

12단 HBM

유전체 선접합 후 Cu 일괄 연결

조진현 쿨스 대표 jhcho@cools.co.kr

SUMMARY

HBM 고단화는 접합 공정의 열 부담을 키운다. 층별 처리는 누적 열이력을 만들고, 일괄 오븐 처리는 스택 전체를 가열한다. 12단을 유전체로 먼저 접합해 정렬과 고정을 확보한 뒤, Cu 연결은 1500 nm 나노초 광열 처리 한 번으로 완성하는 구성이다. 1500 nm는 실리콘의 밴드갭 흡수가 억제되는 파장대여서 스택을 투과하고 패드 배면 TiN 흡수층에서만 발열한다. 계면마다 깊이가 다르므로 금속 차폐를 피한 광경로 설계와 계면별 에너지 배정이 핵심이다.

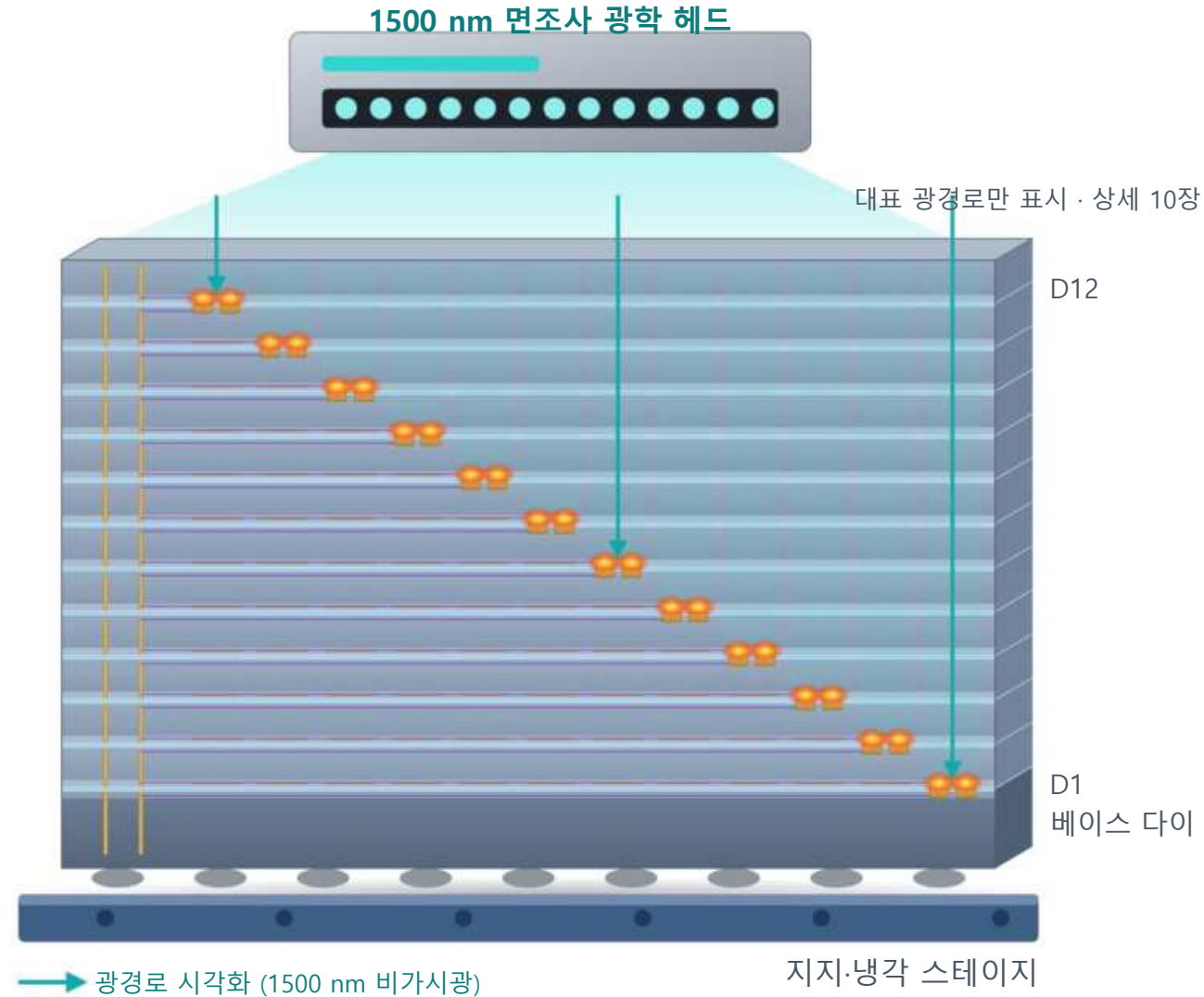
12단 HBM, 유전체 선접합 후 Cu 일괄 연결

1500 nm 나노초 광열 하이브리드 본딩

유전체로 12단을 먼저 고정하고,
Cu 연결은 한 번의 광열 처리 공정으로 완성한다

(주)쿨스 · 조진현 박사

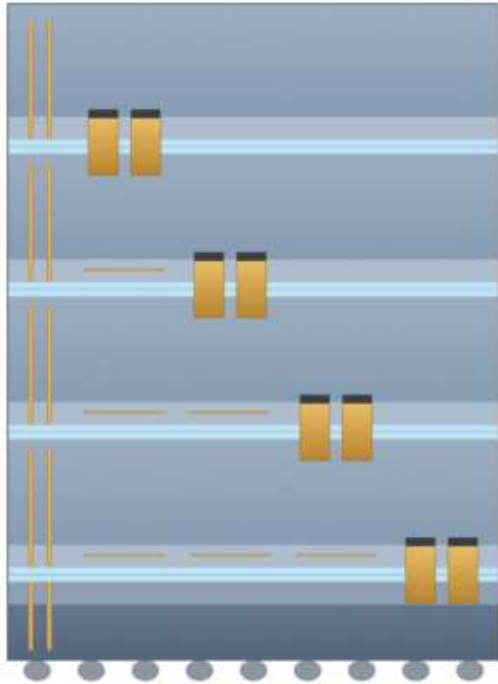
기술자료 · 2026. 09.



