COOLS

TECHNICAL NOTE
2026. 11. 04.

중앙 접착 공백을 없애는 PDA 전면 접합과 글라스 비아 장기 신뢰성

조진현 쿨스 대표 jhcho@cools.co.kr

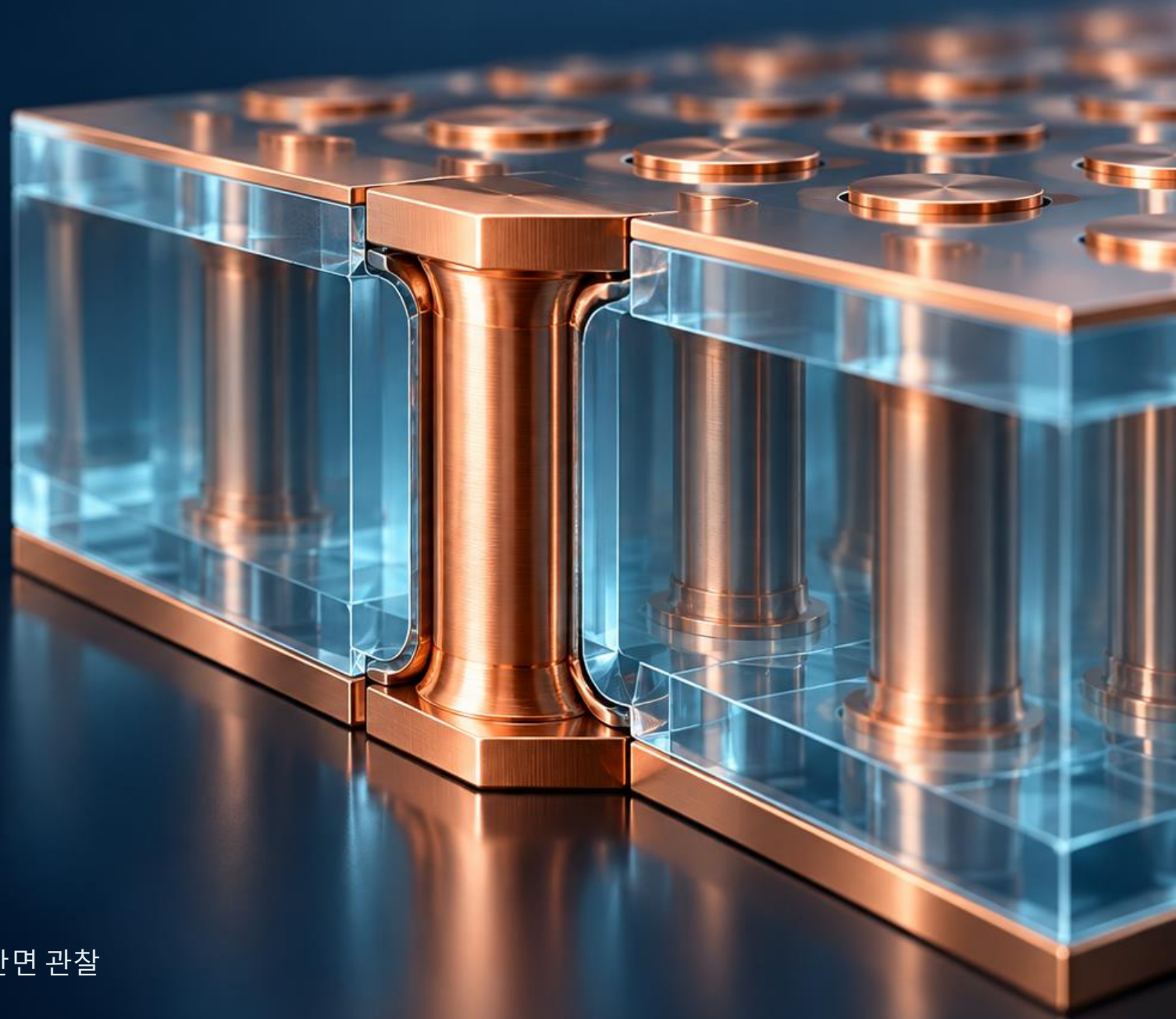
SUMMARY

구리로 완전히 채운 비아라도 내벽 가운데가 붙어 있지 않으면 구리–유리 열팽창 차이로 생기는 하중이 접합 경계에 몰린다. 코닝 특허의 열해석에서 전체 접착은 균열 없이 견디는 원통형 비아 직경을 25 μm에서 30 μm로 넓혔고, 3,000회 열사이클 문헌은 저항이 안정해도 계면 박리와 유리 균열이 생길 수 있음을 보였다.

