

(주)크레셈(CRESSEM)

기업 현황 및 기술 발전 단계 분석

문서번호 CRSM-AI-2026-AUTO

작성일 2026-06-09

작성 Cressem AI 시스템 (자동 생성)

보안등급 사내 비밀 (Confidential)

버전 v1.0

목 차

(주)크레셈(CRESSEM) 기업 현황 및 기술 발전 단계 분석 보고서	3
개요 및 목적	3
기업 현황 및 핵심 사업 영역	4
HBM 검사 기술 및 공정 분석	5
고밀도 기판(FC-BGA) 검사 솔루션	7
AI 기반 지능형 검사 시스템(AI-Driven Vision)	8
기술적 진화 및 미래 로드맵	10
결론 및 시사점	11

(주)크레셈(CRESSEM) 기업 현황 및 기술 발전 단계 분석 보고서

본 보고서는 반도체 후공정(Advanced Packaging) 시장의 급격한 변화에 따른 (주)크레셈의 기술적 위상과 핵심 사업 영역을 분석합니다. HBM, FC-BGA 검사 솔루션 및 AI 비전 기술의 현황을 진단하고, 미래 시장 선점을 위한 기술 로드맵을 제시합니다.

개요 및 목적

본 보고서는 반도체 제조 공정의 패러다임이 기존의 전공정(Front-end) 미세화 중심에서 후공정(Back-end)인 **첨단 패키징(Advanced Packaging)** 고도화로 급격히 이동함에 따라, 이 과정에서 발생하는 기술적 난제들을 해결하고 수율(Yield)을 확보하기 위한 핵심 솔루션으로서 (주)크레셈(CRESSEM)의 기술적 위상과 사업적 경쟁력을 다각도로 분석하는 것을 목적으로 합니다.

최근 반도체 산업은 인공지능(AI), 고성능 컴퓨팅(HPC), 자율주행 등 데이터 처리량이 기하급수적으로 증가하는 환경에 직면해 있습니다. 이러한 수요를 충족하기 위해 단순히 트랜지스터의 크기를 줄이는 미세 공정(Scaling)만으로는 성능 향상과 전력 효율 개선에 한계가 존재하게 되었습니다. 이에 따라 서로 다른 기능을 가진 칩들을 수직 또는 수평으로 정밀하게 연결하여 성능을 극대화하는 **HBM(High Bandwidth Memory)** 및 **2.5D/3D 패키징** 기술이 차세대 반도체 시장의 핵심 경쟁력으로 부상하였습니다 [12].

HBM과 같은 고대역폭 메모리는 수십 개의 D램(DRAM)을 **TSV(Through Silicon Via, 실리콘 관통 전극)** 기술을 통해 수직으로 적층하는 초고난도 공정을 포함합니다. 이 과정에서 발생하는 미세한 정렬 오차(Misalignment), 적층 시 발생하는 물리적 변형인 **Warpage(휨)**, 그리고 수천 개의 미세 전극 연결 상태에 대한 검증은 제품의 신뢰성을 결정짓는 결정적인 요소입니다 [2, 12]. 따라서 기존의 단순 외관 검사를 넘어선 고정밀 광학 검사 및 전기적 특성 검사 솔루션의 중요성이 그 어느 때보다 강조되고 있습니다.

본 보고서는 크레셈의 사내 기술 문서 및 기업 분석 자료를 바탕으로 다음과 같은 세부적인 분석 범위를 설정하여 작성되었습니다.

첫째, 크레셈의 핵심 사업 영역인 **HBM, FC-BGA(Flip Chip Ball Grid Array), 2.5D/3D 적층 구조**에 대한 검사 솔루션의 기술적 정체성을 정의합니다 [12]. 특히 TSV 연결성 검사, Die-to-Die 정렬(Alignment) 측정, 그리고 고단 적층 시 발생하는 Warpage 분석 등 크레셈이 보유한 차별화된 검사 기술력을 구체적으로 파악합니다 [12].

둘째, 검사 기술의 패러다임 변화를 추적합니다. 과거의 정해진 규칙에 따라 결함을 찾는 **Rule-based(룰 베이스)** 방식의 한계를 분석하고, 이를 극복하기 위해 도입된 **AI 비전(AI-Driven Machine Vision)** 및 **딥러닝(Deep Learning)** 알고리즘이 어떻게 결함 분류의 정확도를 높이고 **과검(Over-kill, 정상 제품을 불량으로 판정하는 오류)**를 획기적으로 낮추는지 그 메커니즘을 고찰합니다 [12].

셋째, 미래 시장 선점을 위한 기술적 로드맵을 검토합니다. 차세대 메모리 규격인 HBM4 대응 전략과 더불어, 향후 패키징 공정의 혁신을 가져올 **Hybrid Bonding(하이브리드 본딩)** 기술에 대응하기 위한 초고해상도 및 고속 검사 기술의 고도화 방향성을 모색합니다 [8].