HBM 고단화는 접합 공정의 열 부담을 키운다

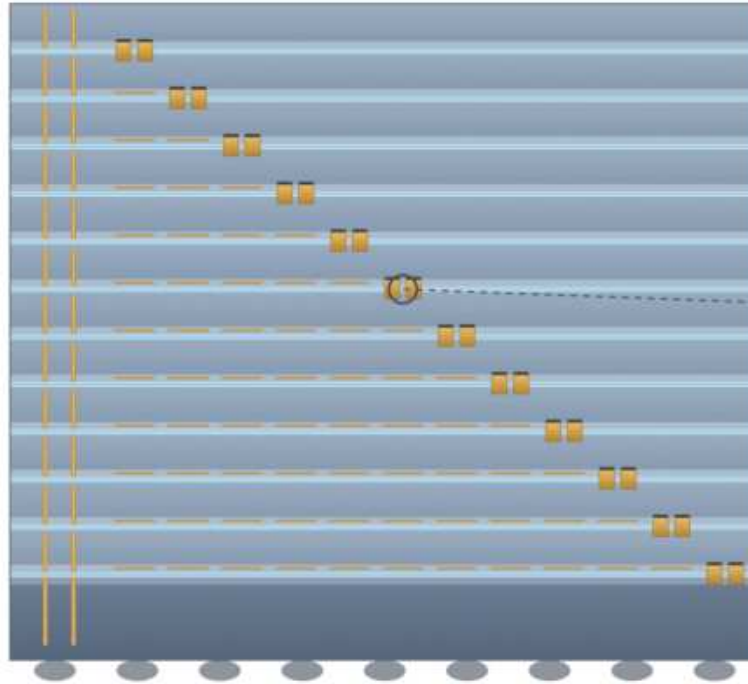
접합 품질을 확보하면서 적층체의 열이력을 줄여야 한다

저단 적층



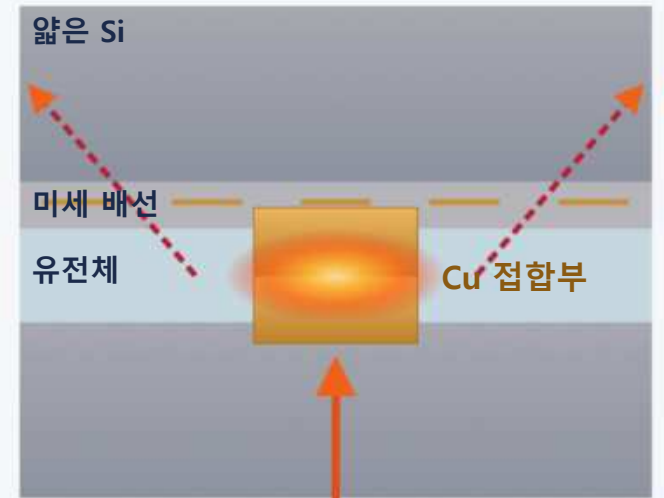
다이가 두껍고 계면 수가 적다

12단 적층



같은 높이에 더 얇은 다이 · 계면 12개

다이·유전체가 받는 열 부담



Cu 접합에 필요한 열

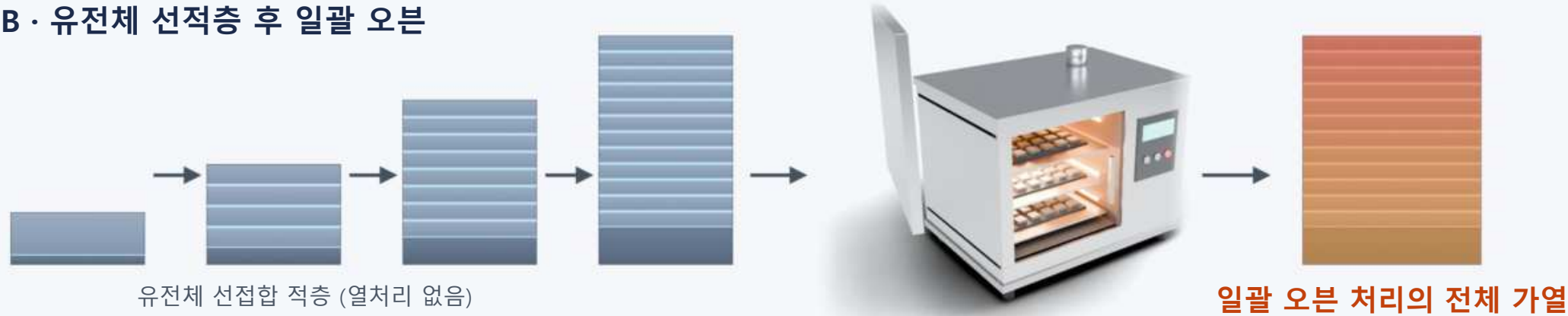
열처리를 어디에 배치하느냐가 적층 부담을 바꾼다

층별 처리의 누적 열이력 · 일괄 오븐 처리의 전체 가열

시나리오 A · 층별 접합·열처리 반복



시나리오 B · 유전체 선적층 후 일괄 오븐



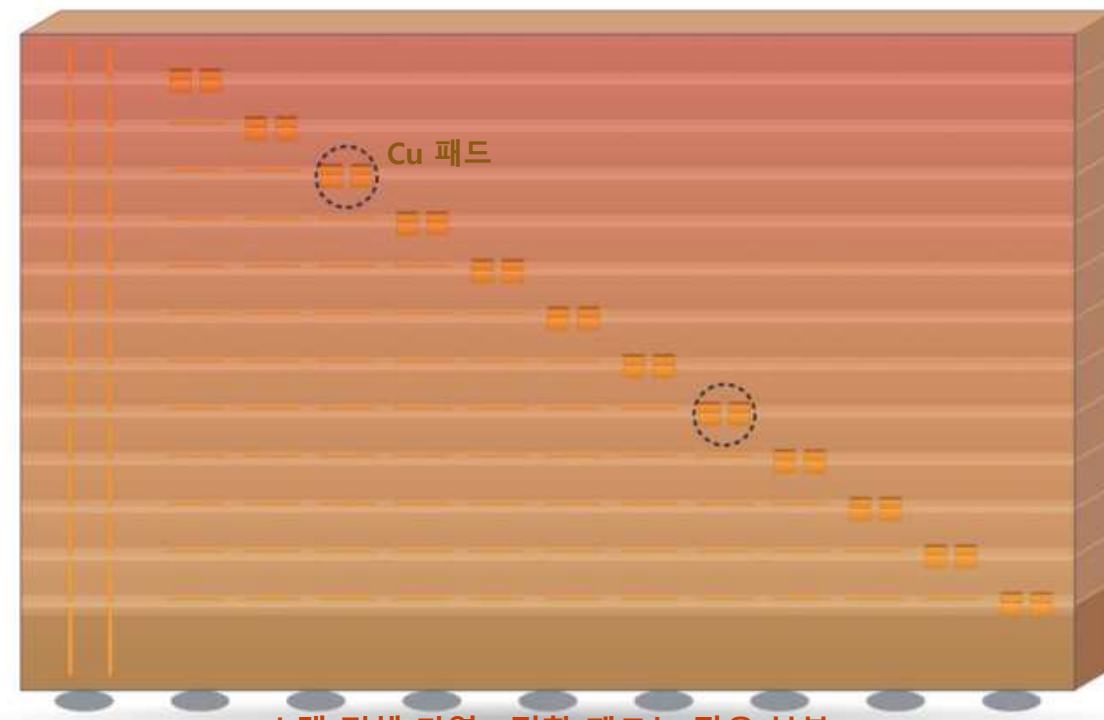
비교용 공정 시나리오 · 정성 표현

오븐은 접합부와 스택 전체를 함께 가열한다

접합부의 열 요구가 적층체 전체의 열이력으로 이어진다



HBM 스택 트레이



스택 전체 가열 · 접합 패드는 작은 부분



열 부담은 정렬·신뢰성·공정시간으로 이어진다

쿨스 제안 공정 개념도

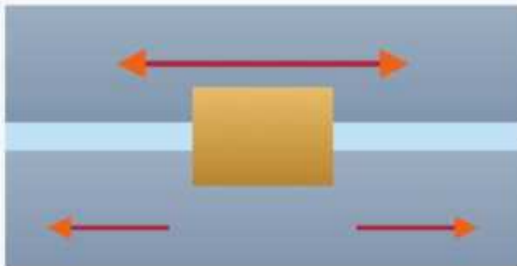
전체 열이력 감소가 고단 적층의 공정 여유를 넓힌다

다이 휨



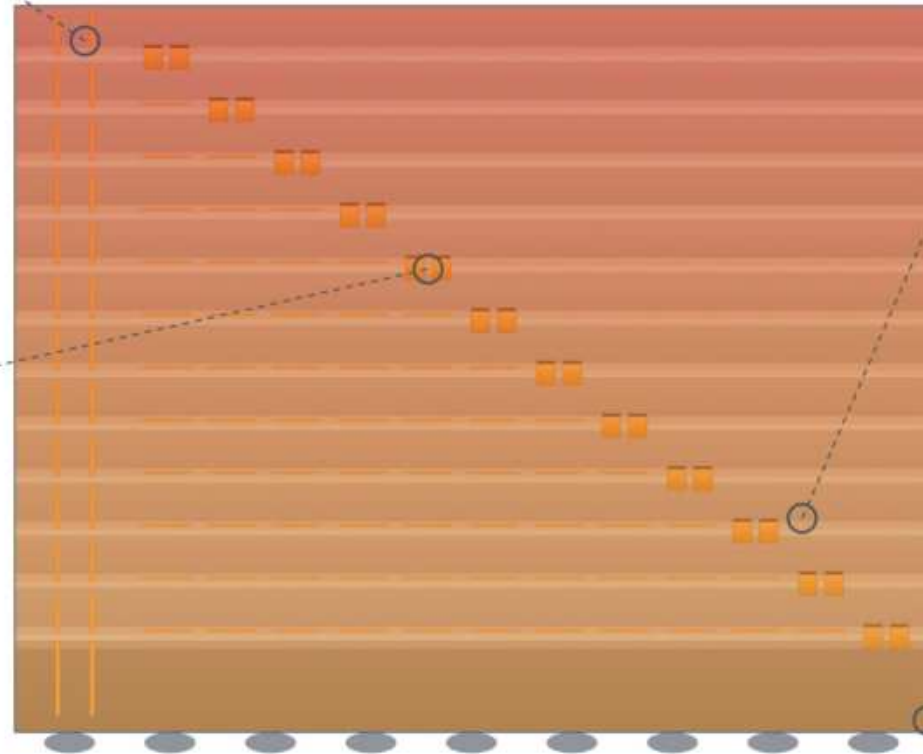
영향 개념 · 변형 과장

계면 응력

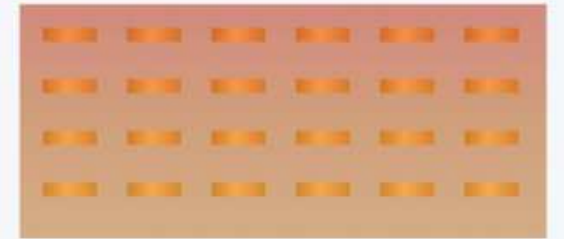


영향 개념

전체 가열된 12단 스택 (정성)



