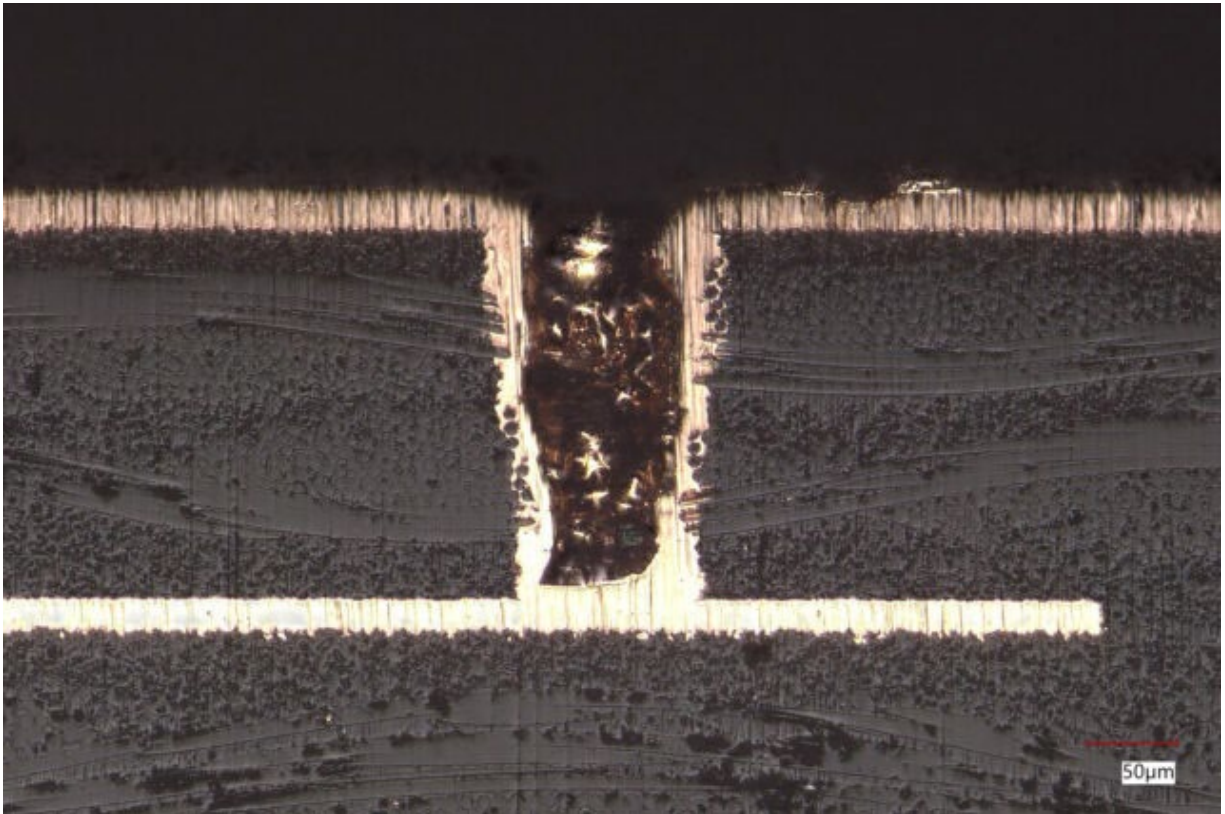


Elephantech, 고종횡비(High-Aspect-Ratio) 마이크로비아 메탈라이제이션을 위한 DeepVia™ HDI 솔루션 개발

초고종횡비 AR $\geq 3:1$ 구현으로 AI 컴퓨팅 고도화 지원

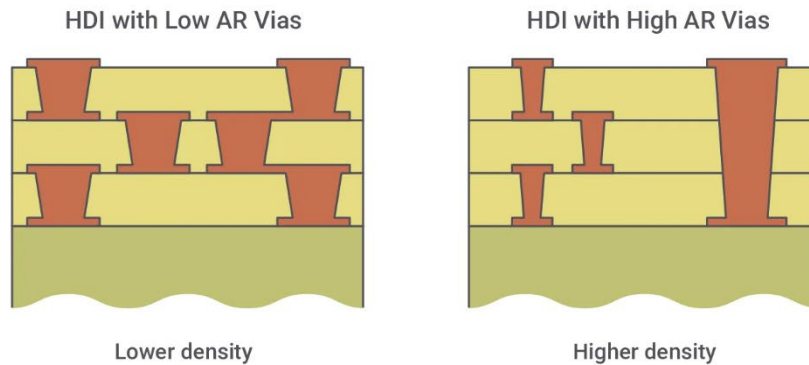
Elephantech Inc. (엘레판텍 주식회사, 본사: 도쿄도 주오구, 대표이사 사장: 시미즈 신야)는 독자적인 구리 나노입자 잉크 및 잉크젯 인쇄 장비를 기반으로 한 고종횡비 마이크로비아 메탈라이제이션 솔루션인 DeepVia™ HDI 개발에 성공했다고 발표했습니다. 본 방식은 기존 메탈라이제이션 공법의 한계를 극복하여 AI 서버용 PCB의 성능을 한층 더 향상시킬 수 있습니다.