마지막으로, 크레셈이 단순한 검사 장비 제조사를 넘어, 검사 데이터를 정밀하게 분석하여 공정상의 불량 원인을 역추적하는 **Root Cause Analysis(불량 원인 분석)** 솔루션을 제공함으로써, 고객사의 최종 수율(Yield) 향상에 직접적으로 기여하는 전략적 파트너로서 어떤 가치를 제공하고 있는지 평가하고자 합니다 [1, 11].

본 분석 결과는 크레셈의 내부 기술 전략 수립 및 글로벌 반도체 제조사(IDM) 및 OSAT(반도체 패키징/테스트 외주 업체) 대응을 위한 실무적인 기초 자료로 활용될 수 있도록 전문적인 관점에서 기술되었습니다.

기업 현황 및 핵심 사업 영역

(주)크레셈(CRESSEM)은 반도체 제조 공정의 패러다임이 기존의 전공정(Front-end) 미세화 중심에서 후공정(Back-end)인 **어드밴스드 패키징(Advanced Packaging)** 고도화로 급격히 이동함에 따라, 패키징 및 테스트(Test) 단계에서 발생하는 미세 결함을 정밀하게 검출하는 고정밀 검사 장비 전문 기업입니다 [12]. 특히 고성능 컴퓨팅(HPC) 및 AI 가속기 시장의 폭발적 성장으로 인해 요구되는 고대역폭 메모리(HBM)와 고밀도 패키지 기판(FC-BGA) 분야에서 독보적인 기술적 입지를 구축하고 있습니다 [12].

크레셈의 사업 구조는 반도체 후공정의 기술적 난이도가 상승함에 따라 더욱 정밀해지고 복잡해지는 요구사항을 충족하기 위해 크게 세 가지 핵심 축(Three Pillars)으로 구성됩니다 [12]. 각 사업 영역은 독립적인 기술적 전문성을 유지하면서도, 'AI 기반 지능형 검사'라는 공통된 소프트웨어 기술력을 통해 상호 시너지를 창출하는 구조를 띠고 있습니다.

1. 어드밴스드 패키징 검사 (Advanced Packaging Inspection: HBM & 2.5D/3D)

HBM(High Bandwidth Memory) 및 CoWoS(Chip on Wafer on Substrate), 2.5D/3D 적층 구조를 대상으로 하는 이 영역은 크레셈의 가장 핵심적인 전략 사업 부문입니다 [12]. HBM은 TSV(Through Silicon Via, 실리콘 관통 전극) 기술을 통해 수십 개의 D램을 수직으로 쌓는 초고난도 공정을 포함하므로, 기존의 범용 메모리 검사로는 대응이 불가능한 특화된 검사 솔루션이 필수적입니다 [2, 5].

크레셈은 HBM 검사 공정에서 다음과 같은 세부 기술력을 확보하여 제품의 신뢰성을 보장합니다 [2, 12].

- **TSV(Through Silicon Via) 결함 검사:** 수천 개의 미세 전극 연결 상태 및 전기적 연결성을 확인하기 위해 고해상도 광학 검사 기술을 활용합니다 [2, 12]. 특히 적층된 칩 사이의 연결 부위에서 발생할 수 있는 미세한 단선이나 불완전한 연결을 잡아내는 것이 핵심입니다.
- **Die-to-Die 정렬 검사(Alignment Inspection):** 다단 적층 공정 시 발생하는 미세한 위치 오차(Misalignment)를 측정하여 적층 신뢰성을 확보합니다 [12]. 적층 단수가 높아질수록(예: 12단, 16단) 누적되는 오차 제어가 매우 중요해지며, 크레셈의 장비는 이를 정밀하게 모니터링합니다.
- **Warpage(휨) 측정 및 분석:** 고단 적층이 진행됨에 따라 발생하는 웨이퍼 및 패키지의 물리적 변형(Warpage)을 분석하여 구조적 안정성을 검증합니다 [12]. 휨 현상은 후속 공정의 불량이나 최종 제품의 전기적 특성 저하를 야기하는 주요 원인이므로, 이를 사전에 탐지하는 기술이 필수적입니다.

2. 고밀도 기판 검사 (High-Density Substrate Inspection: FC-BGA)

차세대 반도체 패키징의 핵심 부품인 FC-BGA(Flip Chip Ball Grid Array) 및 고성능 기판(Substrate)을 대상으로 하는 검사 솔루션입니다 [12]. 인공지능(AI) 및 서버용 프로세서의 성능이 향상됨에 따라 기판의 회로 밀도가 극도로 높아지고 있으며, 이에 따라 크레셈의 검사 장비는 더욱 높은 해상도와 검사 속도를 동시에 요구받고 있습니다.

기판 검사 영역에서 크레셈이 집중하고 있는 핵심 기술 요소는 다음과 같습니다 [12].

