

차세대 광 I/O(CPO) 기술 동향 및 크레셈(CRESSEM)의 전략적 대응 방안

문서번호 CRSM-AI-2026-AUTO

작성일 2026-07-27

작성 Cressem AI 시스템 (자동 생성)

보안등급 사내 비밀 (Confidential)

버전 v1.0

목 차

차세대 광 I/O(CPO) 기술 동향 및 크레셈(CRESSEM)의 전략적 대응 방안	3
개요: AI 인프라의 병목 현상과 CPO의 부상	3
CPO 핵심 기술 메커니즘 분석	4
글로벌 CPO 시장 규모 및 성장 전망	6
전략적 제언: CPO 검사 솔루션 개발 로드맵	9
결론 및 시사점	10
참고 자료	11

차세대 광 I/O(CPO) 기술 동향 및 크레셈(CRESSEM)의 전략적 대응 방안

AI 데이터센터의 전력 및 대역폭 한계를 극복하기 위한 CPO(Co-Packaged Optics) 기술의 핵심 원리와 시장 전망을 분석합니다. 주요 글로벌 플레이어의 기술 로드맵을 검토하고, HBM4 및 차세대 패키징 공정 변화에 따른 크레셈의 검사 장비 기회 요인을 도출합니다.

개요: AI 인프라의 병목 현상과 CPO의 부상

1. AI 데이터센터의 폭발적 성장과 인터커넥트(Interconnect)의 위기

최근 생성형 AI(Generative AI) 기술의 급격한 발전과 대규모 언어 모델(LLM)의 확산으로 인해 AI 가속기 및 데이터센터의 연산 규모는 과거와 비교할 수 없는 수준으로 팽창하고 있습니다. AI 모델이 거대화됨에 따라 GPU, HBM(High Bandwidth Memory), 그리고 스위치 칩 간에 교환되어야 하는 데이터의 양은 기하급수적으로 증가하고 있습니다. 이러한 환경에서 반도체 칩 자체의 연산 성능(Compute Performance)만큼이나 중요한 요소로 부상한 것이 바로 칩과 칩, 혹은 서버와 서버를 연결하는 **인터커넥트(Interconnect)** 기술입니다.

현재 AI 인프라의 핵심 과제는 '연산 능력의 확장'이 아니라, 연산된 데이터를 얼마나 빠르고 효율적으로 전달하느냐 하는 '데이터 전송의 병목 현상(Bottleneck)' 해결에 집중되어 있습니다. 데이터 전송 속도가 연산 속도를 따라가지 못할 경우, 고가의 AI 가속기가 데이터를 기다리며 유휴 상태(Idle)에 빠지는 현상이 발생하며, 이는 곧 데이터센터 전체의 TCO(Total Cost of Ownership) 상승으로 직결됩니다.

2. 구리 배선(Copper Interconnect)의 물리적 한계와 전력 밀도 문제

수십 년간 반도체 및 네트워크 장비의 신호 전달을 책임져 온 구리(Copper) 기반의 전기 신호 전송 방식은 현재 심각한 물리적 임계점에 도달했습니다. 특히 112G 및 차세대 224G SerDes(Serializer/Deserializer) 기술 환경으로 진입함에 따라, 구리 배선의 유효 전송 거리는 수 센티미터(cm) 수준으로 급격히 단축되었습니다. [출처: 투자연구소 테크센터]

이러한 물리적 한계는 다음과 같은 세 가지 핵심적인 기술적 난제를 야기합니다.

- **신호 손실(Signal Loss) 및 지연(Latency):** 데이터 전송 속도가 높아질수록 구리 배선 내에서 발생하는 신호 감쇠(Attenuation)와 왜곡이 심화됩니다. 이를 보정하기 위해 리타이머(Retimer)나 고성능 디지털 신호 처리기(DSP)를 추가로 배치해야 하며, 이는 신호 전달 경로를 복잡하게 만들고 지연 시간을 증가시키는 원인이 됩니다.
- **전력 소모의 급증:** 신호 손실을 극복하기 위해 투입되는 DSP 등은 네트워크 전체 전력 소비의 상당 부분을 차지합니다. 실제로 DSP는 네트워크 전력 비중의 약 50%를 점유할 정도로 막대한 에너지를 소모하며, 이는 데이터센터 운영 비용의 핵심적인 부담 요소가 되고 있습니다. [출처: 투자연구소 테크센터]
- **열 밀도(Thermal Density) 상승:** 전기적 신호 전송 과정에서 발생하는 저항 열과 DSP 등의 추가 소자에서 발생하는 열은 칩 주변의 열 밀도를 극도로 높입니다. 이는 냉각 시스템의 부하를 가중시키고, 시스템 전체의 신뢰성을 저하시키는 악순환을 초래합니다. [출처: 투자연구소 테크센터]