AR: 2.0, 절연층 두께: 200 μm , Φ : 100 μm

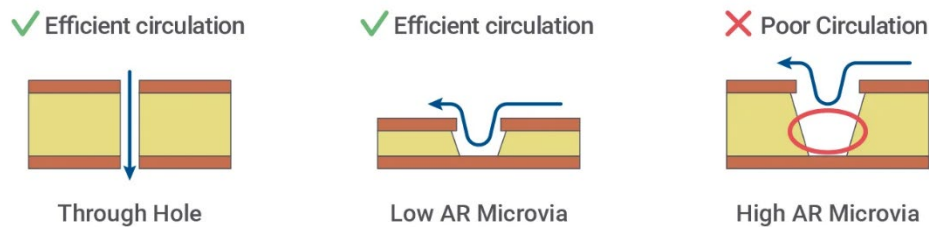
배경

생성형 AI의 급격한 확산으로 인해 대규모의 고속 신호 전송 및 안정적인 전력 공급에 대한 수요가 커지고 있습니다. 그 결과, AI 서버용 PCB는 제한된 폼팩터 내에서 고밀도화 및 고다층화되는 추세입니다. 이러한 흐름 속에서, 더 깊은 층간의 효율적인 상호 연결을 통해 설계 유연성을 확보하고 시스템 성능을 높이기 위해 고종횡비(High-Aspect-Ratio) 비아가 필수 핵심 요소가 되고 있습니다. 그러나 기존 공정으로는 이러한 구조를 메탈라이제이션하는 데 한계가 있어 양산화 능력에 제약이 있었습니다. DeepVia™ HDI는 이러한 기술적 한계를 극복할 수 있는 새로운 솔루션을 제공하며 차세대 AI PCB의 실현을 지원합니다.



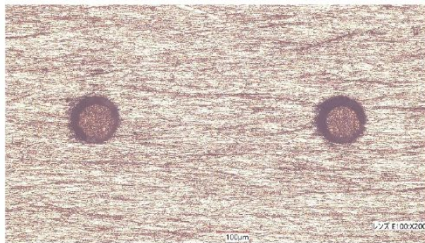
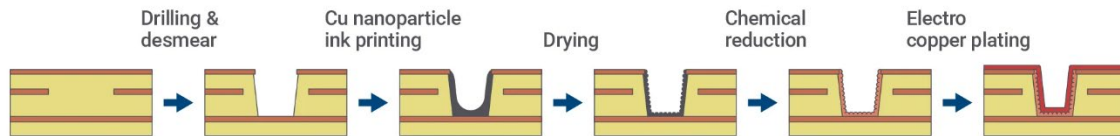
기존 공정의 기술적 과제

일반적으로 기판의 비아는 '드릴 가공(Drilling) → 시드층 형성(Seed Layer Formation) → 전해 구리 도금(Copper Electroplating)'의 공정 플로우를 따라 형성됩니다. 시드층 형성은 통상 화학 동도금(무전해 구리 도금) 방식으로 이루어집니다. 화학 동도금 공정 중에는 기판을 구리 이온과 환원제가 포함된 수용액에 침적시키게 됩니다. 이 두 물질 간의 화학 반응을 통해 비아 벽면에 구리가 석출(증착)되면서 시드층이 형성됩니다. 그러나 마이크로비아의 종횡비(AR)가 높아질수록 약액이 비아 바닥면까지 확산되는 것이 더욱 어려워져, 석출 불충분 현상을 초래합니다. 따라서 고종횡비 마이크로비아는 시드층이 불완전하게 형성되는 고질적인 문제를 겪기 쉬우며, 이는 고성능 AI 서버 기판을 구현하는 데 큰 걸림돌이 됩니다.

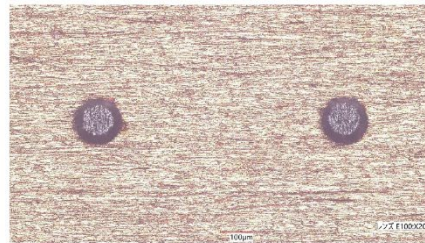


DeepVia™ HDI 공정 개요

DeepVia™ HDI 는 근본적으로 차별화된 시드층 형성 방식을 도입했습니다. 드릴 가공 후, 잉크젯 인쇄 기술을 사용하여 구리 나노입자 잉크를 비아 내부에 도포합니다. 고중형비 비아 메탈라이제이션에 최적화된 이 잉크는 비아 표면을 따라 자발적으로 퍼지고 젖음이 발생하여 내벽의 균일한 코팅을 가능하게 합니다. 이후 진행되는 환원 단계에서, 도포된 구리 나노입자들이 서로 융합(연결)되면서 연속적인 구리 박막 코팅층을 형성합니다. 기존 화학 동도금은 약액 순환을 통해 구리 이온과 환원제가 동시에 그리고 연속적으로 공급되는 공정으로 볼 수 있는 반면, DeepVia™ HDI 는 이 두 물질의 공급을 분리 했습니다. 이를 통해 DeepVia™ HDI 는 구리 이온과 환원제의 반응 속도가 약액 이송 속도와 매칭되어 물질이 깊은 비아의 하부 영역에 도달하기도 전에 먼저 소모되던 기술적 문제를 해결하였으며, 결과적으로 구조 내부의 더 깊은 곳까지 유효한 시드층 증착을 실현했습니다.