- **Micro Bump/Ball 검사:** 기판 위에 형성된 미세 솔더 볼(Solder Ball)의 크기, 높이, 정렬 상태 및 이물질 유무를 고속으로 스캔하여 검사합니다 [12]. 볼의 높이가 불균일하거나 정렬이 어긋날 경우, 칩과 기판 사이의 전기적 접촉 불량으로 이어지기 때문에 초정밀 제어가 요구됩니다.
- **패턴 검사(Pattern Inspection):** 기판 내부의 미세 회로 패턴에서 발생할 수 있는 단선(Open) 및 단락(Short) 결함을 정밀하게 찾아냅니다 [12]. 회로 선폭이 좁아짐에 따라 발생하는 미세한 패턴 왜곡이나 이물질에 의한 단락을 탐지하는 것이 기술적 관건입니다.

3. AI 기반 비전 및 광학 솔루션 (AI-Driven Machine Vision)

크레셈은 단순한 하드웨어 장비 제조를 넘어, 검사의 지능화를 구현하는 소프트웨어 기술력을 보유하고 있습니다 [12]. 이는 기존의 룰 베이스(Rule-based) 검사 방식이 가진 태생적 한계를 극복하기 위한 크레셈의 핵심

경쟁력입니다.

기존의 룰 베이스 방식은 정해진 수치나 규칙을 벗어나는 결함을 찾는 데 유용하지만, 실제 공정에서 발생하는 다양한 노이즈(Noise)와 정상적인 패턴 차이를 구분하지 못해 결함이 아닌 것을 결함으로 판정하는 **과검(Over-kill)** 문제가 빈번하게 발생했습니다. 크레셈은 이를 해결하기 위해 다음과 같은 AI 솔루션을 통합합니다 [12].

- **Deep Learning 기반 결함 분류:** 딥러닝 알고리즘을 통해 미세 결함(Defect)과 정상적인 공정 노이즈를 명확하게 구분합니다. 이를 통해 과검률을 획기적으로 낮춤으로써 고객사의 검사 효율성을 극대화합니다 [12].
- **데이터 기반 수율 관리:** 단순한 불량 검출(Detection) 단계를 넘어, 검사 데이터를 분석하여 공정상의 불량 원인을 역추적하는 **Root Cause Analysis(불량 원인 분석)** 솔루션을 지향합니다. 이는 고객사가 검사 데이터를 바탕으로 공정을 최적화하고 수율(Yield)을 향상시킬 수 있도록 돕는 데이터 파트너로서의 역할을 수행하게 합니다 [1].

[요약: 크레셈 핵심 사업 포트폴리오 비교]

구분	어드밴스드 패키징 (HBM/2.5D/3D)	고밀도 기판 (FC-BGA)	AI 비전 솔루션 (Common Tech)
주요 대상	HBM, CoWoS, 적층 칩	FC-BGA, 고성능 기판	전 공정 공통 적용 소프트웨어
핵심 검사 항목	TSV 연결성, Die-to-Die 정렬, Warpage	Micro Bump/Ball, 패턴 단선/단락	결함 분류(Classification), 과검 방지
기술적 난제	고단 적층에 따른 물리적 변형 및 정렬	미세 회로 패턴의 고해상도 스캔	노이즈와 실제 결함의 정밀 구분
전략적 가치	AI 가속기 시장 대응의 핵심	서버/PC용 프로세서 시장 대응	검사 효율성 및 수율 향상 기여

표 1.

결론적으로, 크레셈은 반도체 후공정의 고도화 트렌드에 발맞추어 '**초정밀 광학 하드웨어**'와 '**지능형 AI 소프트웨어**'가 결합된 통합 검사 솔루션을 제공함으로써, 단순한 장비 공급사를 넘어 고객사의 수율 향상을 견인하는 핵심 기술 파트너로서의 입지를 강화하고 있습니다 [11, 12].

HBM 검사 기술 및 공정 분석

HBM(High Bandwidth Memory)은 AI 가속기 및 고성능 컴퓨팅(HPC) 시장의 핵심 부품으로, 기존 DDR 메모리와 달리 수십 개의 D램(DRAM) 칩을 수직으로 적층하여 데이터 전송 대역폭을 극대화한 제품입니다 [1, 12]. 이러한 적층 구조는 데이터 처리 속도를 획기적으로 높여주지만, 공정의 복잡도와 물리적 난이도를 기하급수적으로 상승시키며, 이는 곧 검사(Inspection) 단계에서의 극도로 높은 정밀도를 요구하게 됩니다. 크레셈의 HBM 검사 솔루션은 적층 공정 전후 단계에서 발생할 수 있는 구조적, 전기적 결함을 선제적으로 차단하는 데 초점을 맞추고 있습니다.

1. TSV(Through Silicon Via) 연결성 및 전기적 특성 검사

HBM의 핵심은 칩과 칩 사이를 수직으로 관통하는 미세 전극인 TSV(Through Silicon Via) 기술입니다 [2, 8]. 수천 개에 달하는 TSV를 통해 데이터와 전력이 이동하므로, 단 하나의 TSV만 결함이 발생해도 전체 패키지의 기능 상실로 이어질 수 있습니다.