3. CPO(Co-Packaged Optics): 전기에서 빛으로의 패러다임 전환

구리 기반 전기 신호 방식이 직면한 '전력-성능-열'의 트릴레마(Trilemma)를 해결하기 위한 차세대 기술적 돌파구로 **CPO(Co-Packaged Optics, 공동 패키징형 광학)** 기술이 급부상하고 있습니다. CPO는 기존의 플러그블(Pluggable) 광모듈 방식과 달리, 광학 소자(Photonics)와 반도체 스위치 칩(ASIC)을 하나의 패키지 기반

위에 통합하는 첨단 인터커넥트 기술입니다. [출처: AI 데이터센터의 차세대 광통신]

CPO 기술의 핵심은 신호 전달의 매질을 '전자(Electron)'에서 '광자(Photon)'로 전환하는 데 있습니다. 빛은 진공 및 매질 내에서 전자의 이동보다 훨씬 빠른 속도로 전달될 뿐만 아니라, 전자 간의 충돌로 인한 신호 왜곡과 에너지 손실이 거의 없습니다. [출처: QYResearch Korea] 이러한 특성을 바탕으로 CPO는 다음과 같은 혁신적인 가치를 제공합니다.

비교 항목	기존 플러거블(Pluggable) 방식	차세대 CPO(Co-Packaged Optics) 방식
연결 구조	칩과 광모듈 사이 긴 구리 배선 존재	칩과 광학 엔진을 단일 패키지에 통합
신호 손실	고속 전송 시 급격한 신호 감쇠 발생	광학 경로를 통한 최소화된 손실
전력 효율	DSP 의존도 높음 (800Gbps당 약 15W)	DSP 간소화로 전력 절감 (800Gbps당 약 5.5W)
데이터 밀도	물리적 공간 및 배선 한계로 확장 제한	초고밀도 인터커넥트 구현 가능

표 1. CPO(Co-Packaged Optics): 전기에서 빛으로의 패러

CPO 기술을 적용할 경우, 비트당 전력 소모(pJ/bit)를 50% 이상 절감할 수 있으며, 기존 시스템 대비 전력 소모를 최대 70%까지 줄이는 혁신적인 효율성을 달성할 수 있을 것으로 기대됩니다. [출처: 투자연구소 테크센터] 결과적으로 CPO는 AI 인프라의 지속 가능성을 결정짓는 핵심 기술로서, 단순한 기술적 옵션이 아닌 AI 데이터센터 생태계의 생존을 위한 필연적인 선택이 되고 있습니다.

CPO 핵심 기술 메커니즘 분석

AI 데이터센터의 트래픽 폭증으로 인해 기존의 전기적 신호 전송 방식은 물리적 임계점에 도달했습니다. 공동 패키지 광학(Co-Packaged Optics, CPO)은 이러한 한계를 극복하기 위해 광학 소자와 반도체 칩을 하나의 패키지 기판에 통합하는 혁신적인 인터커넥트(Interconnect) 기술입니다. 본 섹션에서는 기존 플러거블(Pluggable) 방식과의 구조적 차이, 실리콘 포토닉스(Silicon Photonics)를 기반으로 한 핵심 구성 요소, 그리고 고속 데이터 전송을 위한 SerDes 기술의 메커니즘을 심층 분석합니다.

1. 구조적 패러다임의 변화: Pluggable vs. CPO

전통적인 데이터센터 네트워크 구조에서는 광트랜시버(Optical Transceiver)가 스위치 ASIC(Application Specific Integrated Circuit)과 별도의 플러거블 모듈 형태로 존재했습니다. 이 방식은 유지보수가 용이하다는 장점이 있으나, 112G 및 차세대 224G SerDes 환경에서는 심각한 물리적 결함을 야기합니다.

플러거블(Pluggable) 방식의 한계

기존 방식은 칩(ASIC)과 광모듈 사이를 구리 배선(Copper Trace)으로 연결합니다. 데이터 전송 속도가 높아질수록 구리 배선에서의 신호 손실(Insertion Loss)이 기하급수적으로 증가하며, 유효 전송 거리가 수 센티미터(cm) 수준으로 단축됩니다. 이를 보상하기 위해 리타이머(Retimer)나 고성능 디지털 신호 처리기(DSP)를 추가 배치해야 하며, 이는 데이터센터 전체의 전력 소비 급증과 열 밀도(Thermal Density) 상승이라는 부작용을 초래합니다 [출처: 투자연구소 테크센터].

