

금속산화물 접착층 위 무전해 구리 시드의 결함과 검증 항목

조진현 쿨스 대표 jhcho@cools.co.kr

SUMMARY

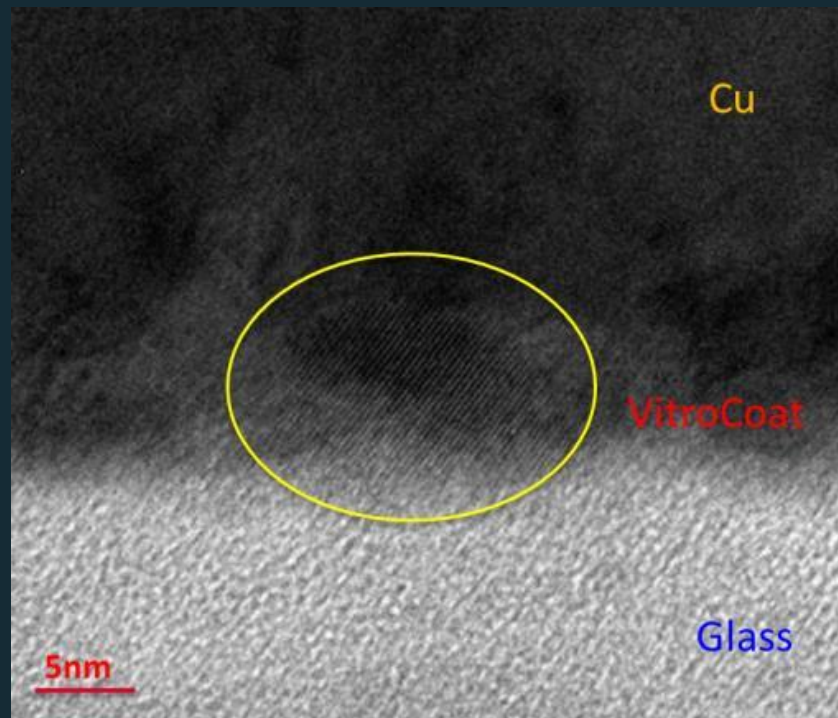
금속산화물 접착층은 유리와 구리의 접착을 확보하지만, 무전해 구리 시드 내부의 수소 기포와 나노 보이드는 별도의 파괴 경로가 될 수 있다. 문헌은 300 nm 시드의 초기 100 nm에 보이드가 몰리고 욱 온도가 높을수록 커진다고 보고한다.

금속산화물 접착층 기반 무전해 구리의 취약성

우에무라 MOSL · 아토텍 VitroCoat
나노구조, 보이드, 균열 개시의 관점

유리와의 접착이 확보되어도
구리 시드 내부의 건전성은 별도로 확인해야 한다.

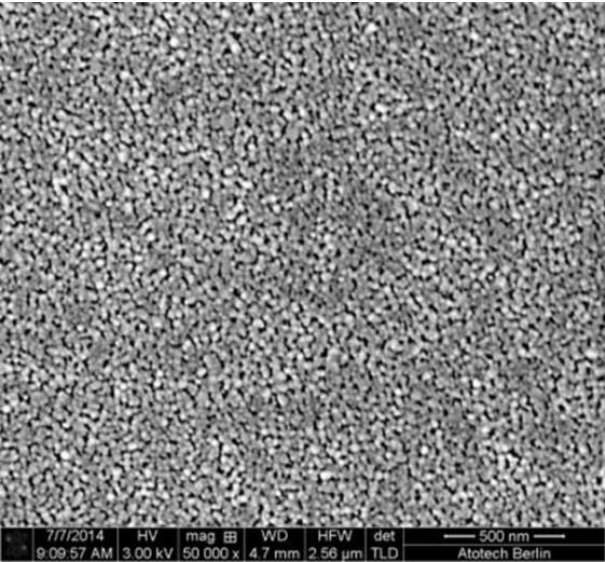
핵심 논문: Nakahara (1988) · Hsieh et al. (2026)
업체 논문·특허를 함께 대조한 기술 검토



