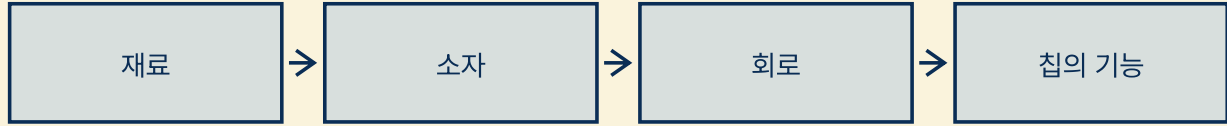


## 재료가 어떻게 쓸모 있는 칩이 될까요?

반도체 소자는 전기 신호를 제어합니다. 수많은 소자와 배선을 연결하면 집적회로가 됩니다.



직접 제작한 개념도

공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축척 생략.

### 로직

계산하고 동작을 제어합니다.

### 메모리

시스템에 필요한 정보를 저장합니다.

### 제조

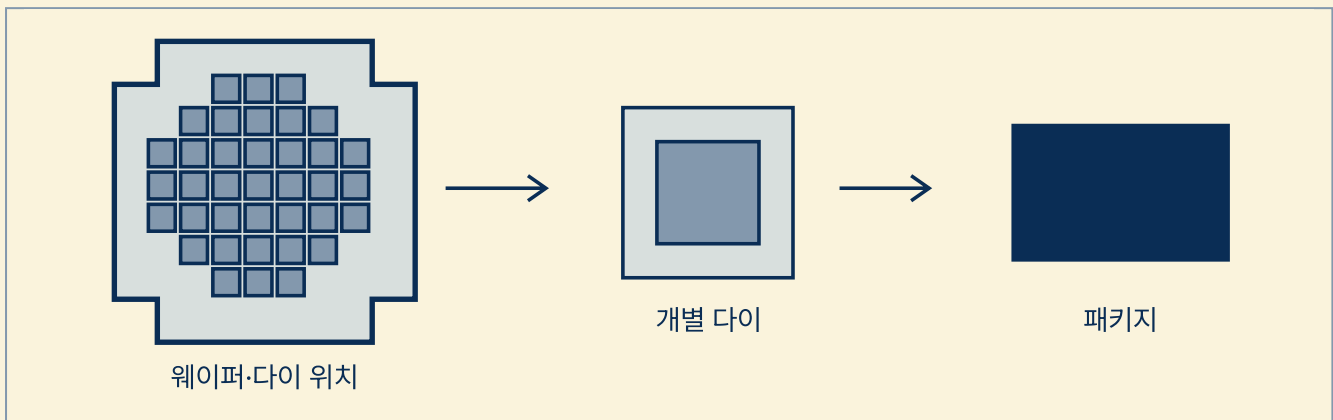
미세한 구조를 만들고 연결한 뒤 검사합니다.

팹은 공장이고, 칩은 공장에서 만드는 제품입니다.

[Samsung · fabrication overview](#) · [Micron · introduction to memory](#)

## 웨이퍼 → 다이 → 패키지

동근 기판, 그 위의 개별 회로, 보호·연결을 마친 제품은 서로 다릅니다.



공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축척 생략.

### 웨이퍼

같은 회로를 여러 개 만드는 기판입니다.

### 다이

웨이퍼 위의 개별 회로 한 개입니다.

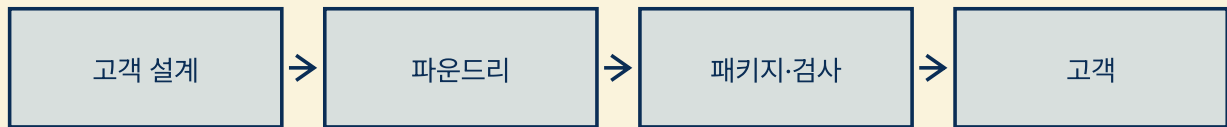
### 패키지

다이를 보호하고 시스템에 전기적으로 연결합니다.

웨이퍼 장수·다이 개수·HBM 스택 수를 구분하세요.

