

Lecture Note 01 : Semiconductor

September 03, 2025

Gunhee Choi

Dept. of Software

Dankook University

choi_gunhee@dankook.ac.kr

(본 교재는 2025년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 'SW중심대학사업' 지원을 받아 제작 되었습니다.)

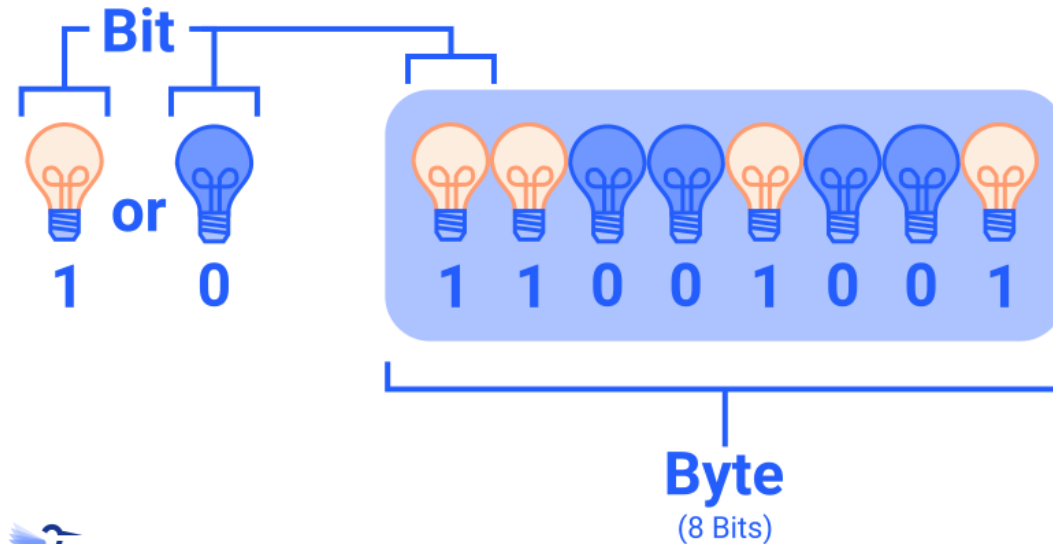
(Copyright © 2025 by Gunhee Choi, All Rights Reserved. Distribution requires permission)

Content

1. Storage History
2. What is Semiconductor?
 - N-Type, P-Type Semiconductor
 - Diode
 - Transistor
3. Semiconductor Industry
4. Discussion

1. Storage History

- 데이터(data)
 - 이론을 세우는 데 기초가 되는 사실이나 자료
 - (컴퓨터) 프로그램을 운영할 수 있는 형태로 기호화, 숫자화 자료
- 데이터의 표현
 - 컴퓨터 분야에서는 데이터를 두가지 상태로 표현 (ex : 0 or 1)
→ 이진법 (binary)



HighSpeedInternet.com

- ✓ ON \leftrightarrow OFF
- ✓ 0 \leftrightarrow 1
- ✓ S극 \leftrightarrow N극
- ✓ 위 \leftrightarrow 아래
- ✓ 동 \leftrightarrow 서
- ✓ 남 \leftrightarrow 북
- ✓ 개 \leftrightarrow 고양이

