

접합 공정과 PIC 동작을 잇는 CPO 열설계

조진현 쿨스 대표 jhcho@cools.co.kr

SUMMARY

CPO 접합에서는 접합부에 필요한 열이 주변 광소자까지 번지고, PIC 안의 열광학 조절부는 단열하면 응답이 느려지고 방열하면 유지전력이 커진다. 1,500 nm 광으로 접합부만 가열하는 옵티컬 서멀클러치와, 히터 아래 열지연층과 열방출층을 나눈 마이크로 서멀클러치로 두 문제를 다룬다.

쿨스 CPO 솔루션

옵티컬 · 마이크로 서멀클러치

접합 공정과 PIC 내부 동작을 잇는 열설계

기존의 애로사항 / 쿨스의 해법 / 파급효과

접합 공정과 PIC 동작의 열 문제

접합 공정

접합부에 필요한 열이
주변 광소자까지 전달

TCB 전도 가열·오븐 전체 가열로
주변 PIC까지 열 전달
→ 접합부만 국소 가열하는 공정 필요

PIC 내부 동작

단열하면 저전력,
방열하면 빠른 응답

열광학 조절부에서 유지전력과
광변조의 전환·복귀 속도를
동시에 개선하는 열구조 필요

쿨스의 접근: 필요한 위치와 시간에 맞춰 열의 경로를 설계

기존 구조의 전력·속도 상충관계



VS



두 위치에 적용하는 서멀클러치

접합부

옵티컬
서멀클러치

EIC-PIC 접합

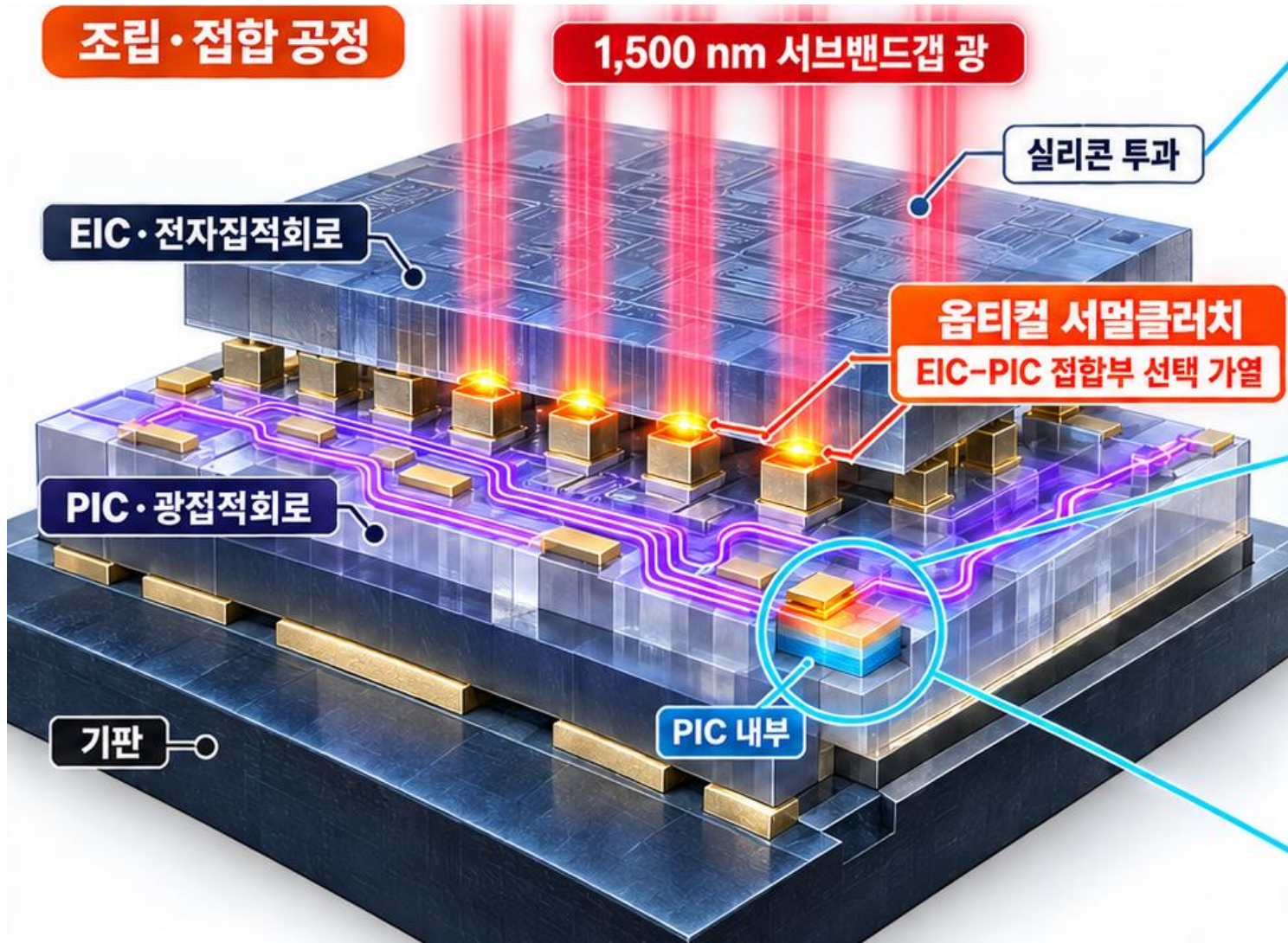
PIC 내부

마이크로
서멀클러치

전력·광변조 응답



1,500 nm 광을 이용한 접합부 선택 가열



1,500 nm

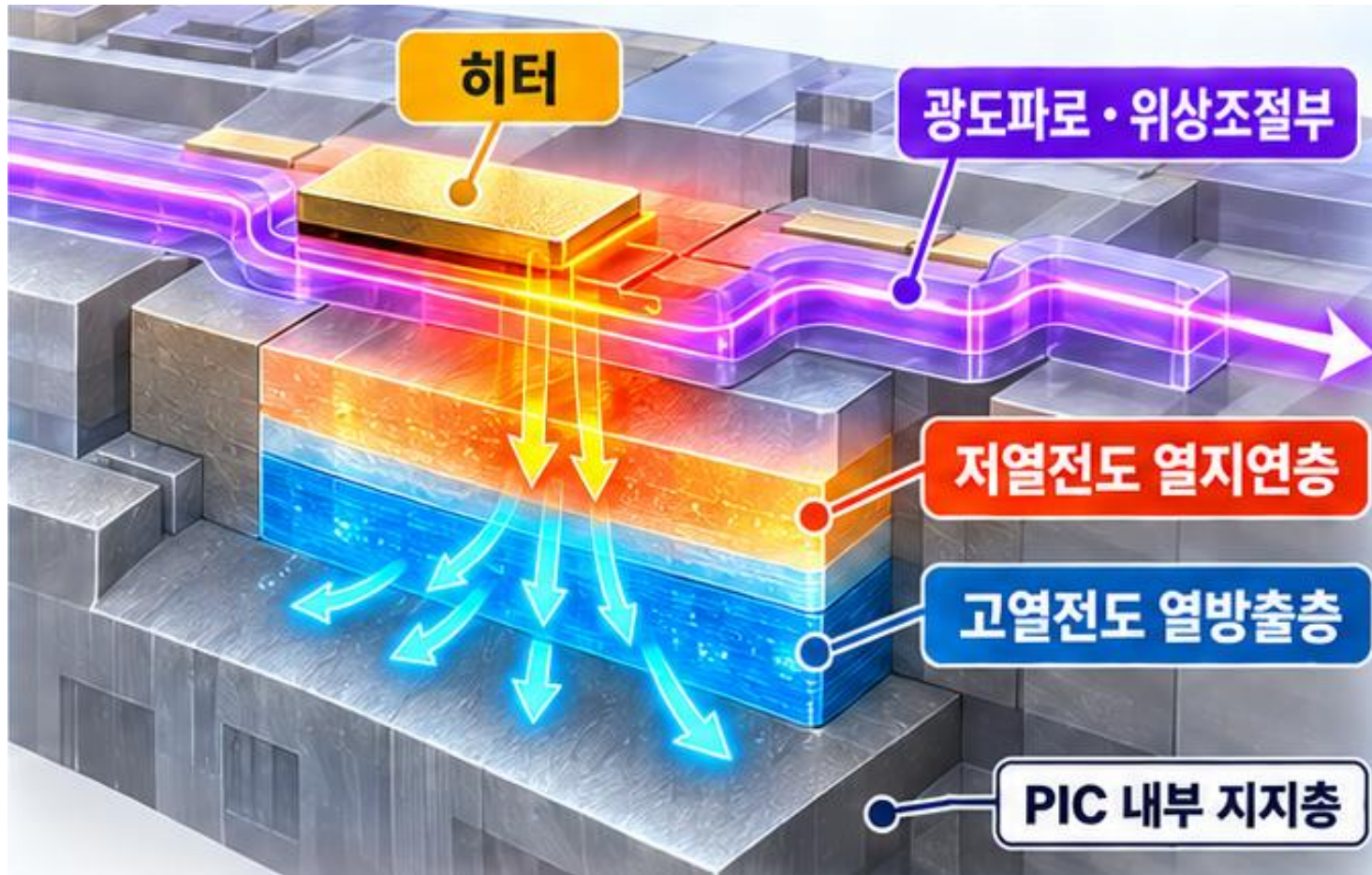