CPO의 구조적 우위

CPO는 광학 엔진(Optical Engine)을 스위치 ASIC과 동일한 패키지 내에 배치하여 구리 배선의 길이를 극단적으로 단축합니다. 이를 통해 신호 손실을 80% 이상 줄일 수 있으며, 전력 소모가 큰 DSP 기능을 간소화하거나 제거할 수 있습니다. 결과적으로 비트당 전력 소모(pJ/bit)를 50% 이상 절감하는 효과를 제공합니다 [출처: 투자연구소 테크센터]. 또한, 800Gbps 포트당 소모 전력을 기존 15W에서 5.5W 수준으로 낮추는 혁신적인 에너지 효율성을 달성할 수 있습니다 [출처: Ai 데이터센터의 차세대 광통신].

비교 항목	플러그블(Pluggable) 방식	공동 패키지 광학(CPO) 방식
연결 매체	긴 구리 배선 (Long Copper Traces)	초단거리 구리/광 연결 (Short-reach)
신호 손실	매우 높음 (고속 SerDes에서 치명적)	매우 낮음 (신호 무결성 우수)
전력 효율	낮음 (DSP 및 Retimer 의존도 높음)	높음 (DSP 간소화로 전력 50% 이상 절감)
열 관리	모듈 분산형 (상대적 용이)	고밀도 통합형 (고난도 냉각 기술 요구)
데이터 전송	전기 신호 중심의 한계 직면	빛(Photon)을 이용한 고속/대용량 전송

표 2. 구조적 패러다임의 변화: Pluggable vs. CPO

2. 실리콘 포토닉스(Silicon Photonics)와 핵심 구성 요소

CPO 기술의 구현을 가능케 하는 핵심은 **실리콘 포토닉스(Silicon Photonics)** 기술입니다. 이는 기존 CMOS 공정을 활용하여 실리콘 웨이퍼 위에 광학 소자를 집적하는 기술로, 반도체 제조 공정과의 호환성이 뛰어나 대량 생산에 유리합니다. CPO 패키지 내부에는 다음과 같은 핵심 구성 요소가 이종 집적(Heterogeneous Integration)됩니다.

광학 집적 회로 (Photonic IC, PIC)

PIC은 빛을 생성, 변조, 검출, 분배하는 모든 광학적 기능을 수행하는 핵심 칩입니다. 실리콘 도파로(Silicon Waveguide)를 통해 빛의 경로를 제어하며, 변조기(Modulator)를 통해 전기적 신호를 광 신호로 변환합니다. 최근에는 3.2 Tbps 및 6.4 Tbps급의 초고속 실리콘 포토닉스 PIC 개발이 활발히 진행되고 있습니다 [출처: 투자연구소 테크센터].

전자 집적 회로 (Electronic IC, EIC)

EIC는 PIC과 결합하여 전기적 신호를 처리하고 광 신호와의 인터페이스를 담당합니다. 데이터의 디지털 신호를 제어하고, 광 신호가 들어왔을 때 이를 다시 전기 신호로 복원하는 역할을 수행합니다. CPO에서는 ASIC과 EIC, PIC가 하나의 기판 위에 정밀하게 통합되어야 하므로, 이종 집적 패키징 기술의 난이도가 매우 높습니다 [출처: IDTechEx].

광학 엔진(Optical Engine)의 통합 메커니즘

CPO의 핵심은 EIC와 PIC를 결합한 광학 엔진을 스위치 ASIC과 물리적으로 근접시키는 것입니다. 빛은 진공 상태에서 약 300,000km/s의 속도로 이동하지만, 전기 신호는 내부 원자들과의 충돌로 인해 빛 속도의 55%~95% 수준에 머물러 있습니다 [출처: QYResearch Korea]. CPO는 반도체 내부의 데이터 전달 방식을 '전기'에서 '빛'으로 전환함으로써, 전자 충돌에 의한 지연(Latency)을 최소화하고 일정한 속도로 대량의 데이터를 전달할 수 있게 합니다 [출처: QYResearch Korea].

3. 고속 데이터 전송을 위한 SerDes 기술의 역할

CPO 시스템 내에서 전기적 신호와 광학적 신호 사이의 가교 역할을 하는 것이 SerDes(Serializer/Deserializer) 기술입니다.

- **Serializer (직렬화기):** 병렬로 처리되는 방대한 양의 데이터를 고속의 직렬 데이터 스트림으로 변환하여 전송합니다. CPO 환경에서는 112G를 넘어 224G 이상의 초고속 SerDes 기술이 요구됩니다.
- **Deserializer (병렬화기):** 수신된 고속 직렬 데이터를 다시 시스템이 처리할 수 있는 병렬 데이터로 복원합니다.