배선·유전체 열 노출



영향 개념

대기 중인 스택 트레이

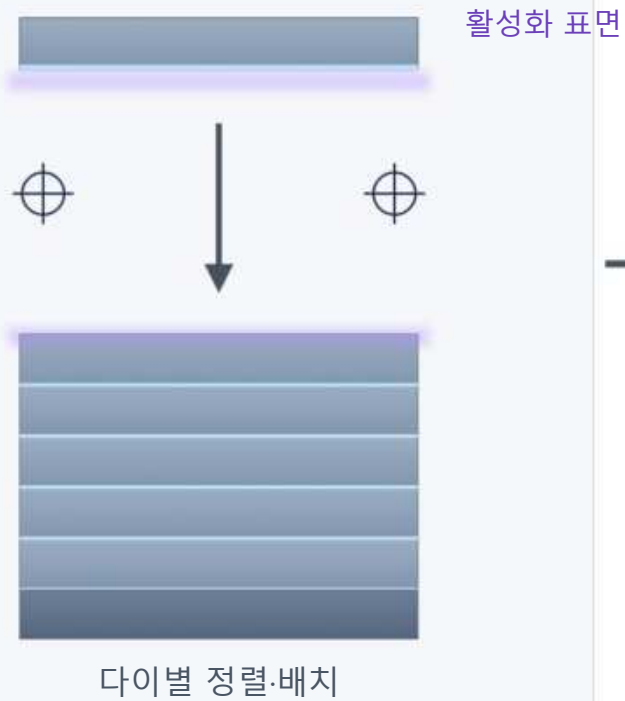


공정 체류 개념

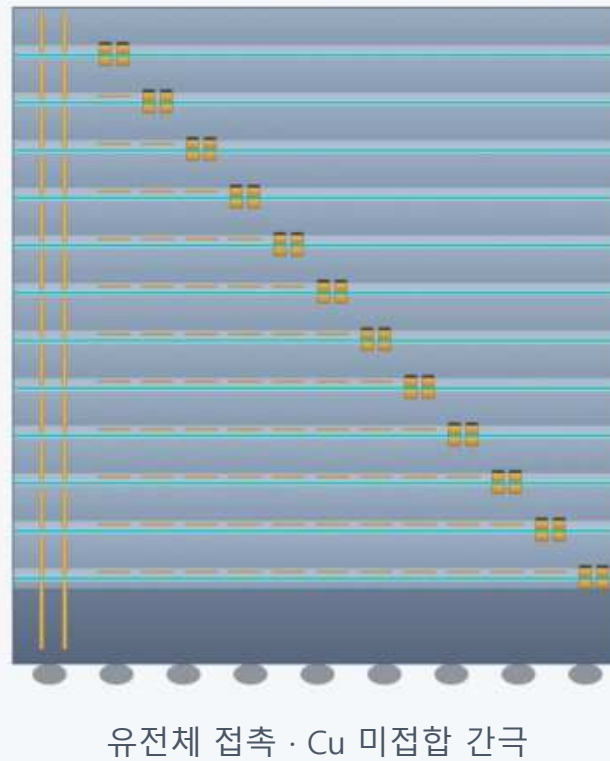
유전체로 먼저 쌓고, Cu는 일괄 연결한다

12단 유전체 선접합 → 1500 nm 계면 선택 가열 → Cu 일괄 접합

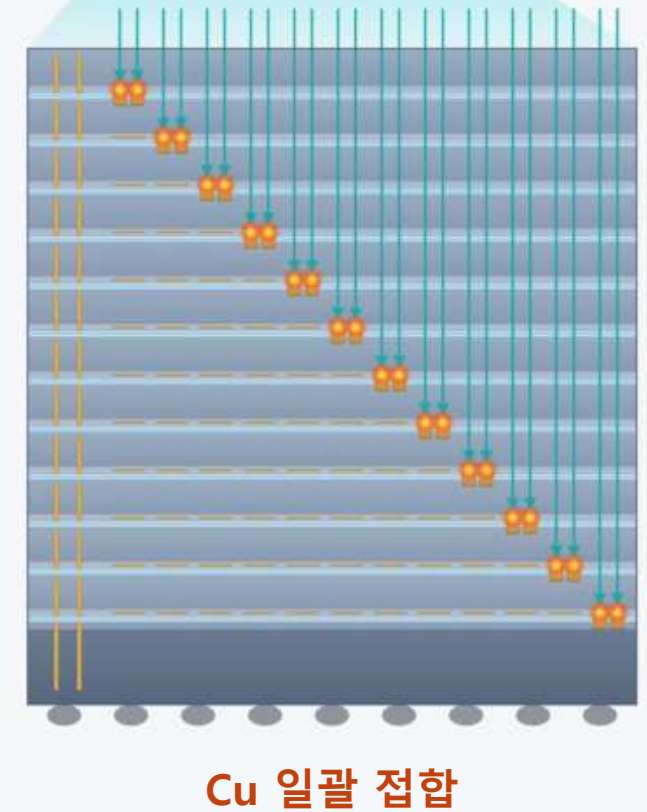
① 표면 활성화·정렬



② 12단 유전체 선접합



③ 1500 nm 계면 선택 가열



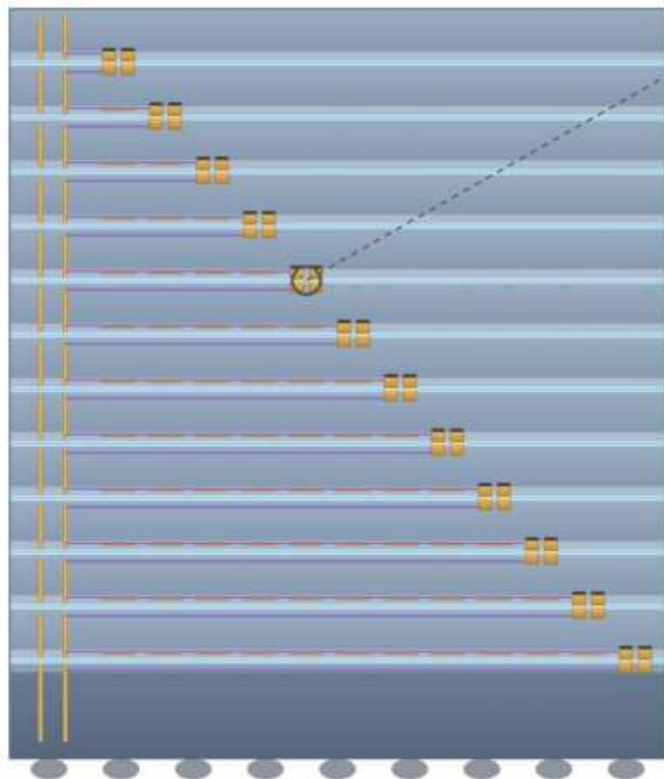
→ 광경로 시각화 (1500 nm 비가시광)

조사 전에는 유전체가 스택의 위치를 잡는다

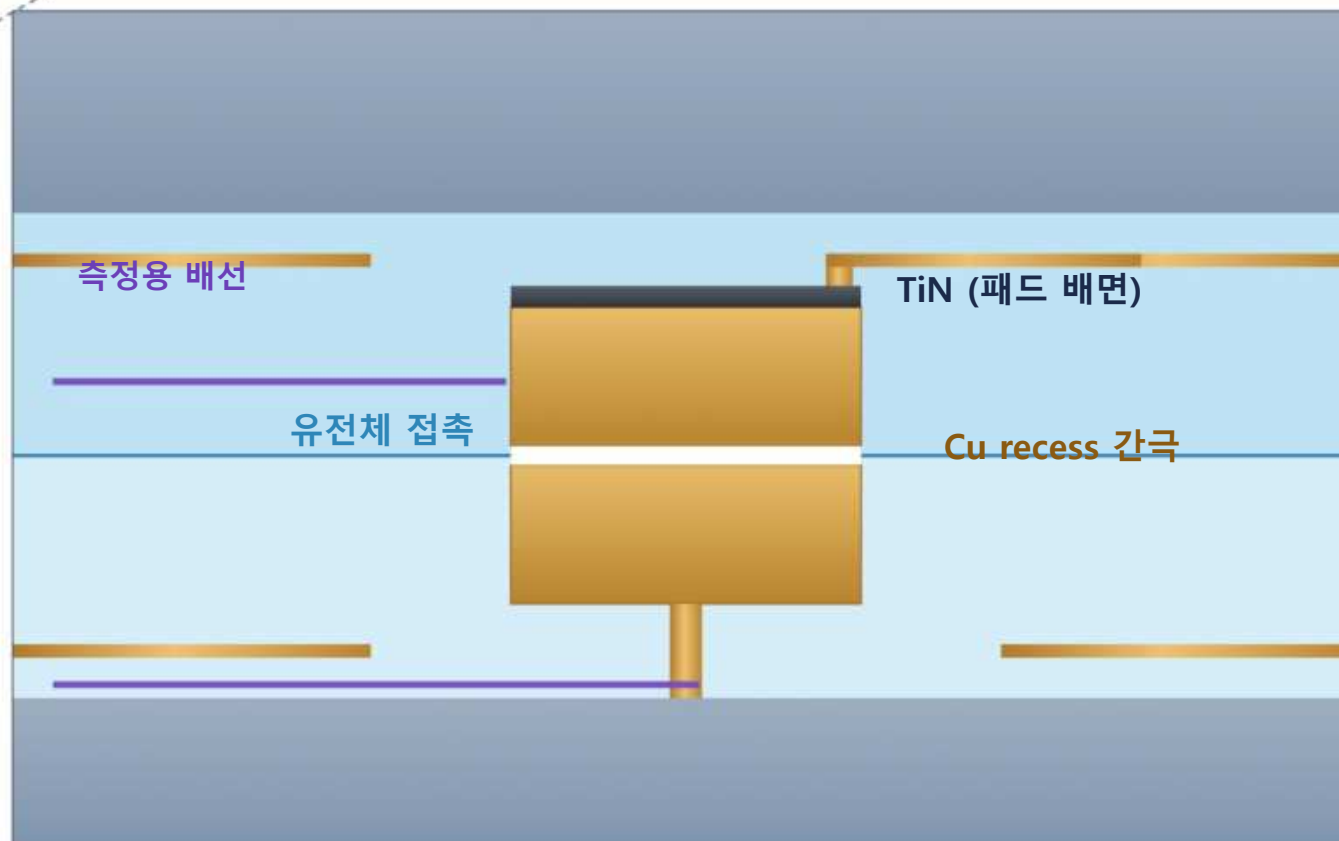
정렬·고정은 먼저 확보하고, Cu 접합은 마지막에 완성한다

계면 확대 · 레이저 조사 전

12단 선접합 스택 (조사 전)