실제 VitroCoat / 유리 계면 HRTEM
Liu et al., IMAPS 2015, Fig. 4

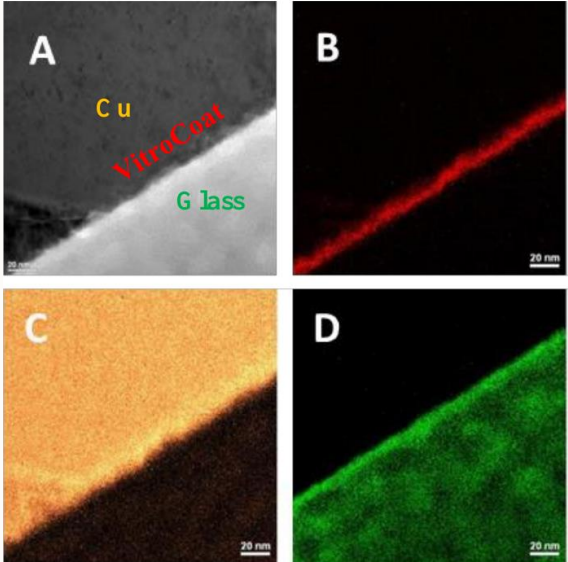
산화물 입자와 구리 시드는 서로 다른 층이다

Atotech의 실제 구조와 Uyemura의 특허 실시예를 구분



산화물 표면 SEM

결정립 20–50 nm
나노다공성 연속막



Cu / 산화물 / 유리

계면의 연속성을 확인한 TEM
결정립 크기 ≠ 막두께

공정	산화물층	무전해 Cu
Atotech VitroCoat	약 10–13 nm	0.3–0.6 μm
Uyemura 실시예	ZnO 0.3 μm	0.7 μm

검토할 취약부

- ① 산화물/유리 접착
- ② 산화물층 자체
- ③ Cu 시드 내부·경계

논문 ① 수소 기포는 구리의 연성을 낮출 수 있다

Nakahara, Acta Metallurgica 36(7), 1669–1681 (1988)

2–30 nm

막 전반에 분포한 작은 기포

약 200 nm

입계의 큰 기포가 연성을 크게 좌우

원 논문의 결론

보이드의 합체에 의한 연성 파괴 모델이 보이드 체적분율-연성 변화를 설명한다.

열처리의 효과도 구분

150°C 후열처리는 수소 방출로 수소 압력에 기인한 연성 저하를 일부 회복.

검토 해석: 시드가 전기적으로 연결되어 있어도, 내부 보이드는 파괴의 출발점이 될 수 있다.