## 팹리스·파운드리·IDM

이 용어들은 메모리의 종류가 아니라 회사의 사업 역할을 구분합니다.



직접 제작한 개념도

공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축척 생략.

### 팹리스

칩을 설계하고 제조를 외부에 맡깁니다.

### 파운드리

고객의 설계를 바탕으로 칩을 위탁 생산합니다.

### IDM

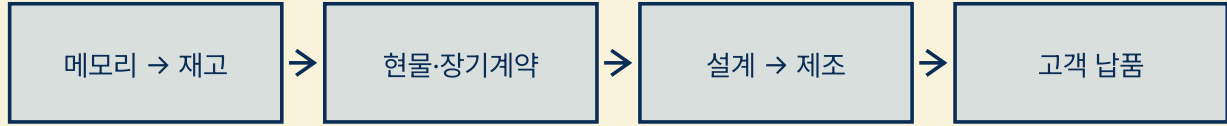
칩 설계와 제조를 함께 수행합니다.

서로 다른 고객 설계의 칩을 임의로 바꿔 납품할 수는 없습니다.

TSMC · foundry model

## 메모리와 파운드리: 서로 다른 판매 방식

제품의 종류와 제조 사업 모델은 서로 다른 분류 기준입니다.



직접 제작한 개념도

공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축척 생략.

### 메모리 판매

게임에서는 메모리를 생산한 뒤 판매 시점을 선택합니다.

### 파운드리 납품

설계·수량·단가·납기를 약속한 뒤 생산·납품합니다.

### 고객 전용 재고

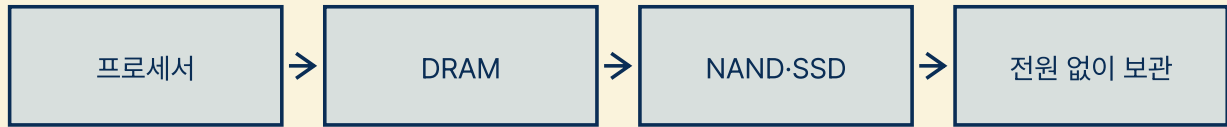
초과분은 동일 설계의 후속 주문에 보관해 활용합니다.

현실의 메모리도 협상한 계약으로 판매합니다. 현물시장 중심 화면은 교육용 단순화입니다.

TSMC · foundry model · Micron · introduction to memory

## DRAM과 NAND는 무엇이 다를까요?

둘 다 정보를 저장하지만 작업 중 데이터와 오래 보관할 데이터의 요구는 다릅니다.



직접 제작한 개념도

공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축적 생략.

### DRAM

작업용 메모리. 휘발성이며 주기적인 리프레시가 필요합니다.

### NAND 플래시

전원 없이 데이터를 보관하는 비휘발성 저장소로 SSD 등에 쓰입니다.