- **TSV 연결성 및 저항 검사 (TSV Connectivity & Resistance Test):** 적층된 칩 간의 전기적 연결 상태를 확인하는 과정입니다. TSV 내부의 미세한 Void(공극)나 도금 불량은 높은 저항(Resistance)을 유발하며, 이는 신호 지연(Latency)이나 데이터 오류의 직접적인 원인이 됩니다 [2, 3]. 크레셈은 이를 검출하기 위해 고해상도 광학 검사와 전기적 특성 평가를 병행하여 TSV의 저항값이 규격(Spec) 내에 존재하는지 정밀하게 측정합니다.
- **신호 무결성 검사 (Signal Integrity & Eye Diagram):** 고속 데이터 전송 시 신호의 왜곡을 방지하기 위해 Eye Diagram(아이 다이어그램) 분석을 수행합니다. Eye Height(아이 높이)와 Eye Width(아이 폭)를 측정하여 신호의 노이즈 마진(Margin)을 확보하고 있는지 검증하며, 이는 HBM의 핵심 성능인 대역폭(Bandwidth) 달성을 위한 필수 항목입니다 [1, 2].
- **전기적 파라미터 검증 (Electrical Parameter Verification):** 공급 전압(VDD)의 안정성 및 동작 전압 규격 준수 여부를 확인합니다. 예를 들어, $1.1V \pm 5\%$ 와 같은 엄격한 전압 규격 내에서 실제 측정값이 안정적으로 유지되는지 확인하여 전력 효율과 신뢰성을 동시에 확보합니다 [1, 3].

2. Die-to-Die 정렬(Alignment) 및 적층 정밀도 검사

HBM은 수직 적층(Stacking) 공정을 거치며 각 층의 Die(다이)가 정확한 위치에 놓여야 합니다. 적층 단수가 높아질수록(8단, 12단, 16단 등) 물리적 누적 오차가 발생할 가능성이 커지며, 이는 곧 검사 난이도의 상승을 의미합니다 [5].

- **미세 위치 오차(Misalignment) 측정:** 각 Die가 수직으로 쌓일 때, 하부 Die의 TSV 위치와 상부 Die의 TSV 위치가 정확히 일치하는지 측정합니다. 만약 정렬 오차가 허용 범위를 벗어나면, Bump(범프) 접합 불량이나 신호 전달 경로의 단선이 발생할 수 있습니다 [12].
- **적층 단위별 레시피 최적화:** 8단(8-Hi)부터 최근의 12단, 16단 이상의 고단 적층 구조에 따라 검사 방식이 달라져야 합니다. 크레셈의 검사 시스템은 적층 단수에 최적화된 Inspection Recipe를 로딩하여, 적층 깊이에 따른 광학적 해상도 저하 문제를 극복하고 정밀한 정렬 상태를 모니터링합니다 [5].

3. Warpage(휨) 분석 및 열적 안정성 검사

고단 적층 구조는 물리적 스트레스와 열적 변화에 매우 취약합니다. 적층 과정에서 발생하는 물리적 변형인 Warpage(휨)는 HBM의 수율을 결정짓는 핵심 변수 중 하나입니다 [12].

- **Warpage(휨) 측정 및 관리:** 적층된 칩 사이의 열팽창 계수(CTE) 차이나 공정 중 가해지는 압력으로 인해 웨이퍼 또는 패키지 전체가 휘어지는 현상을 분석합니다. Warpage가 과도할 경우, Die 간의 접합면이 떨어지거나(Delamination), Bump에 물리적 충격이 가해져 크랙(Crack)이 발생할 수 있습니다 [12].
- **열 저항 및 동작 안정성 (Thermal Resistance & Reliability):** HBM은 고성능 연산 시 막대한 열을 발생시키므로, 열 방출 효율(Thermal Dissipation)이 매우 중요합니다. 열 저항(θ_{JA}) 수치를 측정하여 고온 동작 환경(예: 95°C 이상)에서도 데이터 전송 속도 저하 없이 안정적인 동작이 가능한지 검증합니다 [2, 3]. 적외선 카메라를 활용한 Thermal Map(열지도) 분석은 이러한 열 분포의 불균일성을 시각화하여 구조적 결함을 찾아내는 데 활용됩니다 [2, 3].

[HBM 검사 프로세스 및 핵심 기술 아키텍처 요약]

검사 구분	핵심 대상 (Target)	주요 검사 항목 (Key Items)	기대 효과 (Expected Effect)
전기적 검사	TSV, I/O, Bump	Resistance, Eye Diagram, VDD	신호 무결성 및 데이터 전송 속도 확보
구조적 검사	Die-to-Die, Stacking	Alignment, Misalignment, Bump Height	적층 정밀도 향상 및 접합 신뢰성 확보

물리/열 검사	Wafer, Package	Warpage, Thermal Resistance, Thermal Map	패키지 변형 방지 및 열 관리 최적화
---------	----------------	--	----------------------

표 2.

HBM Advanced Inspection Process Architecture



그림 1.