COOLS 기술자료

PDA 전면 접합 대 입구·출구 접합 장기 신뢰성 비교

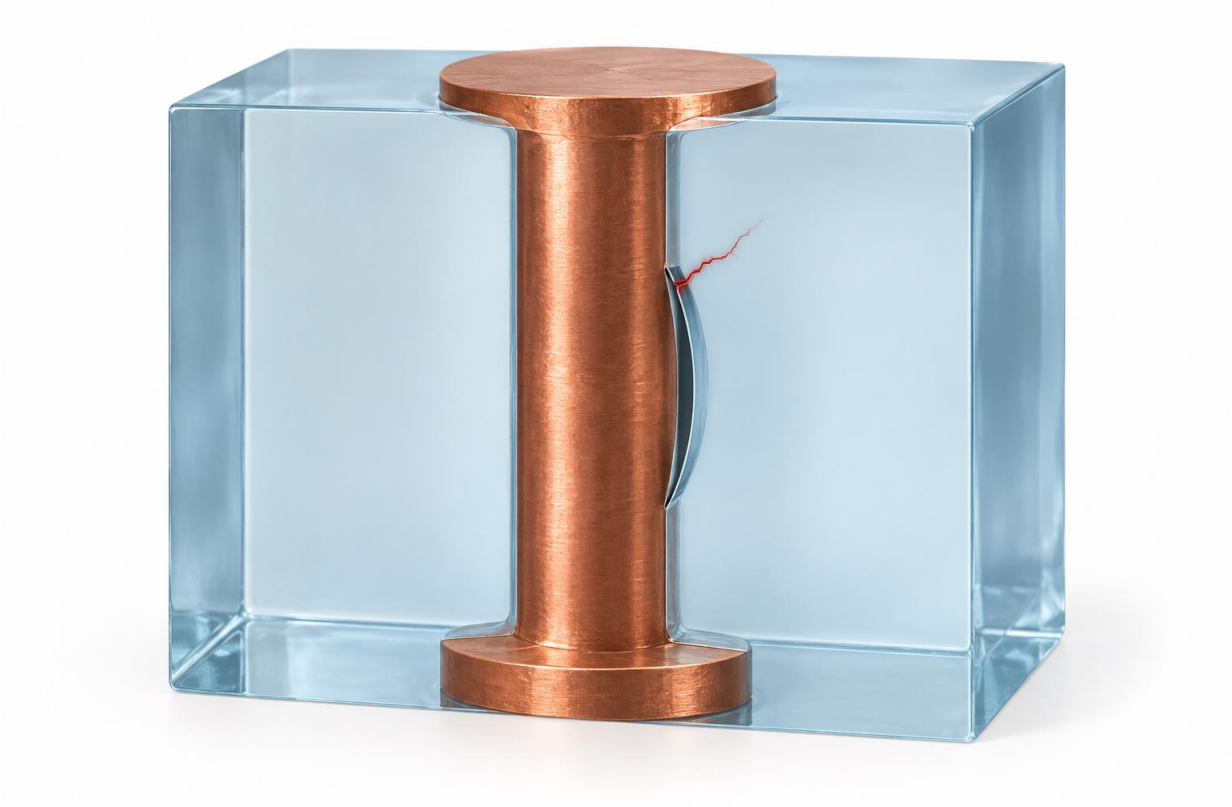
양면 스퍼터 비아의 중앙 접착 공백과 반복 열변형 손상 저항



근거: Corning US11171094B2 직접 비교 · Demir et al. (2017) 단면 관찰

입구·출구 접합 비아의 중앙 접착 공백

비교 대상: 양면 스퍼터 후 중앙 접착 공백이 남는 완전 충진 비아



상하부: 강한 고정

금속 연결과 양끝 고정에 의한
초기 통전·형상 유지 확보

중앙: 별도의 손상 경로

접합 경계에 반복 열변형 작용 시
비접합 구간 확대