논문 ② 300 nm 시드에서 보이드를 직접 관찰

Hsieh et al., 2026 — Ni 농도·욕 온도를 바꾼 Cu/무전해 Cu/Cu 모델

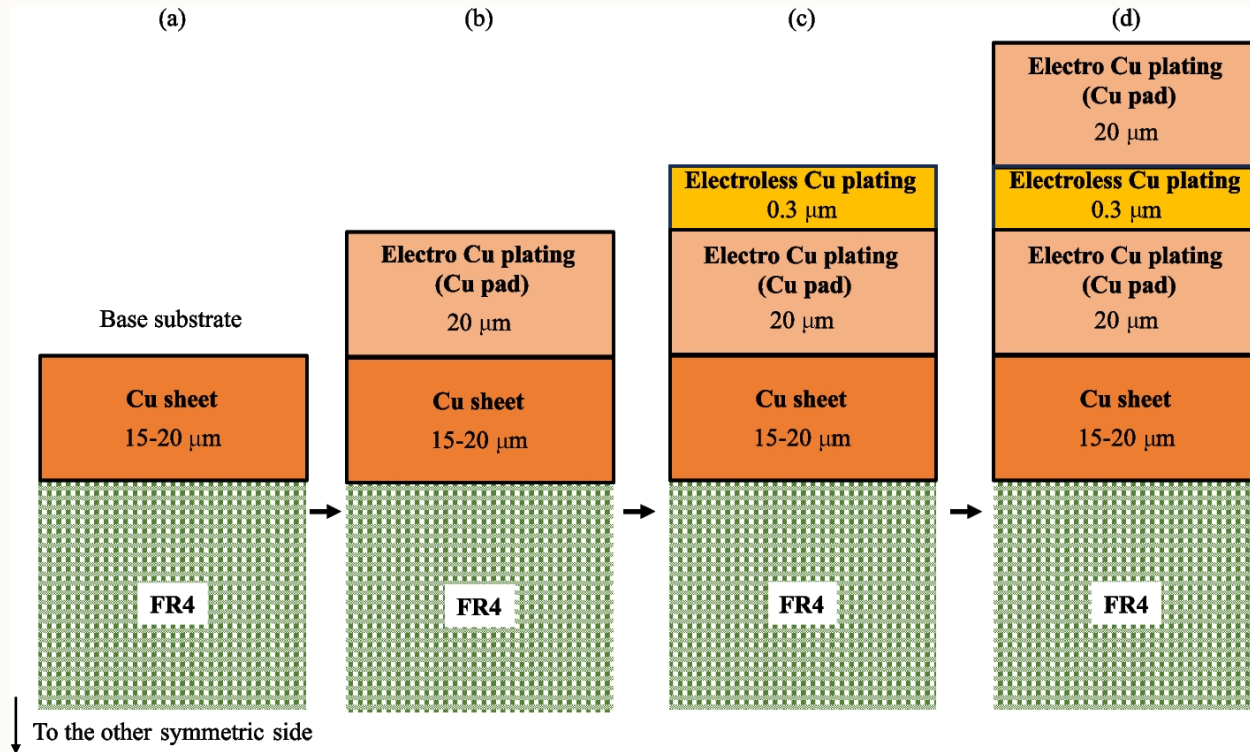


Fig. 2 시편 제작 구조

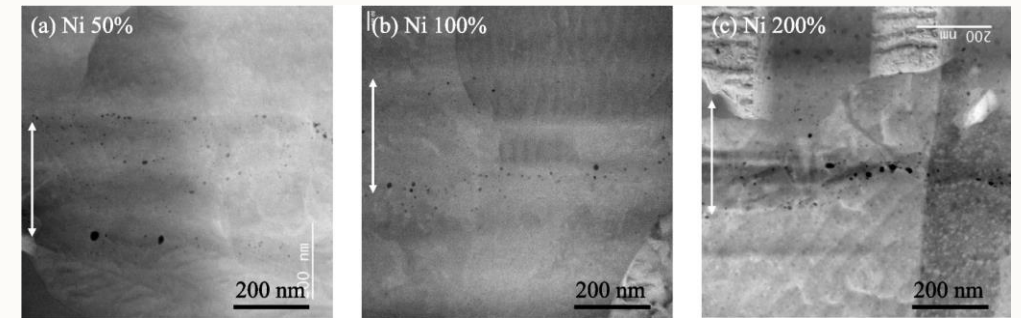


