

심층분석보고서

26하_SK하이닉스_소자

마감일: 8월26일17시00분

| 노영우 컨설턴트 & 취업 플랫폼 '룩센트'

■ Executive Summary

2026년 8월 현재, SK하이닉스는 반도체 산업 역사에서 유례를 찾기 어려운 실적 구간을 지나고 있습니다. 2026년 2분기 연결 매출은 79조 3,187억 원, 영업이익은 60조 5,426억 원으로 영업이익률 76%를 기록했고, 순이익은 93조 9,226억 원으로 순이익률이 118%에 이르렀습니다. 상반기 누적으로는 매출 131조 8,950억 원, 영업이익 98조 1,529억 원입니다. 1년 전인 2025년 2분기 매출 22조 2,320억 원, 영업이익 9조 2,129억 원과 비교하면 매출은 257%, 영업이익은 557% 늘어난 수치입니다. 2025년 연간 실적이 매출 97조 1,467억 원, 영업이익 47조 2,063억 원이었으니, 회사는 반년 만에 전년도 연간 실적을 모두 넘어섰습니다.

이 숫자를 만든 동력은 AI 인프라 투자가 만들어낸 메모리 초과수요입니다. TrendForce 기준 2026년 1분기 범용 D램 고정거래가격은 전분기 대비 55~60% 올랐고, 2분기에도 20~50% 추가 상승했습니다. 시그마인텔은 D램 수급이 2025년 8% 공급과잉에서 2026년 12% 공급부족으로 뒤집힌다고 분석했습니다. 신한투자증권은 2026년 D램 수요 비트그로스를 23.6%, 낸드를 18.1%로 추정하면서 각각 공급 증가율을 2.1%포인트, 4.7%포인트 웃돌 것으로 봤습니다. SK하이닉스는 2분기 실적발표에서 핵심 고객을 포함한 10여 곳과 장기공급계약을 협의 중이라고 밝혔는데, 이는 가격 협상이 분기 단위 흥정에서 다년 계약으로 옮겨가고 있다는 신호입니다.

경쟁 구도는 그러나 2025년과 같지 않습니다. 카운터포인트리서치 집계에서 SK하이닉스의 HBM 점유율은 2025년 1분기 69%에서 2026년 1분기 58%로 내려왔고, 삼성전자와 마이크론이 각각 21%로 공동 2위에 올랐습니다. 삼성전자는 2026년 2월 12일 HBM4를 업계에서 가장 먼저 양산 출하했고, 6월 중순 누적 매출 10억 달러를 넘겼습니다. SK하이닉스는 HBM4 본격 출하를 2분기에 시작해 하반기 램프업에 들어갔고, HBM4E는 상반기 샘플 공급을 마치고 1c(10나노급 6세대) 코어 다이를 적용해 2027년 양산을 목표로 합니다. UBS는 엔비디아 베라 루빈 플랫폼용 HBM4에서 SK하이닉스 점유율을 약 70%로 봤지만, 대신증권은 55%, TrendForce는 연간 HBM 전체 50%를 제시했습니다. 추정치의 폭 자체가 이 시장의 불확실성을 보여줍니다.

중국의 추격도 숫자로 확인됩니다. CXMT는 D램 시장 4위로 올라섰고 17나노급 DDR5에서 수율 90%를 달성했다는 보도가 나왔습니다. YMTC는 2026년 2분기 낸드 출하량 기준 14%로 키옥시아를 제치고 사상 처음 3위에 올랐습니다. 다만 공급 부족 국면에서는 중국산 제품도 가격을 크게 낮출 이유가 없어, 오히려 범용 D램 가격의 하한을 지지하는 효과가 나타나고 있다는 해석도 병존합니다.

이 국면에서 소자(Device) 직무는 회사의 기술 우위를 물리 현상 수준에서 구현하고 검증하는 엔지니어링 조직입니다. SK하이닉스 뉴스룸의 표현으로는 "전류의 길을 만드는" 일이며, 설계가 정의한 동작을 공정이 실제로 만들어낼 수 있는지 판단하고, 만들어진 결과물의 전기적 특성과 수명을 보증하는 역할입니다. PI, Device, FA, CA, TCAD, Modeling, ESD, LDR, Reliability

Solution, Revolutionary Memory, OPC라는 11개 세부 분야는 각각 다른 언어를 쓰지만, 공통 질문은 하나입니다. "이 전기적 현상이 왜 일어났고, 어떻게 하면 목표 수율과 수명 안에서 통제할 수 있는가." 1c D램의 수율 성숙, 375단 낸드의 적층 안정성, HBM4의 전력 효율과 원가 경쟁력은 모두 이 질문에 답한 결과입니다. 산업의 구조적 성장, 회사의 계층형 메모리 전략, 소자 직무의 문제해결적 성격을 하나의 논리로 연결해 이해하는 것이 이 보고서의 목표입니다.

■ 1장: 산업(섹터) 분석

● 1-1. 메모리 반도체의 정의와 이 산업이 다루는 물리 현상

메모리 반도체는 데이터를 저장하고 꺼내 쓰는 반도체입니다. 크게 D램과 낸드플래시로 나뉘며, 두 제품은 저장 원리가 근본적으로 다릅니다.

D램(Dynamic Random-Access Memory)은 트랜지스터 하나와 커패시터 하나로 셀을 구성합니다(1T1C 구조). 커패시터에 전하가 채워져 있으면 1, 비어 있으면 0으로 읽습니다. 문제는 이 커패시터가 완전히 밀폐된 그릇이 아니라는 것입니다. 시간이 지나면 전하가 누설로 빠져나가므로, 데이터가 사라지기 전에 주기적으로 다시 채워야 합니다. 이 동작이 리프레시(Refresh)이고, 이 때문에 D램에 'Dynamic'이라는 이름이 붙었습니다. 전원이 꺼지면 데이터가 사라지므로 휘발성 메모리로 분류됩니다. 대신 읽고 쓰는 속도가 빠르기 때문에 연산 장치가 지금 당장 쓰는 데이터를 올려두는 작업 공간 역할을 합니다.

낸드플래시는 플로팅 게이트 또는 전하 포획층(CTF)에 전하를 가두는 방식으로 데이터를 저장합니다. 전원이 없어도 전하가 유지되므로 비휘발성이고, 창고 역할을 합니다. 대신 쓰기 속도가 느리고 쓰기 횟수에 물리적 한계가 있습니다. 낸드는 평면 미세화 대신 수직 적층으로 용량을 늘려 왔고, SK하이닉스는 2026년 FMS에서 10세대 375단 4D 낸드를 공개했습니다.

이 두 제품이 왜 소자 직무와 곧바로 연결되는지를 짚어야 합니다. D램의 커패시터 누설을 줄이는 일, 낸드에서 수백 단을 쌓아도 각 층의 전기적 특성이 균일하게 유지되도록 만드는 일이 모두 소자 엔지니어의 과제입니다. 산업 분석의 거시 숫자와 직무의 미시 과제는 여기서 만납니다.

● 1-2. 시장 규모: 전망치가 두 배 넘게 갈리는 이유

2026년 메모리 시장 규모 전망은 기관마다 크게 다릅니다. TrendForce는 2026년 전체 메모리 시장을 8,893억 달러로 상향했고 2027년 1조 2,800억 달러 돌파를 제시했습니다. 반면 대신증권은 2026년 메모리 시장을 5,632억 달러, HBM 시장을 581억 달러로 봤고, WSTS는 2026년 메모리를 2,948억 2,000만 달러로 전망했습니다. 같은 해를 두고 세 배 가까운 격차가 벌어진 셈입니다.

이 격차는 오류가 아니라 기준과 시점의 차이입니다. WSTS 수치는 가격 급등이 본격 반영되기 전 시점의 표준 통계 기반 전망이고, 대신증권 수치는 3월 시점의 증권사 추정이며, TrendForce의 8,893억 달러는 계약가 급등을 반영해 크게 올려 잡은 수정치입니다. 메모리는 물량이 아니라 가격이 실적을 좌우하는 산업이므로, 가격 가정을 언제 갱신했느냐에 따라 전망이 배로 벌어집니다.

지원자 관점에서 중요한 것은 어느 숫자가 맞느냐가 아니라, 이 산업의 전망이 왜 이렇게 요동치는가를 설명할 수 있는가입니다. 가격 탄력성이 크고 공급 조정에 1년 이상 걸리는 산업 구조가 그 답입니다. 무게를 둔다면 최근 시점의 계약가 실측치를 반영한 전망이 더 현실에 가깝다고 보는 편이 합리적입니다.

● 1-3. 가격 사이클의 실제 궤적과 고정거래가격의 작동 방식

고정거래가격은 메모리 업체가 대형 고객과 분기 또는 월 단위로 맺는 계약 단가입니다. 현물가(스팟)와 별개로 존재하며, 실제 실적의 대부분은 고정거래가에서 나옵니다. 현물 시장은 유통 재고가 오가는 소규모 시장이라 변동성이 크지만 대표성이 낮습니다. SK하이닉스가 2026년 1분기 실적발표에서 "현물 가격 변동은 전체 시장을 대표하기 어렵다"고 언급한 이유가 여기에 있습니다.

2026년의 궤적은 이렇습니다. 1분기 범용 D램 계약가는 전분기 대비 55~60% 올랐고, 서버용 DDR5는 두 배 가까이 뛰었습니다. 2분기에는 삼성전자가 계약가를 약 30% 인상하되 서버 D램은 고객에 따라 최대 70%까지 인상안을 제시한 것으로 알려졌고, 낸드도 70~75% 급등이 전망됐습니다. 시그마인텔은 하반기 인상률이 5~20%로 둔화한 뒤 높은 수준에서 안정될 것으로 봤습니다. 즉 2026년은 급등에서 고점 안착으로 이행하는 해입니다.

여기서 눈여겨볼 대목은 인상률 둔화가 곧 실적 둔화를 뜻하지 않는다는 점입니다. 가격 수준 자체가 이미 높은 곳에 올라와 있으므로, 인상률이 한 자릿수로 내려와도 절대 마진은 유지됩니다. 2026년 2분기 영업이익률 76%가 그 결과입니다.

● 1-4. 가치사슬과 수익이 쌓이는 지점

메모리 산업의 가치사슬은 소재, 장비, 소자업체, 후공정, 최종 고객으로 이어집니다.

소재 단계에서는 실리콘 웨이퍼, 포토레지스트(감광액), 전구체(박막 증착용 화학물질), 특수가스가 공급됩니다. 장비 단계는 과점이 극심합니다. 노광은 ASML이 EUV를 사실상 독점하고, 식각과 증착은 어플라이드 머티어리얼즈, 램리서치, 도쿄일렉트론이, 계측은 KLA가 주도합니다. 소자업체는 설계부터 제조까지 한 회사가 수행하는 종합반도체기업(IDM)으로 삼성전자, SK하이닉스, 마이크론이 여기에 해당합니다. 후공정은 패키징과 테스트를 담당하는 OSAT 영역이며, HBM 시대에는 TSMC의 CoWoS 같은 첨단 패키징이 병목 지점이 됐습니다. 최종 고객은 엔비디아, AMD 같은 가속기 기업과 아마존, 마이크로소프트, 구글, 메타 같은 하이퍼스케일러입니다.

수익이 쌓이는 지점은 AI 국면에서 소자업체와 장비사로 뚜렷하게 이동했습니다. 이유는 물리적입니다. HBM은 같은 용량의 범용 D램보다 웨이퍼를 2.5~3배 소비하고, HBM4는 1대 3을 넘습니다. 한 장의 웨이퍼로 만들 수 있는 범용 D램이 그만큼 줄어드는 구축 효과가 발생합니다. 삼성전자는 HBM 전환으로 일반 D램 공급이 16% 줄었다고 밝힌 바 있고, TrendForce는 클라우드 사업자가 전체 D램 수요의 40%를 차지하며 생산 라인을 선점하고 있다고 분석했습니다. HBM 수요가 늘수록 범용 D램 가격까지 오르는 구조가 여기서 나옵니다.

● 1-5. 최근 3~5년의 큰 변화 (1) HBM의 부상과 베이스 다이의 파운드리화

HBM(High Bandwidth Memory, 고대역폭메모리)은 D램 칩을 수직으로 여러 장 쌓고 TSV(Through Silicon Via, 실리콘관통전극)로 위아래를 연결한 메모리입니다. 데이터가 오갈 수 있는 통로를 물리적으로 넓혀 대역폭을 키운 제품입니다.