CPO 기술이 도입되면, 기존에는 긴 구리 배선을 통과하기 위해 과도한 전력을 소모하며 신호를 증폭해야 했던 SerDes의 부담이 크게 줄어듭니다. ASIC 바로 옆에서 광학 엔진이 작동하기 때문에, 신호의 무결성(Signal Integrity, SI)을 유지하면서도 훨씬 낮은 전압과 적은 전력으로 고대역폭(High Bandwidth)을 구현할 수 있습니다. 이는 AI 가속기 및 차세대 스위치 칩이 요구하는 극한의 I/O 성능을 충족하는 핵심 동력이 됩니다.

글로벌 CPO 시장 규모 및 성장 전망

AI(인공지능) 연산 수요의 폭발적인 증가로 인해 데이터센터 내 트래픽이 기하급수적으로 급증함에 따라, 기존의 전기적 신호 전달 방식을 대체할 차세대 인터커넥트 기술인 CPO(Co-Packaged Optics, 공동 패키지형 광학) 시장은 전례 없는 성장 가도에 진입하였습니다. 현재의 데이터센터 인프라는 AI 가속기와 스위치 칩 사이의 막대한 데이터를 처리하는 과정에서 발생하는 전력 소모와 열 밀도 문제를 해결해야 하는 임계점에 도달해 있으며, 이는 CPO 기술의 상용화를 앞당기는 핵심 동력으로 작용하고 있습니다.

1. 시장 규모 및 연평균 성장률(CAGR) 분석

글로벌 시장 조사 기관 및 업계 분석에 따르면, CPO 시장은 초기 형성 단계를 지나 본격적인 양산 및 확산 단계로 접어들고 있습니다. 특히 Yole Group의 분석에 따르면, CPO 시장은 2024년 약 4,600만 달러 수준에서 2030년에는 81억 달러 규모로 급팽창할 것으로 전망됩니다 [출처: 투자연구소 테크센터]. 이러한 성장세는 연평균 성장률(CAGR)이 무려 137%에 달하는 경이로운 수치로, 이는 단순한 기술적 교체를 넘어 데이터센터 아키텍처 자체가 광학 중심으로 재편됨을 의미합니다.

시장 성장의 정량적 전망을 요약하면 다음과 같습니다.

구분	2024년 (Base Year)	2030년 (Forecast Year)	비고
시장 규모 (Market Size)	4,600만 달러	81억 달러	Yole Group 전망 기준 [출처: 투자연구소 테크센터]
성장 지표 (CAGR)	-	137%	고성장 구간 진입

표 3. 시장 규모 및 연평균 성장률(CAGR) 분석

2. AI 데이터센터 트래픽과 CPO 도입의 상관관계

CPO 기술의 급격한 성장은 AI 데이터센터의 물리적 요구사항 변화와 직결됩니다. 기존의 플러그블(Pluggable) 광모듈 방식은 칩과 모듈 사이의 구리 배선 길이에 따른 신호 손실(Signal Loss)과 전력 소모 문제가 심각합니다. 특히 112G 및 차세대 224G SerDes 환경에서는 구리 배선의 유효 전송 거리가 수 센티미터(cm) 수준으로 단축되어, 이를 극복하기 위해 추가적인 리타이머(Retimer)나 DSP(Digital Signal Processor)를 배치해야만 합니다 [출처: 투자연구소 테크센터].

이러한 보상 장치들은 데이터센터 전체 전력 소비의 약 50%를 차지하는 DSP의 전력 부하를 가중시키고 열 밀도를 상승시키는 부작용을 초래합니다. 반면, CPO는 광학 소자(Photonics)와 반도체 스위치 칩을 하나의 패키지 기판에 통합함으로써 다음과 같은 경제적·기술적 이점을 제공하며 시장 성장을 견인합니다.