Fig. 5 Ni 조건별 TEM

확인된 대상

FR4 위 Cu 적층 / Okuno 제작 시편
우에무라·아토텍 TGV의 직접 시험은 아님

결함은 초기 100 nm에 집중됐다

같은 시드막도 깊이에 따라 보이드 분포가 다르다

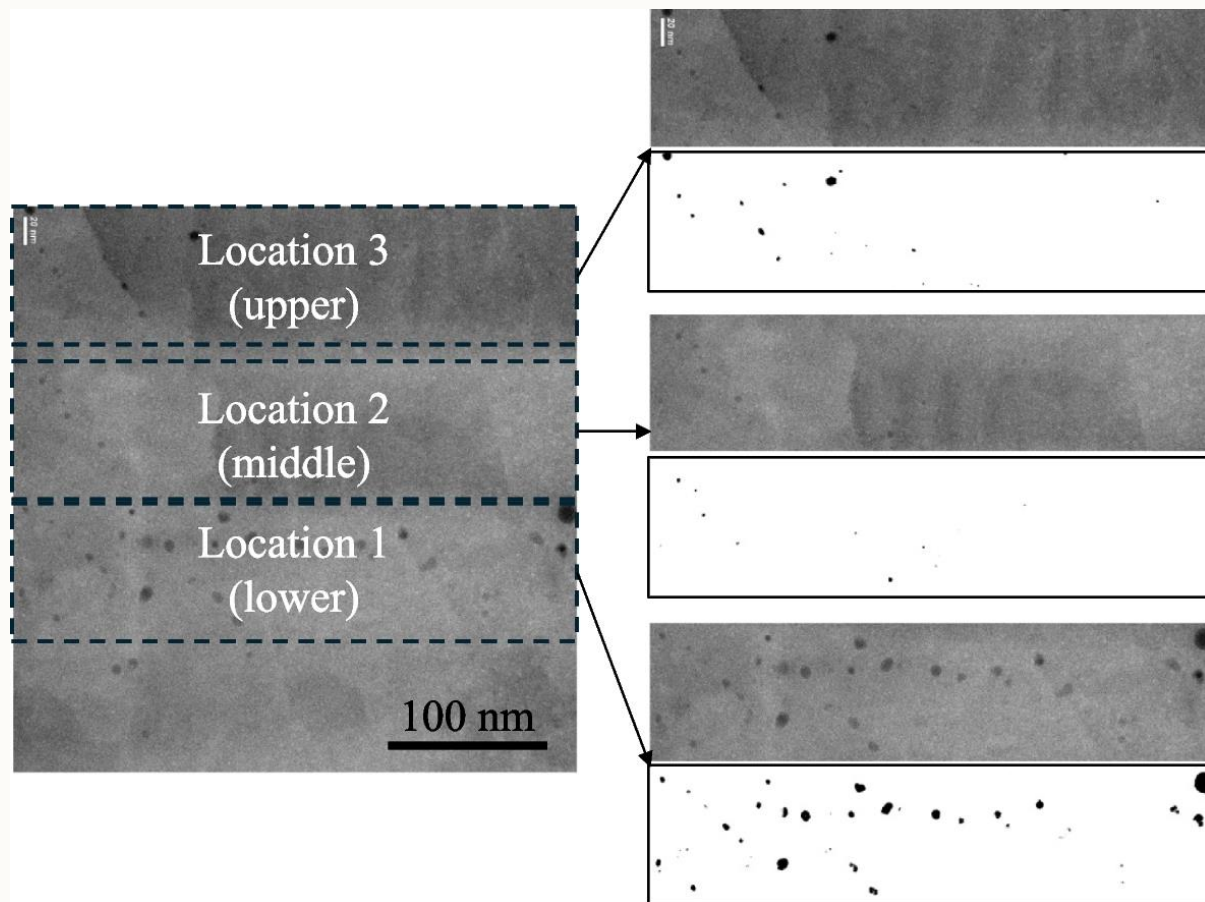