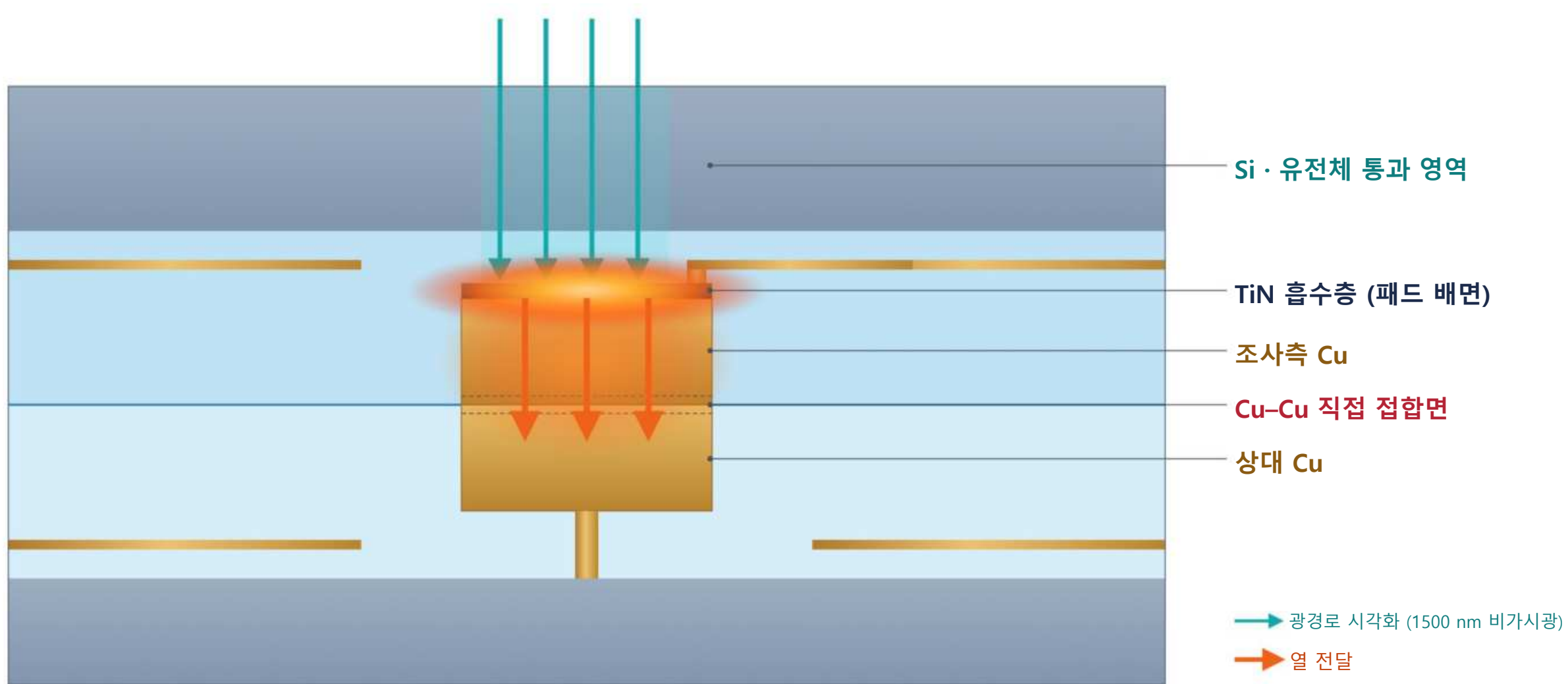
정렬·고정은 유전체 접착이 유지



TiN에서 빛을 흡수하고 Cu 접합부로 열을 전달한다

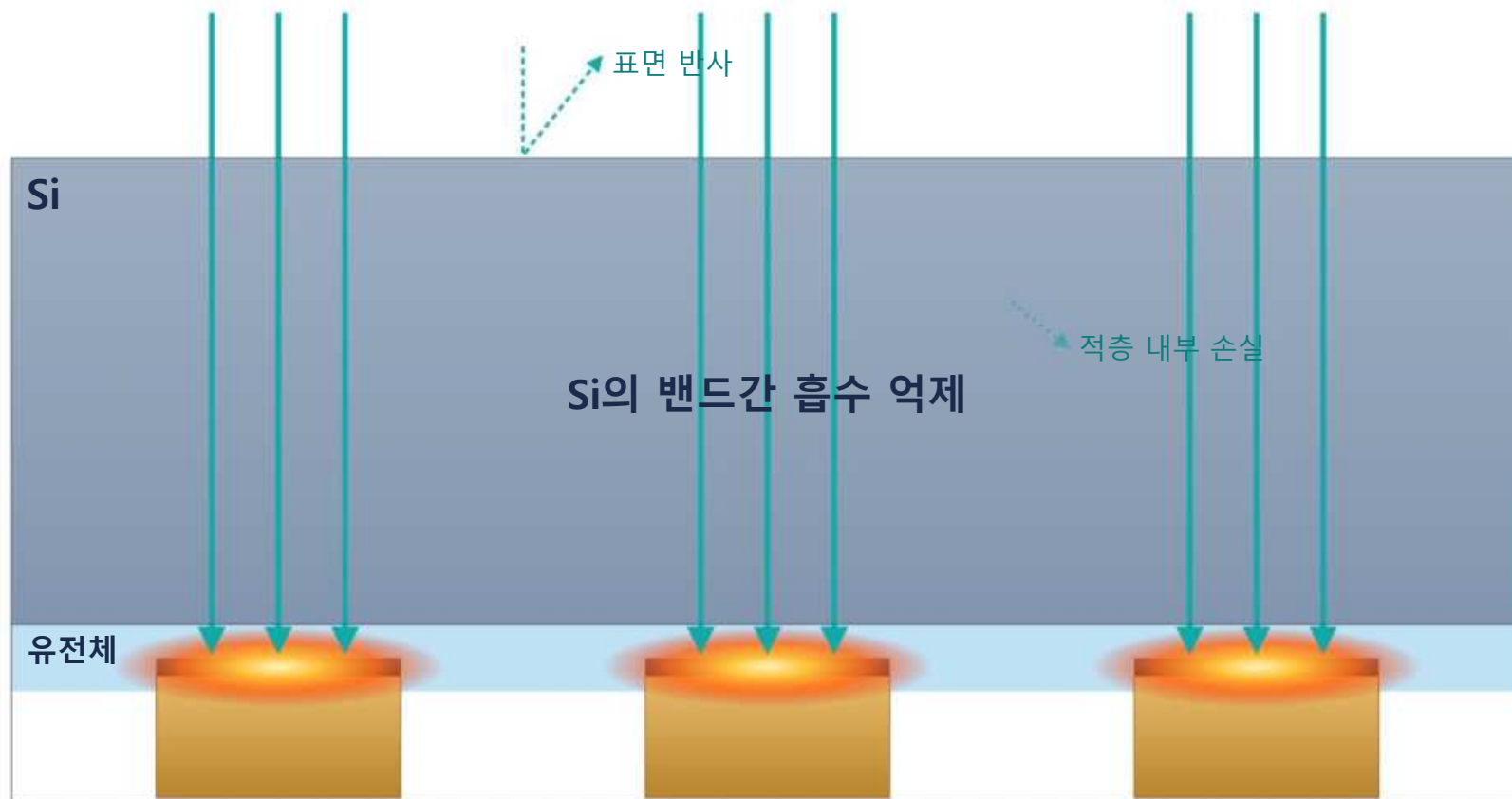
쿨스 제안 공정 개념도

패드 배면 흡수층 · Cu-Cu 직접 접합면



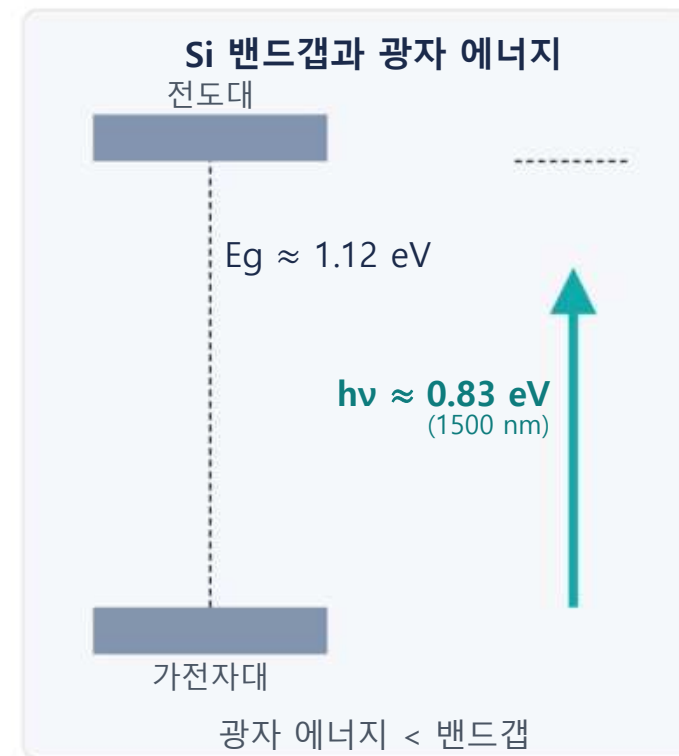
1500 nm는 Si 투과와 패드 선택 흡수를 연결한다

Si의 밴드간 흡수 억제 · TiN 패턴에서 에너지 흡수



TiN 패턴에서 에너지 흡수

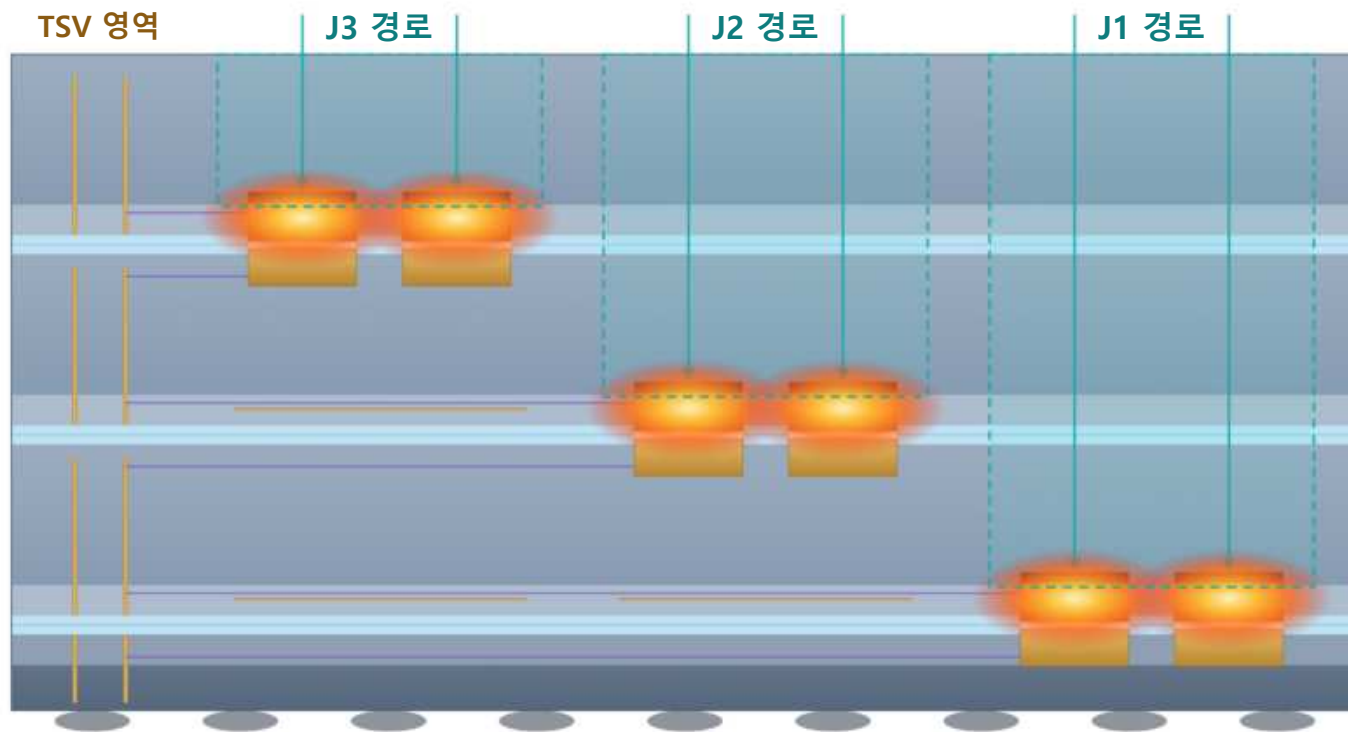
→ 광경로 시각화 (1500 nm 비가시광)



각 깊이의 흡수층까지 도달하는 광경로를 설계한다

쿨스 제안 공정 개념도

금속 차폐를 피한 깊이별 광학 접근

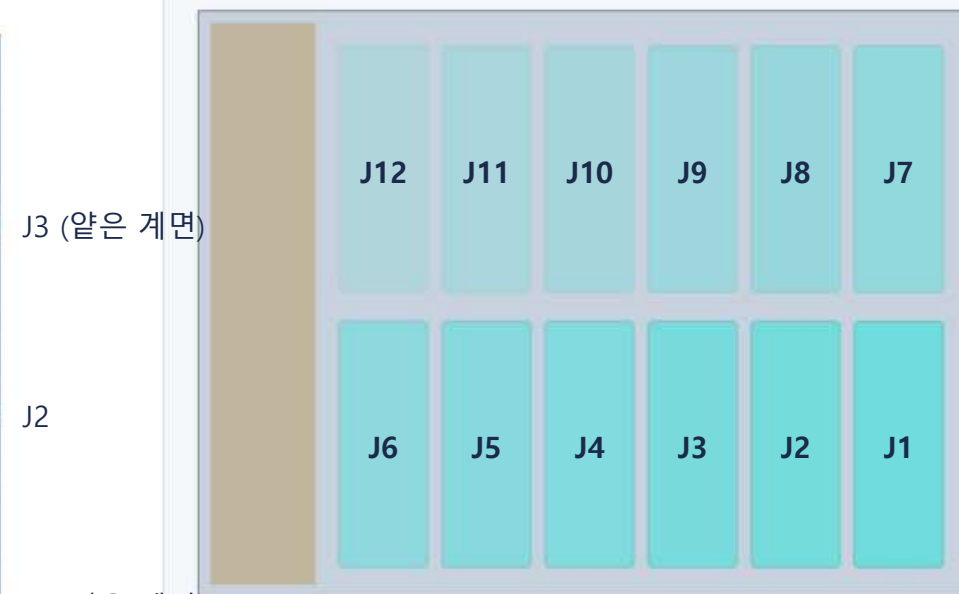


→ 광경로 시각화 (1500 nm 비가시광)

— 전기 연결 (RDL-TSV)

광경로 설계 예시 · 실제 패드·배선 레이아웃 최적화 필요

12개 깊이의 입사 영역 배정 (평면 개념)