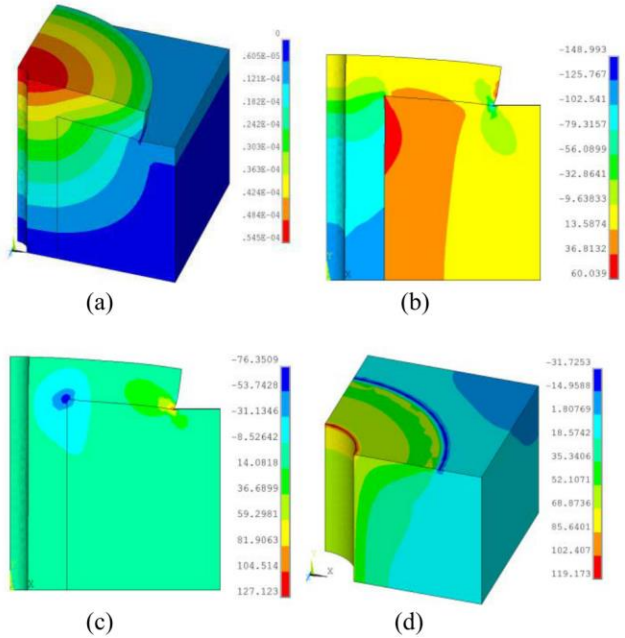
핵심 쟁점: 충진 완료 후에도 잔존하는 중앙 접착 공백

쿨스 구조 해석: 양면 스퍼터 완전 충진 비아의 중앙 비접합 구간.

반복 열변형에 의한 접합 경계 하중 집중

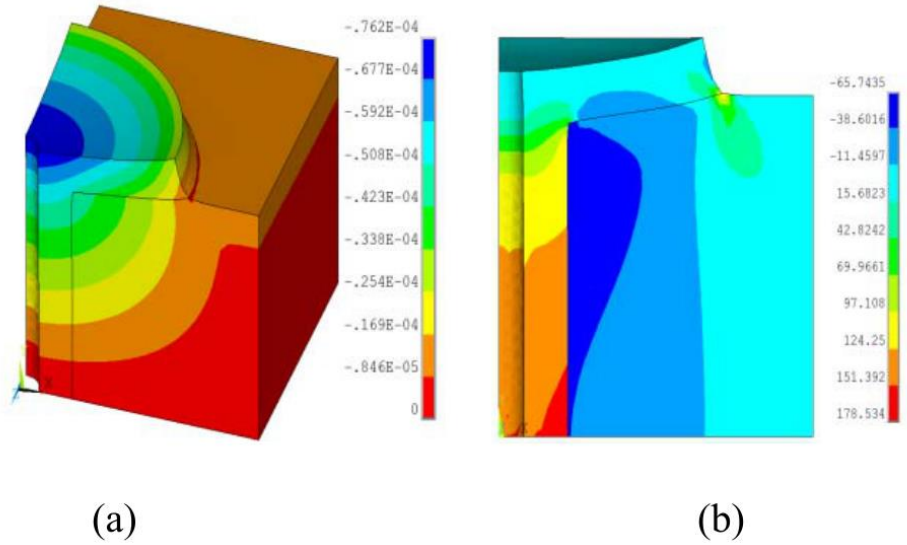
구리–유리 열팽창 차이: 팽창·수축마다 반복되는 상대변형

가열 125 °C



구리 팽창·돌출 경향
접합부 전단·인장 응력 발생

냉각 −55 °C



계면의 구리 수축 구속
접합 경계 박리·전단 하중 반복

Demir et al. (2017), Fig. 3–4. 비아 끝단 FEM 응력 분포.