대역폭이 왜 중요한지를 일상의 비유로 풀면 이렇습니다. 주방에서 요리사(연산 장치)가 아무리 빨라도, 재료를 나르는 통로가 좁으면 요리사는 재료를 기다리며 놀게 됩니다. AI 연산은 파라미터와 중간 결과를 끊임없이 읽고 쓰는 작업이라, 통로 폭이 곧 전체 처리 속도를 결정합니다. 김천성 SK하이닉스 솔루션개발 부문장은 FMS 2026에서 "에이전틱 AI 시대에 토큰 처리량이 전례 없는 속도로 늘고 있지만 D램 대역폭이 연산 성능 발전을 따라가지 못하고 있다"며 "AI 인프라가 메모리 중심 시대로 진입하고 있다"고 진단했습니다.

HBM4에서 산업 구조가 한 번 더 바뀌었습니다. HBM 최하단에서 신호 입출력을 제어하는 베이스 다이(로직 다이)에 초미세 로직 공정이 들어가면서, 메모리와 파운드리 경계가 흐려진 것입니다. SK하이닉스는 베이스 다이를 TSMC 공정에 맡기고 패키징까지 협력하는 양해각서를 체결했고, 삼성전자는 자사 파운드리 4나노 공정을 활용합니다. 이 변화는 고객이 자기가 원하는 연산 기능이나 컨트롤러 지식재산을 베이스 다이에 넣을 수 있다는 뜻이기도 합니다. HBM이 규격화된 상품에서 고객 맞춤형 칩으로 옮겨가는 흐름의 출발점입니다.

● 1-6. 최근 3~5년의 큰 변화 (2) 학습에서 추론으로, 그리고 낸드의 귀환

2024년까지 AI 수요는 대형 모델 학습이 중심이었습니다. 2025년 하반기부터 실시간 추론과 에이전틱 AI로 무게가 옮겨가면서 수요의 성격이 달라졌습니다. SK하이닉스는 2026년 1분기 실적발표에서 AI가 "대형 모델 학습 중심에서 다양한 서비스 환경의 실시간 추론을 반복하는 에이전틱 AI 단계로 진화하면서 메모리 수요 기반이 D램과 낸드 전반으로 넓어지고 있다"고 설명했습니다.

추론은 학습과 다른 메모리 부담을 만듭니다. 대화 맥락을 유지하기 위한 KV 캐시, 검색증강생성(RAG)을 위한 벡터 데이터베이스가 대용량 저장과 빠른 검색을 동시에 요구합니다. 그 결과 오랫동안 수익성이 낮았던 낸드가 기업용 SSD(eSSD)를 통해 되살아났습니다. SK하이닉스는 2026년 2분기 컨퍼런스콜에서 eSSD 매출이 전분기 대비 두 배 이상, 솔리다임의 30TB 이상 고용량 eSSD 매출은 세 배 이상 늘었다고 밝혔습니다.

키옥시아와 샌디스크의 실적 반등도 같은 흐름 위에 있습니다.

● 1-7. 최근 3~5년의 큰 변화 (3) 계층형 메모리와 새로운 메모리 계급의 등장

2026년 들어 업계의 논의는 개별 제품 성능을 넘어 시스템 전체의 메모리 배치로 확장됐습니다. SK하이닉스가 FMS 2026에서 제시한 계층형 메모리(Tiered Memory) 구상이 대표적입니다. 회사는 메모리 계층을 S램, HBM, D램, 로컬 SSD, CXL 풀드 메모리, 스토리지 서버의 여섯 단계로 나누고 이를 하나의 체계로 연결해 데이터 이동을 최소화하겠다는 방향을 내놨습니다.

여기서 새 계급으로 제시된 것이 HBF(High Bandwidth Flash, 고대역폭 플래시)입니다. HBM에 쓰이는 TSV 기술을 낸드에 적용해, 낸드의 대용량 특성과 D램에 필적하는 대역폭을 동시에 노리는 제품입니다. SK하이닉스는 FMS 2026 개막에 맞춰 샌디스크와 HBF의 첫 표준 규격을 공개했습니다. HBM과 SSD 사이의 빈 공간을 메우는 계급을 만들겠다는 시도이며, 표준화를 파트너와 함께 추진한다는 점에서 개방형 생태계 전략으로 읽힙니다.

같은 행사에서 삼성전자는 가속기 위에 메모리를 수직으로 쌓는 zHBM과 400단 이상 10세대 낸드를 공개했습니다. 삼성이 수직 통합 기반의 맞춤형 구조에 무게를 뒀다면, SK하이닉스는 개방형 표준과 생태계 확장을 선택했다는 평가가 나옵니다. 두 회사의 노선 차이는 소자 엔지니어의 과제 성격도 다르게 만듭니다.

● 1-8. 최근 3~5년의 큰 변화 (4) 미세화 한계와 구조 혁신 경쟁

D램 미세화는 물리적 한계에 다다르고 있습니다. 셀이 작아질수록 커패시터에 담을 수 있는 전하량이 줄어들고, 전하가 줄면 신호와 잡음의 차이가 좁아져 데이터를 잘못 읽을 위험이 커집니다. 1z 공정 대비 셀 정전용량이 절반으로 줄었다는 관측이 나올 만큼 난도가 올라갔습니다.

이 벽 앞에서 두 회사가 다른 해법을 택했습니다. SK하이닉스는 셀 면적을 최소화하는 4F² 수직 게이트(VG) 플랫폼을 제시했습니다. 4F²는 셀 하나가 차지하는 면적을 뜻하는 단위로, F는 최소 선폭입니다. 현재 일반적인 6F² 대비 셀 면적을 3분의 2로 줄이면서, 회로부를 셀 아래로 배치하는 웨이퍼 본딩을 결합하면 집적도와 전기적 특성을 함께 개선할 수 있다는 구상입니다. 차선용 미래기술연구원은 IEEE VLSI 심포지엄에서 4F² VG와 3D D램을 차세대 D램 기술의 두 갈래로 제시하며 향후 30년의 기술 진화 기반을 마련하겠다고 밝혔습니다. 삼성전자는 셀을 위로 쌓는 수직 적층 D램과 GAA(Gate-All-Around), 회로를 아래에 두고 셀을 위에 배치하는 POC 구조를 연구하는 것으로 알려졌습니다.

한편 SK하이닉스는 미세화 경쟁만이 아니라 이미 확보한 1c 공정을 HBM4E 코어 다이에 엮어 시장을 선점하는 실리적 선택도 병행합니다. 김기태 HBM세일즈마케팅 담당 부사장은 "1c 공정은 지난해 말부터 양산을 시작해 수율과 양산 능력 모두 이미 성숙 단계에 도달했다"고 설명했습니다.

● 1-9. 거시 변수: 환율, 금리, 정책, 사이클이 실제로 작동하는 경로

환율은 매출과 원가의 통화가 다르기 때문에 작동합니다. 메모리 판매는 달러로 이뤄지는 비중이 높은 반면 인건비와 국내 조달 비용은 원화입니다. 원화가 약세면 원화 환산 매출이 늘어 이익률이 올라가고, 반대면 줄어듭니다. 다만 장비는 달러와 유로로 사들이므로 투자 국면에서는 반대 방향의 부담도 생깁니다.

금리는 수요 쪽에서 작동합니다. 데이터센터 건설은 대규모 자본 조달을 전제로 하므로, 금리가 높으면 하이퍼스케일러의 투자 회수 기간 계산이 뻣뻣해집니다. 2026년 들어 고금리 기조가 빅테크의 AI 투자 지속성에 대한 의문으로 이어진다는 분석이 나온 배경입니다.

정책은 공급망과 시장 접근을 바꿉니다. 미국의 대중국 수출 통제는 2024년 12월 규정에서 HBM을 명시적 통제 대상에 포함했고, 이는 중국 기업의 고부가 메모리 진입을 늦추는 요인이 되었습니다. 국내에서는 반도체특별법이 2026년 1월 29일 본회의를 통과해 2월 10일 제정됐고, 시행령이 8월 4일 국무회의를 거쳐 8월 11일 시행되었습니다. 전력과 용수 같은 클러스터 기반시설 비용을 국가와 지방정부가 최대 100%까지 지원할 수 있게 된 것이 핵심입니다.

기술 사이클과 재고는 공급 쪽에서 작동합니다. 비트그로스는 비트 단위 생산량 증가율로, 웨이퍼 투입량과 공정 전환 효율이 함께 결정합니다. 미세 공정으로 전환하면 같은 웨이퍼에서 더 많은 비트가 나오므로 투자 없이도 공급이 늘어납니다. 반대로 HBM처럼 웨이퍼를 많이 먹는 제품 비중이 커지면 비트그로스가 억눌립니다. 2026년의 공급 부족은 바로 이 둘이 겹친 결과입니다.

● 1-10. 인력 규제라는 한국 고유 변수

2026년 상반기 내내 국내에서 이어진 논쟁 하나는 연구개발 인력의 주 52시간 적용 예외입니다. 업계가 요구했던 이 조항은 반도체특별법 최종안에서 빠졌고, 논의는 메가특구특별법으로 넘어갔습니다. 정부가 검토하는 안은 특구 내 소득 상위 3% 연구진과 관리자를 대상으로 근로시간 상한을 적용하지 않는 방식입니다. 이에 대해 수도권 핵심 연구 거점이 빠진 반쪽 대책이라는 업계 반발과, 특정 업종 예외가 전체 산업의 장시간 노동으로 번질 것이라는 노동계 반대가 맞서고 있습니다. 반도체공학회는 연구개발 업무의 성격상 몰입기와 재충전기의 유연성이 필요하다는 의견을 냈습니다.

이 논쟁이 소자 직무와 무관하지 않은 이유는, 신공정 개발과 시험생산, 수율 개선, 장비 검증, 고객사 긴급 기술 대응이 모두 획일적 시간 관리가 어려운 업무로 지목되기 때문입니다. 소자 엔지니어의 하루는 웨이퍼가 라인에서 나오는 시점, 분석 장비의 예약 상황, 고객 일정에 종속됩니다. 산업 규제 논의가 이 직무의 근무 방식과 어떤 관계인지 이해하고 있으면 산업을 보는 눈이 한 단계 깊어집니다.

● 1-11. 이 사이클을 의심하는 시각

균형을 위해 비관적 견해를 정리합니다.

첫째, 고점 시점 논쟁입니다. 경계현 전 삼성전자 DS부문장은 2026년 5월 한국공학한림원 포럼에서 중국 기업의 공격적 증설을 근거로 2026년 하반기부터 메모리 가격 하락 가능성을 제기했고, 2028년 이후 글로벌 빅테크의 자본지출 수익률이 떨어지면 수요 자체가 줄어듦 위험도 지적했습니다.

둘째, 채찍 효과입니다. 최종 수요가 10% 줄면 재고를 쌓아둔 중간 단계는 주문을 30~50% 끊습니다. 고정된 생산능력은 수요만큼 빨리 줄일 수 없고, 범용 부품 가격은 호황에 폭등한 만큼 불황에 빠르게 빠집니다. 메모리 산업이 과거 여러 차례 겪은 패턴입니다.

셋째, 구조 개선의 한계입니다. 한국은 D램 시장에서 70% 안팎의 점유율을 갖고 있지만 낸드 시장 점유율은 1.5%에 그친다는 지적이 있습니다. 메모리 호황이 시스템 반도체 경쟁력의 부재를 가려주고 있을 뿐이라는 시각입니다.

넷째, 시장 반응의 냉정함입니다. SK하이닉스는 2026년 2분기에 사상 최대 실적을 내고도 시장 기대치를 약 5% 밑돌았다는 평가에 주가가 하루 만에 9.61% 떨어진 140만 1,000 원으로 마감했고, 장중 124만 6,000원까지 밀렸습니다. 이후 AI 투자 확대 기대가 되살아나며 8월 중순 178만 원 선까지 회복했지만, 실적의 절대 크기보다 기대치 대비 위치가 주가를 움직인다는 사실이 확인된 사례입니다.

● 1-12. 이 장의 시사점

이 산업을 이해하는 열쇠는 세 가지입니다. 첫째, 메모리의 실적은 물량이 아니라 가격이 만들고, 가격은 수급 격차가 만듭니다. 둘째, 그 수급 격차를 지금 만들고 있는 것은 HBM이 웨이퍼를 잠식하는 물리적 구축 효과입니다. 셋째, 이 구조는 영원하지 않으며 증설과 중국 진입이 언젠가 균형을 되돌립니다.

