치밀한 메탈라이제이션을 달성했습니다. 열충격 시험 후에도 크랙이 관찰되지 않아 높은 메탈라이제이션 신뢰성을 확인했습니다.

2. 저수축 특성을 통한 고품질 충전 및 높은 수율 구현

SApire™ G 는 소결 중 부피 수축으로 인해 발생하는 빈 공간(Void) 및 갭(Gap)의 형성을 억제합니다. 이러한 저수축 특성은 고종횡비 비아 환경에서 전도 신뢰성을 향상시킵니다. 또한 소결 중 기판에 가해지는 내부 응력을 줄여줌으로써 취약한 박형 글래스의 손상 및 크랙 위험을 최소화 시켜 생산 수율 향상에 기여합니다.



TGV 단면 비교 (현미경, x300)

왼쪽: 구리 나노입자로만 구성된 기존 구리 나노 페이스트 (소결 후), 수축으로 인해 다수의 빈 공간(Void) 발생

오른쪽: SAphire™ G 페이스트 (소결 및 열충격 시험 후), 열충격 시험 후에도 빈 공간이나 크랙 없음

*샘플 사양 및 공정 플로우

- 글래스 소재: 봉규산 글래스 (TEMPAX Float®)
- 비아 사양: $\Phi 50 \mu\text{m}$ (AR=10:1)
- 공정 플로우: 등가압 압착을 이용해 SA-CuNP 페이스트로 TGV 충전 → 300°C 에서 60 분간 소결
- 신뢰성 시험: 열충격 시험 진행 (-50°C ⇄ +125°C 각 15 분, 250 사이클)

3. 대량 생산 시의 경제성

단순한 충전 및 소결 공정은 시드층 형성의 필요성을 제거하며, ECP 에 요구되는 복잡한 도금조/전해액 관리와 긴 공정 시간을 없애줍니다. 재료 비용을 은의 약 1/60 수준으로 유지하기 위해 구리를 사용하는 한편, SAphire™ G 는 은 기반 페이스트와 대등한 수준의 전도 성능 잠재력을 보여줍니다.

향후 개발 전망

SAphire™ G 는 현재 차세대 패키지 양산을 목표로 하는 국내외 기판 제조업체, 글래스 패널 제조업체, OSAT/패키징 기업들과 공동 평가 단계에 있습니다. 엘레판텍은 AI/HPC 용 글래스 코어 기판 시장과 CPO 용 글래스 인터포저를 타깃으로 하여 실용화를 위한 신뢰성 검증을 가속화할 것입니다. "Nanomaterials Powering AI Computing"이라는 콘셉트 아래, 엘레판텍은 독자적인 나노소재 기술을 통해 AI 시대의 반도체 패키징 과제를 해결하고자 합니다.

문의처 (Inquiries)

엘레판텍 주식회사 사업개발부

bd@elephantech.co.jp