

태양전지 전극 본체를 은에서 구리로 바꾸는 구조

조진현 쿨스 대표 jhcho@cools.co.kr

SUMMARY

셀 표면의 은 전극은 프린팅 접착과 접촉을 돕지만, 은 소비량은 전극 본체가 결정한다. 접착은 PDA, 전류 운반은 무프리트 구리, 점점의 구리 확산 차단은 Ni계 층이 맡게 해 본체의 은을 구리로 바꾼다. 공정 순서와 단면 계산, 셀당 은 85~90% 절감 설계 시나리오를 다룬다.

COOLS

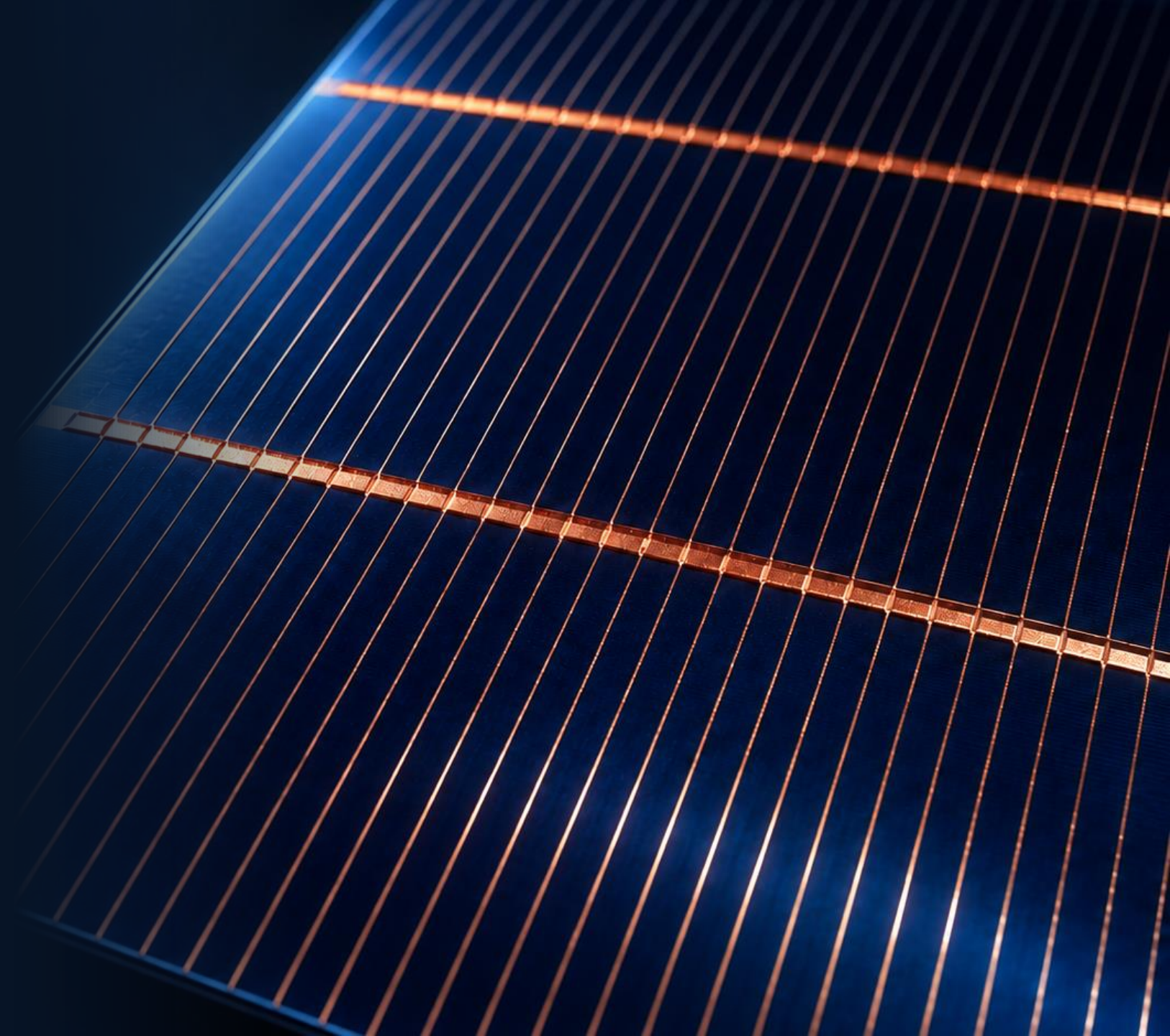
태양전지 구리 전극 전환

PDA 접착 기반 무프릿 구리 배선

셀 전체 은 85-90% 절감 설계

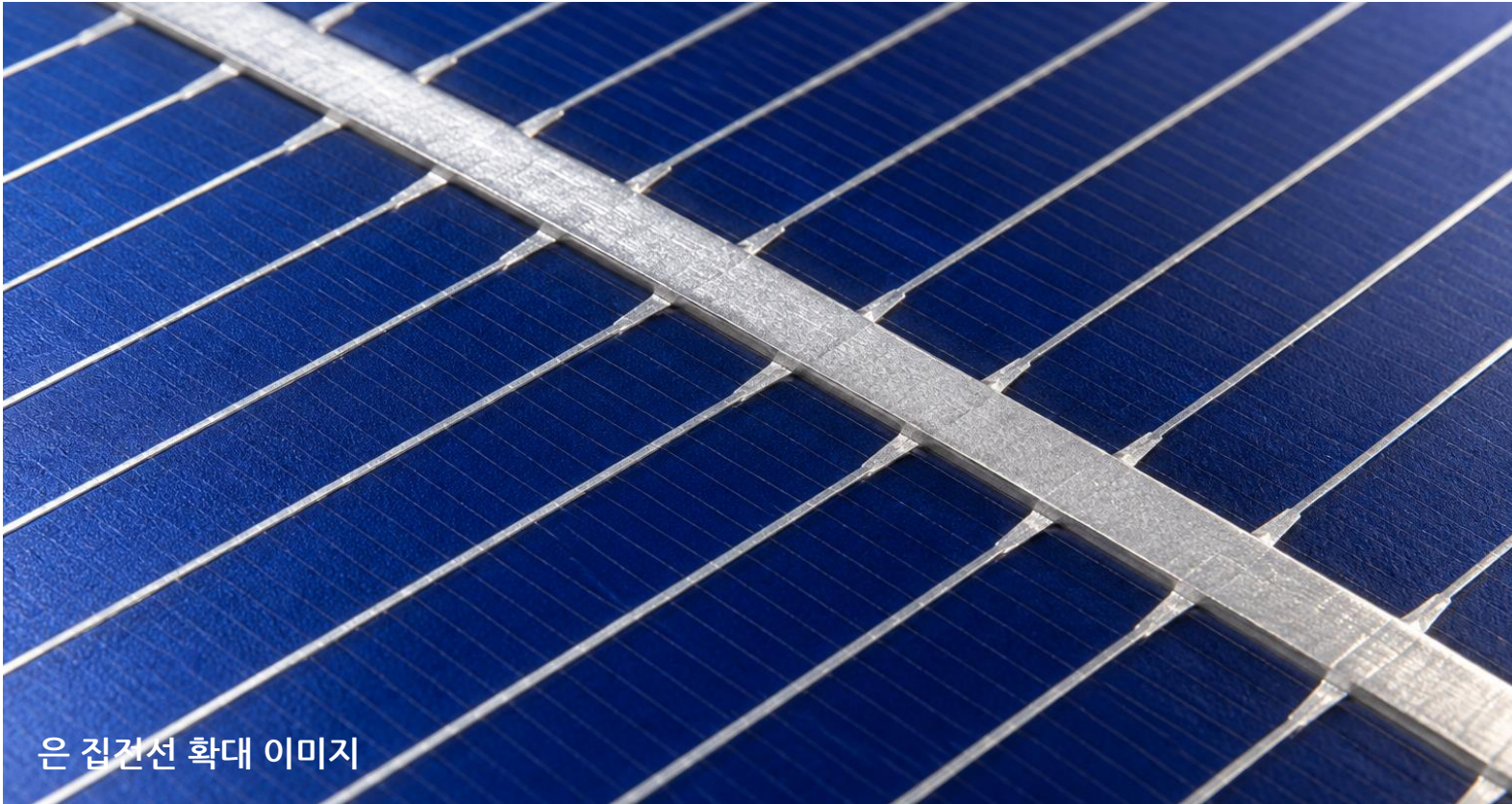
현재의 문제 · 쿨스의 솔루션 · 파급효과

조진현 박사 2026.10