소자 직무를 지망한다면 이 세 가지가 자기 업무와 어떻게 연결되는지까지 내려와야 합니다. 가격이 좋을 때는 물량을 하나라도 더 뽑는 수율이 이익을 결정하고, 가격이 꺾일 때는 원가를 낮추는 공정 전환과 불량 저감이 방어선이 됩니다. 어느 국면에서든 소자 조직의 과제는 사라지지 않으며 다만 우선순위가 바뀝니다. 산업 사이클을 읽는 능력은 시장 분석가만의 것이 아니라, 자기 실험의 우선순위를 정하는 엔지니어의 판단력이기도 합니다.

■ 2장: 주요 기업 비교 및 대상 회사 포지셔닝

● 2-1. 삼성전자 DS부문 메모리사업부: 종합 화력의 추격자

삼성전자 DS부문은 메모리, 파운드리, 시스템LSI를 모두 보유한 유일한 종합반도체기업입니다. 여기서 분석 대상은 DS부문 중에서도 메모리사업부이며, 파운드리와 시스템LSI는 별개 사업으로 구분해서 봐야 합니다. 두 영역을 뭉뚱그리면 삼성의 강점과

약점이 왜곡되기 때문입니다. 다만 HBM4부터는 메모리사업부가 파운드리 4나노 로직 공정을 활용해 베이스 다이를 만들기 때문에, 두 조직의 협업 수준 자체가 경쟁력 변수로 올라섰습니다.

제품 포트폴리오는 D램 전 라인업, V낸드, HBM, 그리고 모듈 제품까지 폭이 가장 넓습니다. 비즈니스 모델은 대규모 생산능력을 바탕으로 한 원가 우위와 전 고객 대응이 축이 아니라 기동입니다. 강점은 생산능력의 절대 규모와 자체 파운드리를 활용한 일괄 수주 가능성입니다. 약점은 HBM3E 국면에서 수율과 인증 지연으로 잃은 신뢰이며, 카운터포인트 집계 기준 HBM 점유율이 2024년 2분기 41%에서 2025년 2분기 17%까지 밀렸던 것이 그 흔적입니다.

2026년의 반격은 뚜렷합니다. 2월 12일 HBM4를 업계 최초로 양산 출하했고, 이 제품은 단일 스택 기준 최대 3.3TB/s로 고객 요구치 3.0TB/s를 넘어섰습니다. 12단 적층으로 24GB에서 36GB 용량을 냅니다. 6월 중순 누적 매출 10억 달러를 돌파했고 연말 100억 달러 달성 전망까지 나옵니다. 5월 말에는 HBM4E 12단 샘플을 세계 최초로 글로벌 고객에 공급했고, 신뢰성 테스트 수율이 70%대라는 내부 설명이 전해졌습니다. 차세대 D램에서는 9.5나노급 10a 공정의 동작 다이를 확보했고, 10d 세대부터 3D D램으로 넘어가는 구상을 갖고 있습니다. 다만 워드라인 소재로 검토되던 몰리브덴은 부식성과 신규 가스 공급 체계 필요성 때문에 채택이 지연되고 있습니다. 텅스텐보다 저항이 낮아 초미세 회로에 유리하지만 증착과 식각 난도, 기존 장비 호환성이 발목을 잡고 있다는 설명입니다.

● 2-2. 마이크론: 지정학 프리미엄을 얻은 미국 챔피언

마이크론은 미국 유일의 대형 메모리 기업입니다. 2026 회계연도 1분기(2025년 9~11월) 매출 136억 4,300만 달러로 전년 대비 57% 증가하며 시장 기대를 넘어섰습니다. HBM에서는 후발이었으나 HBM3E로 건너뛰는 전략으로 엔비디아 H200에 진입했고, 2025년 2분기에는 21% 점유율로 삼성을 제치고 2위에 올랐습니다.

강점은 세 가지입니다. 첫째, HBM 매출 비중이 높아 AI 프리미엄을 크게 누립니다. 둘째, 미국 생산 기반과 CHIPS Act 수혜라는 지정학적 헤지 가치가 있습니다. 셋째, 컨슈머 메모리와 스토리지 시장에서 철수하고 AI 데이터센터 고객에 집중하는 선택으로 자원 배분을 단순화했습니다. 약점은 생산능력의 절대 규모가 한국 두 회사보다 작다는 점, 그리고 HBM4 인증에서 초기 어려움을 겪었다는 점입니다. 세미애널리시스는 마이크론이 엔비디아 HBM4 경쟁에서 사실상 탈락했다고 진단했으나, 마이크론은 고객 출하를 이미 시작했다고 공식 반박했고 회계연도 3분기 실적발표에서 HBM4 매출 10억 달러 달성을 알렸습니다. 젠슨 황 엔비디아 최고경영자가 6월 초 베라 루빈에 삼성, SK하이닉스, 마이크론 세 회사의 HBM4가 모두 탑재됐다고 밝히면서 3사 체제가 공식 확인됐습니다.

● 2-3. 키옥시아: 낸드 전업의 부활과 그 한계

키옥시아는 도시바에서 분사한 일본 낸드 전문기업입니다. 2026년 3월 마감 회계연도 매출

2조 3,376억 엔으로 37% 성장했고, 영업이익률 37.2%, 자기자본이익률 51.9%를 기록했습니다. AI 데이터센터 스토리지 수요 덕분에 주가가 급등해 2026년 6월 한때 일본 시가총액 1위에 오르기도 했습니다. 2026년 7월에는 332단 BiCS10 낸드 샘플 출하를 시작했고, 미국 상장을 추진 중입니다. 일부 하이퍼스케일 고객으로부터 2027~2028년을 포함하는 장기공급계약 제안을 받아 협상 중이라는 보도도 나왔습니다.

강점은 BiCS 플래시 기술력과 샌디스크와의 요카이치, 기타카미 합작 생산 체제입니다. 약점은 D램이 없다는 구조적 한계입니다. 2026년 2분기 낸드 출하량 순위에서 YMTC에 소수점 차이로 밀려 4위로 내려앉은 것은 이 한계가 현실화된 신호로 읽힙니다.

● 2-4. 샌디스크: 분사 이후의 재정의, 그리고 SK하이닉스의 파트너

샌디스크는 2025년 웨스턴디지털에서 분사한 낸드와 스토리지 전문기업입니다. 2026 회계연도 매출 202억 5,000만 달러, 순이익 114억 3,000만 달러로 흑자 전환에 성공했습니다. 소비자 브랜드력과 기업용 SSD로의 전환이 강점이고, 낸드 단일 사업이라는 점이 약점입니다.

경쟁사 분석에서 샌디스크를 빼놓을 수 없는 이유는 이 회사가 SK하이닉스의 경쟁자이면서 동시에 파트너이기 때문입니다. 두 회사는 FMS 2026에서 HBF의 첫 표준 규격을 함께 공개했습니다. 메모리 산업에서 표준을 선점한다는 것은, 자기 제품이 업계 기본값이 되도록 판을 짜는 일입니다. 경쟁과 협력이 동시에 성립하는 이 관계는 메모리 산업의 특징이며, 소자 엔지니어가 다루는 기술 사양이 사내 목표가 아니라 업계 표준 논의와 연결된다는 점을 보여줍니다.

● 2-5. CXMT: 범용 D램의 하한을 바꾸는 국가 자본

CXMT(창신메모리)는 2016년 국가 지원으로 설립된 중국 최대 D램 기업입니다. 알리바바와 샤오미를 포함한 아홉 차례 투자를 거쳐 4세대 D램 기술을 개발했고, 베이징에 12인치 D램 공장 세 곳을 운영합니다. 옴디아 기준 2025년 2분기 글로벌 점유율은 3.97%였으나, 2026년 들어 삼성전자, SK하이닉스, 마이크론에 이은 4위로 올라섰습니다.

2026년의 변화는 세 가지입니다. 첫째, 상장입니다. 2025년 12월 말 상하이 증권거래소 스타마켓 상장을 신청해 295억 위안(약 42억 달러) 조달을 목표로 했고, 2026년 7월 상장 첫날 흥행에 성공하며 대규모 자금을 확보했습니다. 둘째, 수출입니다. 17나노급 DDR5에서 수출 90%를 달성했다는 보도가 나왔고, 중국 매체는 삼성전자의 동일 제품 92~93%와 2% 포인트 차이라고 전했습니다. 셋째, 생산능력입니다. Citirini Research는 CXMT가 2026년 말 월 35만 장 웨이퍼 투입 규모에 도달해 마이크론과 2만 5,000장 차이까지 좁힐 것으로 봤고, 2030년 95만 장 전망과 함께 D램 점유율 30% 목표가 거론됩니다. 베이징 이창의 여섯 번째 메가팩까지 가동되면 총 생산능력이 60만 장을 넘어설 수 있다는 관측도 있습니다.

한계도 분명합니다. 4세대 HBM3 수출은 10~20% 수준으로 추정되며, 고부가 영역의 격차는

여전히 큼니다. 자체 개발했다는 노광 장비도 최첨단이 아니라 저가 D램용 수준으로 평가됩니다.

● 2-6. YMTC: 낸드 3위에 오른 제재 대상 기업

YMTC(양쯔메모리)는 2022년 말부터 미국 상무부 우려 거래자 목록에 올라 있으면서도 확장을 이어가고 있습니다. 카운터포인트리서치 집계에서 2026년 2분기 낸드 출하량 점유율 14%로 키옥시아를 근소하게 앞서 사상 처음 3위에 올랐습니다. 설립 10년 만의 성과이며, 마이크론과 키옥시아를 함께 제친 결과입니다. 자국산 장비만으로 구성한 파일럿 라인을 구축해 해외 의존을 줄이려 하고 있고, 2026년 말 월 15만 장 투입과 글로벌 낸드 공급 15% 확보를 목표로 합니다. 2026년 8월에는 중국 증권감독관리위원회의 상장 예비 절차를 마쳤습니다. CXMT와 손잡고 D램 및 HBM 영역으로 진입하려는 움직임도 보도됐습니다.

● 2-7. 중국 변수의 두 얼굴: 저가 파괴인가, 가격 하한 방어인가

중국 기업의 부상을 두고 상반된 해석이 공존합니다.

한쪽에서는 CXMT가 DDR4를 시장가 절반 수준으로 공급하며 구형 D램 시장을 공략하고 있고, HP, 델, 에이수스, 에이서 같은 제조사가 품질 테스트에 나섰다는 점을 근거로 저가 공세의 현실화를 지적합니다. 삼성전자와 SK하이닉스의 D램 생산능력 절반 이상이 범용 제품에 몰려 있으므로, HBM 우위와 별개로 범용 시장의 수익성이 훼손될 수 있다는 우려입니다.

다른 쪽에서는 반대 현상을 봅니다. 공급이 빠듯한 국면에서는 중국 기업도 크게 낮은 가격으로 공급할 이유가 없고, 실제로 정부 보조금이 최종 소비자 가격 인하로 이어지지 않았다는 분석입니다. 오히려 중국 업체가 범용 D램의 가격 하한을 지켜주면서, 한국 기업이 저가 물량 출하 압박에서 벗어나 HBM4와 고용량 모듈, eSSD 같은 고부가 라인업에 생산 역량을 집중할 수 있게 됐다는 해석도 나옵니다.

지원자 관점에서 무게를 둔다면, 단기 1~2년은 후자가, 중기 3년 이후는 전자가 유효한 시각이라고 보는 편이 합리적입니다. 공급 부족이 해소되는 시점이 곧 중국 물량의 가격 파괴력이 드러나는 시점이기 때문입니다.

● 2-8. SK하이닉스의 포지셔닝: 무엇으로 정의되는가

SK하이닉스의 포지셔닝은 세 문장으로 정리됩니다.

첫째, 고객 관계에서 SK하이닉스는 엔비디아의 최대 메모리 파트너입니다. HBM3E를 사실상 독점 공급했고, 젠슨 황 최고경영자는 6월 초 방한 당시 SK 서린빌딩에서 SK하이닉스가 앞으로도 엔비디아의 최대 메모리 파트너 중 하나로 남을 것이라고 언급했습니다. 대신증권은 2026년 엔비디아 HBM3E 물량에서 SK하이닉스가 71%를 차지할 것으로 추정했습니다.

둘째, 기술 성격에서 SK하이닉스는 미세화의 극한을 밀어붙이기보다 이미 성숙시킨 공정을 앞선 제품에 먼저 얹는 실리 노선을 택했습니다. 1c를 2025년 말부터 양산해 수율을 안정시킨 뒤 이를

HBM4E 코어 다이에 적용하는 방식이 그것입니다. 삼성이 설계 구조를 갈아엎는 쪽이라면, SK하이닉스는 확보한 카드로 시장을 먼저 점유하는 쪽입니다.