코닝의 중앙 접착층 유무 직접 비교

동일 완전 충진 원통형 비아에서 접착 구간만 구분

부분 접착 Fig. 6

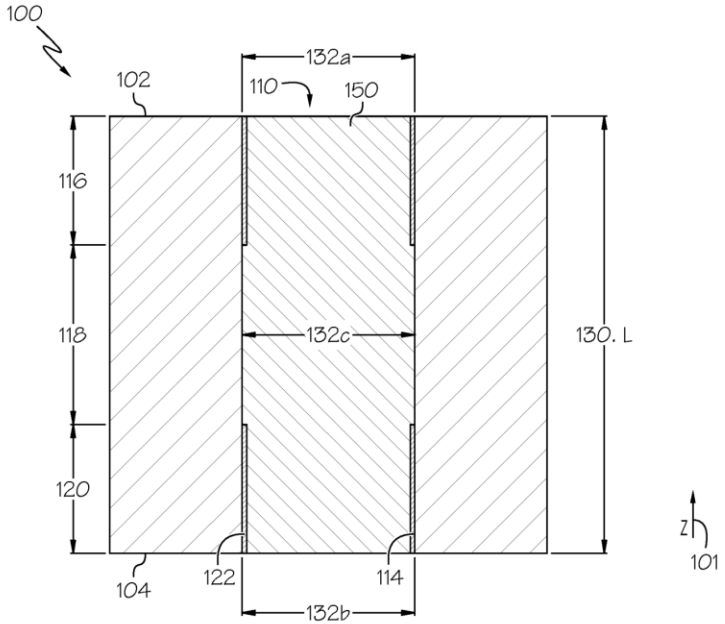


FIG. 6

상부 116·하부 120 접착
중앙 118 접착층 없음

전체 접착 Fig. 7

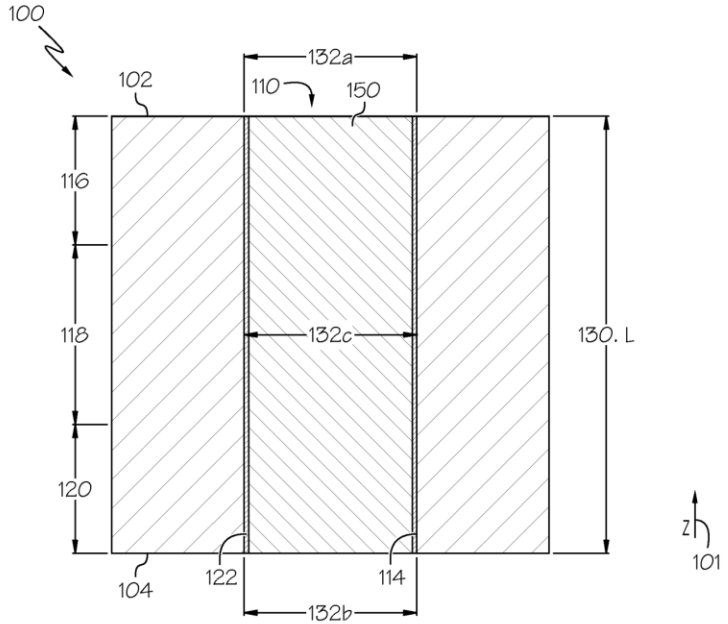


FIG. 7

중앙 118까지 접착층 연속
비아 전 길이 계면 결합

Corning, US11171094B2 (2021), Fig. 6–7. 중앙 118: 강한 접착이 없는 구간으로 정의.

전체 접착에 의한 무균열 허용 직경 확대

코닝 특허 Table 1: 균열 없이 견디는 최대 비아 직경(열해석 예측)

완전 충진 비아 형상	부분 접착	전체 접착
원통형	25 µm	**30 µm**
테이퍼형	17 µm	**19 µm**
중앙이 좁은 형상	25 µm	**27 µm**

20%

원통형 비아
허용 최대 직경 증가

세 형상 모두에서 전체 접착의 균열 여유 우위

Corning, US11171094B2, Table 1. 20% = (30−25)/25.