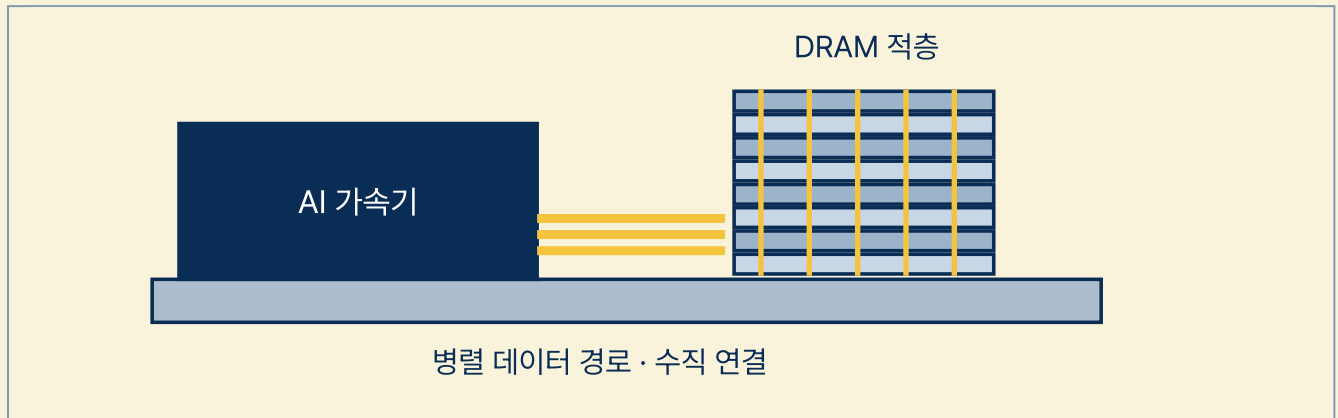
### 서로 다른 공정

소자 구조가 달라 그에 맞게 검증한 제조 플로우가 필요합니다.

제품 선택은 공장 내 제품별 전용 라인의 투입 배분을 단순화한 기능입니다.

## AI에는 왜 HBM이 쓰일까요?

계산을 빨리 해도 데이터가 충분히 빨리 도착해야 성능을 활용할 수 있습니다.



공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축적 생략.

### DRAM 적층

여러 DRAM 다이를 쌓고 수직 연결합니다.

### 높은 대역폭

여러 데이터 경로로 많은 정보를 함께 주고받습니다.

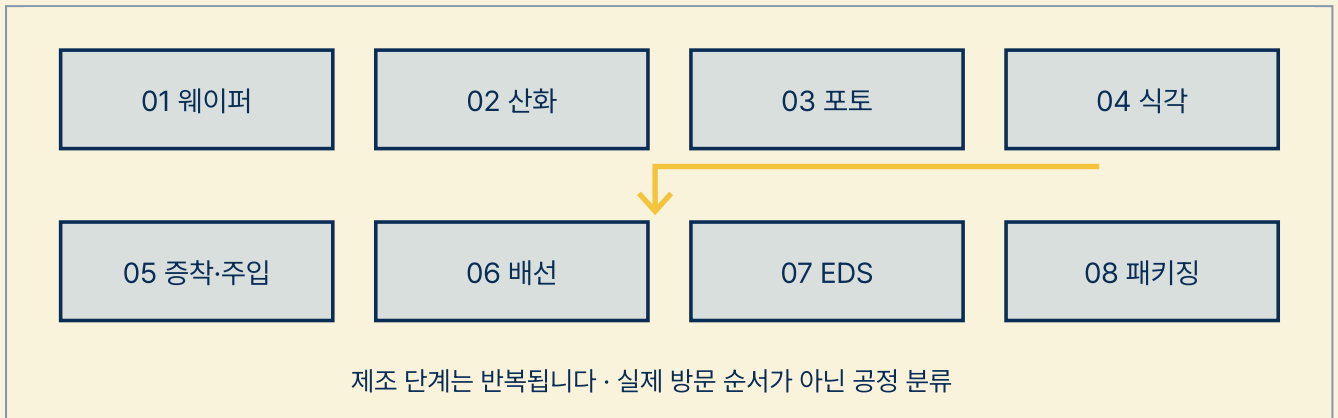
### AI 가속기

AI 연산에 필요한 데이터를 빠르게 공급하도록 돕습니다.

용량은 담는 양, 대역폭은 단위 시간에 이동하는 데이터의 양입니다.

## 반도체 8대 공정 한눈에 보기

8개 분류는 수많은 제조·검사 작업을 이해하기 쉽게 묶은 것입니다.



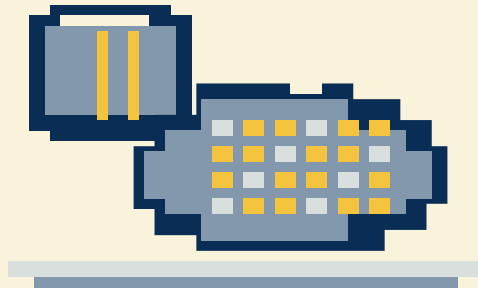
공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축척 생략.

| 출발 기판              | 회로 만들기                            | 검사·연결            |
|--------------------|-----------------------------------|------------------|
| 01 웨이퍼 제조 · 02 산화. | 03 포토 · 04 식각 · 05 증착·주입 · 06 배선. | 07 EDS · 08 패키징. |

실제로는 포토·증착·제거·세정·계측 등이 여러 번 반복됩니다.