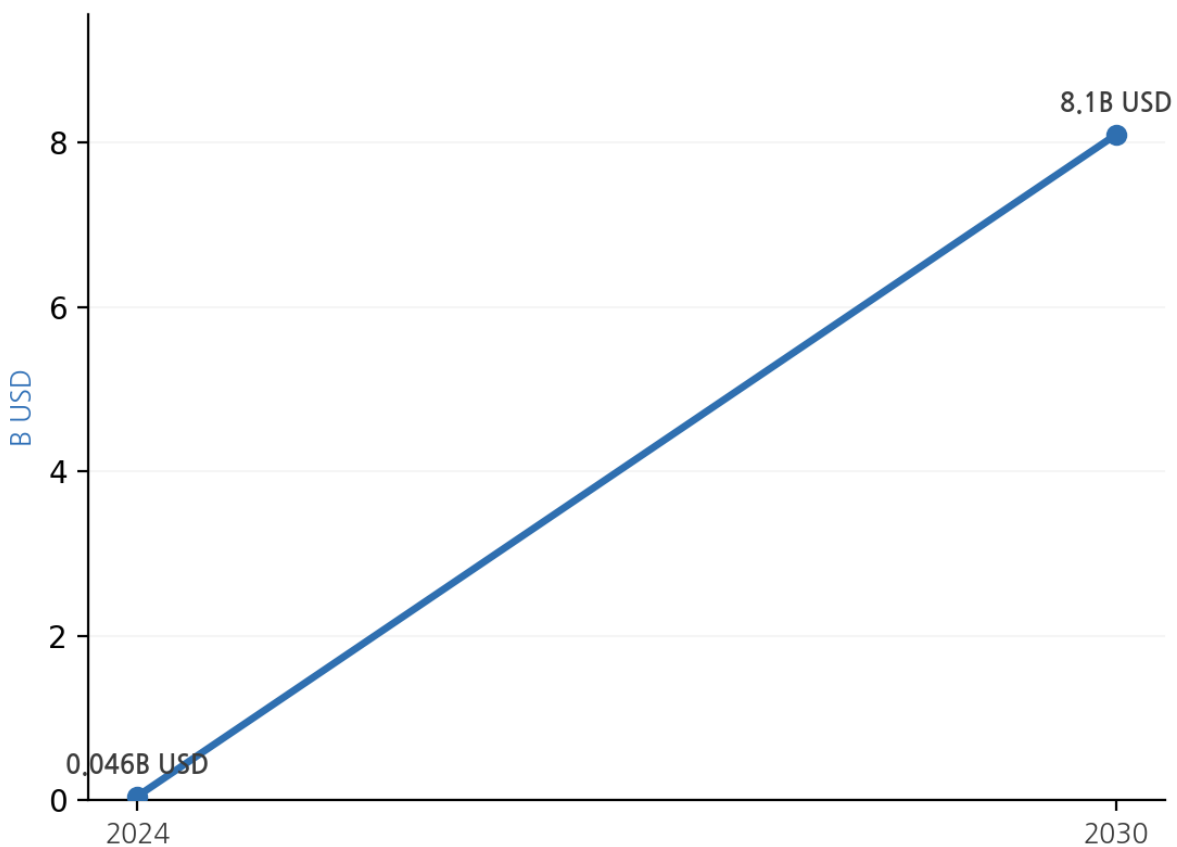
- **전력 효율 극대화:** 800Gbps 포트당 전력을 기존 15W에서 5.5W 수준으로 대폭 절감할 수 있습니다 [출처: Ai 데이터센터의 차세대 광통신].
- **신호 무결성 확보:** 비트당 전력 소모(pJ/bit)를 50% 이상 절감하며, 전기 신호의 물리적 한계를 광 신호로 돌파합니다 [출처: 투자연구소 테크센터].
- **대역폭 확장성:** AI 모델의 파라미터 수가 증가함에 따라 요구되는 초고대역폭(Tbps급) 통신을 구현하기 위한 필수 솔루션으로 자리 잡고 있습니다 [출처: Ai 데이터센터의 차세대 광통신].

3. 기술 상용화 및 양산 전망

2026년은 CPO 기술이 연구 개발 단계를 넘어 실제 AI 인프라의 핵심 요소로 본격 양산되는 원년이 될 것으로 보입니다. NVIDIA GTC 2026에서 광학 통합 스위치가 공개되고, Broadcom의 CPO 솔루션이 본격적인 양산 궤도에 진입함에 따라 관련 생태계의 확장이 가속화될 전망입니다 [출처: Ai 데이터센터의 차세대 광통신].

결론적으로, CPO 시장은 AI 가속기 시장의 성장과 궤를 같이하며, 기존 구리 기반 인프라가 가진 물리적 한계(전력, 열, 거리)를 극복하기 위한 유일한 대안으로서 2030년까지 폭발적인 규모 확장이 지속될 것으로 예측됩니다.

CPO Market Size Forecast (USD)



Cressem · 결정론 렌더 · 출처 검증 수치

그림 1. CPO Market Size Forecast (USD)

차세대 패키징(HBM4/2.5D)과 CPO의 기술적 접점 및 통합 구조



Cressem - 결론론 렌더

그림 2. 차세대 패키징(HBM4/2.5D)과 CPO의 기술적 접점 및 통합 구조

크레셈(CRESSEM) CPO 검사 기술 및 SWOT 분석



Cressem - 결론론 렌더

그림 3. 크레셈(CRESSEM) CPO 검사 기술 및 SWOT 분석

```
{ "type": "bar", "title": "CPO 시장 규모 (Yole Group)", "data": [ { "label": "2024", "value": 46.0, "unit": "M USD" }, { "label": "2030", "value": 8100.0, "unit": "M USD" } ] }
```

```
{ "type": "matrix", "title": "CPO 시장 성장 동인", "rows": [ "AI 기반 스마트 비전", "이종 집적 검사", "3D 광학 검사", "고정밀 정렬" ], "cols": [ "AI 기반 스마트 비전", "이종 집적 검사", "3D 광학 검사", "고정밀 정렬" ], "cells": [ [ "AI 기반 스마트 비전", "이종 집적 검사", "3D 광학 검사", "고정밀 정렬" ], [ "이종 집적 검사", "AI 기반 스마트 비전", "3D 광학 검사", "고정밀 정렬" ], [ "3D 광학 검사", "이종 집적 검사", "AI 기반 스마트 비전", "고정밀 정렬" ], [ "고정밀 정렬", "3D 광학 검사", "이종 집적 검사", "AI 기반 스마트 비전" ] ] }
```