전체 접착에 의한 두께 방향 응력 분산

코닝 해석: 부분 접착 시 중앙·표면 부근 응력 집중

부분 접착의 응력 Fig. 12

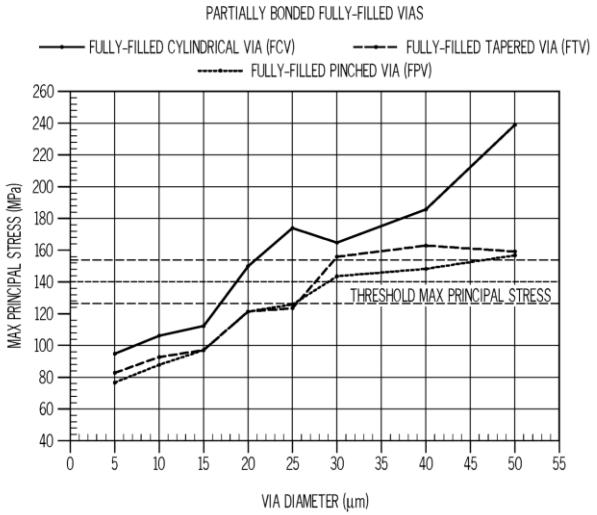


FIG. 12

전체 접착의 응력 Fig. 13

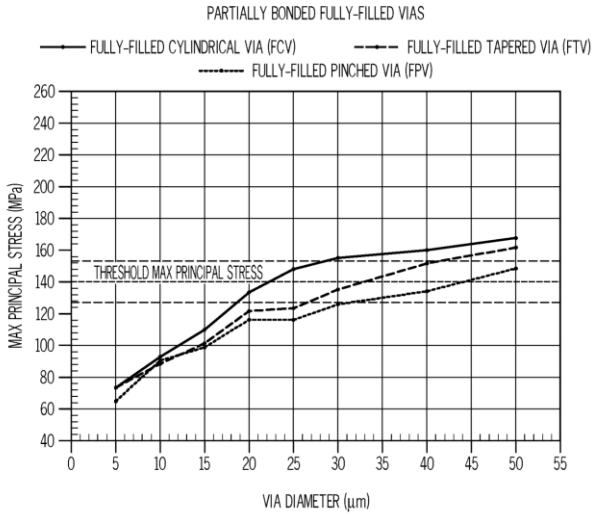


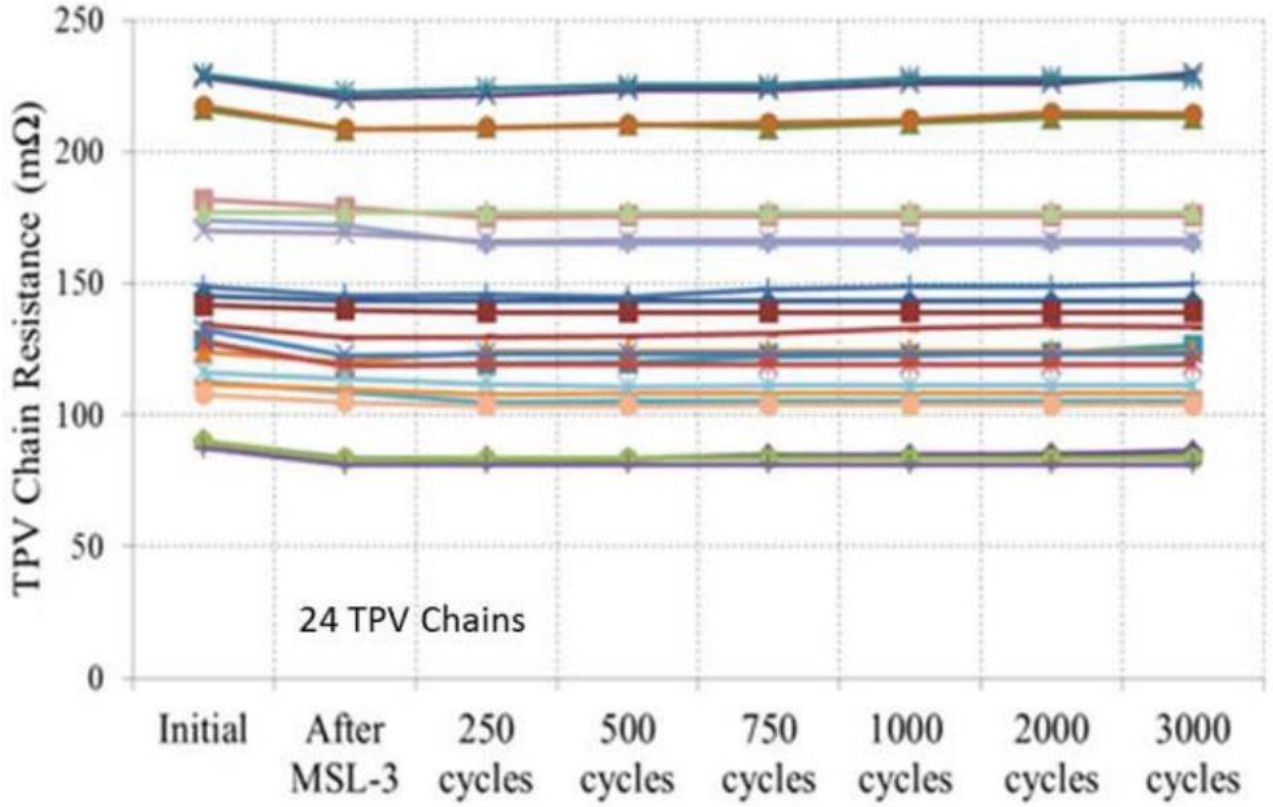
FIG. 13

접착 길이 확대에 따른 열변형 전달 계면 범위 확대

Corning, US11171094B2, Fig. 12–13 및 Table 1 해설. Fig. 13: 본문 기준 전체 접착 결과.