고밀도 기판(FC-BGA) 검사 솔루션

반도체 패키징 기술이 고성능 컴퓨팅(HPC) 및 AI 가속기 시장의 요구에 부응하여 고집적화됨에 따라, 이를 지지하는 핵심 부품인 FC-BGA(Flip Chip Ball Grid Array) 및 차세대 고밀도 기판(High-Density Substrate)의 중요성이 급격히 증대되고 있습니다. 기판은 미세 회로를 통해 칩과 메인보드 사이의 전기적 신호를 전달하는 통로 역할을 수행하며, 최근에는 칩의 대형화와 I/O(Input/Output) 단자 수의 증가로 인해 기판 자체의 미세 패턴 형성 기술과 신뢰성이 전체 시스템 성능을 결정짓는 핵심 요소로 부상하였습니다 [12].

(주)크레셈은 이러한 시장 흐름에 대응하여, 기판 제조 공정 중 발생하는 미세 결함을 초고속·고정밀로 검출할 수 있는 고밀도 기판 검사 솔루션(High-Density Substrate Inspection Solution)을 제공하고 있습니다 [12]. 크레셈의 솔루션은 크게 마이크로 범프/볼 검사(Micro Bump/Ball Inspection)와 패턴 검사(Pattern Inspection)라는 두 가지 핵심 기술 축을 중심으로 구성됩니다.

1. 마이크로 범프 및 솔더 볼(Micro Bump/Solder Ball) 검사 기술

FC-BGA 공정에서 칩과 기판을 전기적으로 연결하기 위해 형성되는 마이크로 범프(Micro Bump) 및 솔더 볼(Solder Ball)은 패키징의 신뢰성을 좌우하는 결정적인 요소입니다. 기판의 미세화가 진행됨에 따라 범프의 크기는 점차 작아지는 반면, 요구되는 정렬 정밀도는 더욱 높아지고 있습니다. 크레셈의 검사 장비는 다음과 같은 세부 항목을 고속 스캔(High-speed Scanning)을 통해 정밀하게 검증합니다 [12].

- **크기 및 높이 측정(Size & Height Measurement):** 각 솔더 볼의 직경과 높이가 설계 규격(Specification) 내에 존재하는지 3차원적으로 측정합니다. 범프의 높이가 불균일할 경우, 칩 실장 시 접합 불량이나 전기적 저항 증가의 원인이 될 수 있습니다.
- **정렬 상태 검사(Alignment Inspection):** 칩의 입출력 단자와 기판의 범프 위치가 정확하게 일치하는지 확인합니다. 미세한 위치 오차(Misalignment)는 신호 전달 오류나 물리적 충격에 의한 크랙(Crack)을 유발할 수 있습니다.
- **이물질 및 결함 검출(Foreign Material & Defect Detection):** 범프 표면의 산화, 잔류 플럭스(Flux), 이물질(Foreign Material) 부착 여부를 검사합니다. 이러한 오염 물질은 솔더링(Soldering) 공정 시 접합력을 약화시켜 오픈(Open) 결함을 초래합니다.

2. 미세 회로 패턴 검사(Pattern Inspection)

기판 내부에 형성되는 회로 패턴은 갈수록 미세해지고 있으며, 이는 신호 전송 속도를 높이는 동시에 공정 난이도를 극도로 상승시킵니다. 크레셈은 기판 내부의 복잡한 회로 구조를 정밀하게 분석하여 전기적 신호의 무결성(Signal Integrity)을 보장합니다 [12].

- **단선 및 단락 검사(Open & Short Inspection):** 미세 회로 패턴이 끊어지는 **단선(Open)** 현상이나, 인접한 회로 간에 원치 않는 연결이 발생하는 **단락(Short)** 현상을 정밀하게 찾아냅니다. 이는 기판의 전기적 기능을 상실하게 만드는 가장 치명적인 결함입니다.

- **패턴 형상 및 선폭 검사(Pattern Geometry & Line Width Inspection):** 회로의 선폭(Line Width)이 설계된 값과 일치하는지, 패턴의 에칭(Etching) 상태가 균일한지를 검사합니다. 선폭의 불균일은 임피던스(Impedance) 불일치를 야기하여 고주파 신호 전송 시 손실을 발생시킬 수 있습니다.

3. 기판 검사의 기술적 요구사항 및 크레셈의 대응 전략

고밀도 기판 검사는 HBM 검사와 마찬가지로 매우 높은 수준의 해상도와 검사 처리량(Throughput)을 동시에 요구합니다. 기판의 면적이 넓어짐에 따라 검사 시간이 길어질 수 있는데, 크레셈은 이를 해결하기 위해 고성능 광학 엔진과 지능형 비전 알고리즘을 결합하여 대응하고 있습니다.

검사 항목	주요 관리 지표 (Key Metrics)	결함 발생 시 영향 (Impact)
Micro Bump	Diameter, Height, Coplanarity, Alignment	접합 불량, 신호 저항 증가, 물리적 크랙
Pattern	Line Width, Pitch, Trace Geometry, Spacing	신호 왜곡(Signal Distortion), 단선/단락, 임피던스 불일치
Substrate Surface	Warpage, Roughness, Contamination	패키징 구조 안정성 저하, 전기적 노이즈 발생

표 3.