## 01 · 웨이퍼 제조

회로를 만들기 전에 평탄하고 깨끗한 출발 기판이 필요합니다.



공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축척 생략.

### 결정 성장

고순도 단결정 실리콘 잉곳을 만듭니다.

### 절단·연마

잉곳을 얇게 자르고 웨이퍼 표면을 연마합니다.

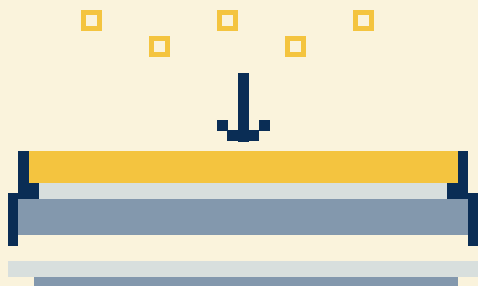
### 입고 품질

표면 결함과 오염은 후속 공정에 영향을 줄 수 있습니다.

게임에서 웨이퍼는 구매하는 투입 재료입니다. 팹 안에서 잉곳을 직접 키우지는 않습니다.

## 02 · 산화 공정

열산화는 실리콘과 산화제를 반응시켜 이산화규소 막을 성장시키는 공정입니다.



공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축적 생략.

### 목적

필요한 곳에 절연·보호 역할의 산화막을 형성합니다.

### 관리 변수

온도·시간·분위기에 따라 산화막 성장이 달라집니다.

### 공정 통합

두께·균일도·열 이력이 전체 플로우에 맞아야 합니다.

산화막 성장은 실리콘을 소비합니다. 위에 막을 쌓는 증착과는 원리가 다릅니다.

## 03 · 포토 공정

빛을 이용해 감광성 레지스트에 패턴을 형성합니다.



공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축척 생략.

### 도포

감광액을 도포하고 노광을 준비합니다.

### 노광·현상

선택 영역을 노광한 뒤 현상해 레지스트 패턴을 만듭니다.

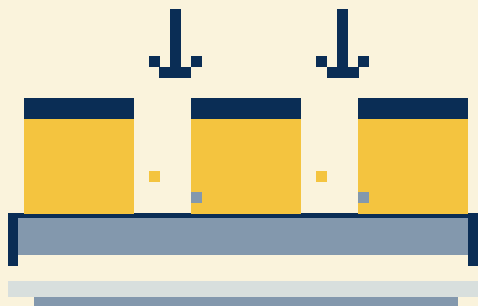
### 정렬

새 패턴이 기존 구조와 정확하게 맞아야 합니다.

레지스트 패턴은 후속 공정을 안내합니다. 빛이 소자의 모든 층을 직접 깎는 것은 아닙니다.

## 04 · 식각 공정

보호된 부분을 남기고 선택한 재료를 제거합니다.



공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축척 생략.

### 습식 식각

액상 화학 반응으로 목표 재료를 제거합니다.

### 건식·RIE

플라즈마 반응과 이온 효과로 방향성을 높일 수 있습니다.

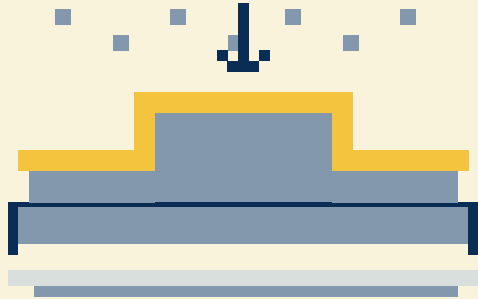
### 관리할 균형

형상·선택비·손상·잔류물을 함께 관리합니다.

건식이 언제나 우수한 것은 아닙니다. 재료와 형상에 맞게 선택합니다.

## 05 · 증착·이온 주입

막을 쌓는 것과 도핑을 바꾸는 것은 서로 다른 작업입니다.



공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축척 생략.

### 증착

PVD·CVD 등으로 필요한 재료의 박막을 형성합니다.