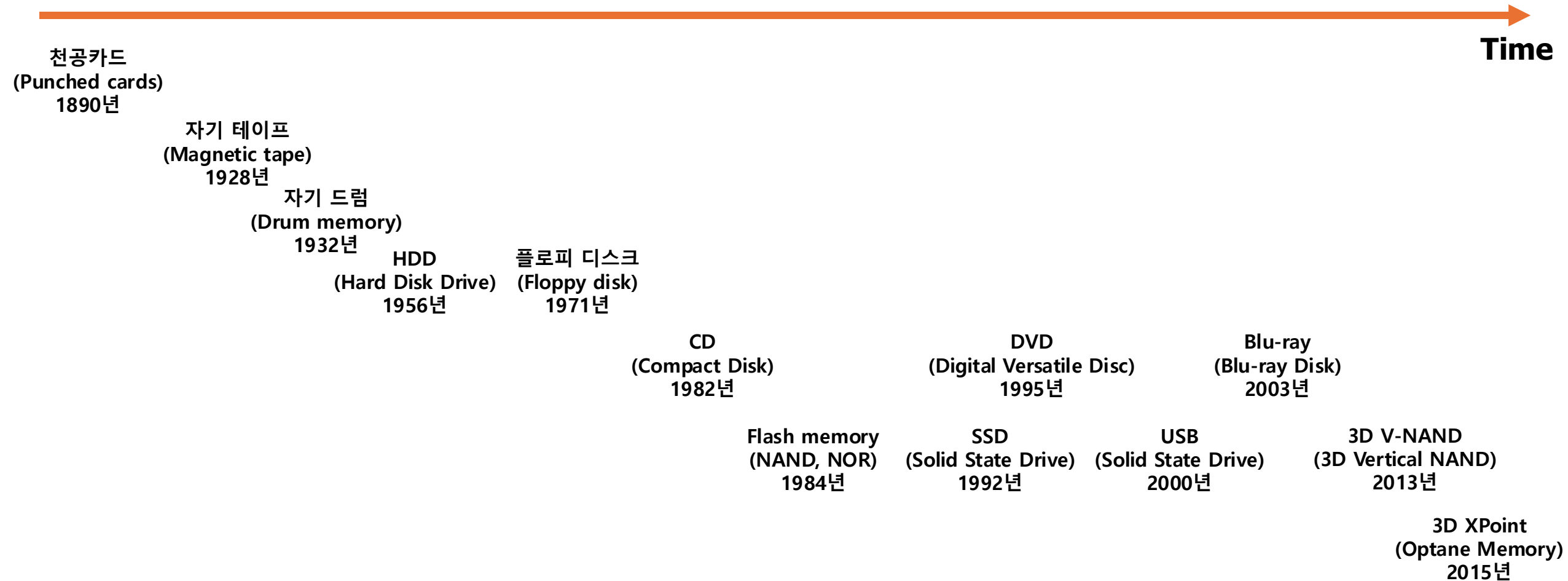
Ref : google image

1. Storage History

- 데이터를 담는 그릇 '소자' (element, device, cell)
 - 물리적으로 데이터를 '저장'을 하기 위해서는 장치 혹은 매체가 필요하다.

In the future

- DNA Storage
- Holographic Storage



1. Storage History

• 천공 카드 (punched card)

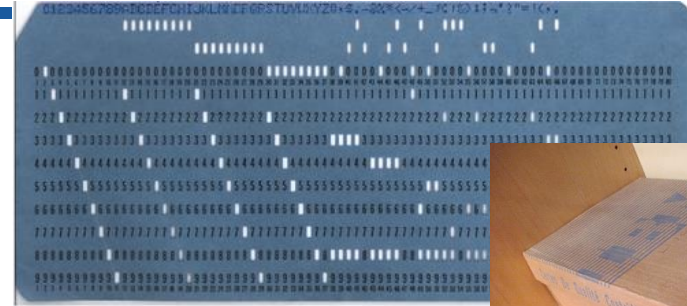
- ✓ 데이터를 표현하기 위해서 규칙에 따라 직사각형 모양의 구멍을 뚫어 사용하는 종이 카드
- ✓ 천공 위치에 구멍을 뚫거나 뚫지 않음으로써 하나의 비트(bit)를 표현 가능
- ✓ 한 장에 112.5 bytes 데이터 저장 가능
- ✓ 1950년대 후반, SAGE 반공 시스템에 약 5MB에 해당하는 62,500장의 천공 카드 사용
- ✓ 1996년 미국 대선 유권자의 37.3%가 천공 카드 시스템 사용

• 자기 테이프 (Magnetic tape)

- ✓ 1928년 독일의 프리츠 플뢰머(Fritz Pfleumer)는 얇은 종이 위에 산화철 입자를 부착한 형태의 최고 자기 녹음 테이프를 개발.
- ✓ 녹음과 재생의 혁명을 가져온 기술로 1950년 초부터 컴퓨터에 많은 양의 데이터를 저장하는데 사용함. 백업 목적으로 여전히 사용되고 있음.
- ✓ 열화 현상으로 인하여 장기 보관용으로 이상적인 매체는 아님.
- ✓ 1952년 IBM 726모델에서 최초로 상용 모델을 판매함

• 자기 드럼 (Drum memory)

- ✓ 1932년 오스트리아의 구스타프 타우셰크(gustav Tauschek)는 강자성 기록 물질로 코딩된 금속 드럼을 개발함. 고정 헤드를 이용하여 0과 1을 인식하고 읽고 쓸 수 있음.
- ✓ 1950년에 미국의 암호 해독 능력 강화를 위해서 Atlas가 탄생함.



1. Storage History

- **HDD (Hard Disk Drive, 하드디스크)**

- ✓ 1956년 IBM의 레이놀드 B.존슨 (Rey Johnson)은 최초의 하드 디스크 드라이브 IBM 350 RAMAC을 개발함. 약 5MB의 저장 용량을 가짐.
- ✓ HDD는 하나 이상의 단단하고 빠르게 회전하는 자성 재료로 코팅된 플래터 (plater)에 자기 저장을 사용하여 데이터를 저장함.
- ✓ 1964년 IBM에서 2315 Disk cartridge 출시. 1MB의 저장 용량을 가지고, 쉽게 휴대가 가능한 "개인용 저장 장치"를 제공함.
- ✓ 1999년 IBM에서 170MB~340MB 용량의 "Microdrive" 출시.
- ✓ 2007년 Hitachi에서 세계 최초 1TB HDD를 출시.
- ✓ 오늘날에는 18TB 저장용량을 가진 HDD가 등장하고, 아직까지도 대용량 저장 장치에서 사용하는 기술임.



- **플로피 디스크 (Floppy Disk)**

- ✓ 1971년 IBM은 천공 카드를 대체하기 위해서 8인치 플로피 디스크를 시장에 출시함. 약 30KB 용량을 가짐
- ✓ 플로피 디스크는 큰 원형 구멍이 중앙에 있는 자성 코팅 원형 플라스틱 매체를 이용하여 데이터를 저장함.
- ✓ 1976년 Shugart Associates는 5.25인치 플로피 디스크 개발. 최대 1.2MB 용량을 가짐
- ✓ 1980년 Sony는 3.5 인치 플로피 디스크 개발. 최대 1.44MB 용량을 가짐.