현재 문제: 태양전지의 높은 은 의존도

셀 표면의 가느다란 은 선들이 발전한 전기를 모읍니다



은 집전선 확대 이미지

약 5,800톤

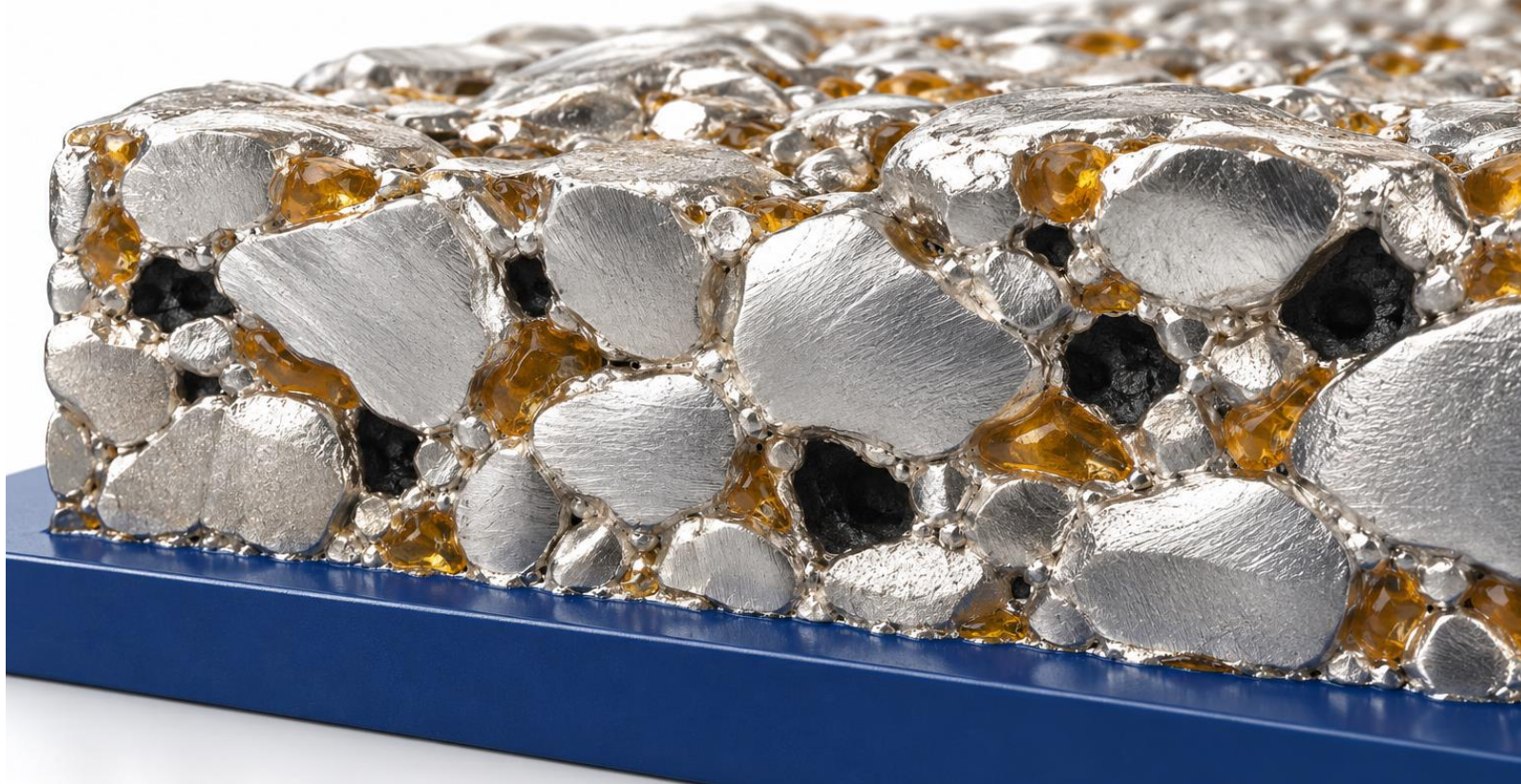
2025년
태양광 전체 은 수요

전극의 주재료를
은에서 구리로

설명용 생성 이미지. 약 5,800톤은 태양광 전체 소비량이며, 모두가 프린트 대체 대상인 것은 아닙니다.