셋째, 생태계에서 SK하이닉스는 개방형 표준과 파트너십으로 판을 넓힙니다. TSMC와의 베이스 다이 및 패키징 협력, 샌디스크와의 HBF 표준화, 엔비디아와의 제조 혁신 협업이 그 사례입니다.

● 2-9. 회사별 최근 이슈 정리 (2026년 상반기 이후)

SK하이닉스는 2분기 사상 최대 실적과 함께 10여 곳과의 장기공급계약 협의를 공개했고, 8월 7일 이사회에서 용인과 청주에 54조 3,000억 원 투자를 의결했으며, FMS 2026에서 계층형 메모리와 HBF, 375단 낸드, 3D 적층 D램 G0.5를 공개했습니다.

삼성전자는 HBM4 양산 선점과 매출 10억 달러 돌파, HBM4E 12단 세계 최초 샘플 공급, zHBM과 400단 낸드 공개로 응수했습니다.

마이크론은 HBM4 고객 출하와 매출 10억 달러를 알리며 3사 체제 편입을 확인했고, 컨슈머 시장 철수로 자원을 데이터센터에 집중했습니다.

키옥시아는 332단 샘플 출하와 미국 상장 추진, 장기공급계약 협상을 진행 중이고, 샌디스크는 흑자 전환과 HBF 표준화 참여로 위상을 바꿨습니다.

중국에서는 CXMT 상장 흥행과 수율 개선, YMTC의 낸드 3위 등극과 상장 예비 절차 통과가 이어졌습니다.

● 2-10. 이 시장에 대한 비판적 시각

첫째, 점유율 하락의 방향성입니다. SK하이닉스 HBM 점유율은 2025년 1분기 69%에서 2026년 1분기 58%로 내려왔습니다. 절대 매출은 폭증했지만 상대적 지위는 후퇴했고, TrendForce는 2026년 연간 기준으로 SK 50%, 삼성 28%, 마이크론 22%의 균형 잡힌 3강 구도를 전망합니다.

둘째, 물량 조정 리스크입니다. 2026년 6월에는 SK하이닉스가 엔비디아에 공급할 HBM 물량을 당초 계획보다 20~30% 줄이는 방안을 추진한다는 보도가 나왔습니다. 범용 D램 수익성이 회복되면서 생산능력 배분을 다시 계산하는 흐름으로 읽히지만, HBM 점유율 방어와 상충할 수 있는 선택입니다.

셋째, 맞춤형 HBM의 양날입니다. 고객이 베이스 다이에 자기 설계를 넣을수록 고객 락인은 강해지지만, 제품마다 개발 부담이 늘고 표준품 대비 규모의 경제가 약해집니다.

넷째, 고객 집중입니다. 엔비디아 한 곳의 로드맵 변화가 실적에 큰 폭으로 반영되는 구조는, 좋은 국면에서는 레버리지이지만 나쁜 국면에서는 취약점입니다.

● 2-11. 이 장의 시사점

경쟁사를 외우는 것과 경쟁 구도를 이해하는 것은 다릅니다. 이 시장의 승부는 생산능력이나 미세화 숫자만으로 갈리지 않고, 특정 고객의 공급망 안에서 누가 더 빨리 인증을 통과하고 얼마나 안정적으로 물량을 대는가로 갈립니다. 인증을 통과한다는 것은 제품이 고객 시스템에서 요구 속도와 전력, 수명 조건을 모두 만족한다는 뜻이며, 그 검증의 상당 부분이 소자 조직의 특성 확보와 신뢰성 평가에서 나옵니다. 경쟁 구도를 소자 직무의 언어로 다시 읽으면, 회사 간 격차는 결국 "요구 사양을 목표 수율 안에서 재현 가능하게 만들 수 있는가"의 격차입니다.

■ 3장: 대상 회사 심층 분석

● 3-1. 사업 구조: 어디서 돈이 나오는가

SK하이닉스의 사업은 D램과 낸드 두 갈래입니다. 다만 2026년의 손익 구조는 제품 구분보다 용도 구분으로 보는 편이 정확합니다. AI 서버용 고부가 제품이 이익의 대부분을 만들고, 컨슈머용 범용 제품은 가격 상승의 수혜를 받되 우선순위에서 밀려 있습니다.

회사는 2026년 2분기에 D램과 낸드 모두 전 분기에 이어 큰 폭으로 가격이 올랐고, HBM과 AI 서버용 D램 같은 고부가가치 제품을 중심으로 최고의 수익성을 만들었다고 설명했습니다. HBM4는 2분기에 본격 출하가 시작됐고, 회사는 고객이 요구한 동작 속도와 업계 최고 수준의 전력 효율, 원가 경쟁력을 함께 달성했다고 밝혔습니다. SOCAMM2 판매도 2분기에 크게 늘었습니다. SOCAMM은 서버용 LPDDR 기반 모듈 규격으로, 저전력 특성을 서버로 끌어온 제품입니다.

재무 체력도 함께 바뀌었습니다. 2026년 1분기 말 현금성 자산은 전분기 대비 19조 4,000억 원 늘어난 54조 3,000억 원, 차입금은 2조 9,000억 원 줄어든 19조 3,000억 원으로 순현금 35조 원을 달성했습니다. 2분기 말에는 현금성 자산이 88조 원으로 33조 6,000억 원 더 늘었고 차입금은 18조 6,000억 원으로 줄었습니다. 부채를 늘려 투자하던 회사가 현금으로 투자하는 회사로 바뀐 것입니다.

한 가지 유의할 대목이 있습니다. 2분기 블렌디드 평균판매가격(ASP)은 일부 고부가 제품의 출하 확대 시점이 하반기로 이월되고 포트폴리오 구성이 바뀌면서 기대만큼 오르지 않았습니다. 회사는 하반기에 HBM4 물량이 본격 확대되고 1c 기반 일반 D램 출하도 늘면서 비트그로스가 상반기보다 높아질 것이며, 제품 믹스 개선이 블렌디드 ASP에 긍정적으로 기여할 것으로 봤습니다. 실적이 좋아도 시장이 실망할 수 있다는 사실, 그리고 그 원인이 제품 믹스와 출하 시점이라는 미시 변수라는 점은 이 회사를 이해하는 데 중요한 단서입니다.

● 3-2. 전략 방향: 공급자에서 창조자로

회사의 전략 문구는 2025년 11월 SK AI 서밋에서 광노정 대표이사가 제시한 풀 스택 AI 메모리 크리에이터입니다. 광 대표는 지금까지 SK하이닉스가 고객이 원하는 제품을 적시에

공급하는 풀 스택 AI 메모리 프로바이더 역할을 해왔다면, 앞으로는 고객이 가진 문제를 함께 해결하며 생태계와 협업해 고객이 기대하는 것 이상의 가치를 제공할 것이라고 밝혔습니다. 제공자에서 공동 해결자로 위치를 옮기겠다는 선언입니다.

이 문구는 수사가 아니라 제품 전략과 맞물려 있습니다. 회사는 맞춤형 HBM, AI D램(AI-D), AI 낸드(AI-N)를 제시했고, AI-N은 초고성능의 P, 대역폭을 확대한 B, 초고용량과 가격 경쟁력의 D 세 방향으로 준비되고 있습니다. 꼭 대표는 지금까지의 메모리 솔루션이 컴퓨팅 중심으로 통합됐다면 미래에는 메모리의 역할을 다변화하고 확장해 AI 추론 병목을 구조적으로 해결하는 방향으로 발전할 것이라고 설명했습니다.

2026년 8월 FMS에서 제시된 계층형 메모리 구상은 이 선언의 구체화입니다. 개별 제품이 아니라 시스템 전체의 메모리 배치를 설계하겠다는 것이며, 이를 위해 HBF 같은 새로운 계급을 파트너와 함께 표준화하고 있습니다. 김천성 부문장은 HBM, D램, 낸드, SSD 등 각 메모리 계층을 어떤 위치에 배치하고 어떻게 연결해 데이터 이동을 최소화하느냐가 전체 효율을 좌우하게 될 것이라고 말했습니다.

● 3-3. 차별화 요소 (1) 기술 로드맵

D램에서는 1c 공정이 2025년 말 양산에 들어가 수율과 양산 능력 모두 성숙 단계에 도달했다는 것이 회사 설명입니다. 이 공정은 HBM4E 코어 다이에 적용되며 2027년 양산을 목표로 합니다. 차세대로는 4F² 수직 게이트 플랫폼과 웨이퍼 본딩, 3D D램이 준비되고 있고, FMS 2026에서는 3D 적층 D램 G0.5가 공개됐습니다. 온디바이스 AI용 3D 적층 D램은 미국 고객사와 공동 설계할 인재 채용까지 시작된 것으로 알려졌습니다.

낸드에서는 321단 4D 낸드를 양산하며 238단 대비 생산성을 크게 높였고, FMS 2026에서 10세대 375단 제품군을 공개했습니다. 1테라비트 TLC 기반의 여러 구성이 함께 제시됐습니다.

HBM에서는 12단 HBM4를 조기 공급했고, HBM4 48GB 16단과 HBM4E 48GB 12단을 전시했습니다. 연결 기술로는 CXL 기반 CMM-하이브리드와 연산 기능을 넣은 CMM-Ax를 선보였고, 대규모 언어모델의 장문맥 처리를 가속하는 기술도 시연했습니다.

● 3-4. 차별화 요소 (2) 협업 생태계와 고객 구조

SK하이닉스의 두 번째 차별화 요소는 파트너 구성입니다. TSMC와는 베이스 다이 제조와 패키징을, 샌디스크와는 HBF 표준을, 엔비디아와는 제품 공급을 넘어 제조 혁신까지 협력합니다. 고객 측면에서는 2분기에 핵심 고객을 포함한 10여 곳과 장기공급계약을 진행 중이라고 밝혔습니다. 회사는 이 계약이 상호 신뢰에 기반 관행적 약속이 아니라 상당한 구속력을 갖는다는 점을 강조하며 과거와의 차이를 부각했습니다.

장기공급계약이 왜 중요한지는 이 산업의 역사를 보면 분명합니다. 메모리 업체는 호황에 증설했다가 불황에 재고를 떠안은 패턴을 반복해 왔습니다. 다년 계약은 물량과 가격의 일부를

미리 고정해 이 진폭을 줄입니다. 회사가 중장기 성장 기반 강화라는 표현을 쓴 배경입니다.

● 3-5. 연혁과 전환점: 법인의 정체성이 세 번 바뀐 회사

SK하이닉스의 역사는 시점을 엄격히 구분해야 합니다.

1983년 현대그룹이 현대전자산업을 설립했습니다. 법적 설립 연도는 1949년으로 소급되지만 실질 창업은 1983년입니다. 1999년 정부 주도 사업 구조조정으로 LG반도체를 인수했습니다. 2001년 현대그룹에서 분리되며 사명을 하이닉스반도체로 바꾸고 채권단 관리 체제에 들어갔습니다. 2012년 SK그룹이 인수를 마무리하며 SK하이닉스가 출범했습니다. 2020년 10월 인텔 낸드사업부 인수에 합의해 2021년 12월 1단계 70억 달러를 집행하고 미국 자회사 솔리다임을 신설했으며, 2025년 잔여 20억 달러를 지급해 거래를 마무리했습니다. 2022년에는 8인치 파운드리 키파운드리를 인수했습니다.

이 구분이 중요한 이유는 두 가지입니다. 첫째, 현대전자와 하이닉스반도체 시기의 재무 지표와 경영 판단을 현재 법인의 사실로 옮겨 쓰면 오류가 됩니다. 지배구조, 자본 조달 능력, 전략 우선순위가 전혀 다른 시기입니다. 둘째, 솔리다임 인수는 인수 초기 낸드 다운사이클로 대규모 손실을 냈으나 AI 추론 시대의 고용량 eSSD 부상으로 재평가받았습니다. 같은 자산이 사이클 위치에 따라 실패한 인수에서 선견지명으로 평가가 뒤집힌 사례이며, 이 산업의 판단이 얼마나 시점 의존적인지 보여줍니다.

● 3-6. 생산능력 투자: 600조와 100조라는 숫자의 의미

2026년 8월 7일 이사회는 용인 반도체 클러스터 2기 팹(Y2)에 35조 2,000억 원, 청주 M17에 19조 1,000억 원, 합계 54조 3,000억 원 투자를 의결했습니다. Y2는 HBM 등 차세대 D램 거점으로 2027년 7월 착공, 2029년 6월 첫 클린룸 확보를 목표로 합니다. M17은 AI용 낸드와 eSSD 대응 거점으로 2026년 2월 착공해 2028년 12월 준공 예정입니다.