서브밴드갭 나노초 펄스광

실리콘을 투과한 광을 패드 배면
Ti계 흡수층에서 흡수해
패드·흡수층 중심 국소 가열

기판 흡열 자기 냉각

패드·흡수층을 국소 가열한 뒤,
주변 Si 기판으로 열을 확산시켜 냉각

PIC 내부의 저열전도·고열전도 조합



히터 아래에 열경로 설계

저열전도 열지연층

가열부의 열 누설을 억제해
적은 전력으로 필요한 광변조 확보

고열전도 열방출층

도달한 열을 빠르게 확산해
전환 후 잔열을 신속 배출

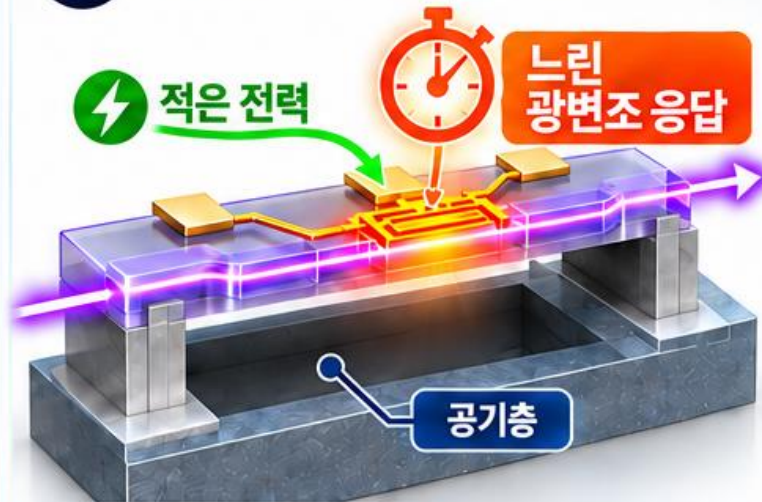
설계 목표: 저전력과 빠른 광변조 응답을 함께 확보

세 가지 구조의 광변조 응답·전력 비교

PIC 내부 확대 · 세 가지 열구조 비교

히터 구동: 전기 입력 → 온도 변화 → 광변조

① 공중부양 · 단열



열이 갇혀 냉각·복귀가 느림

저전력

느린
광변조 응답

② 실리콘 직접 접합



빠른 방열 → 유지전력 증가

고전력

빠른
광변조 응답

③ 마이크로 서멀클러치

쿨스 제안 구조



시간 · 공간 열설계

✓ 저전력 + ✓ 빠른 광변조 응답

마이크로 서멀클러치의 성능 표시는 쿨스의 설계 목표

세 요소의 역할 분담에 의한 전력·응답 동시 개선

단일 열저항-열용량 근사 $P_{\text{hold}} \approx \Delta T / R_{\text{th}}$ $\tau \approx R_{\text{th}} \cdot C_{\text{eff}}$