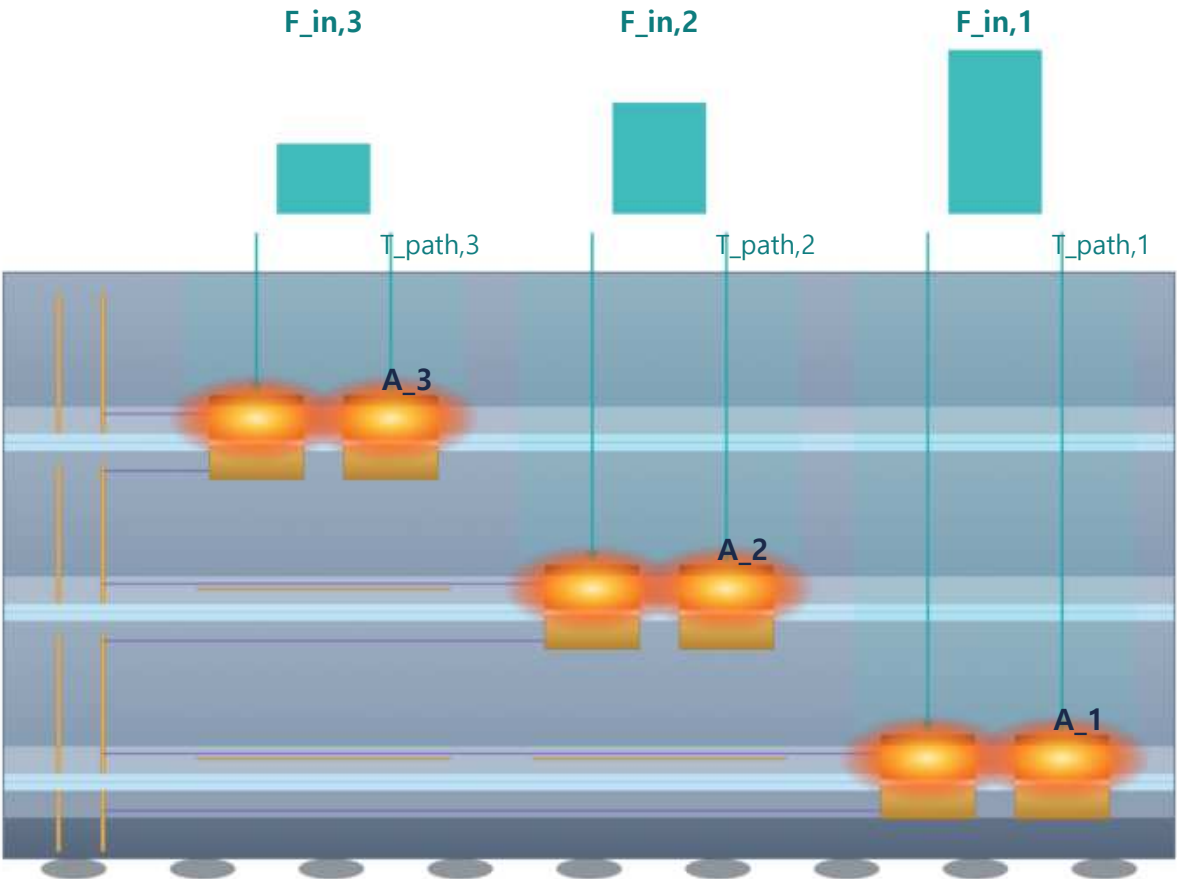


TSV 깊을수록 진한 색 · 각 영역은 목표 흡수층에서 종료

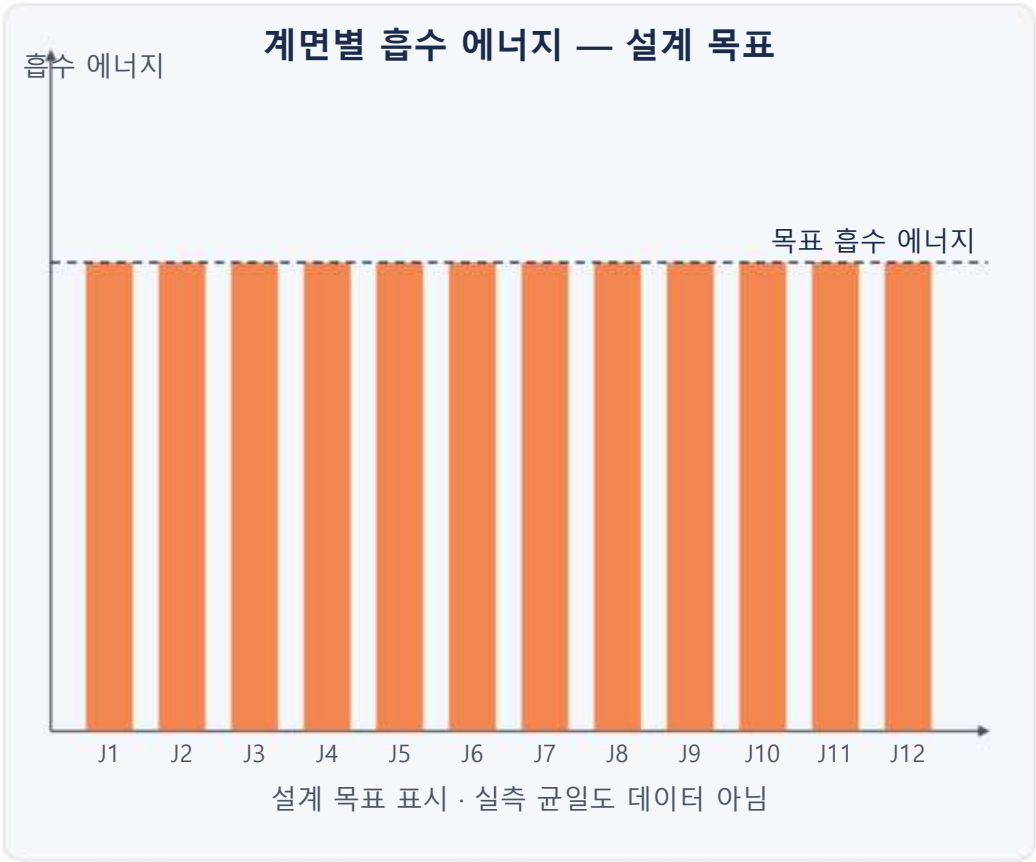
베이스 다이

깊이가 달라도 각 계면에 필요한 에너지를 배정한다

$F_{abs,i} = F_{in,i} \times T_{path,i} \times A_i$



깊은 경로일수록 T_path 가 작아 입사량을 높인다

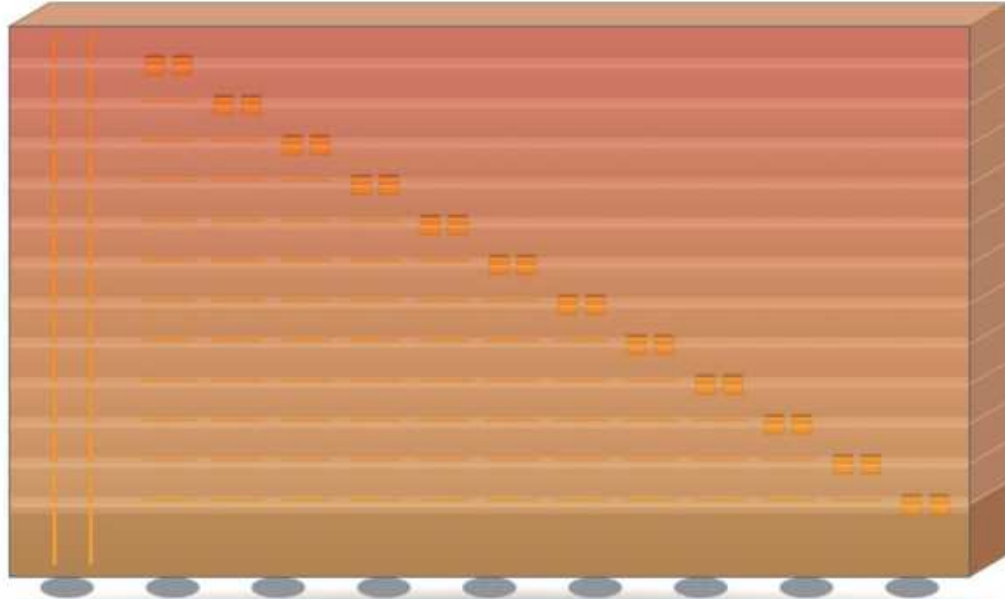


같은 접합부, 다른 공간·시간 열분포

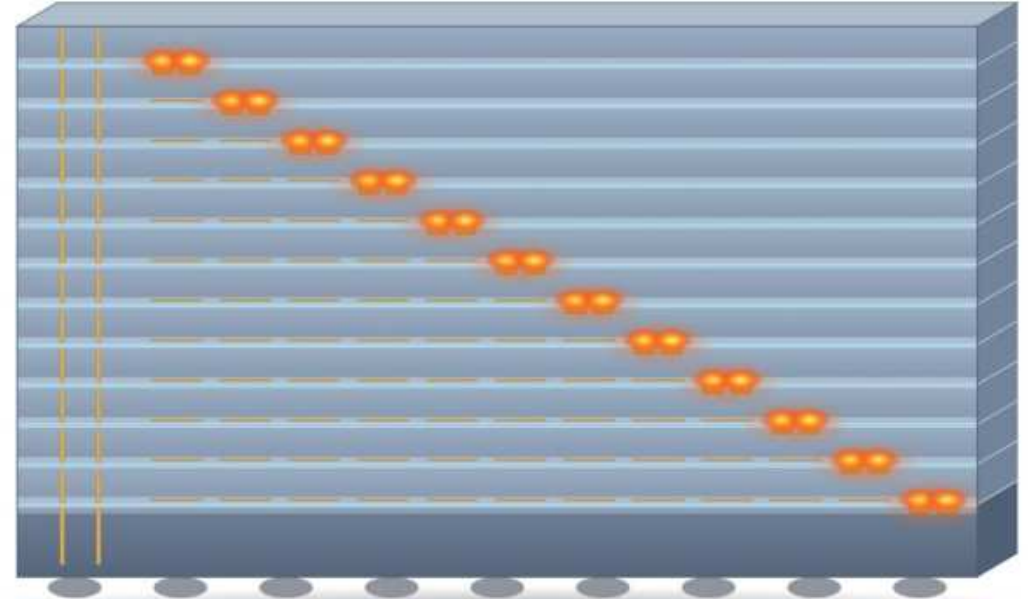
가열 위치와 고온 노출시간을 함께 제한한다

정성 온도 분포 · 동일 범례
낮음  높음

기존: 오븐 유지 중

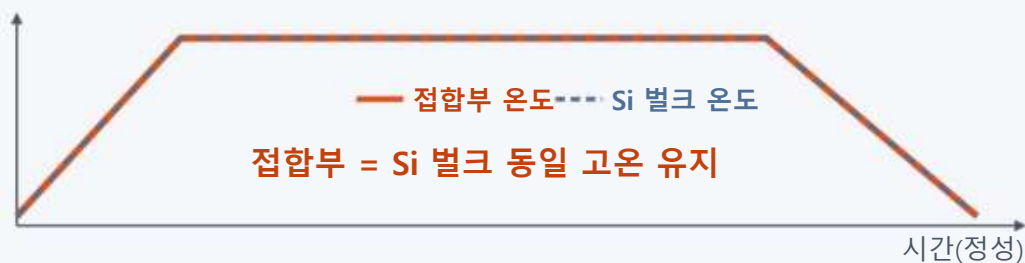


쿨스: 펄스 조사 중

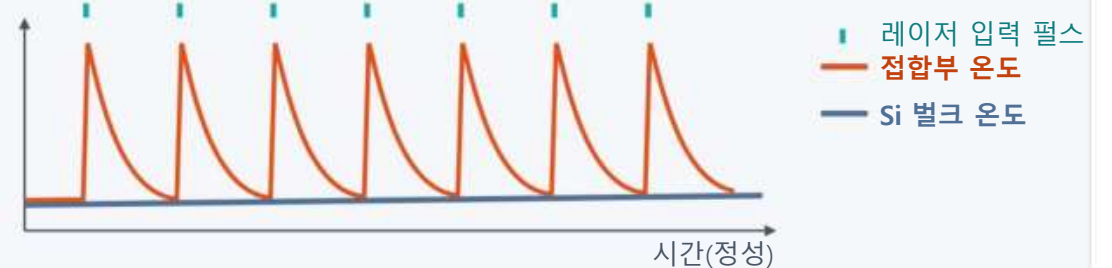


정성 표현 · 두 시간축 축척 상이

온도(정성)



온도(정성)