이 결정은 더 큰 계획의 일부입니다. 회사는 용인 클러스터에 총 600조 원, 청주 확대에 100조 원을 투입하는 장기 구상을 갖고 있으며, 용인 클러스터 완공 시점을 당초 2045년에서 2033년으로 12년 앞당겼습니다. 광노정 대표는 2026년 7월 청주에 100조 원을 투자해 낸드 공장을 증설하겠다는 뜻을 밝혔습니다. 옴디아는 D램과 낸드 수요가 2030년까지 연평균 19% 성장할 것으로 전망합니다.

다만 회사의 투자 원칙은 무조건 짓는 것이 아닙니다. 건물과 기반시설은 선제적으로 확보하되 클린룸 확장과 장비 반입은 실제 고객 수요를 확인하며 결정하는 방식입니다. 단기적으로는 청주 M15X 양산 일정을 앞당기고 2027년 초 용인 1기 팹(Y1) 클린룸을 가동할 계획입니다. TrendForce는 M15X 가동이 시작되는 2026년 하반기부터 부분적인 공급 정상화가 시작되고, 마이크론 아이다호 팹이 가동되는 2027년에 더 의미 있는 완화가 오며, 완전한 정상화는 2028년 이후일 것으로 봤습니다.

● 3-7. 리스크 (1) 고객 집중과 공급망 종속

무엇이 문제인가. 매출과 이익의 큰 부분이 소수 대형 고객, 특히 엔비디아 공급망에 연결돼 있습니다.

왜 발생하는가. HBM은 규격품이 아니라 고객 플랫폼에 맞춰 공동 개발되는 제품입니다. 베이스 다이에 고객 요구가 반영되고 인증 절차가 고객 일정에 종속되므로, 관계 자체가 진입장벽이면서 동시에 종속입니다.

발생 가능성. 중기적으로 상존합니다. 엔비디아는 이미 3사 공급망을 구축했고, TrendForce는 어느 한 업체도 루빈 플랫폼 전체 수요를 홀로 충족하기 어렵다며 다변화 가능성을 지적했습니다. 2026년 6월에는 SK하이닉스가 엔비디아향 HBM 물량을 20~30% 줄이는 방안을 검토한다는 보도도 있었습니다.

영향도. 큼니다. 다만 다변화의 방향이 브로드컴, 구글, 아마존, 마이크로소프트, 메타 같은 주문형 반도체 고객으로 넓어지고 있어, 특정 고객 의존이 여러 고객 분산으로 바뀌는 국면이기도 합니다.

● 3-8. 리스크 (2) 사이클 반전과 증설의 시차

무엇이 문제인가. 지금의 초과수요가 해소되는 시점에 대규모 증설분이 동시에 시장에 나오면 공급 과잉이 재현됩니다.

왜 발생하는가. 반도체 공장은 결정에서 가동까지 2~4년이 걸립니다. 수요가 정점일 때 내린 투자 결정이 수요가 꺾인 뒤에 가동되는 시차가 구조적으로 존재합니다. Y2가 2029년 클린룸, M17이 2028년 준공이라는 일정 자체가 이 시차를 보여줍니다.

발생 가능성. 시점 논쟁이 진행 중입니다. TrendForce는 2028년 이후 정상화를, 경계현 전 부문장은 2026년 하반기부터의 하락 가능성을 제시했고, SK하이닉스는 불균형이 지속될 경우 가격 상승 사이클이 과거보다 길어질 가능성을 언급했습니다.

영향도. 매우 큼니다. 다만 회사가 수요 연동형 투자 원칙을 명시적으로 밝히고 있다는 점, 3사가 과거처럼 무분별한 증설 경쟁을 하지 않고 있다는 점이 완충 요인입니다.

● 3-9. 리스크 (3) 기술 전환의 난도와 인증 실패

무엇이 문제인가. 차세대 구조 전환에서 한 번 빠끗하면 세대 전체를 잃습니다. 삼성전자가 HBM3E 국면에서 겪은 일이 그 사례입니다.

왜 발생하는가. 4F² 수직 게이트, 웨이퍼 본딩, 3D D램, 375단 이상 적층은 모두 검증되지 않은 물리 영역을 다룹니다. 새로운 재료와 구조를 적용하면 예상하지 못한 전기적 문제가 생기고, 그 문제가 수율과 신뢰성으로 나타납니다. 물리브덴 워드라인 채택이 부식성과 장비 호환성 때문에 지연되고 있는 사례처럼, 이론적 이점이 양산 적합성으로 이어지지 않는 경우가 흔합니다.

발생 가능성. 세대마다 반복됩니다. 영향도. 큼니다. 그리고 이 리스크가 소자 직무와 가장

가까운 리스크입니다. 회사가 이 위험을 관리하는 방식이 곧 소자 조직의 일이기 때문입니다.

● 3-10. 리스크 (4) 규제와 인력, 그리고 지배구조 논란

규제 측면에서는 미국의 수출 통제와 관세, 한국의 근로시간 규제가 변수입니다. 반도체특별법이 시행되며 기반시설 지원 근거는 마련됐지만 보조금 규모는 정해지지 않았고, 연구개발 인력의 근로시간 특례는 메가특구특별법 논의로 넘어가 결론이 나지 않았습니다.

인력 측면에서는 전문 인력 확보 경쟁이 격화되고 있습니다. 미국 기업들이 화이트칼라 이그젼션 제도로 고연봉 연구 인력의 근무시간 제한을 두지 않는 환경을 갖추고 있다는 점이 인재 유출 우려의 근거로 제시됩니다.

지배구조 측면에서는 솔리다임의 프리IPO와 나스닥 상장 가능성이 거론되면서, SK그룹의 사업 재편 구상과 계열사 간 이해관계를 둘러싼 논란이 병존합니다. 이런 사안은 확정되지 않은 논의이므로 단정적으로 서술하지 않는 것이 맞습니다.

● 3-11. 전략 담당자의 관점: 세 가지 상황과 세 가지 선택

낙관 상황을 가정하면, AI 추론 수요가 2028년 이후까지 이어지고 HBM 리더십이 유지되는 경우입니다. 이때의 선택은 명확합니다. HBM4E와 그 이후 세대의 선행 개발에 자원을 집중하고, 용인과 청주 증설을 앞당기며, 맞춤형 제품으로 고객을 묶습니다. 낸드는 375단 전환과 고용량 eSSD로 점유율을 늘립니다. 리스크는 과잉 투자이며, 이를 막는 장치가 수요 연동형 집행 원칙입니다.

기본 상황은 성장은 이어지되 경쟁이 심해지는 경우입니다. 증설은 고객 확약 물량에 연동해 신중하게 집행하고, HBM에서는 가격 경쟁 대신 수율과 품질, 전력 효율로 프리미엄을 방어합니다. 범용 제품은 1c 전환으로 비트당 원가를 낮춰 중국 물량과의 원가 격차를 유지합니다. 장기공급계약 비중을 높여 실적 변동성을 줄입니다.

비관 상황은 사이클이 꺾이고 가격이 조정되는 경우입니다. 신규 팹 투자는 늦추고 기존 라인의 공정 전환 위주로 자본 지출을 재편하며, 재고와 가동률을 관리합니다. 이 국면에서 이익을 지키는 것은 제품 믹스와 원가입니다. 불량 저감과 수율 개선으로 얻는 1%포인트가 가격 하락분을 상쇄하는 국면이며, 소자 조직의 기여가 가장 뚜렷해지는 시기이기도 합니다.

● 3-12. 이 장의 시사점

이 회사를 이해할 때 혼한 오독이 두 가지 있습니다. 하나는 HBM 기업이라고만 보는 것이고, 다른 하나는 실적 숫자만 보는 것입니다.

실제로는 D램과 낸드, 그리고 이를 연결하는 시스템 설계까지 다루는 회사이며, 2026년의 전략 언어는 개별 제품이 아니라 메모리 계층 전체의 배치로 옮겨갔습니다. 실적 숫자 뒤에는 블렌디드 ASP, 제품 믹스, 출하 시점, 비트그로스 같은 미시 변수가 있고, 이 변수들은

대부분 개발과 양산 현장의 결과물입니다. 회사를 이해한다는 것은 76%라는 영업이익률을 외우는 일이 아니라, 그 숫자가 어떤 제품 구성과 어떤 수출에서 나왔는지를 설명할 수 있는 상태를 뜻합니다.

■ 4장: 인재상/조직문화

● 4-1. 공식 인재상의 현재 구성과 최신성 확인

SK하이닉스 채용 사이트에 게시된 인재상은 세 가지 방향성과 여섯 가지 요소로 구성됩니다.

방향성은 첫째 첨단 기술을 실현할 수 있는 인재, 둘째 지속적으로 소통하는 인재, 셋째 도전하고 노력하는 인재입니다. 요소는 VWBE, SUPLEX, 패기, 협업능력, 기술역량, 사고력과 실행력입니다. 회사는 구성원의 행복이 기업의 행복이자 사회적 가치라는 전제 아래 이 인재상을 제시하고 있습니다.

최신성 검토가 필요한 대목을 짚습니다. VWBE와 SUPLEX, 패기는 SK그룹 공통의 SKMS에서 온 개념으로 오래 유지돼 왔고 2026년 현재도 유효합니다. 다만 과거 자료 중에는 세 가지 키워드만 소개하고 협업능력, 기술역량, 사고력과 실행력을 누락한 것이 많습니다. 현재 공식 인재상은 여섯 요소 체계이며, 세 가지만 언급하는 설명은 오래된 정보입니다. 또한 회사가 여전히 사용하는 브랜드 문구는 "We Do Technology, 첨단기술의 중심, 더 나은 세상을 만듭니다"입니다.

● 4-2. VWBE의 실제 의미

VWBE는 Voluntarily, Willingly, Brain Engagement의 약자로, 자발적이고 의욕적으로 두뇌를 활용하는 상태를 뜻합니다. 표현이 추상적이라 구호로 읽히기 쉽지만, 이 개념에는 SK 경영철학의 논리가 담겨 있습니다.

논리는 이렇습니다. 구성원이 스스로 행복을 추구할 때 자발적이고 의욕적인 두뇌 활동이 나오고, 이것이 패기로 나타나며, 패기를 갖고 일하는 구성원은 빠르게 SUPLEX 수준에 도달해 회사 경쟁력을 만들고, 높아진 회사 위상이 다시 구성원의 행복으로 돌아온다는 순환 구조입니다. 즉 VWBE는 성실함을 요구하는 말이 아니라, 지시받은 일이 아닌 스스로 정의한 일을 하는 상태를 가리킵니다.

소자 직무 맥락에서 이 개념이 왜 작동하는지는 업무 성격을 보면 알 수 있습니다. 웨이퍼에서 나온 전기적 데이터에는 "여기가 문제입니다"라는 표시가 붙어 있지 않습니다. 산포가 조금 넓어진 것이 정상 변동인지 이상 징후인지 판단하는 것부터가 엔지니어의 몫입니다. 시키는 일을 잘하는 사람보다, 이상 징후를 먼저 발견하고 가설을 세우는 사람이 성과를 내는 구조입니다.

● 4-3. SUPEX와 패기: 목표 설정의 방식

SUPEX는 Super Excellent의 줄임말로, 인간의 능력으로 도달할 수 있는 가장 높은 수준을 뜻합니다. 현재 달성 가능한 목표가 아니라 이론적 최고치를 먼저 정의하고 거기서 역산하는 목표 설정 방식입니다.

패기는 스스로 동기를 부여하고 성장을 위해 노력하는 태도이며, 기존의 틀을 깨는 과감한 실행이라는 의미도 함께 갖습니다.

이 두 개념이 소자 업무와 만나는 지점은 목표 수치의 성격에 있습니다. 수율 목표나 신뢰성 수명 목표는 현재 공정에서 무리 없이 달성할 수 있는 값이 아니라, 제품이 시장에서 요구받는 값에서 거꾸로 내려온 값입니다. 고객이 요구한 동작 속도와 전력 효율을 맞추기 위해 공정 조건을 다시 짜는 일이 반복되는 이유입니다. SK하이닉스가 HBM4에서 고객 요구 동작 속도와 업계 최고 수준의 전력 효율, 원가 경쟁력을 함께 달성했다고 밝힌 것은 이런 역산형 목표 설정의 결과물입니다.