4. 종합 진단

결론적으로, CPO 기술의 상용화는 검사 공정의 난이도를 극도로 높이는 동시에, 기존의 범용 검사 장비가 해결할 수 없는 새로운 시장 영역을 창출하고 있습니다. 크레셈은 [AI 비전 + 고정밀 광학 + 이종 집적 대응 능력]이라는 삼박자를 갖춘 기술적 우위를 바탕으로, 단순한 검사 장비 공급사를 넘어 고객사의 수율(Yield)을 책임지는 'AI 기반 스마트 패키징 솔루션 파트너'로서 CPO 시장의 핵심 플레이어로 자리매김할 수 있는 충분한 잠재력을 보유하고 있습니다 [출처: 분석_크레셈CRESSEM20260509001.pdf].

전략적 제언: CPO 검사 솔루션 개발 로드맵

CPO(Co-Packaged Optics, 공동 패키지형 광학) 기술의 상용화는 단순한 인터커넥트 방식의 변화를 넘어, 반도체 패키징 공정의 패러다임을 '전기적 신호 중심'에서 '광학적 신호 중심'으로 전환하는 것을 의미합니다. CPO는 광학 엔진(Optical Engine, OE)과 실리콘 칩(ASIC/Switch)을 하나의 패키지 기판에 통합하는 고난도 이중 집적(Heterogeneous Integration) 기술을 요구하므로, 기존의 플러그블(Pluggable) 방식과는 차원이 다른 정밀 검사 솔루션이 필수적입니다. 크레셈(CRESSEM)은 당사가 보유한 고성능 머신비전 기술과 HBM4 및 2.5D/3D 패키징 검사 레퍼런스를 기반으로, 다음과 같은 단계별 R&D 로드맵을 통해 CPO 검사 시장의 게임 체인저로 도약해야 합니다.

1. [Phase 1] 초정밀 정렬 및 광학 엔진 결함 검사 기술 확보 (Short-term)

CPO 구현의 첫 번째 기술적 장벽은 광학 소자(PIC, Photonic IC)와 전기적 소자(EIC, Electronic IC)를 기판 상에 정밀하게 배치하는 것입니다. 이 단계에서는 기존 HBM4 검사 기술에서 축적된 초고해상도 3D AOI(Automated Optical Inspection) 기술을 CPO 전용으로 고도화하는 데 집중해야 합니다.

- **초미세 정렬(Alignment) 검사 솔루션:** 실리콘 포토닉스 기반의 광학 소자는 빛의 경로를 제어해야 하므로, 기존 Bump 방식보다 훨씬 엄격한 정렬 정밀도를 요구합니다. Sub-micron(μm) 단위의 오차도 광학적 손실(Optical Loss)을 유발하여 전체 시스템 성능을 저하시키므로, 이를 실시간으로 측정할 수 있는 초고해상도 정렬 검사 모듈 개발이 시급합니다.
- **광학 엔진(OE) 내부 결함 검출:** PIC와 EIC가 통합되는 과정에서 발생하는 미세 이물질(Particle)이나 접합부의 결함을 잡아내기 위해, 고해상도 2D/3D 비전 알고리즘을 적용한 검사 시스템을 구축해야 합니다. 이는 HBM4의 Hybrid Bonding 공정 대응을 위해 개발 중인 초고해상도 3D 광학 검사 모듈 기술과 기술적 궤를 같이합니다 [출처: 보고서_삼성전자HBM4전환에따른검사기술동향및대응전략20260509001.pdf].

2. [Phase 2] 비파괴 검사 및 신호 무결성(SI) 통합 분석 솔루션 (Mid-term)

CPO 패키지는 내부 구조가 매우 복잡하고 광학 소자가 내장되어 있어, 물리적 손상 없이 내부 결함을 확인하는 기술이 핵심 경쟁력이 됩니다.