결론적으로, 크레셈의 FC-BGA 검사 솔루션은 기판의 미세 패턴 및 범프 구조의 정밀도를 극대화함으로써, 차세대 고성능 반도체 패키징 공정에서 발생할 수 있는 잠재적 불량 요인을 사전에 차단하고 고객사의 제조 수율(Yield)을 최적화하는 데 핵심적인 역할을 수행하고 있습니다 [12].

AI 기반 지능형 검사 시스템(AI-Driven Vision)

반도체 패키징 공정의 미세화가 가속화됨에 따라, 기존의 전통적인 검사 방식인 룰 베이스(Rule-based) 알고리즘은 기술적 한계점에 봉착했습니다. 과거에는 미리 정의된 기하학적 수치나 밝기 임계값(Threshold)을 기준으로 결함을 판별했으나, 공정 산포에 따른 정상적인 노이즈와 실제 결함을 구분하지 못하는 문제가 발생했습니다. (주)크레셈은 이러한 한계를 극복하기 위해 딥러닝(Deep Learning) 기술을 검사 엔진에 통합하여, 단순한 결함 검출(Detection)을 넘어선 지능형 결함 분류(Defect Classification) 솔루션을 구현하고 있습니다 [12].

1. 딥러닝 기반 결함 분류(Defect Classification) 메커니즘

크레셈의 AI 기반 검사 시스템은 고해상도 광학 센서로부터 획득한 대량의 이미지를 학습 데이터로 활용하여, 결함의 유형을 정밀하게 분류합니다. 이는 CNN(Convolutional Neural Network)과 같은 합성곱 신경망 구조를 기반으로 하며, 미세한 패턴의 변화나 색상 차이, 형상적 특징을 스스로 학습하여 결함의 '특성'을 파악합니다 [12].

- **특징 추출(Feature Extraction)의 고도화:** 기존 방식은 사용자가 직접 설정한 특징점(Feature point)에 의존했으나, AI 모델은 이미지 내의 텍스처, 에지(Edge), 명암 대비 등을 다차원적인 벡터로 추출합니다. 이를 통해 HBM의 TSV(Through Silicon Via) 주변부에 발생하는 미세한 식각 불균일이나, FC-BGA 기판의 Micro Bump 상단에 위치한 미세 이물질을 매우 높은 정확도로 식별합니다.

- **결함 유형의 세분화:** 학습된 모델은 검출된 결함이 '단선(Open)', '단락(Short)', '이물(Foreign Material)', '스크래치(Scratch)', 또는 '단순 노이즈(Normal Noise)' 중 어디에 해당하는지를 실시간으로 분류합니다. 이러한 분류 능력은 단순히 불량 여부를 가리는 것을 넘어, 불량 원인을 분석하는 기초 데이터로 활용됩니다 [12].

2. 과검(Over-kill) 방지 및 검사 효율 최적화

검사 장비의 생산성(Throughput)을 결정짓는 핵심 지표 중 하나는 과검(Over-kill)을 관리입니다. 과검이란 실제로는 양품(Good Die/Unit)임에도 불구하고, 검사 장비가 이를 불량으로 오판하여 폐기하거나 재검사를 수행하게 만드는 현상을 의미합니다. 과검률이 높을 경우 불필요한 수율 손실이 발생하고, 후속 공정의 병목 현상을 초래합니다.

크레셈의 AI 비전 솔루션은 다음과 같은 메커니즘을 통해 과검을 획기적으로 낮춥니다.

구분	Rule-based 검사 (기존)	AI-Driven Vision (크레셈)	효과
판단 기준	고정된 임계값 (Fixed Threshold)	확률적 특징 기반 (Probabilistic Feature)	오판율 감소
노이즈 대응	노이즈를 결함으로 오인할 확률 높음	정상 패턴과 노이즈를 학습하여 구분	과검(Over-kill) 방지
유연성	공정 변화 시 매번 Recipe 수정 필요	데이터 학습을 통한 자가 적응 가능	유지보수 비용 절감
데이터 활용	단순 Pass/Fail 결과만 도출	결함 유형별 통계 데이터 확보	수율 분석 연계

표 4.

AI 모델은 학습 과정에서 '정상적인 공정 변동성(Process Variation)'을 학습합니다. 예를 들어, 조명 조건의 미세한 변화나 웨이퍼 표면의 자연스러운 광학적 산란은 결함이 아닌 '정상 범위 내의 변동'으로 인식하도록 훈련됩니다. 이를 통해 검사 장비가 과도하게 민감하게 반응하여 양품을 불량으로 처리하는 것을 방지하며, 결과적으로 고객사의 최종 수율(Yield)을 극대화하는 데 기여합니다 [12].