현재 문제: 전극 본체까지 은을 쓰는 구조

프릿은 접착과 전기 접촉 형성을 돕지만, 전극 내부에도 남습니다



은

전류가 흐르는
연결된 금속

유리 프릿

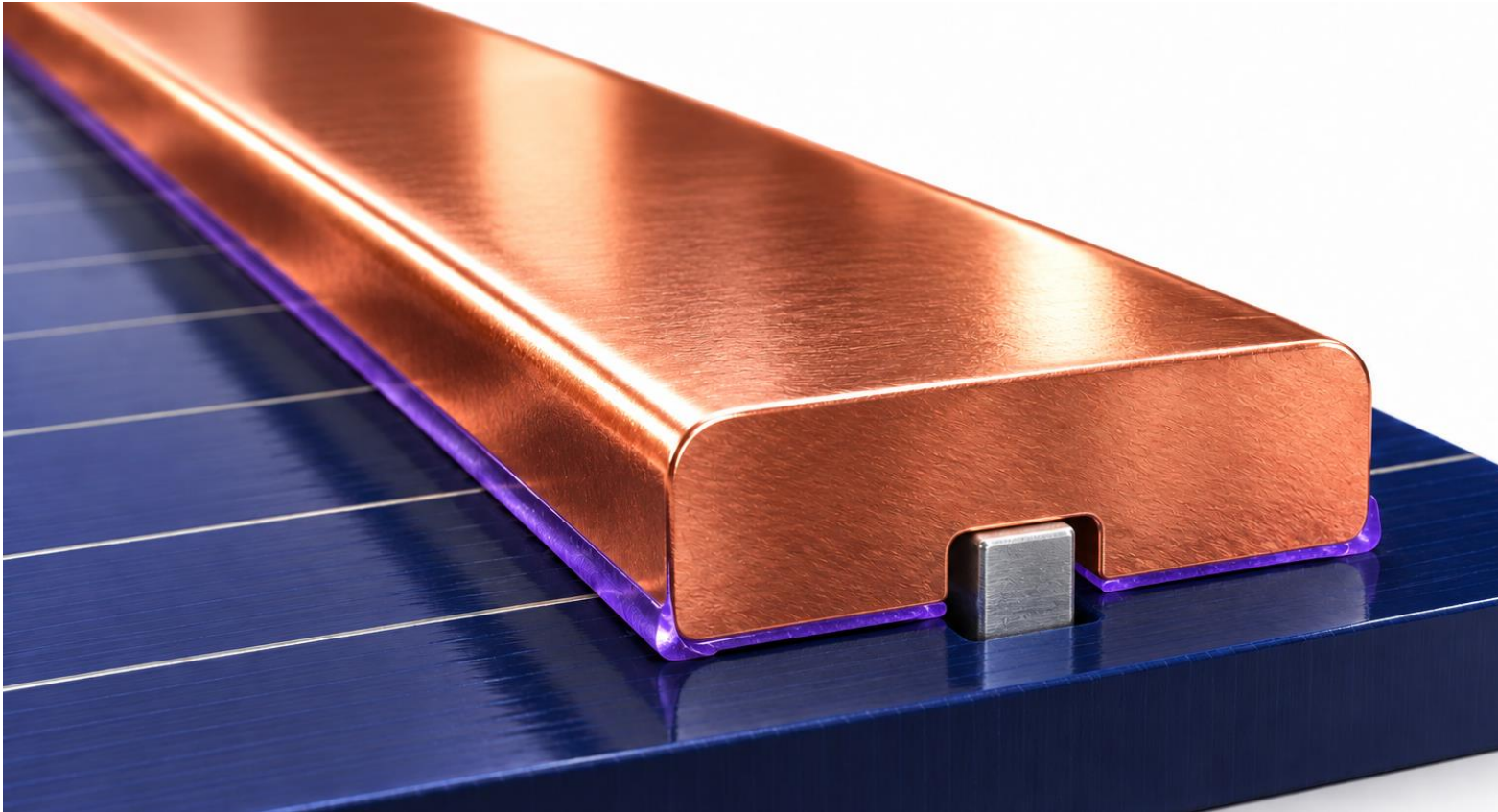
소성 중 접착과
접촉 형성에 관여

전극 본체가
은 소비량을 결정

확대 개념 이미지이며 실제 현미경 사진은 아닙니다. 프릿 제거만으로 특정 비저항이 보장되지는 않습니다.

쿨스 솔루션: PDA 접착과 구리 배선

접착은 PDA, 전류 운반은 구리, 접점의 확산 방지는 Ni계 층이 맡습니다



구리 배선 본체

은을 구리로 대체해
주전류를 운반

바닥의 보라색 층

PDA가 기판과
구리 배선의 접착을 담당

회색 접점: Ni계 확산방지막

쿨스 개발 개념도. PDA는 접착 영역에 적용하며, 금속 접촉면은 노출합니다. 층의 두께와 색은 설명용입니다.

쿨스 공정: 확산방지막 접점과 PDA 선택 도포

접점의 열처리를 끝낸 뒤, 전기 접촉면을 가리지 않도록 PDA를 도포합니다

01 접점·Ni계 방지막 형성



레이저 개구 후 금속 접점 형성
Ni계 층으로 구리 확산을 차단

개구·코팅 장면은 공정 설명용 생성 이미지입니다. 레이저 개구만으로 저저항 접점이 완성되지는 않습니다.