### 이온 주입

기판 안에 도핑 이온을 넣습니다.

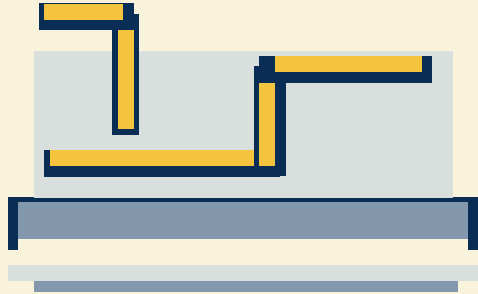
### 열처리

주입 손상을 회복하고 도핑을 활성화합니다.

처리량뿐 아니라 막 특성·단차 피복성·허용 온도도 중요합니다.

## 06 · 금속 배선

개별 소자를 회로로 동작시키려면 서로 연결해야 합니다.



공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축척 생략.

### 배선·비아

금속 경로로 소자와 서로 다른 배선층을 연결합니다.

### 절연

절연체로 이웃한 도체가 원치 않게 연결되지 않도록 합니다.

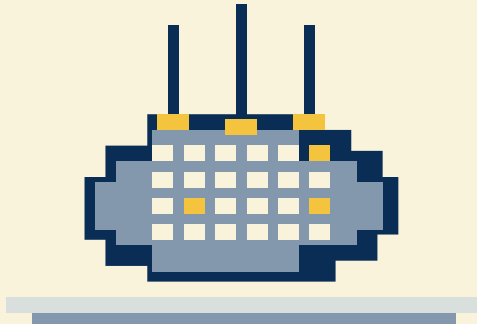
### 신뢰성

단선·단락·저항 문제는 동작을 제한할 수 있습니다.

그림은 개념도입니다. 실제 배선 구조에는 여러 재료와 층이 사용됩니다.

## 07 · EDS 전기 검사

다이가 웨이퍼 위에 있는 상태에서 전기적 동작을 검사합니다.



공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축척 생략.

### 프로브 접촉

검사 장비가 다이와 전기적으로 접촉합니다.

### 양품 선별

요구한 검사 조건을 만족하는 다이를 선별합니다.

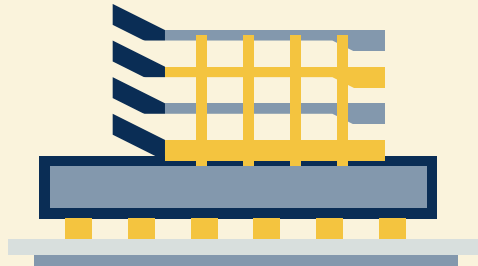
### 검사 기록

웨이퍼 맵에 위치별 검사 결과를 기록합니다.

검사는 문제를 가려내는 과정입니다. 모든 불량 다이를 자동으로 고치는 것은 아닙니다.

## 08 · 패키징·최종 검사

양품 다이도 보호 구조와 시스템 연결을 갖춰야 사용할 수 있습니다.



공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축척 생략.

### 분리·조립

다이를 분리하고 필요한 패키지 구조로 조립합니다.

### 연결·열 관리

전기적 연결과 열이 빠져나갈 경로를 마련합니다.