3. 데이터 분석을 통한 수율 향상 파트너로의 진화

크레셈의 AI 비전 기술은 단순히 검사 단계에서 멈추지 않고, 검사 과정에서 축적된 방대한 양의 결함 데이터를 분석하여 공정 최적화를 지원합니다. 이는 '검사 장비 제조사'에서 '수율 관리 솔루션 파트너'로의 역할 확장을 의미합니다 [12].

- **불량 원인 역추적(Root Cause Analysis):** AI가 분류한 결함 데이터(예: 특정 위치에서의 반복적인 Short 발생)를 공정 로그와 결합하면, 특정 장비의 식각(Etching) 단계나 증착(Deposition) 단계에서 문제가 발생했음을 추론할 수 있습니다. 이러한 데이터 기반의 인사이트는 고객사가 공정 조건을 재설정하거나 장비를 정비하는 데 결정적인 근거를 제공합니다.

- **스마트 팩토리 구현의 핵심 요소:** 실시간으로 수집되는 결함 패턴 데이터를 통해 공정의 이상 징후를 사전에 감지하는 예지 보전(Predictive Maintenance) 기술로 확장될 수 있습니다. 이는 HBM과 같이 적층 단수가 높아질수록 미세한 공정 오류가 치명적인 불량으로 이어지는 고부가가치 제품군에서 더욱 강력한 경쟁력을

발휘합니다 [12].

결론적으로, 크레셈의 AI 기반 지능형 검사 시스템은 고해상도 광학 기술과 딥러닝 알고리즘의 결합을 통해, 초미세 패키징 공정에서 요구되는 극도의 정밀도와 높은 생산성을 동시에 달성하는 핵심 솔루션입니다.

AI 기반 지능형 검사 프로세스 아키텍처



그림 2.

기술적 진화 및 미래 로드맵

(주)크레셈(CRESSEM)의 기술적 궤적은 반도체 후공정(Back-end)의 미세화 및 고집적화 트렌드와 궤를 같이하며, 단순한 '결함 탐지(Defect Detection)'에서 '지능형 공정 제어(Intelligent Process Control)'로 진화하고 있습니다. 크레셈은 기존의 전통적인 광학 검사 방식이 가진 한계를 극복하기 위해 알고리즘의 고도화와 차세대 패키징 공정 대응을 위한 기술 로드맵을 이중 트랙(Dual-track) 전략으로 추진하고 있습니다.

1. 검사 패러다임의 전환: Rule-based에서 AI-Driven으로의 진화

과거의 검사 시스템은 사전에 정의된 수치나 형상 조건을 기준으로 불량을 판별하는 **룰 베이스(Rule-based) 방식**에 의존해 왔습니다. 이 방식은 정형화된 패턴 검사에는 유리하지만, 공정 변동에 따라 발생하는 미세한 노이즈나 비정형 결함을 정상 제품으로 오인하거나, 반대로 정상 제품을 불량으로 판정하는 **과검(Over-kill) 문제**를 야기했습니다. 과검률이 높을 경우 불필요한 재검사 비용이 발생하고, 이는 곧 고객사의 생산 수율(Yield) 저하로 직결되는 치명적인 단점이 있습니다.

크레셈은 이를 해결하기 위해 **AI 기반 지능형 비전(AI-Driven Machine Vision)** 기술을 전면 도입하였습니다. 딥러닝(Deep Learning) 알고리즘을 활용하여 방대한 양의 양품 및 불량 데이터를 학습함으로써, 미세 결함(Defect)과 정상적인 공정 노이즈를 정밀하게 구분해내는 능력을 확보했습니다 [12]. 이러한 기술적 전환은 다음과 같은 실질적인 가치를 제공합니다.

- **과검률(Over-kill Rate)의 획기적 저감:** AI가 결함의 특성을 학습하여 불필요한 판정을 줄임으로써 검사 효율을 극대화합니다.
- **비정형 결함 검출 능력 강화:** 기존 룰 베이스로는 정의하기 어려웠던 복합적인 형태의 미세 결함을 높은 신뢰도로 검출합니다.
- **데이터 기반의 원인 분석(Root Cause Analysis):** 검사 과정에서 축적된 데이터를 분석하여 공정상의 불량 원인을 역추적할 수 있는 스마트 팩토리 솔루션으로의 확장이 가능해집니다 [11].

2. 차세대 패키징 대응 전략: Hybrid Bonding 및 초고정밀 검사

반도체 산업이 HBM3E를 넘어 HBM4 및 차세대 AI 가속기 시대로 진입함에 따라, 패키징 기술은 기존의 Bump(범프) 기반 연결 방식에서 **하이브리드 본딩(Hybrid Bonding)** 기술로 급격히 이동하고 있습니다. 하이브리드

본딩은 범프 없이 구리(Cu)와 구리 간의 직접적인 접합을 통해 데이터 전송 속도를 극대화하고 적층 높이를 최소화하는 기술로, 검사 측면에서는 이전과는 비교할 수 없는 수준의 난이도를 요구합니다.