1. Storage History

- **CD (Compact Disk)**

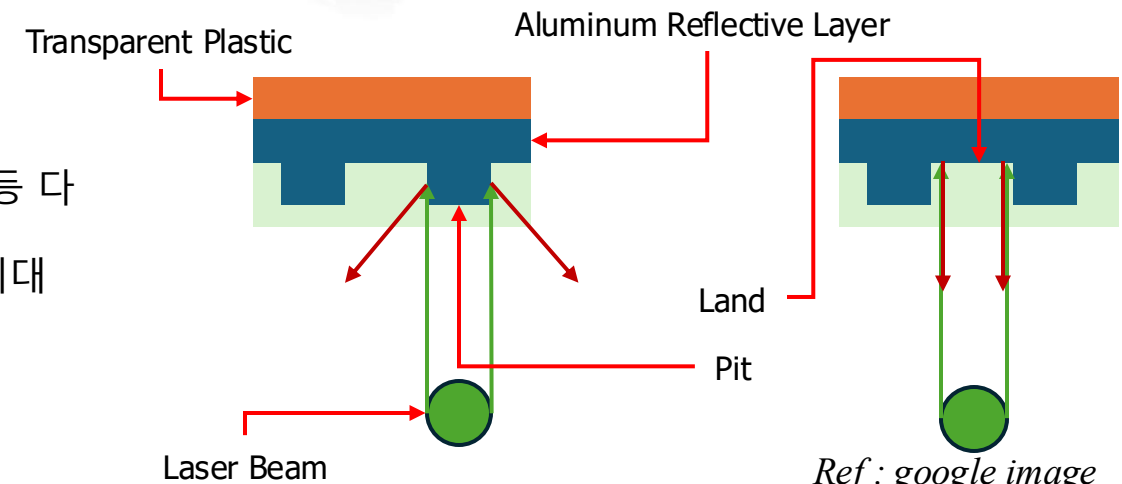
- ✓ 1982년 Sony와 Philips에서 550MB의 오디오 저장 및 재생을 위한 최초의 Digital audio compact disk를 출시함.
- ✓ 추후 CD-ROM, CD-R, CD-RW 등으로 쓰기가 가능한 포맷을 발전함.
- ✓ 디스크의 표면에 파인 홈에 레이저빔이 쏘아 졌을 때의 반사/굴절 효과를 이용하여 디지털 정보를 읽고 기록함.
- ✓ 사용 레이저 파장 : 780 nm (적외선)

- **DVD (Digital Versatile Disc)**

- ✓ 1995년 Sony, Philips, Samsung, Toshiba, Dolby 등 다국적 회사에서 포맷 통일.
- ✓ 1997년부터 DVD 플레이어가 본격적으로 출시.
- ✓ CD에 비해 용량이 대폭 향상된 4.7GB, 8GB, 17GB의 저장용량을 가짐.
- ✓ 사용 레이저 파장 : 650 nm (적색)

- **Blu-ray (Blu-ray Disc)**

- ✓ 2000년 Sony에서 처음으로 프로토타입을 선보임.
- ✓ 2003년부터 정식으로 출시됨. 그 뒤 2006년에 터미네이터, 제5원소 등 다양한 타이틀이 출시됨.
- ✓ 처음에는 25GB, 50GB 저장 용량으로 출시하였고 추후 확장형에선 최대 128GB까지 저장용량을 가짐
- ✓ 사용 레이저 파장 : 405 nm (청색)



Ref : google image 7

1. Storage History

• SSD (Solid State Drive)

- ✓ 1984년 일본 Toshiba의 마스오카 후지오 (Masuoka Fujio)는 NOR Flash memory를 개발, 1987년 NAND Flash memory를 개발함.
- ✓ HDD보다 빠르고, 소음이 적고, 물리적 충격에 강하고, 전력 소모가 적다는 장점으로 인하여 빠르게 스토리지 시장을 점유함.
- ✓ 1992년 IBM과 SanDisk에서 프로토 타입 Flash module을 개발함.
- ✓ 2006년 삼성전자에서 CTF(Charge Trap Flash) 기술 개발.
- ✓ 2006년 삼성전자에서 노트북에 SSD를 최초로 적용하여 출시.
- ✓ 2011년 삼성전자에서 소비자용 상용 64GB SSD 출시.
- ✓ 2013년 삼성전자에서 3D V-NAND Flash memory 기술개발



• USB (Universal Serial Bus) Flash Drive

- ✓ 2000년 IBM에서 8MB, 16MB, 32MB 저장 용량을 가진 USB Flash memory를 출시함.
- ✓ USB는 컴퓨터와 주변기기를 연결하는 인터페이스(interface)의 한 종류이고 USB interface를 가진 이동형 저장장치를 Flash memory로 개발됨.
- ✓ 또한, 1994년 Compact Flash, 1997년 MMC (Multi Media Card), 1999년 SD card (Secure Digital card) 등 NAND Flash memory 개발된 이후 수 많은 메모리 장치들이 개발됨.