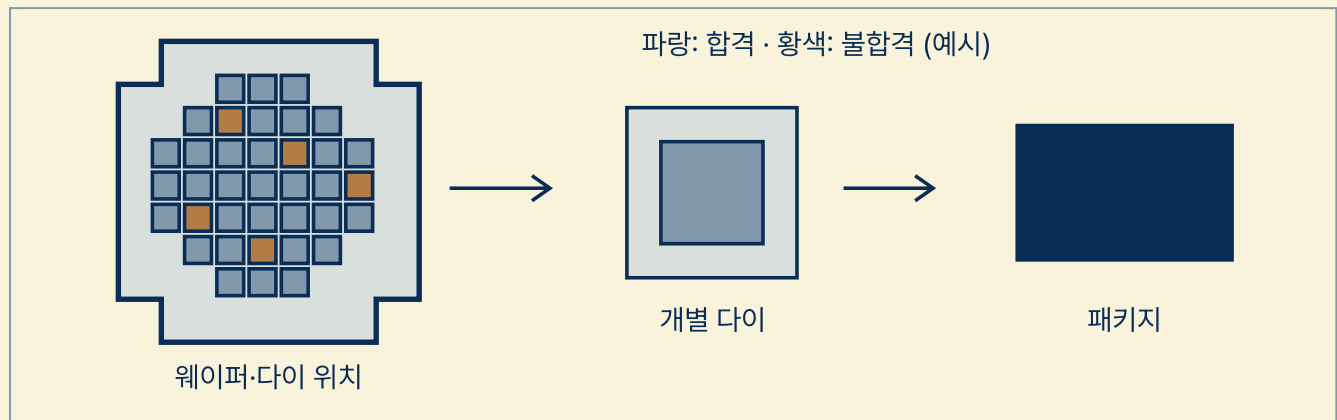
### 최종 검사

조립된 제품을 검사한 뒤 출하합니다.

패키징은 단순 포장 상자가 아니라 제품 기능의 일부입니다.

## 수율 감소와 가동 중단은 다릅니다

투입량과 판매 가능한 양품 수는 같은 숫자가 아닙니다.



공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축척 생략.

### 수율

특정 단계에서 검사 대상 중 양품이 차지하는 비율입니다.

### 가동 중단

게임에서 중단된 라인은 해당 결산에 생산량이 0입니다.

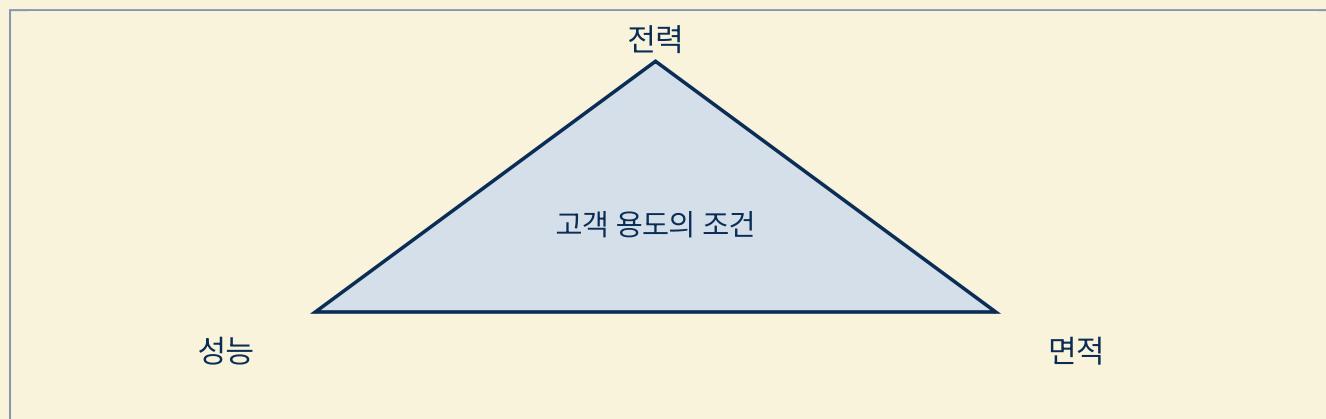
### 양품당 원가

비슷한 투입 비용을 적은 양품으로 나누면 개당 원가가 커집니다.

예시: 다이 100개 × 다이 수율 90% = 양품 90개. 실제 팹 수율 자료가 아닙니다.

## PPA: 고객 용도에 맞추기

전력·성능·면적은 설계의 서로 다른 요구를 나타냅니다.



공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축척 생략.

### 전력

소비전력. 게임에서는 mW로 표시합니다.

### 성능

동작 속도·처리 성능. 게임에서는 MHz 목표로 단순화합니다.