3,000회 열사이클 후 저항 안정 유지

Demir et al. 열사이클 시험: 24개 데이지체인, 192개 비아



3,000회

–55~125 °C

고온·저온 각각 15분 유지
실온 4선식 저항 측정

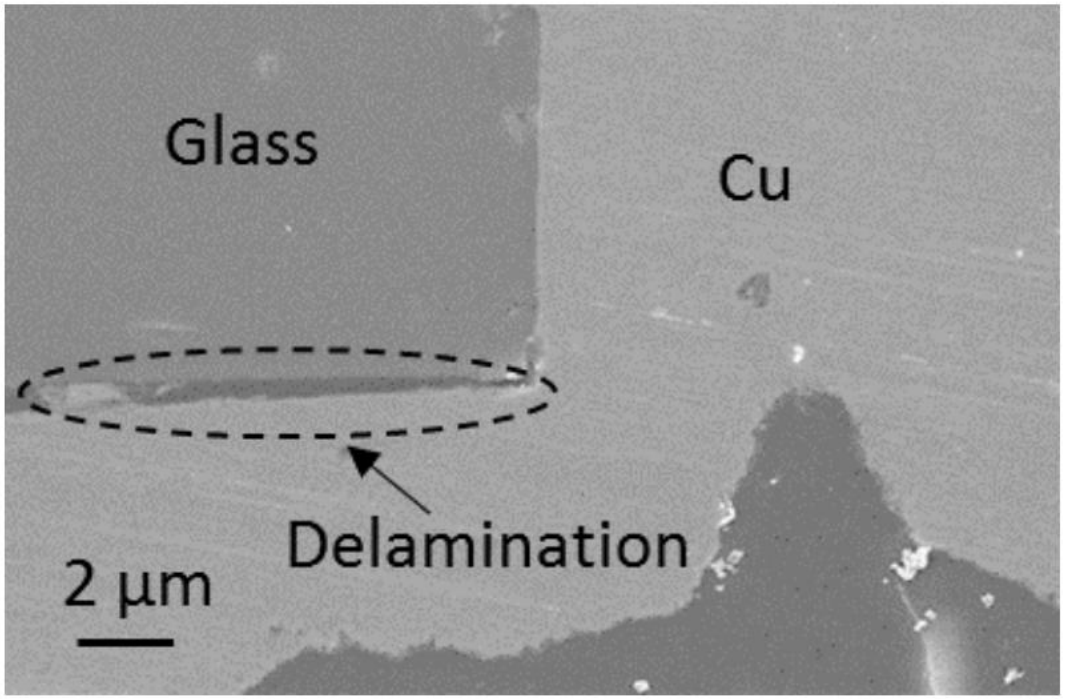
동일 시편 단면 관찰
계면 손상 확인

Demir et al. (2017), Fig. 13. 100 µm 유리, 지름 30 µm 컨포멀 비아.