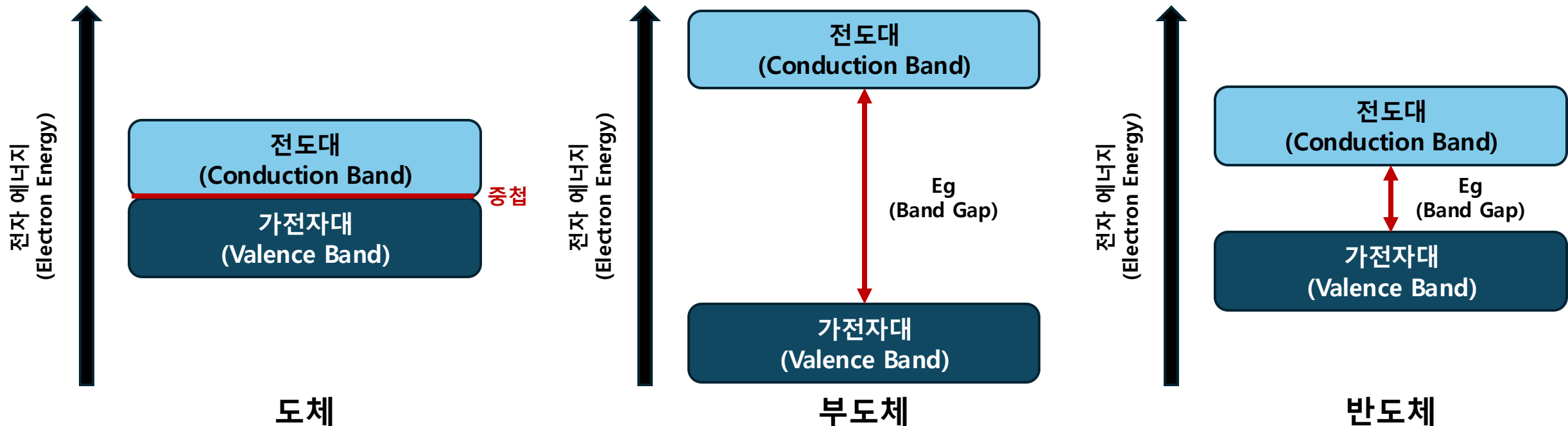
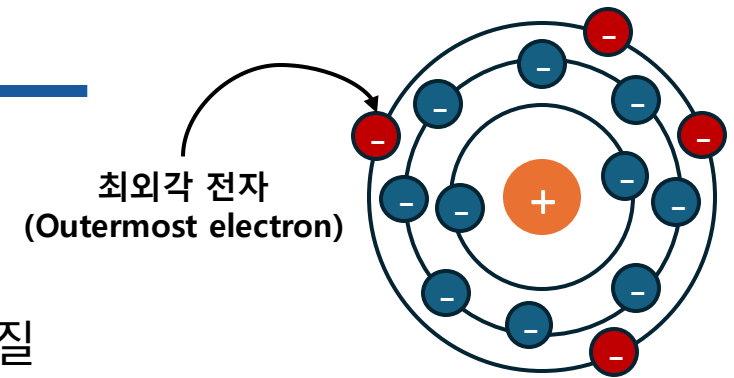
• 3D XPoint (3D Cross Point)

- ✓ 2015년 Intel과 Micron에서 NVM(비휘발성 메모리)기술 3D Xpoint을 발표.
- ✓ Flash memory가 아닌 PCM(Phase-Change memory)으로 비휘발성과 byte 단위 접근이 가능함.
- ✓ 2017년 Optane memory 출시, 하지만 집적도 대비 가격으로 인하여 2022년에 단종