02 PDA 선택 도포

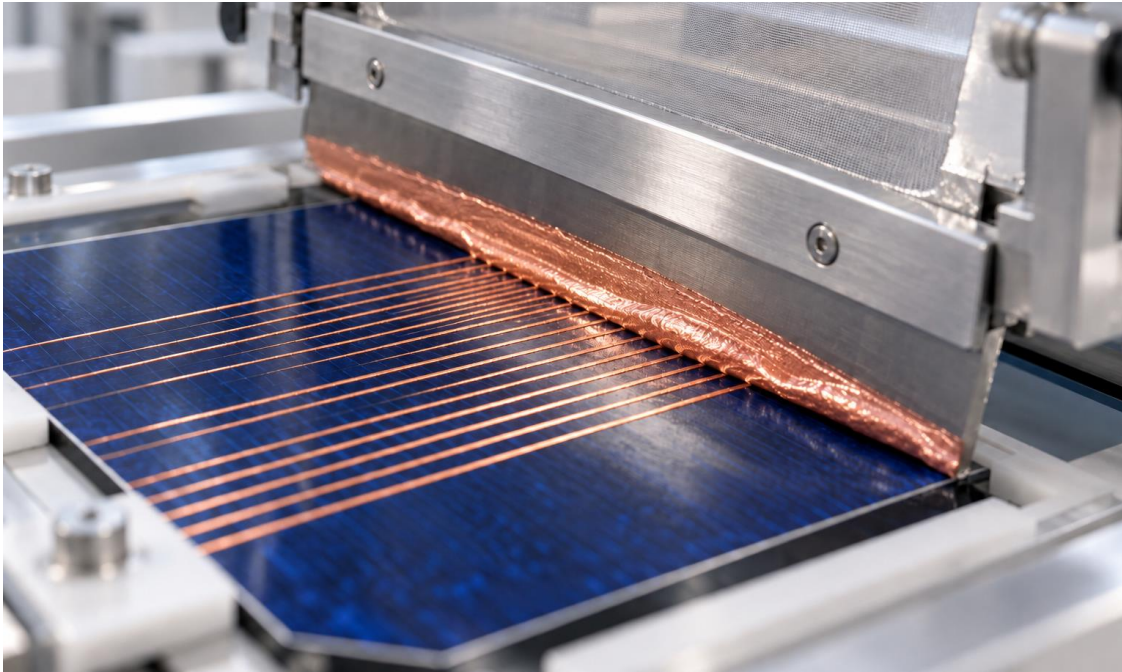


전기 접점은 노출된 상태로 유지
주변 표면에 접착층을 형성

쿨스 공정: 무프릿 구리 인쇄와 산화 제어

구리의 산화를 억제하며 입자를 연결하고, PDA 계면의 접착을 유지합니다

03 무프릿 구리 인쇄



구리 선으로 접점들을 연결
입자 연결과 기공을 관리

쿨스 개발 공정의 개념 이미지입니다. 소결 후 PDA 접착 유지와 구리 산화 억제를 함께 평가합니다.

04 보호 분위기·소결

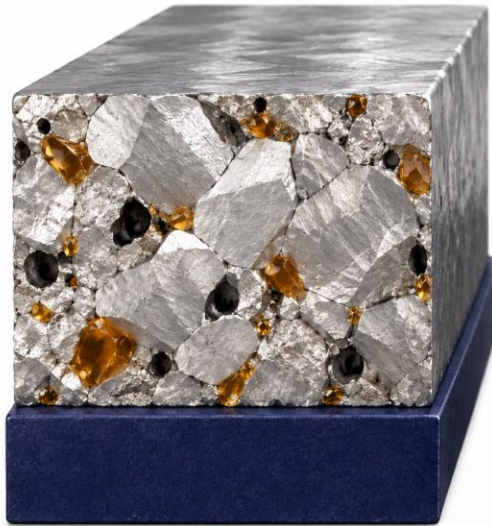


산소 노출 억제·환원 조건 적용
소결 후 표면 보호층 형성

이론 계산: 기존에 가까운 구리 전극 단면

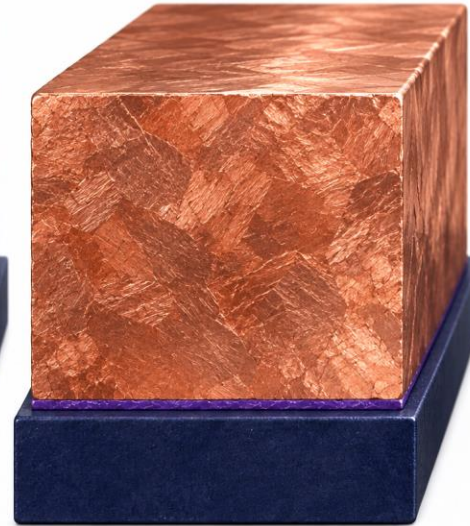
같은 선 길이·저항에서, 구리 비저항 5.00과 은 전극 5.09를 비교합니다

기존 은 선



비저항 5.09

구리 대체 설계



구리 5.00 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$

$$R = \rho L / A$$

필요 구리 단면

98.2%

교체한 배선 본체의 은

0 mg

접점·보호용 은은 별도 합산

5.09는 문헌 은 시료, 5.00은 구리 제조사 사례를 이용한 계산 기준입니다. 쿨스 PDA 구조의 실측값은 아닙니다.

파급효과: 은 사용량 85-90% 절감 시나리오

기존 은 100 mg 중 90 mg을 구리로 대체하고, 유지할 은과 추가 은을 합산합니다



100 mg은 계산 기준량이며 교체 비중 90%를 가정했습니다. 표는 추가 은에 따른 민감도입니다. 구리 질량은 제외합니다.