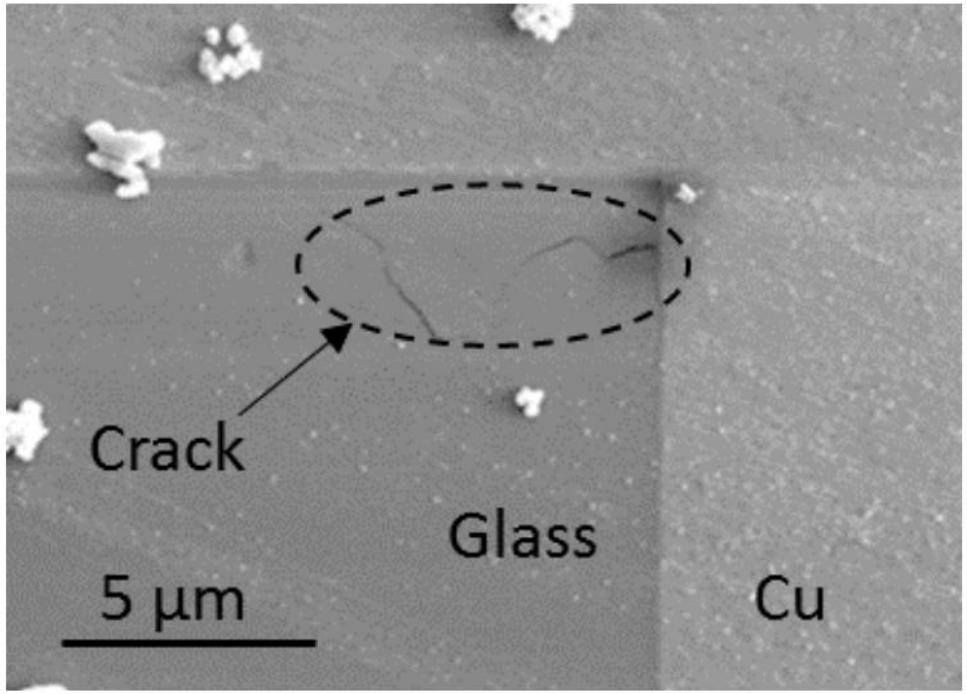
통전 유지 상태의 계면 손상 존재

열사이클 후 SEM: 구리–유리 계면 박리와 비아 코너의 유리 균열

계면 박리 Fig. 15



유리 균열 Fig. 16

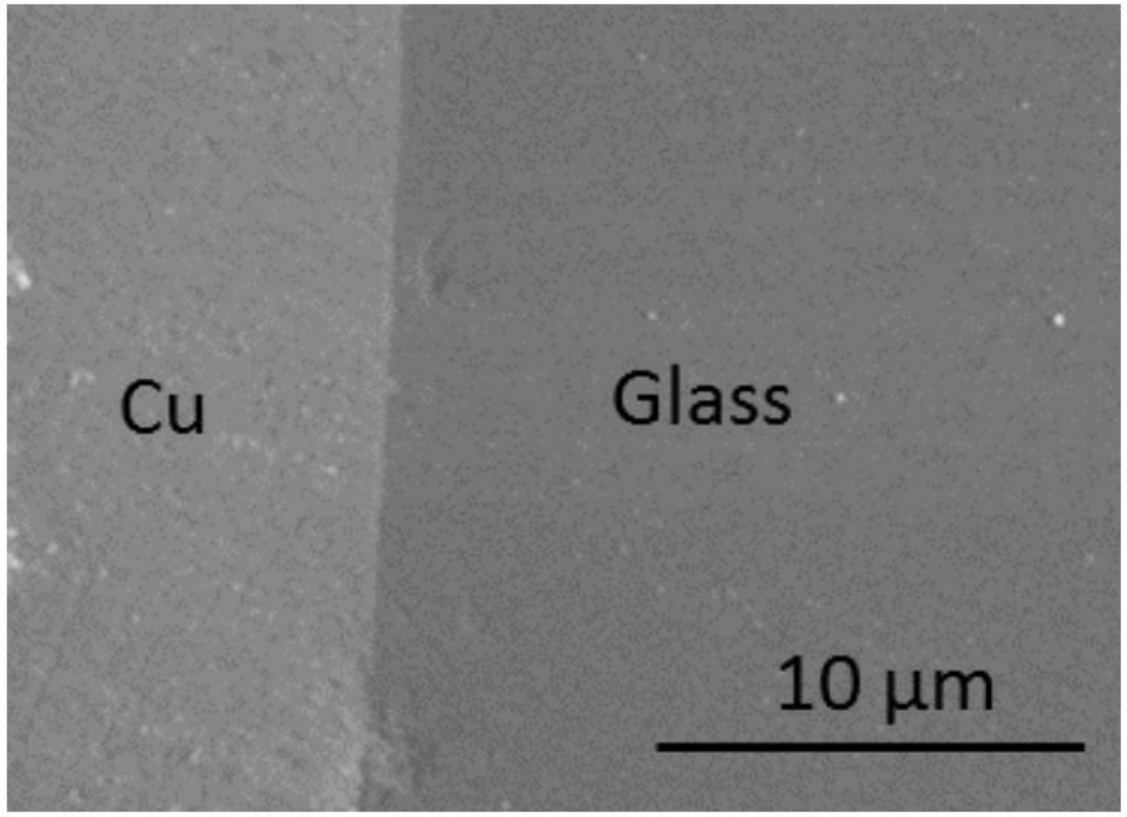


장기 수명 판단 기준: 박리·균열 성장까지 포함

Demir et al. (2017), Fig. 15–16. 손상 위치는 비아 입구·표면 배선 주변.