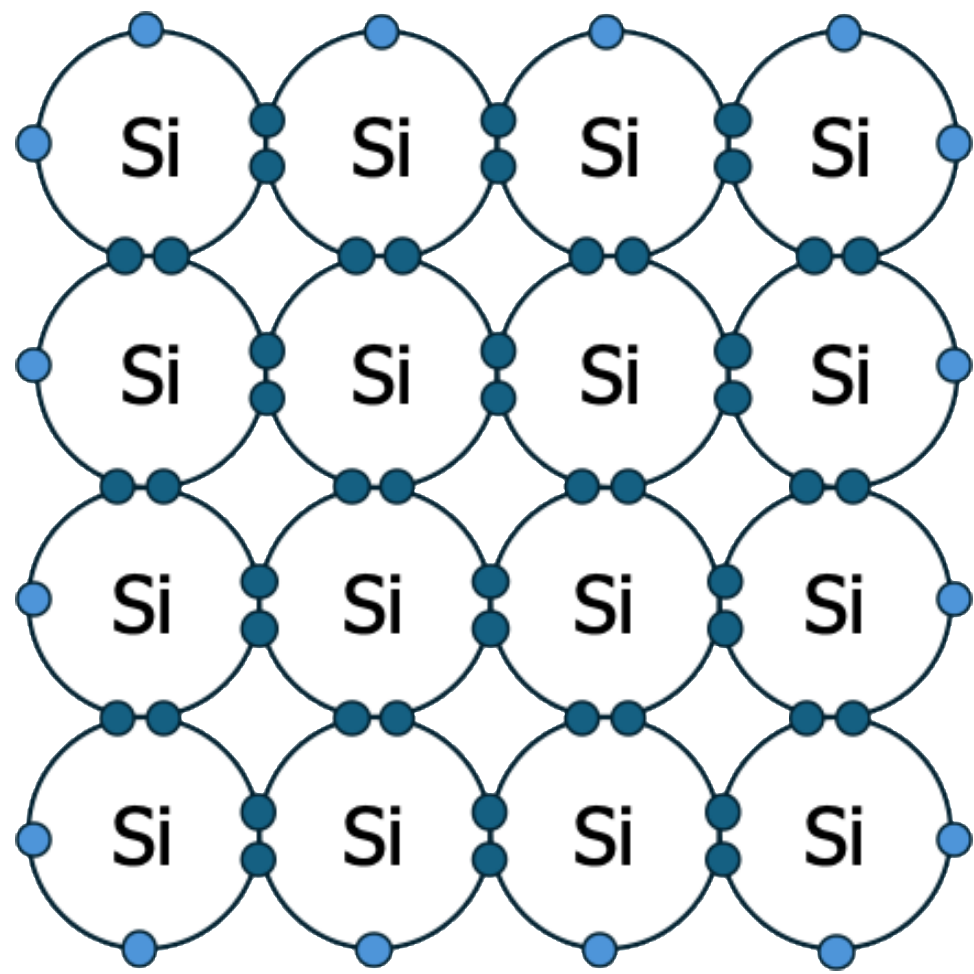


2. What is Semiconductor?

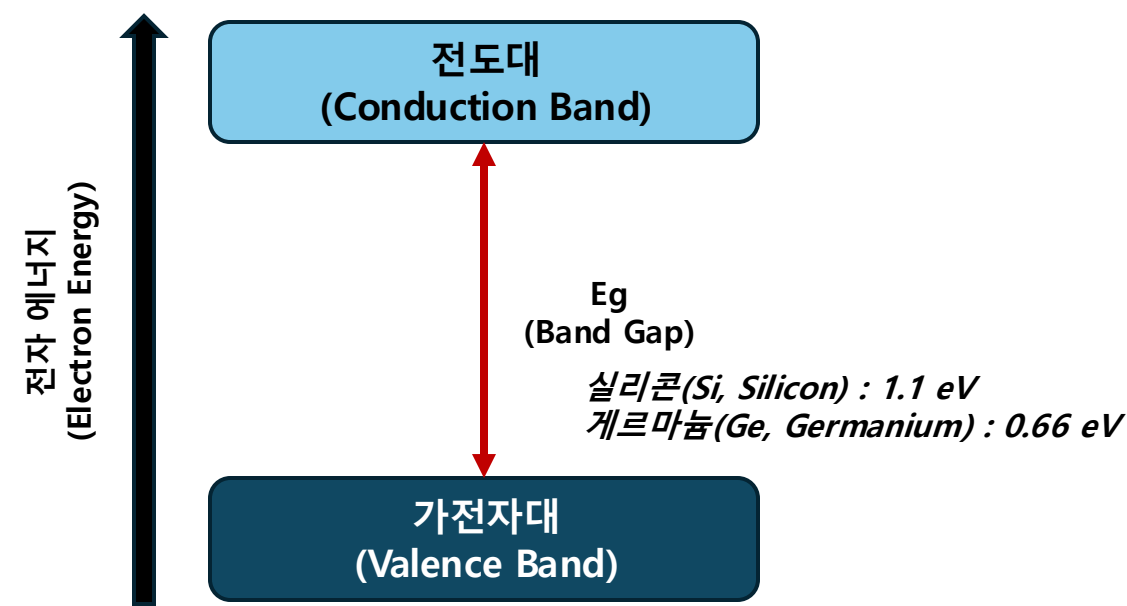
- **도체 (Conductor)** : 자유 전자가 많아 전류가 잘 흐르는 물질
 - 예: 구리, 알루미늄, 은, 금
- **부도체 (Insulator)** : 자유 전자가 거의 없어 전류가 잘 흐르지 않는 물질
 - 예: 고무, 유리, 세라믹, 플라스틱
- **반도체 (Semiconductor)** : 불순물 첨가, 전압, 빛 등 특정 조건에 따라 전기 전도도가 조절되는 물질
 - 예: 실리콘, 게르마늄, 갈륨 비소