크레셈의 미래 로드맵은 이러한 기술적 변곡점에 대응하기 위해 다음과 같은 핵심 기술 확보에 집중하고 있습니다.

구분	기존 기술 (Current)	차세대 대응 기술 (Next-Gen)	핵심 요구 역량
접합 방식	Micro Bump / Solder Ball	Hybrid Bonding (Cu-to-Cu)	표면 거칠기(Roughness) 및 평탄도 제어
검사 대상	Bump 정렬 및 높이 측정	Interface 정밀 정렬 및 접합 계면	원자 단위 수준의 정밀도 및 표면 결함 검사
검사 해상도	μm 단위 광학 검사	Sub-μm 및 초고해상도 스캔	고배율/고속 광학 엔진 및 AI 이미지 복원
주요 타겟	HBM3, FC-BGA	HBM4, 3D IC, CoWoS-L	초미세 피치(Pitch) 대응 및 다층 구조 검사

표 5.

특히 하이브리드 본딩 공정에서는 접합면의 미세한 오염(Contamination)이나 아주 작은 돌출(Protrusion)만으로도 치명적인 전기적 불량 발생하므로, 크레셈은 이를 탐지하기 위한 **초고해상도 광학 솔루션**과 **AI 기반의 표면 분석 알고리즘**을 통합한 차세대 검사 플랫폼 개발을 목표로 하고 있습니다. 이는 단순한 검사 장비 공급업체를 넘어, 차세대 패키징 공정의 수율을 결정짓는 핵심 기술 파트너로서의 위상을 공고히 하는 전략적 행보입니다.

CRESSEM 기술 진화 및 미래 로드맵 아키텍처



그림 3.

결론 및 시사점

본 보고서에서는 반도체 후공정(Back-end)의 패러다임 변화에 대응하는 (주)크레셈(CRESSEM)의 기술적 역량과 사업적 위치를 다각도로 분석하였습니다. 분석 결과를 바탕으로 크레셈의 시장 경쟁력과 향후 지향해야 할 가치 제언을 다음과 같이 요약합니다.

1. 차세대 반도체 공급망 내 압도적 시장 경쟁력 확보

크레셈은 HBM(High Bandwidth Memory)과 FC-BGA(Flip Chip Ball Grid Array)라는 두 가지 핵심 성장 동력을 확보하고 있습니다 [12]. 특히 HBM 시장이 고단 적층(Stacking) 기술 경쟁으로 진입함에 따라, TSV(Through Silicon Via) 연결성 검사와 Die-to-Die 정렬(Alignment) 측정 기술의 중요성은 더욱 증대될 전망입니다 [2, 12]. 크레셈은 이러한 고난도 검사 요구사항을 충족하는 고정밀 광학 기술을 보유하고 있어, AI 가속기 및 고성능 컴퓨팅(HPC) 시장의 폭발적 수요에 대응할 수 있는 강력한 기술적 진입장벽을 구축하고 있습니다 [12].

2. 단순 검사 장비를 넘어선 '수율 향상 파트너(Yield Improvement Partner)'로의 진화

크레셈의 진정한 차별점은 단순한 결함 검출(Detection)을 넘어선 **AI 기반 지능형 검사 솔루션**에 있습니다 [12]. 딥러닝(Deep Learning) 알고리즘을 활용하여 미세 결함과 정상 노이즈를 정밀하게 구분함으로써, 기존 검사 방식의 고질적 문제인 과검(Over-kill)률을 획기적으로 낮추고 있습니다 [12]. 이는 고객사 입장에서 불필요한 비용 손실을 줄이는 동시에, 검사 데이터를 분석하여 공정상의 불량 원인을 역추적하는 **Root Cause Analysis(불량 원인 분석)** 솔루션으로 이어져, 고객사의 최종 수율(Yield) 향상에 직접적으로 기여하는 전략적 파트너로서의 가치를 제공합니다 [1, 11].

3. 미래 기술 로드맵과 지속 가능한 성장 전망

향후 반도체 패키징 기술이 Hybrid Bonding(하이브리드 본딩) 등 더욱 미세한 공정으로 진화함에 따라, 크레셈의 기술적 도전 과제는 더욱 높아질 것입니다. 하지만 Rule-based에서 AI 기반으로 이어지는 기술적 전환(Transformation)을 성공적으로 수행하고 있는 만큼, 차세대 패키징 기술의 표준에 부합하는 초고해상도 검사 솔루션을 선제적으로 제시한다면 AI 반도체 공급망 내에서 대체 불가능한 핵심 위치를 점할 것으로 기대됩니다 [11, 12].

구분	핵심 가치 (Core Value)	기대 효과 (Expected Effect)
기술적 측면	고정밀 광학 및 AI 비전 결합	미세 결함 검출력 극대화 및 과검 방지
경제적 측면	제조 원가 절감 및 공정 효율화	고객사 수율(Yield) 향상 및 생산성 증대
전략적 측면	차세대 패키징(HBM4 등) 선제 대응	AI 반도체 시장 내 독보적 지위 확보

표 6.