깊은 내벽의 접합 유지

Demir et al. Fig. 17: 비아 끝단에서 떨어진 구리–유리 계면



박리·유리 균열 미관찰

낮은 국소응력·측벽 접착에 의한 계면 유지

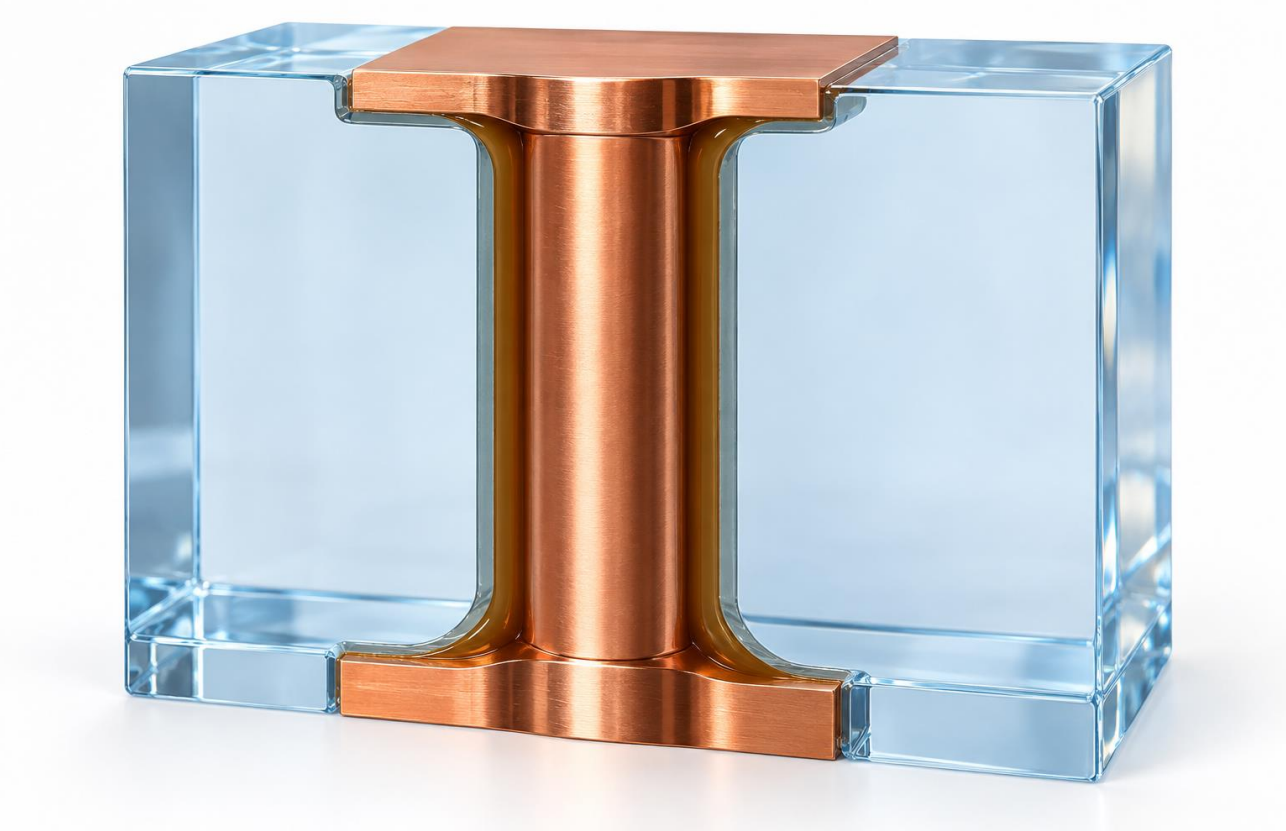
쿨스 적용 방향

중앙까지 연속 접착으로 박리 확장 경로 차단

Demir et al. (2017), Fig. 17, Sections V-B/V-C.

PDA 전면 접합의 중앙부 하중 전달

쿨스 설계 원리: 유리–PDA–구리 연속 계면



중앙까지 고정된 비아: 계면 손상 개시·확장 억제

쿨스 PDA 전면 접합 구조. 계면층 두께 확대 표시.

중앙 접착 공백 제거

깊은 내벽까지 접합면 형성으로
구리의 분리 거동 구속

연속 계면으로 반복하중 지지

비접합 구간 끝단에 집중되던 하중의
전 길이 계면 분산 전달

중앙 접착 유무에 따른 장기 손상 경로 비교

스퍼터 입구·출구 접합 대 PDA 전면 접합 구조 비교

비교 항목	스퍼터 입구·출구 접합	PDA 전면 접합
내벽의 접착 구간	양끝 고정, 중앙 공백	**중앙까지 연속 접합**
열변형 전달	접합 경계에 국소화	**전 길이 계면으로 분산**
중앙 상대변위	비접합 구간 상대 이동 허용	**구리–유리 분리변위 억제**
박리의 출발 조건	비접합 경계 상존	**긴 비접합 경계 제거**
장기 신뢰성의 방향	경계 손상 개시·진전이 수명 지배	**손상 개시·진전 저항 향상**

PDA의 핵심 가치: 중앙 계면까지 유지되는 접합 구조

비교 기준: 중앙 접착 공백이 남는 양면 스퍼터 완전 충진 비아.

중앙까지 연속된 접착,
비아 장기 신뢰성의 결정 요소

코닝 직접 비교

전체 접착에서 더 큰 균열 여유
접착 길이를 활용한 응력 분산

Demir et al. 계면 관찰

통전 유지 중에도 박리·균열 존재
깊은 내벽의 접합 유지

PDA 전면 접합: 반복 열변형을 견디는 연속 계면 설계

주식회사 쿨스

대표이사 조진현

본사 | 경상남도 창원시 의창구 중동북로 23

지사 | 경기도 화성시 동탄구 삼성1로 160

M. 010-2280-9414

E. jhcho@cools.co.kr

H. www.cools.co.kr