Before Cu nano inkjet printing



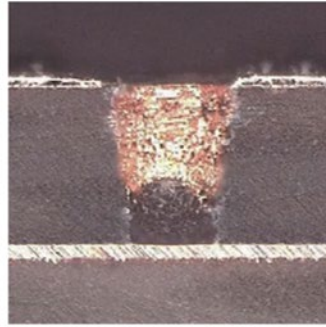
After Cu nano inkjet printing

성능 비교

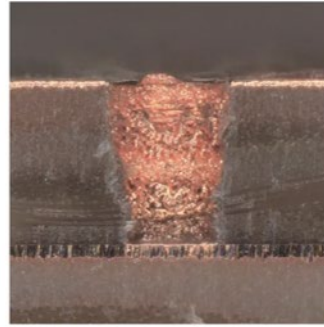
공정 방식	최대 중형비 범위
화학 동도금 (기존 방식)	1.0 ~ 1.2
DeepVia™ HDI	3 ~ 4



DeepVia™ HDI 는 프로토타입 마이크로비아의 초고종횡비($AR \geq 3.0$) 메탈라이제이션을 성공적으로 입증했습니다. 이는 통상적으로 AR 1.0 미만으로 제한되고 실질적인 한계치가 약 1.2 수준에 머물렀던 기존 화학 동도금 방식에 비해 비약적인 기술적 진보를 의미합니다.



Insufficient seed formation



DeepVia™ seed formation

Φ100 μm, AR: 2.0 전해 도금 전 시드층 형성 상태 비교

또한, DeepVia™ HDI 는 6 mm 에 달하는 극단적으로 깊은 비아의 내벽 코팅에도 적용되어, 잉크 코팅 단계에서의 종횡비 제약을 효과적으로 극복해 냈습니다. 비아 가공 전체 공정 중 다른 단계의 제약이 여전히 남아있을 수는 있으나, 가장 핵심 과제였던 '내벽 코팅'의 한계는 완벽히 제거되었습니다.

신뢰성 평가 결과

- HDI 사양

하부 직경(bottom) 0.1 mm, 절연 두께 0.2 mm, 목표 도금 두께 20 μm

시험 온도 : -55°C (15 분) / 125°C (15 분)

사이클 수 : 100 사이클 (진행 중)

판정 기준 : 저항 변화율 ±5% 이내

결과 : 합격

시험 완료 후, 저항 변화값은 기준치 이내를 유지하였으며 오픈(단선)이나 크랙 등의 이상 현상이 전혀 관찰되지 않아 안정적인 상호연결 신뢰성을 확보했음을 확인했습니다.

핵심 기술: 자가 흡착형 구리 나노입자 및 자가 습윤성 잉크

이번 기술적 돌파구는 지난해 발표한 [구리 나노입자 잉크 기반의 HDI 마이크로비아\(Microvia\) 형성 프로세스](#) 기술을 바탕으로 합니다. DeepVia™ HDI 를 가능하게 한 핵심 혁신 요소는 '자가 흡착형 구리 나노입자'와 '자가 습윤성 잉크 설계'입니다. 비아의 종횡비가 높아질수록 단순히 잉크젯으로 잉크를 증착하는 것만으로는 비아 내부 전체에 균일한 도포를 달성하기 어렵기 때문에, 잉크의 거동(이송)을 제어하는 기술이 필수적입니다. DeepVia™ HDI 는 비아 내부에서 발적으로 퍼지는 자가 습윤성 잉크를 특수 설계하여 이 문제를 해결했습니다. 프리프레그(Prepreg) 표면과의 동적 상호작용을 통해 구리 나노입자들이 비아 내벽에 순차적으로 흡착 및 부착됨으로써 잉크의 자가 확산 거동을 보장합니다. 그 결과, 종횡비가 매우 높은 구조에서도 균일한 코팅층이 형성됩니다. 아울러 잉크의 토출(증착) 볼륨을 정밀하게 제어함으로써 신뢰성 높은 비아 메탈라이제이션을 구현할 수 있습니다.



향후 전망

엘레판텍은 PCB 제조업체를 대상으로 고종횡비 비아용 구리 나노입자 잉크인 'NCT-05'와 잉크젯 인쇄 장비인 'DK 시리즈' 등 본 기술의 핵심 컴포넌트를 공급할 예정입니다. 현재 글로벌 선두 PCB 제조사들과 여러 건의 기술 검증 케이스를 진행 중이며, 해당 장비 납품은 올해 내로 스케줄이 잡혀 있습니다.

문의처 (Inquiries)

엘레판텍 잉크젯 장비 및 소재 사업부 영업부 (Sales Unit, Inkjet Equipment and Material Business Department, Elephantech)

ijs-sales-unit@elephantech.co.jp