● 4-4. 협업능력, 기술역량, 사고력과 실행력

협업능력은 제품의 완성도를 위해 다양한 사람과 끊임없이 소통하고 경계를 넘어 협력하는 역량으로 정의됩니다. 여기서 "경계를 넘어"라는 표현이 핵심입니다. 반도체 개발에서 부서 경계는 곧 책임 경계이고, 문제는 대개 경계에서 발생합니다. 공정에서는 정상인데 소자 특성이 목표를 벗어나는 경우, 설계 관점에서는 문제가 없는데 양산 수율이 나오지 않는 경우가 그렇습니다.

기술역량은 회사의 첨단기술을 함께 실현할 수 있는 능력이고, 사고력과 실행력은 기술에 대한 이해를 바탕으로 한 발 앞서 시장을 읽고 움직이는 능력으로 설명됩니다.

여섯 요소를 하나로 묶으면 이런 인물상이 나옵니다. 스스로 문제를 정의하고, 이론적 최고치를 기준으로 목표를 잡고, 부서 경계를 넘어 사람을 모으고, 기술로 답을 만들고, 시장 흐름을 읽어 방향을 정하는 사람입니다.

● 4-5. 2026년의 변화: 스펙에서 사고력으로

2026년 2월, 회사는 인재 선발 관점을 크게 바꿨습니다. 최태원 SK그룹 회장이 강조한 "문제의 본질을 스스로 질문하고 사고하는 힘", 즉 생각 근육을 평가 기준으로 삼겠다는 방향입니다. 학력 제한을 폐지했고, 지원 절차를 AI 활용 경험과 실제 경험 중심으로 개편했으며, 직무 전문성뿐 아니라 AI 응용 능력과 인문학적 소양, 논리적 사고력을 종합적으로 보겠다고 밝혔습니다. 4분기 AI 해커톤 우수자에게 별도 경로를 부여하는 방식도 도입했습니다.

이 변화는 산업 흐름의 반영으로 읽힙니다. 정형화된 지식은 도구가 대신할 수 있게 됐고, 남는 것은 어떤 질문을 던질지 정하는 능력입니다. 소자 직무에서 이 능력의 실체는 명확합니다. 데이터가 이상하다는 사실을 아는 것은 도구가 해주지만, 그것이 도핑 프로파일 문제인지 계면

문제인지 측정 오류인지 가설을 세우는 것은 사람의 일입니다.

● 4-6. 조직 문화: 수평화와 자율, 그리고 성장 욕구

조직 문화는 최근 수년간 눈에 띄게 바뀌었습니다. 회사는 직급 체계를 없애고 TL(Technical Leader) 중심의 호칭 체계를 운영하며, 수평적 소통 문화가 정착했다는 평가를 내부에서 내놓고 있습니다. 유연근무제 같은 자율권 확대도 진행됐습니다. 안전 의식이 크게 높아진 것도 변화 중 하나로 언급됩니다.

주목할 만한 지표가 하나 있습니다. 인재 개발 조직 책임자에 따르면, 직무 육성 프로그램 수강 신청을 별도 홍보 없이 열어도 서버가 마비될 정도로 신청이 몰린다고 합니다. VWBE가 문서상의 가치가 아니라 실제 행동 패턴으로 작동하고 있음을 보여주는 사례입니다.

외부 평가에서도 잡플래닛이 선정한 2026년 일하기 좋은 대기업 1위에 올랐습니다. 다만 이런 지표는 호황기 보상 수준의 영향을 크게 받으므로, 문화의 질과 사이클의 영향을 구분해서 보는 편이 정확합니다.

● 4-7. 소자 도메인이 선호하는 인재 특성 (1) 물리적 직관과 데이터 해석의 결합

채용 공고의 우대 요건은 전자, 전기, 반도체, 재료, 신소재, 물리 등 관련 분야의 경험과 역량, 그리고 TCAD 시뮬레이션, 불량 원인 분석, C와 파이썬 같은 프로그래밍 활용 경험입니다. 이 조합이 왜 요구되는지를 풀면 이 직무의 성격이 드러납니다.

소자 엔지니어가 다루는 대상은 눈에 보이지 않는 전기적 현상입니다. 측정 결과는 숫자로만 나오고, 그 숫자가 어떤 물리 현상에서 비롯됐는지는 해석해야 합니다. 전류가 예상보다 많이 흐른다는 결과 하나를 두고도 게이트 절연막 문제, 접합 누설, 계면 결함, 측정 조건 오류 등 여러 원인이 가능합니다. 반도체 물리와 전자기학 지식은 이 후보군을 좁히는 데 쓰이고, 통계와 프로그래밍은 방대한 측정 데이터에서 패턴을 찾는 데 쓰입니다. 어느 한쪽만으로는 답에 도달하지 못합니다.

SK하이닉스 소자 담당 백은우 TL은 새로운 재료나 구조를 적용하면 예상하지 못한 전기적 문제가 발생할 수 있기 때문에 TCAD 시뮬레이션과 협업을 통해 불량 메커니즘을 세우고 검증하는 과정을 거친다고 설명했습니다. 가설을 세우고 시뮬레이션으로 검증하고 실측으로 확인하는 순환이 이 직무의 기본 작업 방식입니다.

● 4-8. 소자 도메인이 선호하는 인재 특성 (2) 협업 밀도와 학습 지속성

소자 조직은 설계와 공정 사이에 위치하므로 협업 밀도가 매우 높습니다. 김상덕 TL은 고성능 제품을 높은 수율로 양산하는 것이 가장 큰 과제이며, 공정 난도가 높아질수록 수율 확보가 어렵기 때문에 설계와 공정 엔지니어들과 끊임없이 협업한다고 말했습니다. 이 협업은 회의를 많이 한다는 뜻이 아니라, 다른 조직의 언어와 제약 조건을 이해한 상태에서 후속 실험을 설계한다는 뜻입니다.

학습 지속성도 요건입니다. 반도체 뉴스룸의 소자 직무 소개는 소자 엔지니어가 반도체 개발과 양산 전 과정을 관리하고 감독하므로 다양한 직무의 지식을 폭넓게 이해하면서 동시에 깊이 있는 전문성을 갖추는 것이 중요하다고 설명합니다. 넓이와 깊이를 함께 요구하는 구조이며, 최신 논문과 특허를 검토해 방향성과 실현 가능성을 판단하는 일도 업무의 일부입니다.

● 4-9. 이 장의 시사점

인재상 여섯 요소를 외우는 것은 의미가 크지 않습니다. 중요한 것은 이 요소들이 왜 이 산업, 이 직무에서 요구되는가를 설명할 수 있는가입니다.

메모리 산업은 세대마다 검증되지 않은 물리 영역에 진입하고, 그 진입의 성공 여부가 회사 실적을 좌우합니다. 정답이 없는 영역에서 스스로 문제를 정의하는 능력(VWBE), 현재 수준이 아니라 시장이 요구하는 수준에서 역산하는 목표 설정(SUPLEX), 실패가 반복되는 과정을 견디는 태도(패기), 경계에서 발생하는 문제를 다루기 위한 협업, 그리고 이 모든 것을 뒷받침하는 기술역량과 사고력이 요구되는 것은 산업 구조의 필연적 결과입니다. 2026년에 회사가 스펙 대신 생각 근육을 보겠다고 선언한 것도 같은 맥락에서 이해할 수 있습니다.

■ 5장: 직무 분석

● 5-1. 소자 직무의 정체성: 설계와 공정을 잇는 위치

소자 직무는 메모리 셀과 주변 회로(Peri)의 전기적 특성을 설계하고, 공정 조건을 최적화해 반도체의 성능과 신뢰성을 확보하는 일입니다.

SK하이닉스 뉴스룸은 이 직무를 전류의 길을 만드는 일로 설명합니다. 반도체는 눈에 보이지 않는 전류로 동작하고, 이 전류가 얼마나 안정적으로 흐르며 필요한 순간에 정확히 반응하는지가 성능을 결정합니다. 소자 엔지니어는 설계에서 정의한 회로 동작이 실제로 구현 가능한지 검토하고, 공정에서 생길 수 있는 전기적 변화를 분석해 보완책을 마련합니다.

여기서 흔한 오해를 정리해야 합니다. 소자와 공정, 소자와 설계, 소자와 양산기술은 서로 다른 직무입니다. 공정 엔지니어는 노광, 식각, 증착 같은 단위 공정 자체를 개발하고 장비 조건을 잡습니다. 설계 엔지니어는 회로의 기능과 구조를 기획하고 설계합니다. 양산기술은 이미 개발된 공정을 대량 생산 조건에서 안정적으로 유지합니다. 소자 엔지니어는 이 사이에서 결과물의 전기적 특성을 통합적으로 책임집니다. 단위 공정 하나가 아니라 여러 공정이 합쳐져 만들어진 소자가 목표 특성을 내는지를 판단하는 위치입니다.

● 5-2. 11개 세부 분야의 실체 (1) PI, Device

PI(Process Integration)는 셀과 주변 회로의 구조 방식(Scheme)을 결정하고 필요한 요소기술을 개발해 통합 기준선(Baseline)을 마련합니다. 설계와 공정을 연결하며 개발 기준을 세우고 전체 공정 관리를 총괄하는 역할입니다. 반도체 전공정은 수백 단계로 이뤄지는데, PI는

이 흐름 전체를 관리하고 불필요한 단계를 줄여 원가를 낮추는 일까지 관여합니다. 담당 영역의 책임자로서 수율과 성능을 총괄하기 때문에 소자 직무 내에서 가장 통합적인 성격을 갖습니다.

Device는 스케일링 한계를 극복하고 제품 요구에 맞는 고성능, 고품질, 고신뢰성 트랜지스터 특성을 확보합니다. 공고에 명시된 EPM(Electrical Parameter Monitoring) 산포 관리가 이 분야의 핵심 업무입니다. EPM은 웨이퍼에서 문턱전압, 구동전류, 누설전류 같은 전기적 파라미터를 상시 측정해 관리하는 체계입니다. 같은 웨이퍼 안에서도 위치에 따라 값이 달라지고, 웨이퍼끼리도 달라지며, 로트마다도 달라집니다. 이 흠어짐의 폭이 산포이고, 산포가 넓으면 일부 칩이 규격을 벗어나 수율이 떨어집니다. Device 파트는 이 산포를 좁히고 평균값을 목표에 맞추는 일을 합니다.

● 5-3. 11개 세부 분야의 실체 (2) FA, CA

FA(Failure Analysis)는 수율 향상과 품질 확보를 위해 불량 원인을 분석하고 개선 인자를 발굴합니다. 작업은 대체로 정보 수집, 비파괴 검사, 전기적 결함 위치추적, 물리적 분석, 화학 조성 분석, 근본 원인 규명 순으로 진행됩니다.

이 순서가 왜 중요한지는 장비 특성에서 나옵니다. EMMI(발광현미경)는 누설처럼 전기적으로 활성인 결함이 내는 미약한 빛을 검출해 위치를 좁힙니다. OBIRCH는 레이저로 국부를 가열해 저항 변화를 읽어 고저항 결함이나 배선 끊김을 찾습니다. 이렇게 좁힌 지점을 FIB(집속이온빔)로 잘라 단면을 만들고, SEM(주사전자현미경)으로 수십 나노 수준의 결함을, TEM(투과전자현미경)으로 원자 수준의 미세 결함을 관찰합니다. 문제는 FIB 가공이 되돌릴 수 없다는 점입니다. 위치를 잘못 잡으면 증거 자체가 사라집니다. 그래서 파괴 분석 전에 비파괴 위치추적을 반드시 먼저 하는 순서가 굳어졌습니다. 수십억 개 소자 중 하나의 결함을 찾는 일이므로, 이 순서가 곧 성공률입니다.

CA(Chip and Characterization Analysis)는 칩 단위에서 특성과 신뢰성을 검증하고 양산성을 확보하기 위한 해법을 제공합니다. 공고에 명시된 센싱 마진(Sensing Margin)이 이 분야의 대표 지표입니다.

● 5-4. 핵심 개념 풀이: 센싱 마진과 리텐션

센싱 마진을 이해하려면 D램이 데이터를 읽는 방식을 알아야 합니다. 셀 커패시터에 담긴 전하는 극히 적어서, 그대로는 0과 1을 구분할 수 없습니다. 읽기 동작에서 이 전하를 비트라인으로 흘려보내면 비트라인 전압이 아주 조금 변하고, 센스 앰프가 이 미세한 변화를 증폭해 판정합니다. 이때 신호 변화량과 잡음 사이의 여유가 센싱 마진입니다.