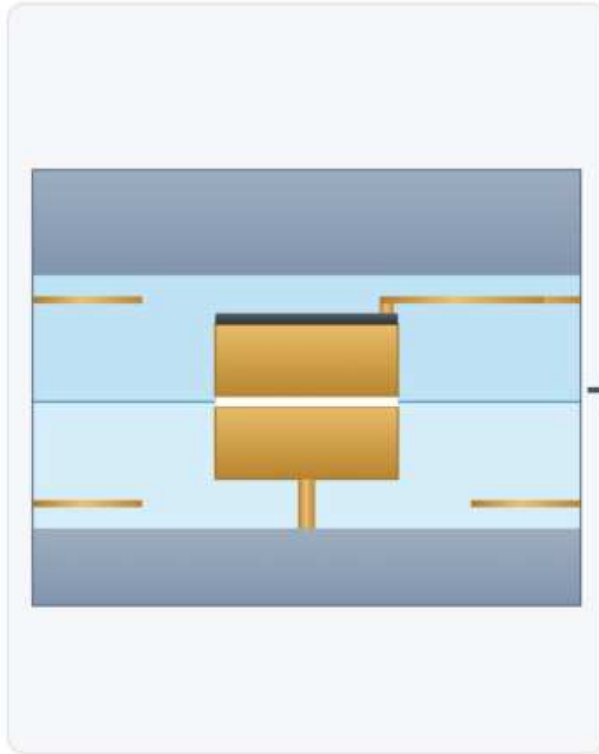


Cu의 순간 팽창으로 접착을 만들고 결합을 형성한다

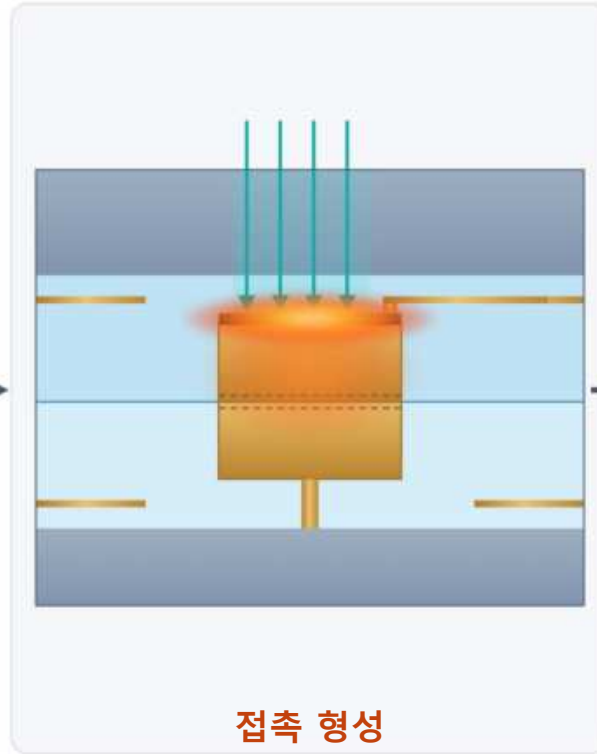
쿨스 제안 공정 개념도

접착 형성 · 결합 성장 · 냉각 후 연결 유지

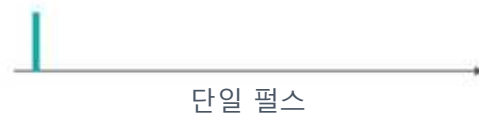
① 유전체 선접합·Cu recess



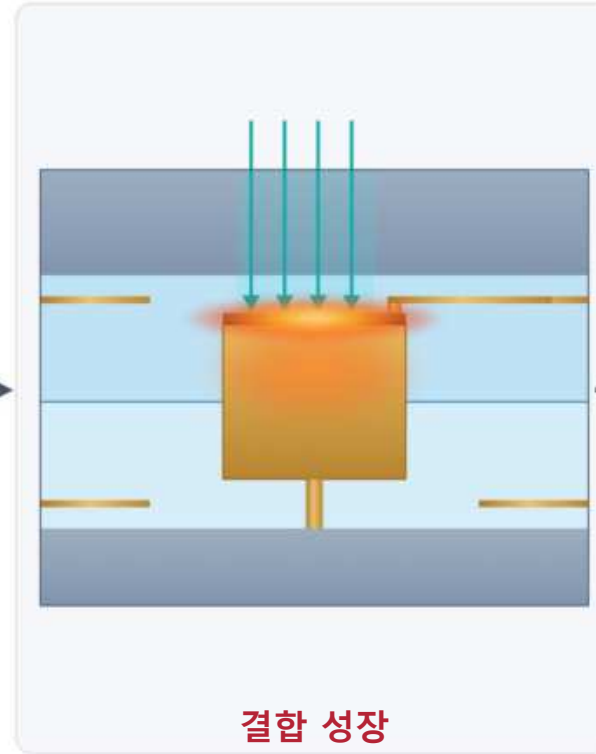
② TiN 발열·Cu 팽창



접착 형성



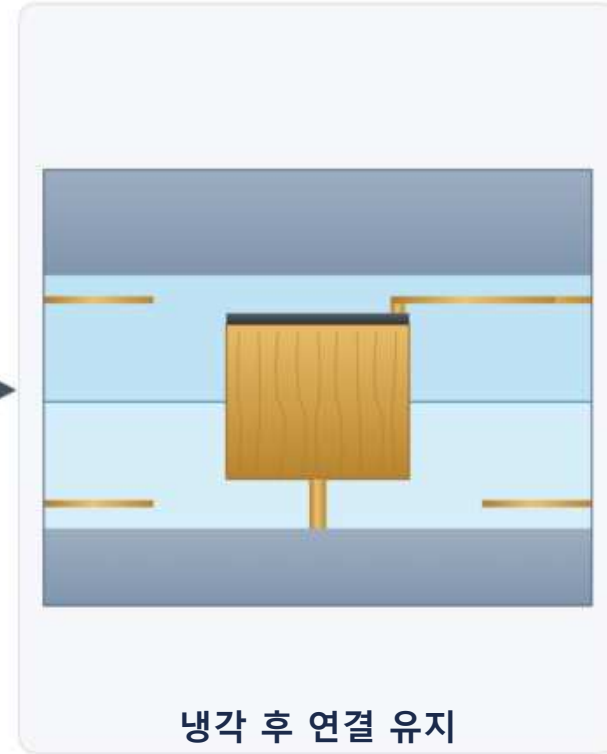
③ 접착 · 결합 성장



결합 성장



④ 냉각 후 연결 유지



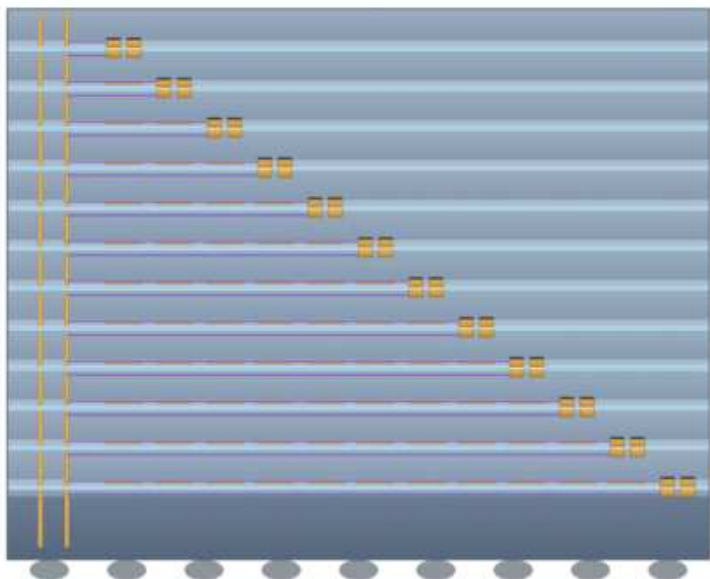
냉각 후 연결 유지

고상 접합 경로 · 개념도 · 결정립은 개념 표현

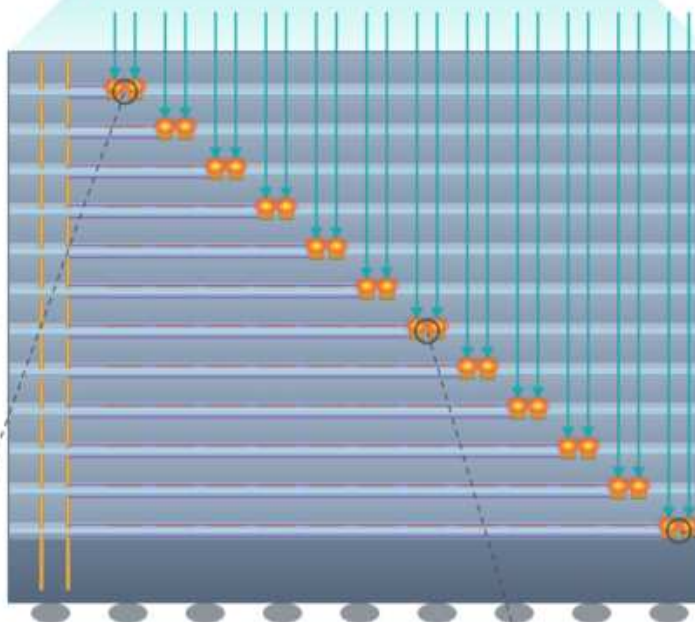
12개 계면을 하나의 광열 처리 시퀀스로 연결한다

12단 적층 완료 후 일괄 Cu 접합

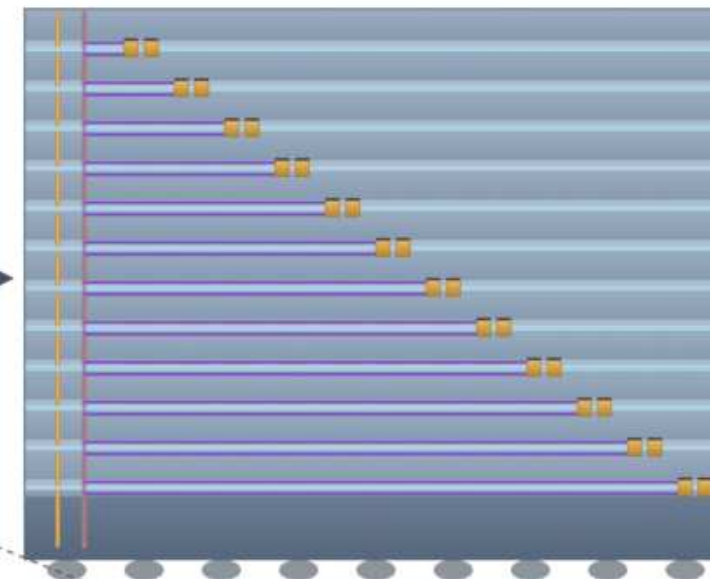