### 면적

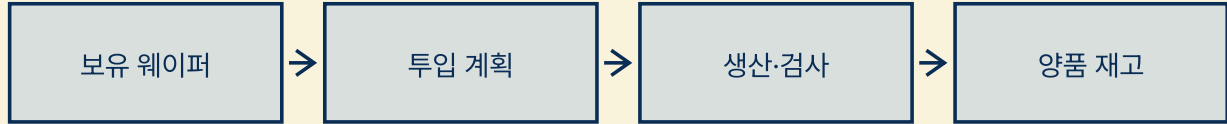
다이 하나의 물리적 크기. mm<sup>2</sup>로 표시합니다.

이미 제조된 재고의 설계·규격은 새 입력값으로 바뀌지 않습니다.

Synopsys · power, performance, area

## 생산 한도·투입량·정비

생산 한도가 있어도 웨이퍼가 공급되거나 제품이 자동으로 늘지는 않습니다.



직접 제작한 개념도

공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축척 생략.

### 생산 한도

게임에서 한 주에 처리할 수 있는 최대 투입량입니다.

### 실제 투입

계획·보유 웨이퍼·가동 조건에 따라 정해 집니다.

### 정비

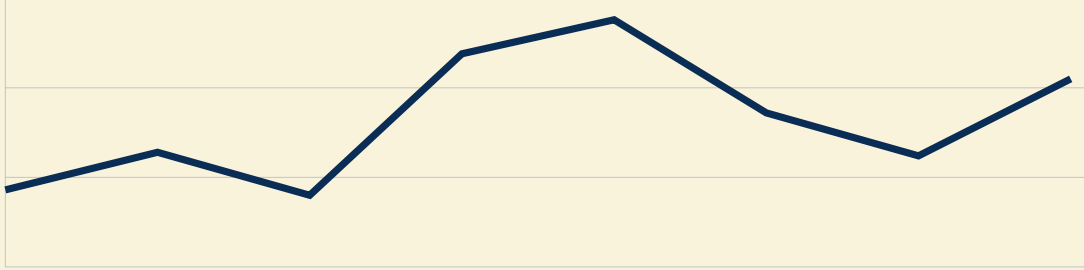
현금을 쓰지만 마모·중단 위험을 관리하도록 돕습니다.

화성 증설: \$2.20M으로 주간 150 → 225장. 가동 중 고정비 +\$50k/주.

실제 펍 자료가 아닌 게임 규칙·교육용 경영 수치입니다.

## 메모리 가격은 왜 움직일까요?

수요·공급 여력·고객 재고가 시장 상황에 영향을 줍니다.



설명용 곡선 · 전망·실측 자료 아님

공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축척 생략.

### 수요

데이터센터·기기 구매 증가로 수급이 빠듯해질 수 있습니다.

### 공급

생산능력 변화·재고 방출은 부족한 공급을 완화할 수 있습니다.

### 판매 판단

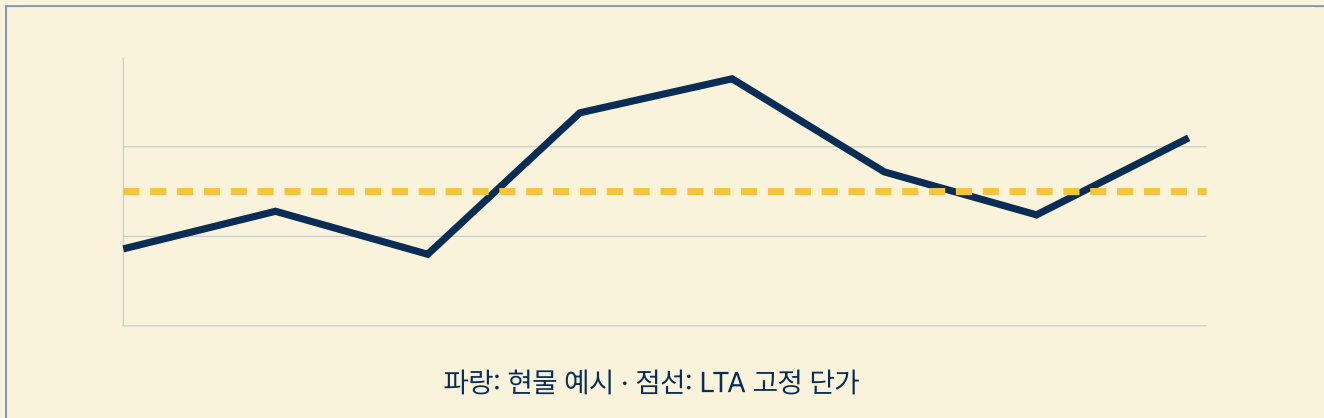
지금 받을 현금과 불확실한 미래 보관 가치를 비교합니다.