마진이 좁아지는 원인은 여러 갈래입니다. 셀 커패시터 용량이 작아지면 신호 자체가 줄고, 인접 셀의 간섭이 커지면 잡음이 늘며, 공정 산포가 크면 일부 셀만 마진이 부족해집니다. 미세화가 진행될수록 이 셋이 동시에 나빠지기 때문에, CA 파트의 평가와 개선이 세대마다 더 까다로워집니다.

리텐션(Retention)은 셀이 데이터를 유지할 수 있는 시간입니다. 커패시터의 전하는 누설로 조금씩 빠져나가므로, 데이터가 사라지기 전에 리프레시로 다시 채워야 합니다. 문제는 셀마다 누설 속도가 다르다는 것입니다. 공정 산포 때문에 어떤 셀은 오래 버티고 어떤 셀은 금방 잃습니다. 리프레시 주기는 가장 빨리 잃는 셀에 맞춰야 하므로, 소수의 나쁜 셀이 전체 전력 소모를 결정합니다.

일상의 비유로 옮기면 이렇습니다. 물이 새는 양동이 수십억 개에 물을 채워두고, 마르기 전에 다시 부어야 하는 상황입니다. 양동이마다 새는 속도가 다르고, 가장 빨리 새는 양동이를 기준으로 물 붓는 주기를 정해야 하므로, 대부분의 양동이는 필요 이상으로 자주 물을 받습니다. 온도가 오르면 누설이 빨라져 주기가 더 짧아집니다. 소자 엔지니어가 채널 도핑 프로파일이나 접합 구조를 다듬어 누설을 줄이는 이유가 여기에 있습니다. 나쁜 셀 몇 개를 개선하면 전체 전력과 성능이 함께 좋아집니다.

● 5-5. 11개 세부 분야의 실체 (3) TCAD, Modeling

TCAD는 TCAD와 AI 솔루션을 개발하고 활용해 소자, 공정, 장비 시뮬레이션과 불량 메커니즘 모델링을 수행합니다.

TCAD(Technology Computer-Aided Design)는 제조 공정과 소자 동작을 컴퓨터로 모사하는 분야입니다. 공정 시뮬레이션은 확산이나 이온주입 같은 단계를 모사하고, 소자 시뮬레이션은 그렇게 만들어진 구조의 전기적 동작을 물리 방정식으로 계산합니다. 웨이퍼를 실제로 돌리려면 수 주에서 수 개월이 걸리고 비용도 큼니다. 가상 제조로 후보 조건을 걸러내면 실제 실험 횟수를 크게 줄일 수 있습니다.

SK하이닉스는 여기에 AI를 접목하고 있습니다. R&D 조직에는 TCAD Intelligence 팀이 있어 AI for Science 관점에서 TCAD 워크플로우를 고도화하는 연구를 수행하며, 플라즈마 공정 모델링, AI 기반 시뮬레이션 가속, 딥러닝 기반 TEM 이미지 자동 계측 같은 주제를 다룹니다. 물리 기반 계산은 정확하지만 느리고, AI 모델은 빠르지만 물리적 타당성을 보장하지 않습니다. 둘을 결합하는 것이 현재의 연구 방향이며, 공고의 우대 요건에 프로그래밍 경험이 명시된 배경이기도 합니다.

Modeling은 반도체 소자 모델을 제공하고 이를 기반으로 설계 시뮬레이션 해법을 개발합니다. TCAD로 얻은 전기적 특성을 회로 시뮬레이터가 쓸 수 있는 수식 모델(SPICE 모델)로 변환하고, 이를 설계 조직에 PDK(Process Design Kit) 형태로 전달합니다. 설계자는 이 모델을 믿고 회로를 그리므로, 모델이 실제와 어긋나면 설계 전체가 어긋납니다. 소자와 설계를 연결하는 통로이며, 설계와 공정을 함께 최적화하는 접근의 기반입니다.

● 5-6. 11개 세부 분야의 실체 (4) ESD, LDR

ESD는 정전기 방전 현상에 대응하는 보호 소자를 개발하고 보호 회로를 설계합니다.

정전기 방전 시험에는 여러 모델이 있습니다. 인체가 칩에 닿아 방전되는 상황을 모사한

HBM(Human Body Model), 대전된 칩 자체가 접지에 닿아 방전되는 상황의 CDM(Charged Device Model), 장비에서 방전되는 상황의 MM(Machine Model)입니다. 이 중 CDM은 상승 시간이 수백 피코초 수준으로 극히 짧아 첨단 공정에서 가장 까다롭습니다. 보호 회로가 반응하기도 전에 방전이 끝나기 때문입니다. ESD 파트는 다이오드, ggNMOS, SCR 같은 보호 소자를 설계해 이 에너지를 안전한 경로로 흘려보냅니다.

용어 혼동을 하나 정리합니다. ESD 시험의 HBM은 고대역폭메모리 HBM과 철자가 같지만 전혀 다른 개념입니다. 같은 회사 안에서 두 약어가 함께 쓰이므로 문맥으로 구분해야 합니다.

LDR은 레이아웃 설계 규칙(Layout Design Rule)을 검증하고 발행하며, 레이아웃 데이터베이스 통합으로 제품의 효율과 품질을 높입니다. 설계 규칙은 최소 선폭, 최소 간격, 겹침 여유 같은 제약의 모음으로, 공정이 안정적으로 만들 수 있는 형상의 경계를 정의합니다. 규칙이 너무 느슨하면 수율이 떨어지고, 너무 빡빡하면 칩 면적이 커져 원가가 올라갑니다. 공정 능력과 설계 자유도 사이의 균형점을 정하는 일이며, 최적 설계 규칙 도출은 PI 업무와도 맞물립니다.

● 5-7. 11개 세부 분야의 실체 (5) Reliability Solution, Revolutionary Memory, OPC

Reliability Solution은 소자 신뢰성 특성을 평가하고 분석해 성능 저하 위험을 미리 파악하고 대응합니다.

신뢰성에서 다루는 주요 열화 기구는 네 가지입니다. TDDDB(Time-Dependent Dielectric Breakdown)는 게이트 절연막이 전계와 온도 스트레스로 점진적으로 손상되다가 결국 파괴되는 현상입니다. HCI(HotCarrierInjection)는 높은 에너지를 얻은 캐리어가 절연막에 갇혀 소자 특성을 서서히 바꾸는 현상입니다. NBTI(Negative Bias Temperature Instability)는 pMOS에서 문턱전압이 이동하는 현상입니다. EM(Electromigration)은 높은 전류밀도 때문에 금속 원자가 이동해 배선에 빈 공간이나 돌기가 생기는 현상입니다.

이 기구들의 공통점은 제품이 출하될 때는 정상인데 사용 중에 서서히 나빠진다는 것입니다. 그래서 평가는 가속 시험으로 합니다. 실제보다 높은 온도와 전압을 걸어 수년치 열화를 수백 시간에 압축하고, 그 결과를 수명 모델로 환산합니다. 데이터센터용 제품은 수년간 고온에서 연속 동작하므로 이 검증의 무게가 특히 큼니다.

Revolutionary Memory는 차세대 메모리 기술을 선제적으로 탐색하고 씨앗을 심는 연구를 수행합니다. 지금 양산되는 제품이 아니라 5년, 10년 뒤의 구조를 다루는 영역이며, 4F² 수직 게이트나 3D D램 같은 주제가 여기에 속합니다.

OPC는 광학과 수학 기반 모델링으로 패터닝 한계를 극복합니다. 빛으로 회로 패턴을 그릴 때, 파장보다 작은 형상을 그리려 하면 회절 때문에 실제 형상이 설계와 달라집니다. 모서리가 둥글어지고 선폭이 변합니다. OPC(Optical Proximity Correction)는 이 왜곡을 미리 계산해 마스크 패턴을 반대로 일그러뜨려 놓는 기법입니다. 최종 결과가 의도한 형상에 가까워지도록

만드는 보정이며, 계산량이 방대해 최근에는 기계학습 기반 접근이 도입되고 있습니다. 패턴 형상이 달라지면 소자의 전기적 특성도 달라지므로, OPC는 패턴 충실도와 소자 성능을 잇는 접점입니다.

● 5-8. 시간 단위로 본 업무: 하루, 한 달, 1년

하루 단위로 소자 엔지니어는 전날 측정된 전기적 데이터를 확인하며 시작합니다. 관리 한계를 벗어난 항목이 있으면 그 원인을 좁히는 작업에 들어가고, 필요하면 시뮬레이션을 돌리거나 분석을 의뢰합니다. 오후에는 공정 조직과 후속 실험 조건을 협의하고, 진행 중인 개발 항목의 데이터를 정리합니다.

한 달 단위로는 하나의 개선 순환을 완주합니다. 문제 정의, 가설 수립, 실험 설계, 웨이퍼 투입, 측정과 분석, 결론 도출까지가 한 바퀴입니다. 웨이퍼 한 번 도는 데 걸리는 시간이 있으므로, 이 주기가 개발 속도의 물리적 하한을 정합니다.

1년 단위로는 차세대 제품의 개발 완성도를 목표 수준까지 끌어올리고 양산 이관을 준비합니다. 개발 라인에서 나오는 수율과 양산 라인에서 나오는 수율은 다르므로, 이관 과정에서 다시 조건을 잡는 작업이 이어집니다.

● 5-9. 가상의 하루 워크플로우

아침 8시, 신규 1c 기반 로트의 EPM 데이터에서 문턱전압 산포가 관리 한계를 벗어났다는 알림이 뜹니다. 담당 엔지니어는 먼저 측정 자체의 문제인지 확인합니다. 동일 장비의 다른 로트 데이터가 정상이면 측정 문제는 배제됩니다.

오전 10시, 웨이퍼 내 위치별 분포를 확인하니 가장자리 쪽에서 이상값이 몰려 있습니다. 특정 공정 단계의 균일도 문제를 의심하고, 해당 단계 전후의 공정 이력을 확인합니다. 최근 조건 변경이 있었던 증착 단계가 후보로 올라옵니다.

오전 11시 30분, TCAD로 해당 조건 변경이 도핑 프로파일과 전계 분포에 미치는 영향을 모사합니다. 시뮬레이션 결과는 게이트 가장자리 전계 집중이 커진다는 방향을 가리키지만, 실측 산포 폭을 모두 설명하지는 못합니다. 다른 요인이 함께 작용하고 있다는 뜻입니다.

오후 2시, FA 조직에 물리 분석을 의뢰합니다. EMMI로 누설이 두드러지는 지점을 좁히고 FIB로 단면을 가공한 뒤 TEM으로 관찰하니 특정 계면에서 예상하지 못한 미세 결함이 확인됩니다. 시뮬레이션 가설과 실측 증거가 하나의 설명으로 모입니다.

오후 4시, 공정 조직과 후속 실험 조건을 협의합니다. 증착 조건 세 가지를 나눠 웨이퍼에 적용하는 분할 실험을 설계합니다. 동시에 신뢰성 조직과는 이 조건 변경이 절연막 수명에 어떤 영향을 줄지 검토합니다. 문턱전압 산포를 잡으려다 수명을 깎으면 문제를 옮긴 것에 지나지 않기 때문입니다.

오후 6시, 오늘의 가설과 근거, 후속 계획을 정리해 PI 담당과 공유합니다. 이 기록은 다음

세대 제품에서 같은 문제를 만났을 때 출발점이 됩니다.

이 하루가 보여주는 것은 소자 업무의 본질이 측정, 가설, 검증, 협의의 반복이라는 점, 그리고 하나의 지표를 개선할 때 다른 지표가 나빠지지 않는지 함께 확인하는 균형 감각이 필요하다는 점입니다.

● 5-10. 이해관계자 지도

내부에서는 설계, 공정 개발, 양산기술, 품질, 제품 엔지니어링(PE), 패키지 개발, 분석 조직, 그리고 소자 내부의 다른 파트가 상시 협업 상대입니다. 설계와는 모델과 설계 규칙을 주고받고, 공정과는 조건 변경과 실험을 협의하며, 양산기술과는 개발 조건의 양산 이관을 논의합니다. 품질과는 신뢰성 기준을 맞추고, 패키지 조직과는 적층 구조에서 발생하는 열과 응력의 영향을 검토합니다.

외부에서는 장비와 소재 공급사, EDA 도구 공급사가 협업 대상입니다. 새로운 재료를 도입하려면 소재사와 물성 데이터를 주고받아야 하고, 시뮬레이션 도구의 모델 정확도를 높이려면 EDA사와 협업이 필요합니다. 그리고 궁극적으로는 고객이 요구하는 사양이 모든 목표의 출발점입니다. HBM4에서 고객이 요구한 동작 속도를 맞췄다는 회사 설명은, 그 요구가 소자 조직의 목표 수치로 번역돼 내려왔다는 뜻이기도 합니다.