조사 전: Cu 미완성



펄스 시퀀스 중: 깊이별 국부 발열

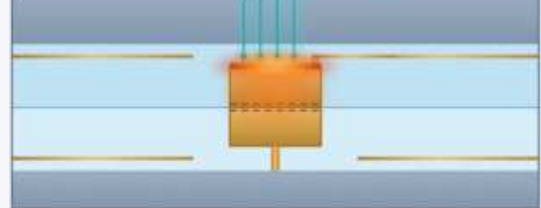


냉각 후: J1-J12 연결

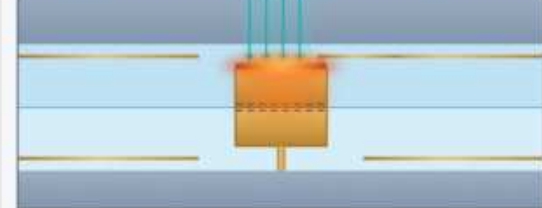


→ 광경로 시각화
— J1-J12 전기 경로

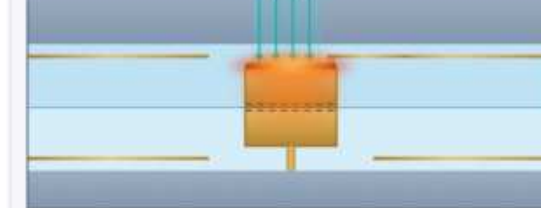
상부 J12



중부 J6



하부 J1

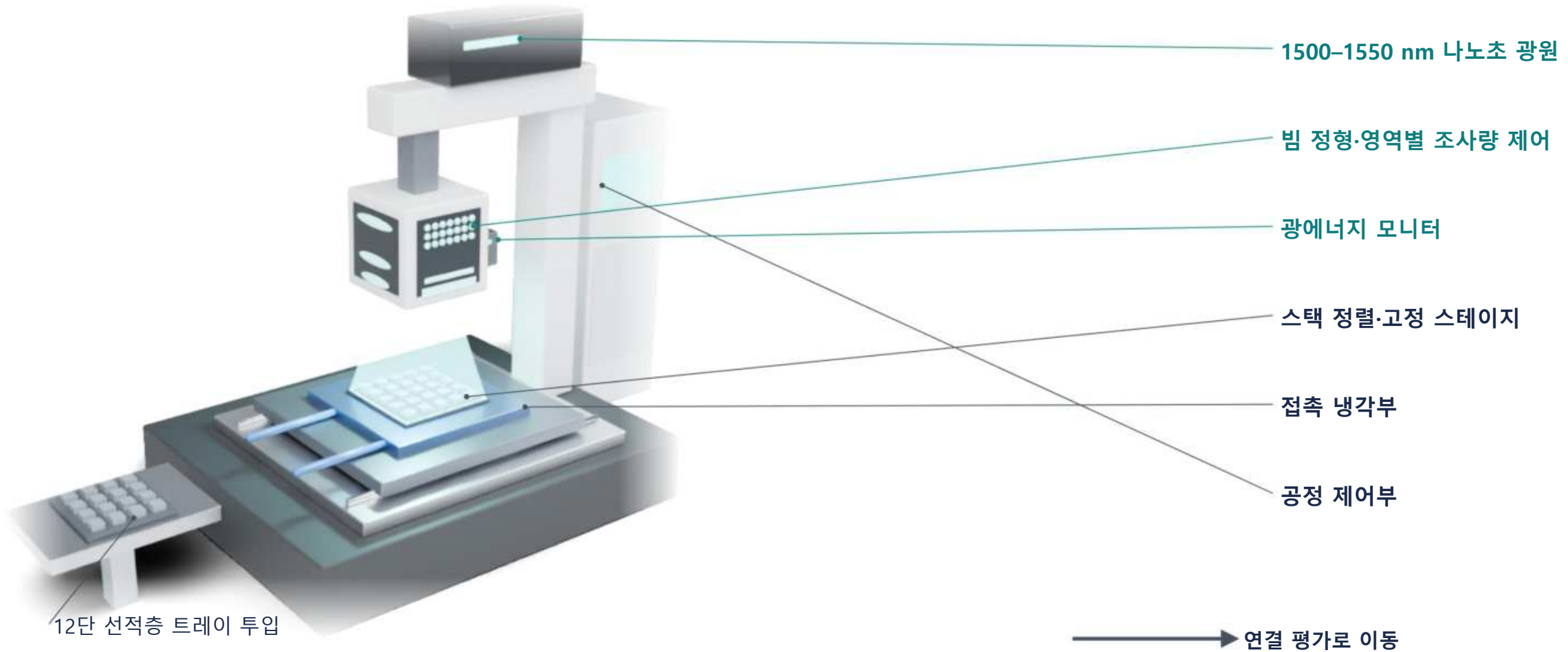


제안 동작 원리 · 검증 데이터 아님

선적층 스택을 투입하는 1500 nm 광열 접합 모듈

쿨스 제안 공정 개념도

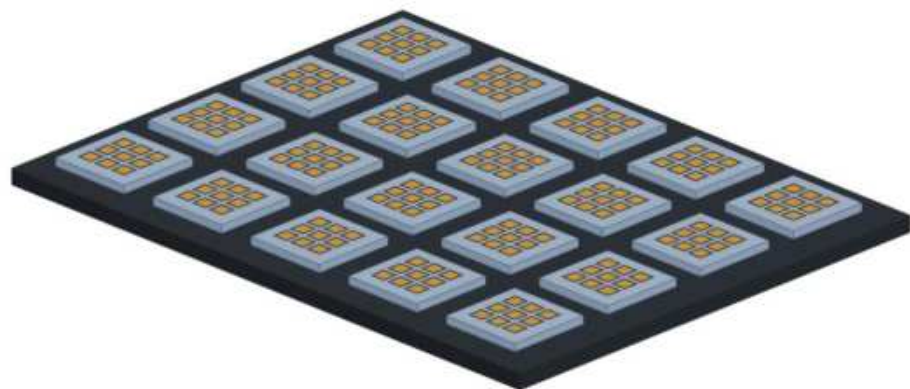
기존 적층 공정 뒤에 연결하는 Cu 접합 모듈



Si-TiN-Cu 모사 시편으로 일괄 접합을 단계적으로 구현한다

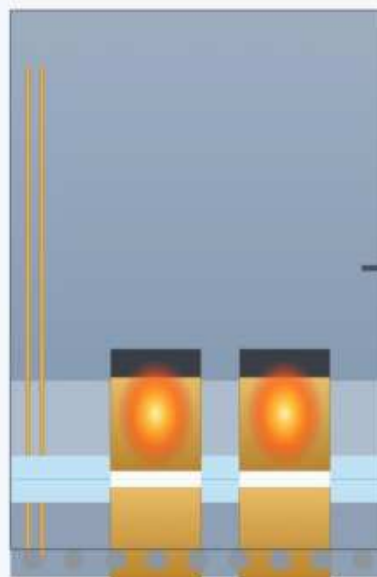
단일 계면에서 조건 확보 → 다층 광경로·열분포 확인 → 12계면 접합 평가

제작 칩 트레이 (개념)