2. What is Semiconductor?



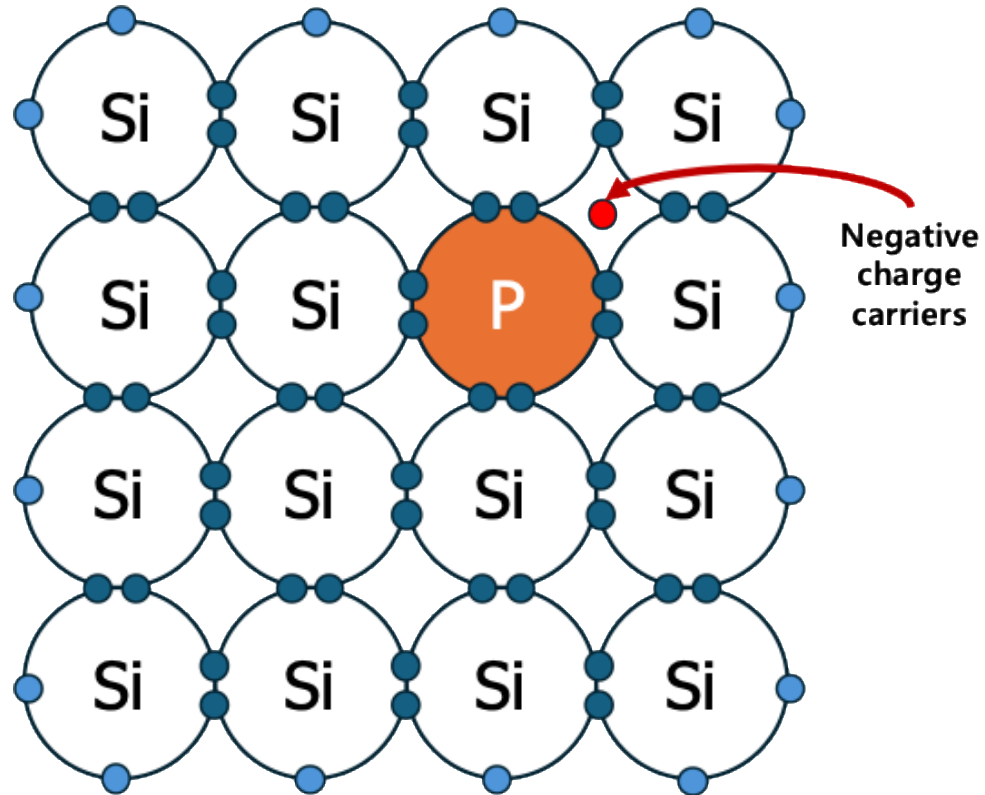
Silicon



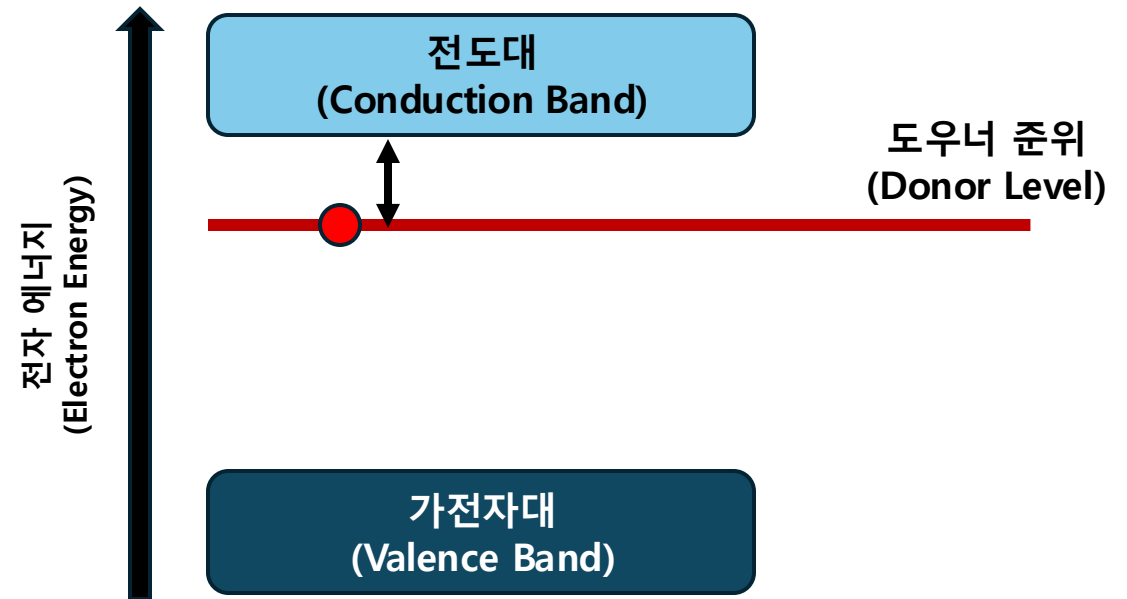
- 실리콘을 사용하는 이유
 - ✓ 열적 안정성 (Thermal Stability)
 - ✓ 산화막 형성 용이성 (Oxide Layer)
 - ✓ 재료의 풍부함과 가격 (Availability & Cost)
- 집적도, 신뢰성, 가격 경쟁력에서 매우 유리함.

2. What is Semiconductor?

- N형 반도체 (N-type Semiconductor)
 - 인(P), 비소(A)와 같은 5가 원소를 첨가하여 자유 전자(negative charge carriers)를 많이 가지는 반도체