● 5-11. 필요 역량의 세 갈래

지식 영역에서는 반도체 물리, 전자기학, 반도체 소자 구조, 공정 기초, 통계와 실험 설계가 요구됩니다. 메모리 특유의 지식으로는 D램 셀 동작, 센싱 원리, 리텐션과 리프레시, 낸드 적층 구조와 프로그램·소거 동작에 대한 이해가 필요합니다.

도구 영역에서는 TCAD, SPICE, 파이썬이나 C 같은 프로그래밍, 그리고 측정 및 분석 장비에 대한 이해가 요구됩니다. 장비를 스스로 조작하지 않더라도, 어떤 장비가 어떤 정보를 줄 수 있고 무엇을 줄 수 없는지 아는 것이 분석 설계의 전제입니다.

태도 영역에서는 문제 정의 능력, 가설 검증의 논리성, 다른 조직의 제약을 이해하는 협업 감각, 그리고 원인이 나올 때까지 놓지 않는 지속성이 요구됩니다. 학사 지원자 비중이 상대적으로 낮고 시뮬레이션 활용 업무가 많다는 현직자 설명이 있는 것도 이 때문입니다. 다만 학사 출신도 다수 근무하고 있다는 점은 함께 언급됩니다.

● 5-12. 성과 지표와 평가 관점

소자 직무의 평가 지표는 공개 자료가 제한적이므로 단정하기 어렵습니다. 다만 업무 성격과 회사가 밝힌 목표에서 합리적으로 추론할 수 있는 항목은 다음과 같습니다.

첫째, 수율입니다. 개발 수율과 양산 이관 후 수율이 모두 대상이며, 회사가 원가와 기술 경쟁력을 함께 갖춘 기술 플랫폼을 강조하는 만큼 가장 직접적인 지표로 볼 수 있습니다.

둘째, 소자 특성 목표 달성도입니다. 목표 문턱전압과 구동전류, 누설 수준, 그리고 산포 폭이

관리 범위 안에 드는지가 판단 기준입니다.

셋째, 신뢰성 확보입니다. 가속 시험에서 요구 수명을 만족하는지, 열화 기구별 여유가 충분한지가 검증 대상입니다.

넷째, 일정입니다. 적기 개발이라는 표현이 공고에 반복해서 나오는 만큼, 목표 시점에 개발을 완료해 양산으로 넘기는 것이 중요한 평가 항목입니다.

다섯째, 불량 원인 규명의 속도와 정확도입니다. 특히 FA와 CA 영역에서는 문제 발생부터 근본 원인 확정까지 걸린 시간이 곧 손실 규모를 결정합니다.

● 5-13. 세부 분야별 배경 적합성 지도

자신의 배경이 어느 세부 분야와 가까운지 판단하는 기준을 정리합니다.

TCAD 시뮬레이션이나 계산 물리, 수치해석 경험이 있다면 TCAD와 Modeling 계열이 가깝습니다. 특히 물리 기반 계산에 기계학습을 결합해 본 경험이 있다면 최근 회사가 강화하는 방향과 겹칩니다.

소자 물성 측정, 전기적 특성 평가, 신뢰성 시험 경험이 있다면 Device와 Reliability Solution 계열이 가깝습니다. 절연막 열화나 캐리어 트랩 관련 연구 경험은 곧바로 연결됩니다.

분석 장비 활용 경험, 특히 SEM, TEM, FIB 계열이나 결합 위치추적 경험이 있다면 FA와 CA 계열이 가깝습니다. 다만 패키지 수준의 신뢰성 시험 경험은 소자보다 제품 엔지니어링 쪽과 접점이 더 크다는 점은 구분해야 합니다.

회로 설계나 보호 회로, 정전기 대응 경험이 있다면 ESD와 Modeling 계열이 가깝습니다. 레이아웃과 설계 규칙, 물리 검증 경험이 있다면 LDR입니다. 광학이나 이미지 처리, 최적화 알고리즘 경험이 있다면 OPC 영역과 연결됩니다.

여러 공정을 아우르는 통합적 관점과 프로젝트 조율 경험이 있다면 PI 계열의 성격과 맞습니다. 다만 PI는 조직 내에서 통합 책임을 지는 영역이라 요구되는 넓이가 큼니다.

● 5-14. 이 장의 시사점

소자 직무를 이해하는 가장 좋은 방법은 이 직무가 답해야 하는 질문의 형태를 이해하는 것입니다.

이 직무의 질문은 언제나 같은 구조를 갖습니다. 관측된 전기적 현상이 있고, 그 원인이 여러 개 있을 수 있으며, 실험과 시뮬레이션으로 후보를 좁혀야 하고, 찾아낸 원인을 개선했을 때 다른 지표가 나빠지지 않는지 확인해야 합니다. 그리고 이 모든 과정을 다른 조직과 함께 진행해야 합니다.

산업 관점에서 보면 이 질문의 무게는 커지고 있습니다. 미세화 여력이 줄어들면서 개선의 난도가 올라가고, 새로운 구조는 검증되지 않은 물리 영역을 열며, HBM처럼 여러 칩을 쌓는

제품은 개별 소자의 작은 편차가 적층 전체의 수율로 증폭됩니다. 회사가 HBM4에서 고객 요구 성능과 전력 효율, 원가 경쟁력을 동시에 달성했다고 강조하는 것은, 이 세 가지가 서로 상충하는 목표이기 때문입니다. 그 상충을 물리 수준에서 조정하는 일이 소자 엔지니어의 몫입니다.

■ 핵심 용어·개념 정리 (Glossary)

D램(DRAM): 트랜지스터 하나와 커패시터 하나로 셀을 구성하는 휘발성 메모리. 빠르지만 전하가 새기 때문에 주기적 재충전이 필요하며, 이 특성이 소자 설계의 주요 과제를 만듭니다.

낸드플래시: 전하를 가둬 전원 없이도 데이터를 보관하는 비휘발성 메모리. AI 추론 시대에 대용량 저장 수요가 늘며 기업용 SSD를 통해 수익원으로 되살아났습니다.

HBM(고대역폭메모리): D램을 수직으로 쌓고 TSV로 연결해 데이터 통로를 넓힌 제품. AI 가속기의 데이터 병목을 푸는 부품이며 현재 메모리 업계 손익의 최대 변수입니다.

TSV(실리콘관통전극): 칩에 구멍을 뚫어 위아래 칩을 수직 연결하는 기술. HBM과 HBF 구현의 물리적 기반입니다.

베이스 다이: HBM 최하단에서 신호 입출력을 제어하는 칩. HBM4부터 파운드리 로직 공정이 쓰이면서 메모리와 파운드리의 경계를 허물었습니다.

HBF(고대역폭 플래시): 낸드에 TSV를 적용해 대용량과 고대역폭을 함께 노리는 제품. HBM과 SSD 사이의 새로운 메모리 계급으로 제안되고 있습니다.

계층형 메모리: S램부터 스토리지 서버까지 속도와 용량이 다른 메모리를 계급별로 배치하고 연결해 데이터 이동을 줄이는 구조. SK하이닉스가 2026년 제시한 전략 개념입니다.

4F²VG: 셀 하나가 차지하는 면적을 최소화하고 수직 게이트를 적용해 집적도를 높이는 차세대 D램 플랫폼. 미세화 한계를 구조 혁신으로 넘으려는 시도입니다.

3D D램: 칩 내부의 셀과 트랜지스터 구조를 입체화해 집적도를 높이는 기술. 완성된 칩을 쌓는 HBM과는 다른 층위의 접근입니다.

리텐션과 리프레시: 셀이 데이터를 유지하는 시간과 이를 다시 채우는 동작. 가장 빨리 전하를 잃는 셀이 전체 전력 소모를 결정하기 때문에 개선 효과가 큼니다.

센싱 마진: 셀에서 나온 미세한 신호를 잡음과 구분해 판정할 수 있는 여유. 좁아지면 오독이 생겨 수율과 품질이 떨어집니다.

EPM(전기적 파라미터 모니터링): 문턱전압, 구동전류, 누설 같은 전기적 값을 상시 측정해 관리하는 체계. 소자 Device 파트의 산포 관리가 여기서 이뤄집니다.

심층분석보고서: 26하_SK하이닉스_소자

수율: 투입 대비 양품 비율. 소자 직무의 최상위 성과 지표이자 원가 경쟁력의 실체입니다.

비트그로스: 비트 단위 생산량 증가율. 공정 전환 효율과 제품 믹스가 함께 결정하며, 공급 측 수급을 읽는 지표입니다.

TCAD: 제조 공정과 소자 동작을 컴퓨터로 모사하는 분야. 실제 웨이퍼 실험 횟수를 줄여 개발 기간과 비용을 아킵니다.

SPICE 모델과 PDK: 소자의 전기 특성을 회로 시뮬레이터용 수식으로 만든 모델과 이를 담은 설계 키트. 소자 조직과 설계 조직을 연결하는 통로입니다.

ESD 시험 모델(HBM, CDM, MM): 인체 방전, 칩 자체 방전, 장비 방전을 각각 모사한 시험 규격. CDM은 방전이 극히 빨라 첨단 공정에서 가장 까다롭습니다.

OPC: 회절로 생기는 패턴 왜곡을 예상해 마스크를 미리 반대로 일그러뜨리는 보정 기법. 패턴 충실도와 소자 특성을 잇는 접점입니다.

신뢰성 열화 기구(TDD, HCI, NBTI, EM): 절연막 파괴, 캐리어 포획, 문턱전압 이동, 금속 원자 이동으로 제품 수명을 갉아먹는 현상들. 가속 시험으로 수명을 환산해 검증합니다.

고정거래가격: 대형 고객과 맺는 계약 단가로, 현물가와 달리 실적의 실질 기준이 됩니다. 2026년에는 다년 장기공급계약으로 옮겨가는 흐름이 뚜렷합니다.

■ 참고 레퍼런스 (References)

TrendForce DRAM Market Bulletin (2026.07.08) —

<https://www.trendforce.com/research/download/RP260708BM>

카운터포인트리서치, 전세계 D램 및 HBM 시장 점유율 분기 데이터 —

<https://korea.counterpointresearch.com/global-dram-and-hbm-market-share-quarterly/>

신한투자증권, 반도체 하반기 전망: 메모리 슈퍼사이클은 아직 중반이다 —

<https://www.shinhangroup.com/kr/archive/insight/extend/detail/32873>

삼일PwC, 글로벌 반도체 산업 전망 2026 —

https://www.pwc.com/kr/ko/insights/industry-focus/samilpwc_semicon-trends-outlook-2026.pdf

Tom's Hardware, CXMT 생산능력 및 2030년 목표 분석 —

<https://www.tomshardware.com/pc-components/dram/chinas-cxmt-targets-30-percent-dram-memory-market-share-by-2030-with-sixth-mega-fab-future-plans-bottlenecked-by-access-to-advanced-chipmaking-tools>

심층분석보고서: 26하_SK하이닉스_소자

SK하이닉스 뉴스룸, 2026년 2분기 경영실적 발표 — <https://news.skhynix.co.kr/q2-2026-business-results/>

SK하이닉스 뉴스룸, 2026년 1분기 경영실적 발표 — <https://news.skhynix.co.kr/q1-2026-business-results/>

SK하이닉스 뉴스룸, FMS 2026 계층형 메모리와 HBF 방향 제시 — <https://news.skhynix.co.kr/fms-2026/>

SK하이닉스 뉴스룸, IEEE VLSI 2025 D램 미래 기술 로드맵 — <https://news.skhynix.co.kr/ieee-vlsi-2025/>

SK하이닉스 뉴스룸, 소자 직무 소개(앰버서더 JOB로그 5편) — <https://news.skhynix.co.kr/ambassador-job-log-ep5/>

디일렉, SK하이닉스 2026년 2분기 컨퍼런스콜 전문 — <https://www.thelec.kr/news/articleView.html?idxno=60209>

아주경제, HBM4E 1c나노 적용 및 2027년 양산 계획 컨콜 보도 — <https://www.ajunews.com/view/20260423104135968>

경향신문, YMTC 낸드 출하량 3위 등극 — <https://www.khan.co.kr/article/202608161540001>

헤럴드경제, 반도체특별법 시행령 의결과 주52시간 예외 제외 — <https://biz.heraldcorp.com/article/10830448>

SK하이닉스 채용, 인재상 공식 안내 — https://recruit.skhynix.com/servlet/reco_person.view