- **고해상도 3D X-ray(CT) 및 비파괴 검사 통합:** 패키지 내부의 광학 경로(Optical Path) 상에 존재하는 미세한 Void나 구조적 변형을 확인하기 위해, 고해상도 3D X-ray 기술을 CPO 검사 라인에 최적화하여 도입해야 합니다. 이는 적층 내부의 결함을 확인하기 위한 비파괴 검사 기술의 확장형입니다 [출처: 보고서_삼성전자HBM4전환에따른검사기술동향및대응전략20260509001.pdf].
- **AI 기반 신호/광학 무결성(SI/OI) 예측:** 단순히 물리적 결함을 찾는 것을 넘어, 검사 데이터를 기반으로 광학적 신호 손실(Optical Loss)이나 전기적 신호 무결성(Signal Integrity)을 예측하는 AI 모델을 개발해야 합니다. 당사의 강점인 Deep Learning 기반 결함 분류 기술을 활용하여, 정상적인 노이즈와 실제 광학적 성능 저하를 유발하는 결함을 구분함으로써 과검(Over-kill)률을 최소화해야 합니다 [출처: 기업 분석 보고서_(주)크레셈(CRESSEM): 차세대 반도체 패키징 검사 솔루션의 선두주자].

3. [Phase 3] 고객 맞춤형(Customized) 스마트 팩토리 플랫폼 완성 (Long-term)

CPO 시장은 제조사(Broadcom, NVIDIA 등)와 패키징 업체(TSMC 등)의 공정 방식이 상이하므로, 표준화된 장비보다는 고객사의 공정 특성에 최적화된 모듈형 솔루션이 시장을 주도할 것입니다.

- **Customized Inspection Module 공급:** 고객사의 특정 CPO 아키텍처(예: 3.2 Tbps 또는 6.4 Tbps급 실리콘 포토닉스 PIC 기반)에 맞춰 검사 모듈을 신속하게 구성할 수 있는 모듈형 장비 설계 전략을 강화해야 합니다 [출처: 분석HBM4세대전환에따른크레셈CRESSEM의검사장20260509001.pdf].

- **Yield Improvement 데이터 플랫폼 통합:** 검사 결과를 단순 Pass/Fail로 리포팅하는 수준을 넘어, 검사 데이터를 분석하여 전공정(Fab) 및 패키징 공정의 불량 원인을 역추적(Root Cause Analysis)할 수 있는 데이터 분석 플랫폼을 장비에 통합해야 합니다. 이는 고객사의 수율(Yield) 향상에 직접적으로 기여하여, 크레셈 장비를 고객사의 생산 라인에 강력하게 락인(Lock-in)시키는 핵심 전략이 될 것입니다 [출처: 분석_크레셈CRESSEM20260509001.pdf].

[요약] CPO 검사 솔루션 개발 로드맵 비교

구분	Phase 1: 정밀 정렬 (Short-term)	Phase 2: 비파괴/SI (Mid-term)	Phase 3: 플랫폼화 (Long-term)
핵심 목표	초미세 정렬 및 광학 엔진 결함 검출	내부 구조 비파괴 검사 및 신호 예측	고객 맞춤형 수율 관리 플랫폼
주요 기술	3D AOI, Sub-micron 정렬 기술	3D X-ray(CT), AI 기반 신호 분석	모듈형 설계, Root Cause 분석 AI
기술적 접점	HBM4 Hybrid Bonding 검사 기술	HBM4 비파괴 검사 기술	2.5D/3D 이종 집적 검사 기술
기대 효과	초기 공정 수율 확보	검사 신뢰성 및 분석 깊이 강화	고객사 수율 개선 및 시장 점유율 확대

표 4. [요약] CPO 검사 솔루션 개발 로드맵 비교

결론 및 시사점

AI 데이터센터의 폭발적인 성장과 함께 반도체 인터커넥트(Interconnect) 기술은 구리(Copper) 기반의 전기 신호 전달에서 광(Optical) 신호 전달로의 거대한 패러다임 전환을 맞이하고 있습니다. 본 보고서에서 살펴본 바와 같이, 공동 패키지형 광학(CPO, Co-Packaged Optics) 기술은 기존 플러그블(Pluggable) 방식이 가진 전력 소모와 신호 손실의 물리적 한계를 극복할 수 있는 유일한 대안으로 부상하였습니다. 특히 112G 및 차세대 224G SerDes 기술 환경에서 데이터 전송 효율을 극대화하기 위한 CPO의 도입은 선택이 아닌 필수적인 흐름이 될 것으로 전망됩니다.

이러한 기술적 변곡점은 크레셈(CRESSEM)에게 단순한 시장 확대를 넘어, 회사의 기술적 위상을 재정립할 수 있는 **전략적 피벗(Strategic Pivot)**의 기회를 제공합니다. CPO 기술은 광학 소자(Photonics)와 전자 IC(EIC)를 하나의 패키지 기판에 통합하는 고난도 이종 집적(Heterogeneous Integration) 기술을 요구하며, 이는 곧 검사 공정의 난이도가 기하급수적으로 상승함을 의미합니다.