열저항만 키우면 τ 도 함께 증가 → 열저항·열용량·하부 열배출을 세 요소로 분리 설계

저열전도 열지연층

히터 직하 열저항(R_{th}) 확보

열 누설 억제
→ 유지전력 감소

작은 가열 영역

히터·도파로 가열 체적 축소로
유효 열용량(C_{eff}) 감소

τ 단축
→ 광변조 전환·복귀 가속

고열전도 열방출층

열을 먼 방향으로 확산·배출

하부 열 축적 억제
→ 긴 냉각 꼬리 단축

R_{th} 로 유지전력, C_{eff} 로 응답 속도, 열방출층으로 반복 구동 안정성을 각각 설계

TFLN 열광학 조절부로의 적용 확장

TFLN = Thin-Film Lithium Niobate · 박막 리튬 나이오베이트

고속 전기광학 변조부

전기 신호로 광 데이터를 변조
Pockels 효과를 활용하는 신호 경로

열광학 바이어스·위상 조절부

동작점과 위상을 맞추는 조절 경로
마이크로 서멀클러치의 적용 초점

기대효과

조절 전력 절감과 빠른 광변조 전환·복귀,
광회로 어레이의 열간섭 관리

고객 관점의 파급효과

접합 공정

옵티컬 서멀클러치

PIC 열 노출과 패키지 열변형 부담 감소

PIC 동작

마이크로 서멀클러치

열광학 조절 전력과 전환·복귀 대기시간 감소

다채널 CPO

두 기술의 결합

채널 수 증가에 따른 조절 전력·열간섭 부담 완화

접합 공정과 광회로 동작을 함께 개선하는 CPO 열설계



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