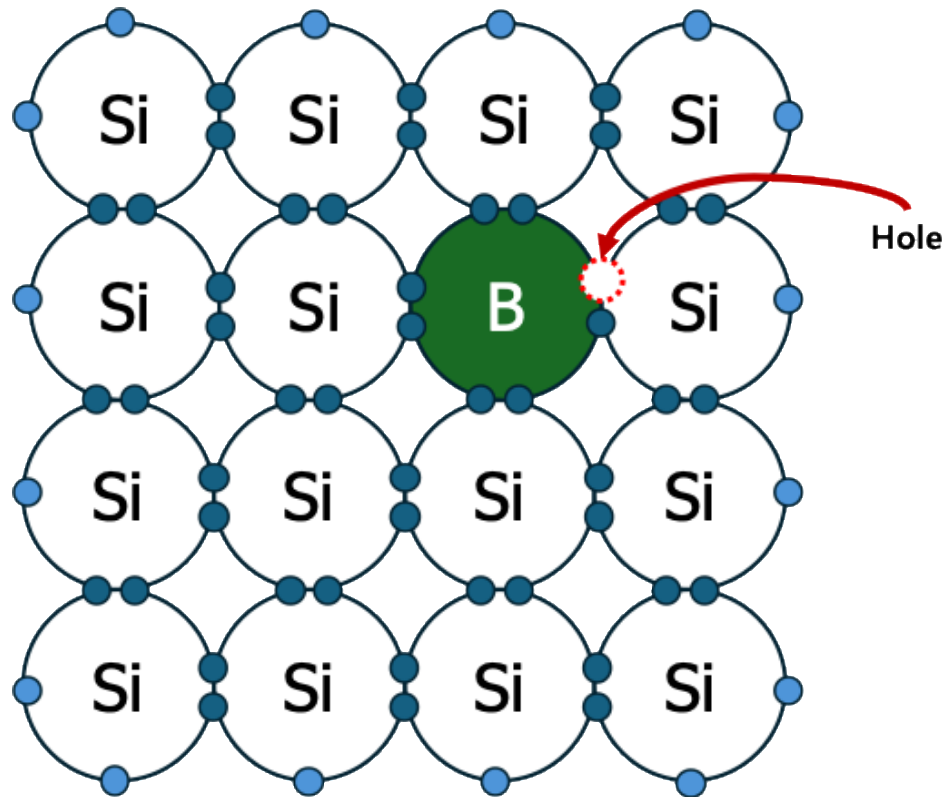


N-type Semiconductor

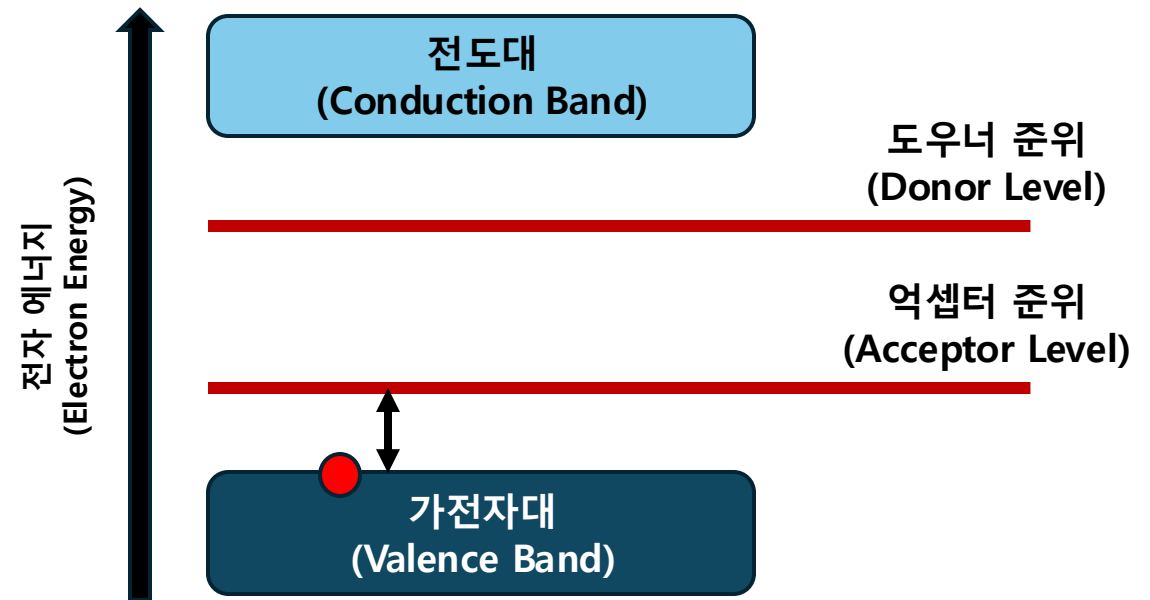


2. What is Semiconductor?

- P형 반도체 (N-type Semiconductor)
 - 붕소(B)와 갈륨(Ga)와 같은 3가 원소를 첨가하여 양공(Positive charge carriers)을 많이 가지는 반도체