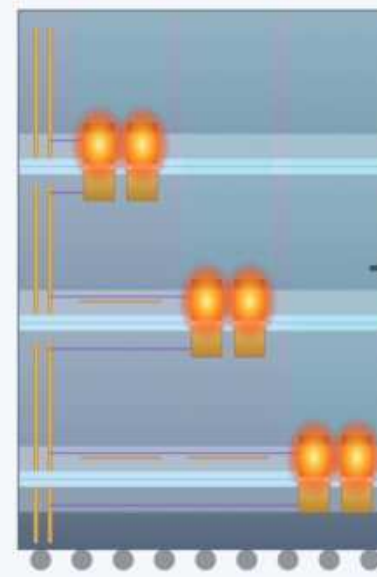
Si · TiN 패턴 · Cu 패드 · 주변 유전체

단일 계면에서 조건 확보



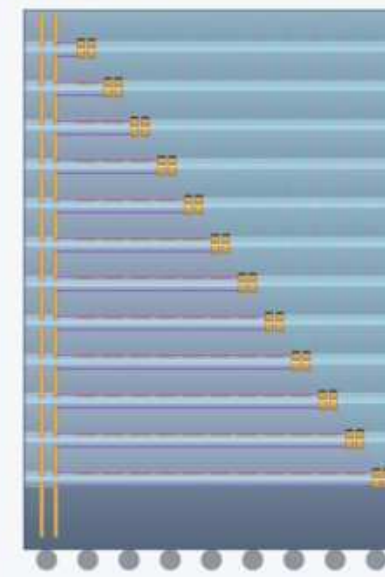
단일 계면 시편

다층 광경로·열분포 확인



3계면 광경로 시편

12계면 접합 평가



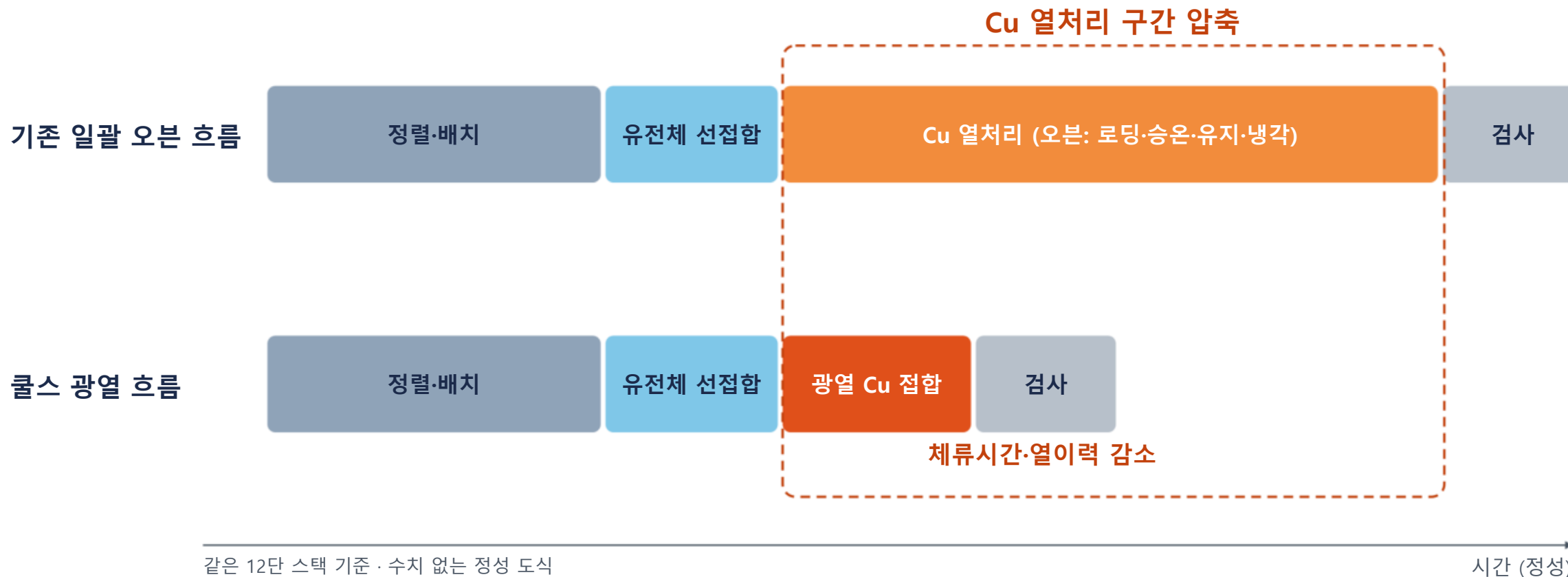
12계면 모사 스택

층별 시험 배선 외부 인출 → 접합저항 측정

Cu 접합 열처리를 일괄화해 공정 체류 부담을 줄인다

쿨스 제안 공정 개념도

배치·선접합 이후의 Cu 열처리 구간을 압축한다

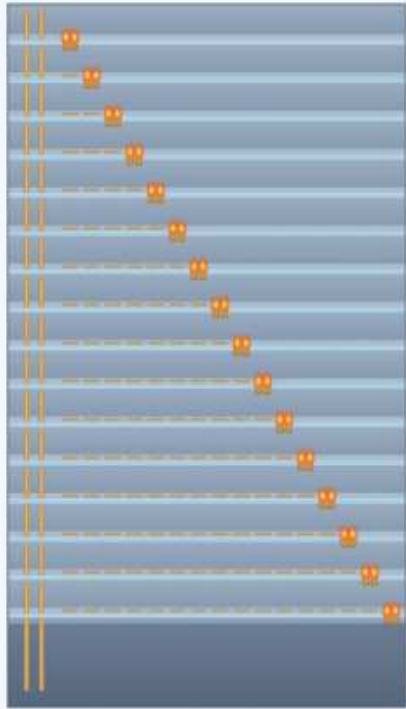


고단화·박형화·미세 접합의 열처리 부담을 낮춘다

쿨스 제안 공정 개념도

접합에 필요한 열을 계면에 집중해 적층체의 열 부담을 낮춘다

고단 스택

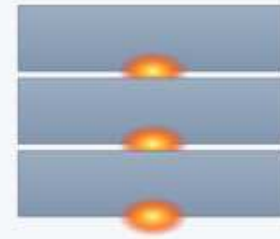


계면이 늘어도 스택 전체 열이력은 억제

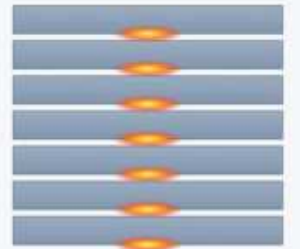


쿨스 1500 nm 광열 접합 모듈

더 얇은 다이



두꺼운 다이



얇은 다이 · 국부 가열

미세 피치 접합



넓은 피치



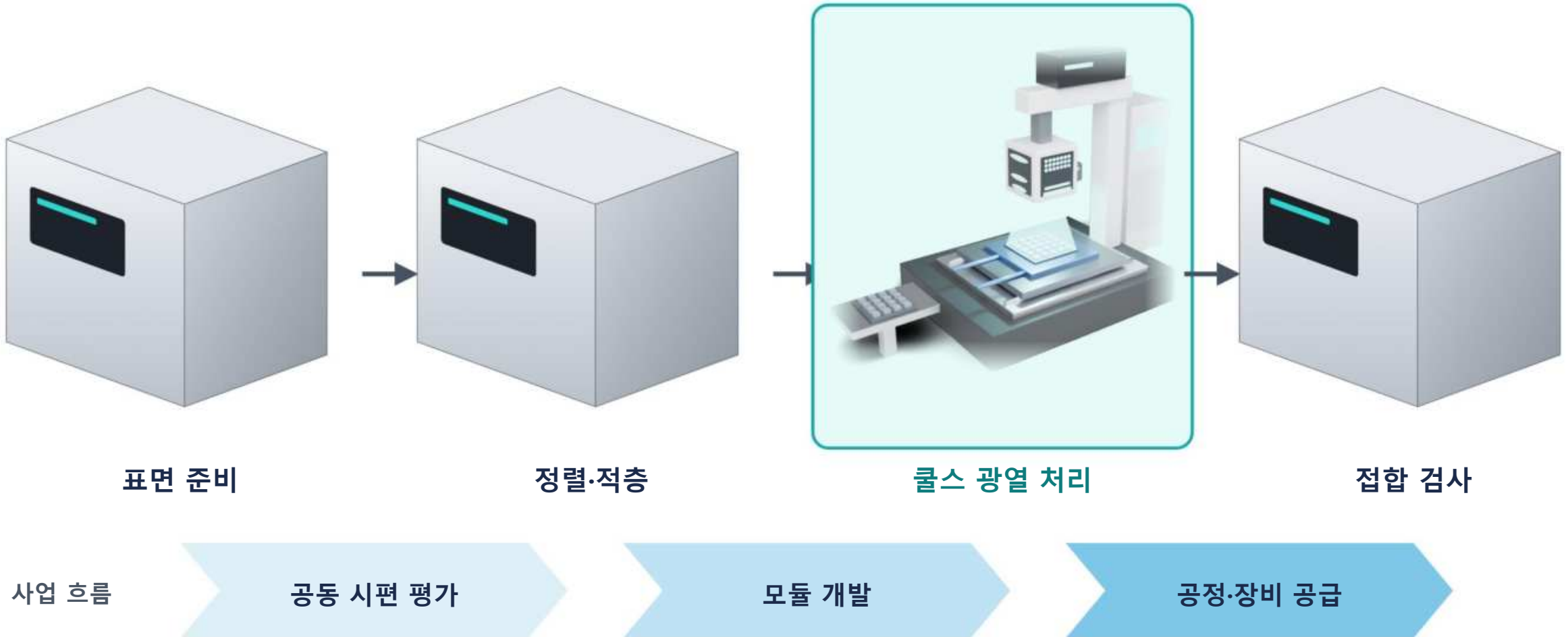
미세 피치 · 패드별 국부 발열

개발 방향 개념도 · 광경로·균일도 검증 병행

장비업체에 계면 선택 어닐링 역량을 더한다

쿨스 제안 공정 개념도

흡수 구조와 광열 레시피를 장비 경쟁력으로 연결한다

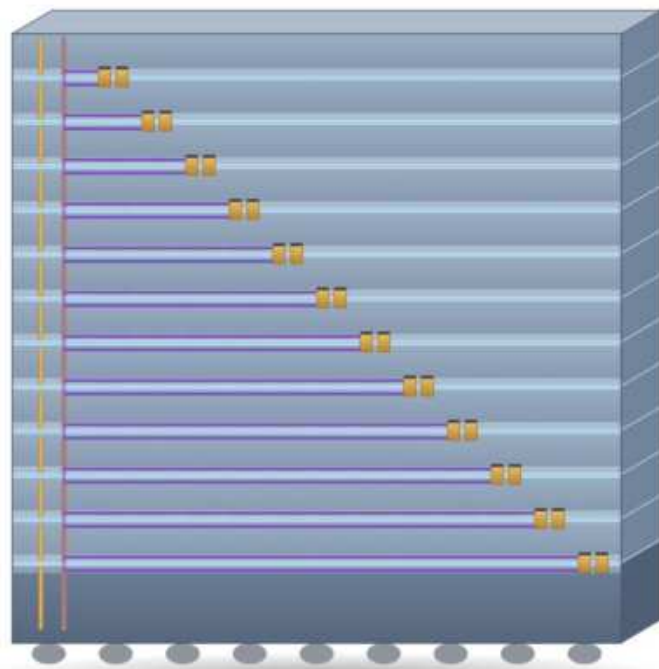


장비 라인 개념도 · 협력 성립을 의미하지 않음

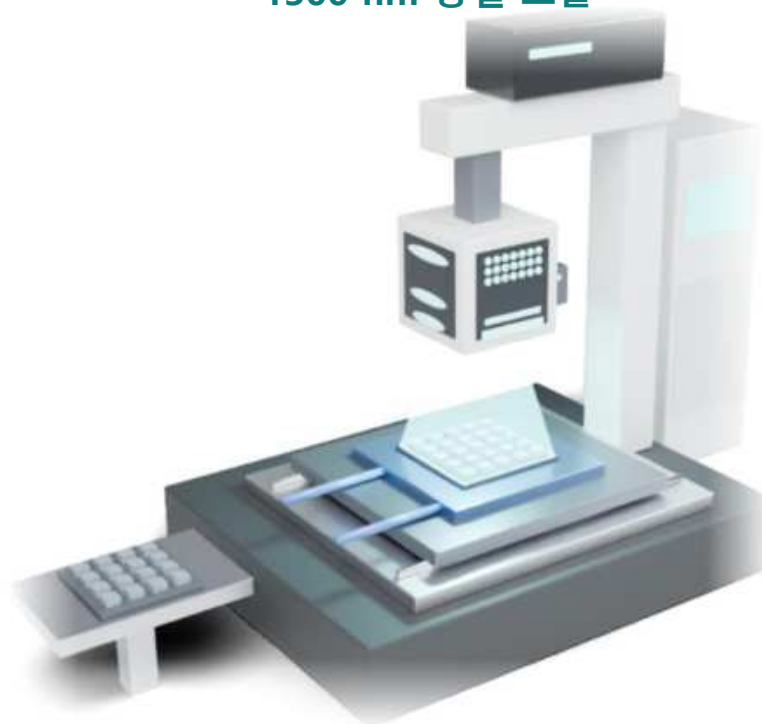
12단 선적층·Cu 일괄 접합의 실증 시스템을 만든다

유전체로 적층을 완성하고, 빛으로 Cu 연결을 완성한다

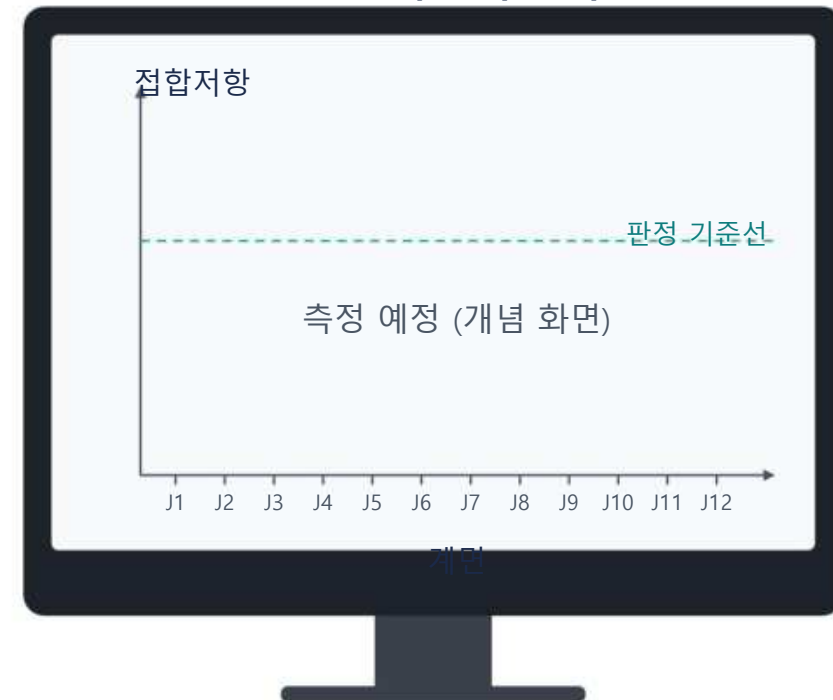
12단 모사 스택



1500 nm 광열 모듈



층별 접합저항 측정 화면



모사 시편 제작과 광열 접합 시스템을 결합해
12개 계면의 접합 품질과 열 노출을 함께 검증한다



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