크레셈이 차세대 시장의 **마켓 리더(Market Leader)**로 도약하기 위한 핵심 요약은 다음과 같습니다.

- **기술적 가치 제고:** 크레셈이 보유한 고정밀 광학 검사 기술과 AI 비전 알고리즘은 CPO 패키징 과정에서 발생하는 미세 정렬(Alignment) 오차 및 결함을 검출하는 데 최적화되어 있습니다. 특히 HBM4로 이어지는 하이브리드 본딩(Hybrid Bonding) 대응 역량은 CPO 검사 솔루션의 신뢰성을 담보하는 강력한 기반이 될 것입니다.
- **수율 기반의 파트너십 강화:** CPO는 공정 복잡도가 매우 높기 때문에, 단순 불량 검출을 넘어 데이터 분석을 통해 공정 결함의 원인을 역추적(Root Cause Analysis)할 수 있는 AI 기반 스마트 검사 솔루션이 필수적입니다. 이를 통해 고객사의 수율(Yield) 향상에 직접적으로 기여함으로써 대체 불가능한 전략적 파트너로서의 위치를 공고히 해야 합니다.

- **미래 성장 동력 확보:** CPO 시장의 폭발적인 성장세(CAGR 137% 전망)에 발맞추어, 실리콘 포토닉스(Silicon Photonics) 기반의 차세대 검사 모듈 개발에 선제적으로 투자함으로써 고부가가치 검사 장비 시장의 주도권을 선점해야 합니다.

결론적으로, CPO 기술로의 전환은 크레셈에게 기존의 기판 및 메모리 검사 역량을 고도의 광학·AI 통합 솔루션으로 진화시킬 결정적 모멘텀입니다. 크레셈이 차세대 패키징 기술의 복잡성을 제어할 수 있는 초정밀 검사 기술력을 확보한다면, AI 반도체 공급망 내에서 핵심적인 검사 솔루션 공급자로서 독보적인 가치를 증명할 수 있을 것입니다.

참고 자료

1. [Cpo 기술 동향 및 국내외 기업 분석 :: 투자연구소 테크센터](https://engineering-ladder.tistory.com/178)
2. [공동 패키지형 광학 (CPO) 기술동향 및 시장 전망 2025-2035 - IDTechEx](https://www.idtechex.com/ko/research-report/co-packaged-optics/1019)
3. [2026.03 Cpo (공동패키지광학) - Ai 데이터센터의 차세대 광통신 ...](https://kai-search.tistory.com/46)
4. [구리선의 한계와 반도체의 새로운 돌파구, Cpo 기술 심층 분석](https://alchonomics.com/cpo-semiconductor-optical-packaging-ai/)
5. [Cpo & Ai 하드웨어 11개 기업 완벽 분석: 기술력부터 ...](https://m.blog.naver.com/bokbokkim/224122623923)
6. [PDF 공동 패키지 광학 (Cpo) 모듈 시장 전망](https://files-scs.pstatic.net/2025/06/05/GLPalhzms9/[%EB%B8%8C%EB%A6%AC%ED%95%91]%20CPO%EB%AA%A8%EB%93%88final.pdf)
7. [2026 광통신 대장주 Top5, Ai 데이터센터 Cpo 6g 수혜주, 지금 사야 할 ...](https://www.allinfo.co.kr/2026/04/2026-top5-ai-cpo-6g.html)
8. [PDF Co-Packaged Optics (CPO) 2025-2035: Technologies, Market, and Forecasts](http://www.sbdi.co.kr/email/2024/20240826/sample/IDTechExCoPackagedOpticsCPO.pdf)
9. [PDF Global Co-Packaged Optics (CPO) Technology Market Research Report 2025(Status and Outlook)](https://pdf.marketpublishers.com/bossonresearch/co-packaged-optics-cpo-technology-market-bosson.pdf)
10. [QYResearch Korea](https://qyresearch.co.kr/post-two/global-co-packaged-optics-module-cpo-market-research-report-2025/)
11. 88final.pdf (사내 자료)
12. IDTechExCoPackagedOpticsCPO.pdf (사내 자료)
13. co-packaged-optics-cpo-technology-market-bosson.pdf (사내 자료)
14. 보고서_삼성전자HBM4전환에따른검사기술동향및대응전략20260509001.pdf (사내 자료)
15. 매뉴얼HBMAdvancedInspectionSyst20260509001.pdf (사내 자료)
16. 분석HBM4세대전환에따른크레셈CRESSEM의검사장20260509001.pdf (사내 자료)
17. 분석_크레셈CRESSEM20260509001.pdf (사내 자료)
18. pdf_인하대학교컴퓨터공학과배승환20260509001.pdf (사내 자료)
19. ProfessorSeungHwanBaeReport.pdf (사내 자료)