Fig. 7 하부·중부·상부 각각 100 nm

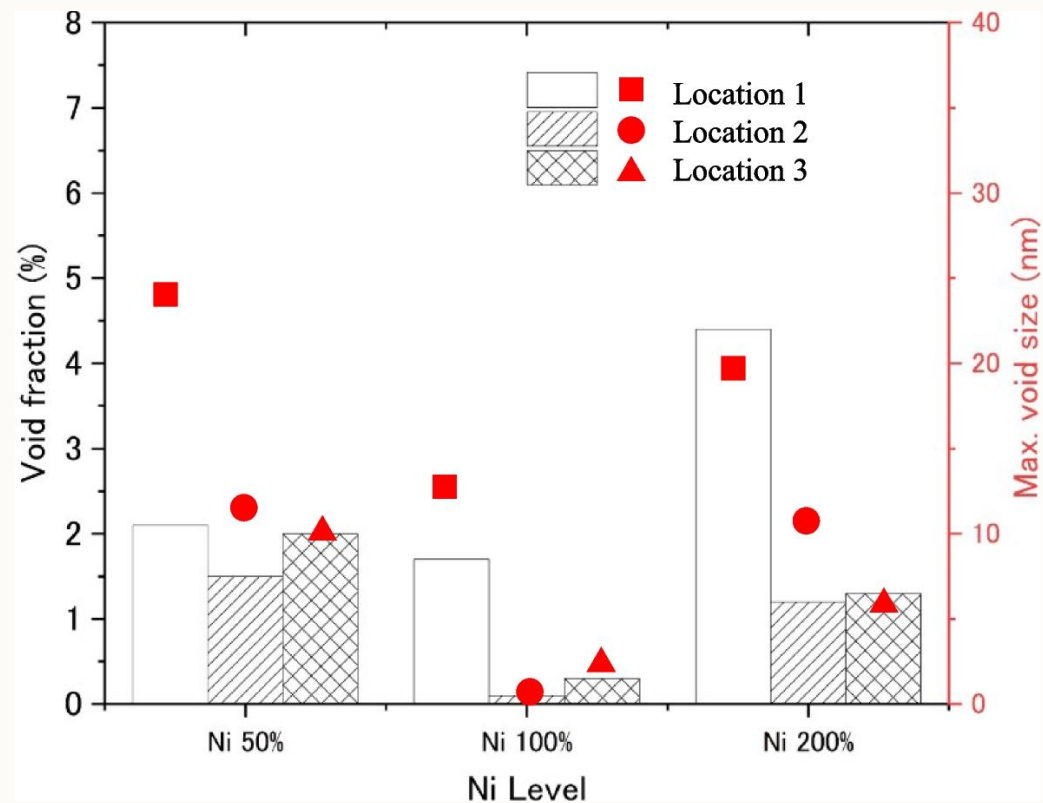
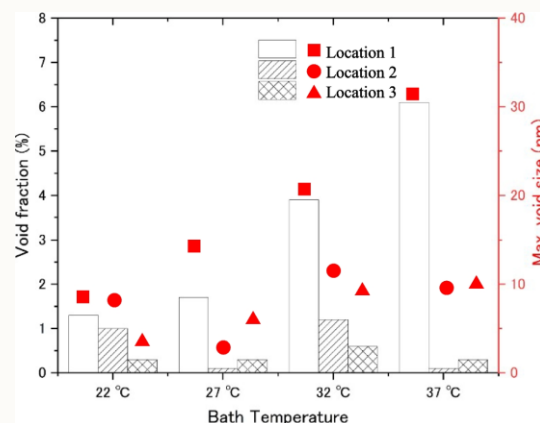
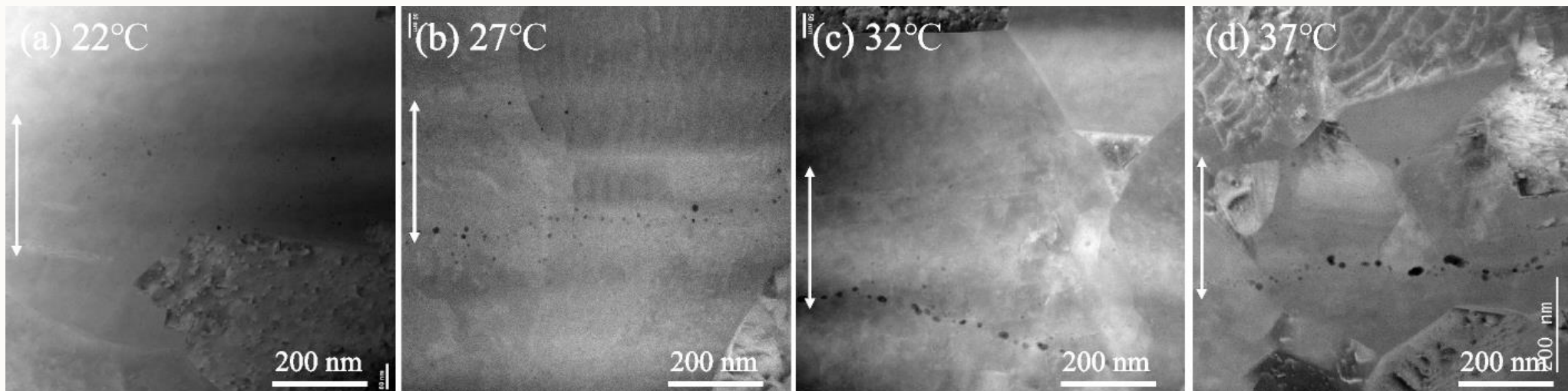