100 mg

기준

10-15 mg

구리 대체 설계

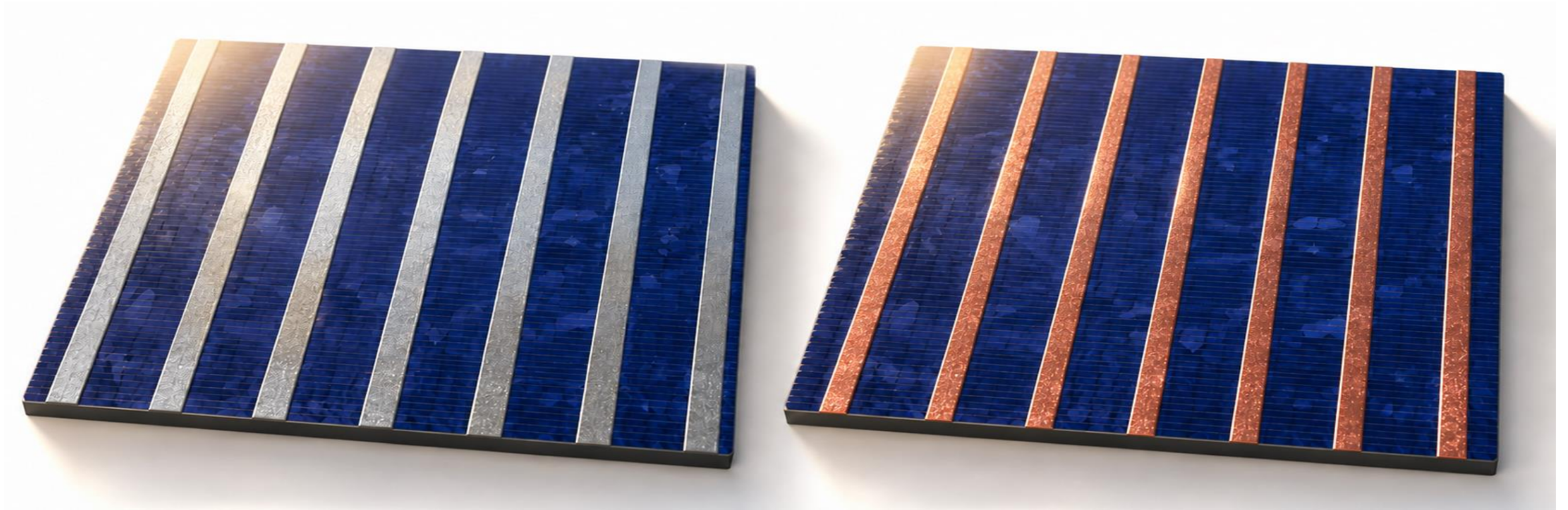
추가 보호 은	최종 은 사용량	절감률
0 mg	10 mg	90%
5 mg	15 mg	85%
10 mg	20 mg	80%

잔여 은 = 유지 10 mg + 추가 보호 은

앞선 은 전극안 47.8 mg / 구리안 10-15 mg

파급효과: 은 원재료비와 가격 변동 부담 감소

은 단가가 같으면, 은 소재비도 사용량 감소 비율에 따라 줄어듭니다



기존 은 사용량 100%

전극 본체까지 은 사용

은 소재비 기준입니다. 총제조원가에는 구리 페이스트·접점·PDA·소결·보호 공정비와 수율을 함께 반영합니다.

구리안 은 사용량 10-15%

은은 접점·보호부에 집중

쿨스 구리 전극의 개발 목표와 적용 효과

PDA 접착과 구리 인쇄를 결합하여, 전극 본체의 은을 구리로 전환합니다

셀 전체 은 절감

85-90%

교체 비중 90%의 계산 목표

기존 은 100 mg 기준
최종 은 10-15 mg

전기 접촉·확산 방지·접착 유지
기존 인쇄 공정 활용



외부 실증: Fraunhofer Ni/Cu/Ag 도금 1.1 mg Ag/Wp, 효율 24%. 쿨스의 PDA·인쇄·소결 구조는 개발안입니다.



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