그림의 곡선과 게임의 가격·사이클 확률·주간 변동률은 모두 교육용 가상 수치입니다.

실제 팸 자료가 아닌 게임 규칙·교육용 경영 수치입니다.

## 현물 판매와 LTA 장기 공급계약

고정가 계약은 가격 변동의 일부를 줄이는 대신 공급 약속을 지는 선택입니다.



공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축척 생략.

### 현물

현재 시세로 보유 메모리를 판매합니다.

### 장기 공급계약

W3에 가끔 오는 선택 메일로 W3-W6  
DRAM 단가를 고정합니다.

### 공급 약속

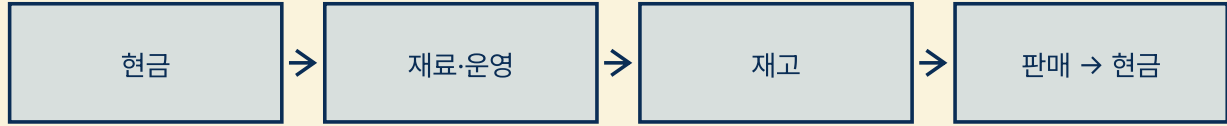
주당 1만 개·총 4만 개. 해지 시 미납 금액  
의 10%를 지급합니다.

게임은 생산 후 자동 납품·기간 내 부족분 이월을 지원하며 W6 만기 미납에도 같은 위약금을 적용합니다.

실제 펌 자료가 아닌 게임 규칙·교육용 경영 수치입니다.

## 현금·순자산·이익은 다릅니다

재고 평가가 높아 보여도 운영비를 낼 현금이 부족할 수 있습니다.



직접 제작한 개념도

공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축척 생략.

### 현금

운영비와 투자비를 지금 낼 수 있는 돈입니다.

### 순자산

자산 가치에서 부채와 관련 의무를 고려한 값입니다.

### 영업이익

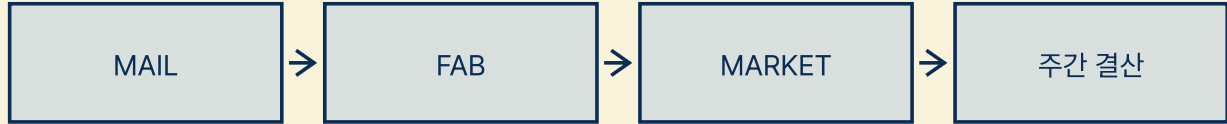
인식한 판매 매출에서 판매 원가·영업비용을 뺀 값입니다.

대출은 현금과 부채를 함께 늘립니다. 영업 매출이 아닙니다.

실제 펍 자료가 아닌 게임 규칙·교육용 경영 수치입니다.

## 이제 첫 주를 시작해볼까요?

먼저 메모리를 생산·판매해보세요. 파운드리는 W3부터 열리며 선택 사항입니다.



직접 제작한 개념도

공식 원리 자료를 참고해 직접 제작한 개념도 · 축척 생략.

### 1. 읽기

메일에서 요청·제안·기한을 확인합니다.

### 2. 계획

거점에서 투입량을 조절하고 운영비를 확인합니다.

### 3. 판매·결산

재고를 팔아 현금을 확보하고 결산해 새 생산분을 받습니다.

W8 목표: 순자산 \$8M 이상·경영 지분 70% 이상. 마지막 결산에는 이번 생산분을 포함한 메모리를 W8 적용 단가로 자동 판매합니다. 파운드리는 진행 계약에 맞는 양품만 자동 납품하며 전용 초과분은 현물 판매하지 않습니다.

실제 팹 자료가 아닌 게임 규칙·교육용 경영 수치입니다.