Fig. 8 하부(Location 1)의 보이드 우세

욕 온도가 높아지자 초기 보이드가 커졌다

논문 조건: Ni 100% 고정, 욕 온도 22 → 37°C



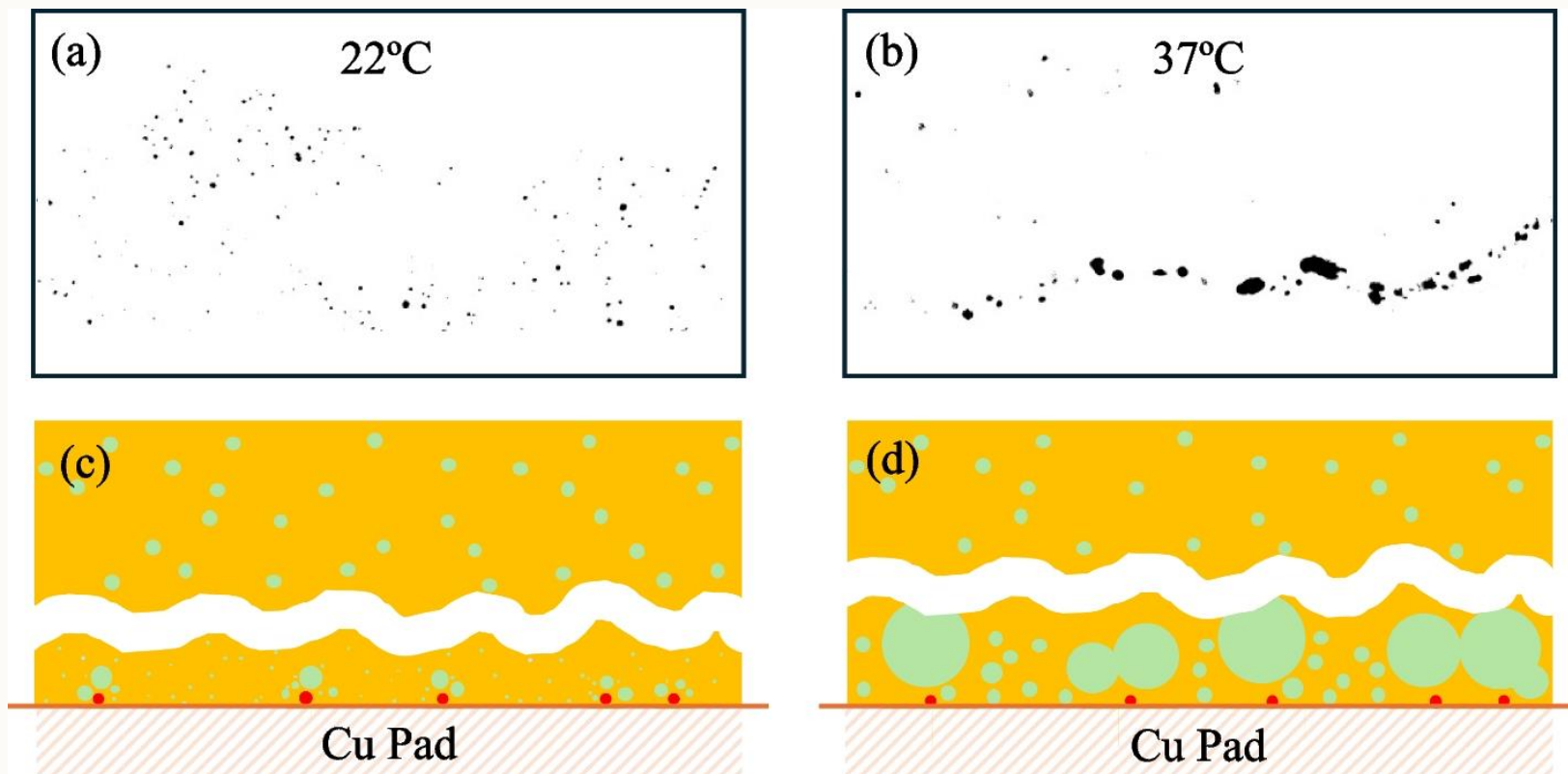
초기 하부층

보이드 분율 1.3 → 6.1%

최대 크기 8.7 → 33.7 nm

잔류 보이드는 균열 개시 후보가 된다

관찰: 초기층의 큰 보이드 / 공학적 해석: 열·기계 하중에서 응력 집중 가능



논문이 제안한 기작

Pd 주변 수소 집중
→ 기포 합체
→ 초기층 잔류 보이드

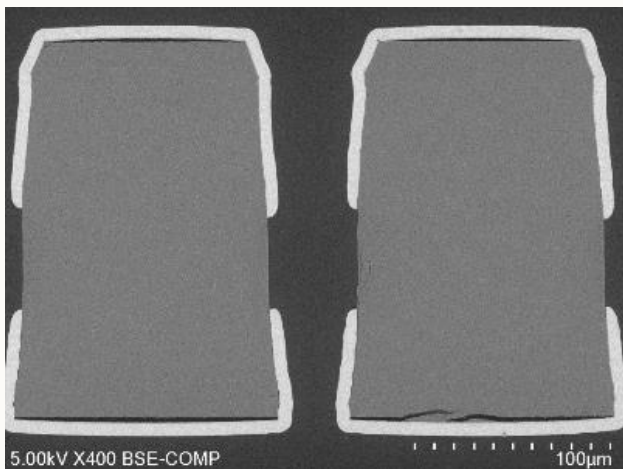
TGV에 대한 검토 해석

시드 내부 응집파괴를
유리 접착력과
별도로 확인해야 한다.

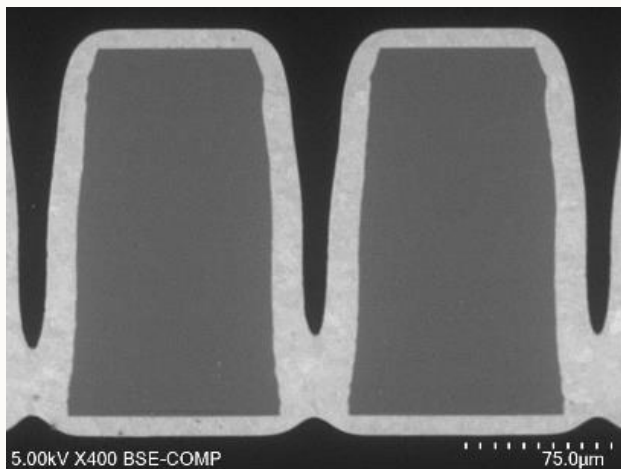
Fig. 22의 흰 물결은 두께 생략 표시다. 실제 균열 관찰 사진이 아니다.

우에무라: 열처리는 접착 개선과 열화가 공존한다

MOSL의 피복성 개선 자료와 후속 특허가 지적인 Cu 이동을 함께 봐야 한다



스퍼터 비교 시편



습식 시드 도금 시편

회사 발표: 비아 내 피복성 개선

좋은 피복성만으로 열후 계면 안정성까지 판정할 수 없다.

후속 특허가 밝힌 취약성

후열처리 중 Cu가 산화물층을 통과해 유리 표면으로 이동 → 접착 저하 가능

대응: Cu막에 Ni 등 첨가
과도한 첨가: 비저항·전해도금 균일성 부담

특허의 선호 열처리 순서

산화물 후 300–350°C
시드 후 120–220°C → 전해도금

아토텍: 미세 TGV의 코팅 창은 형상에 의존한다

2015년 원문에는 피치에 따른 막힘과, 더 큰 비아의 무막힘 결과가 함께 있다

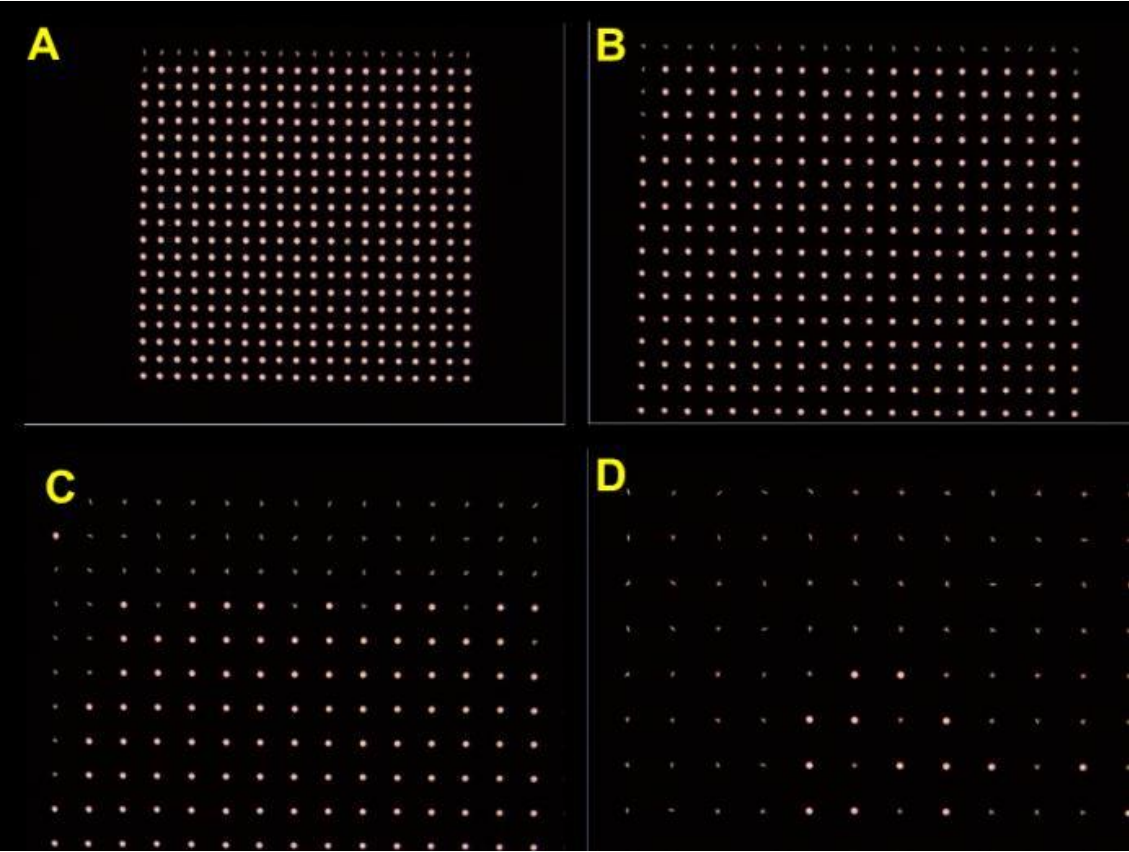


Fig. 8 A→D: 피치 45 / 60 / 90 / 120 μm

피치 (μm)	막힘 (%)
45	4
60	7
90	36
120	53

동일 형상: 두께 100 μm / 입구·출구 30/20 μm

원문이 제시한 개선 방향

조성·코팅 조건 최적화 / 50/45 μm 비아는 막힘 0%

양산 판단에는 접착력과 시드 건전성이 모두 필요하다

핵심 취약성은 “입자 존재” 자체보다, 남은 결함과 열 이력에서의 파괴 경로다

취약부	확인된 근거	양산 검증에서 볼 것
Cu 시드 내부	수소·나노보이드와 연성 저하 [A·B]	초기층 TEM / 파단 위치 / 열피로
산화물 / 유리 계면	열처리 중 Cu 이동·접착 저하 가능 [D]	열처리 전후 원소 분포 / 접착 유지
미세 TGV 코팅	형상에 따른 막힘 [C]	직경·피치·패널 위치별 수율

전기적 연속성 · 초기 peel 강도 · 장기 기계 신뢰성은 서로 다른 판정 항목이다.

이 자료가 지지하는 결론: 취약부의 분리 검증이 필요하다.
이 자료만으로 확정할 수 없는 결론: 특정 업체의 양산 불가능 또는 모든 무전해 Cu의 필연적 파괴.



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