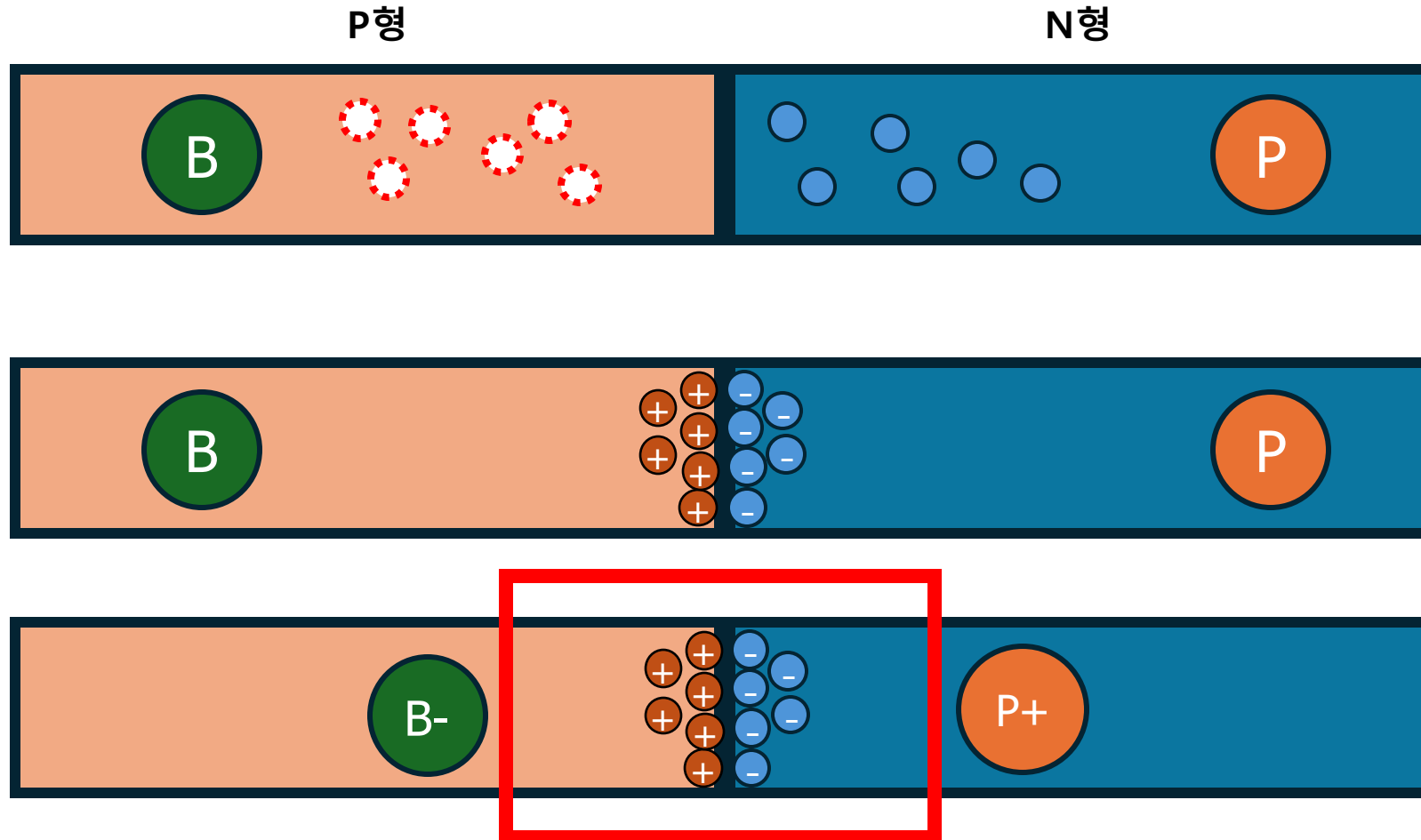


P-type Semiconductor



2. What is Semiconductor?

- 다이오드 (Diode)
 - 전류가 한쪽 방향으로만 흐를 수 있도록 하는 두 단자 전자 소자.
 - 기능 : 1) 교류 → 직류 변환, 2) 전류 흐름 제어, 3) 발광

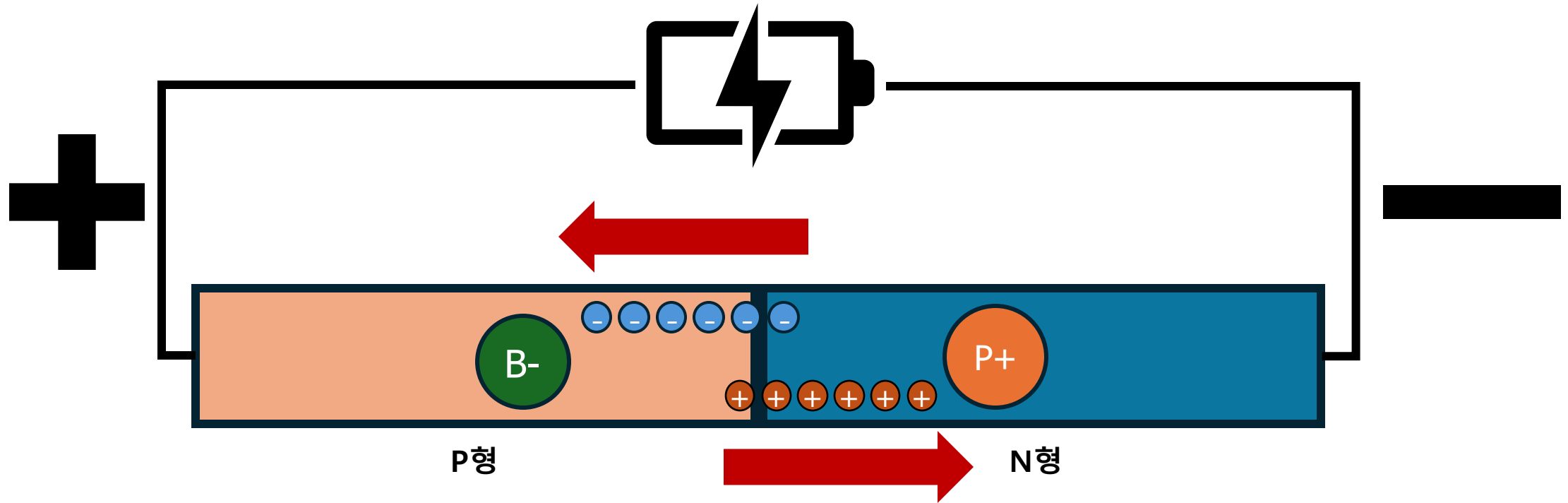


공핍 영역 (Depletion Region, Space-Charge Region)

:자유 전자와 양공이 거의 존재하지 않아 전류가 잘 흐르지 않는 지역

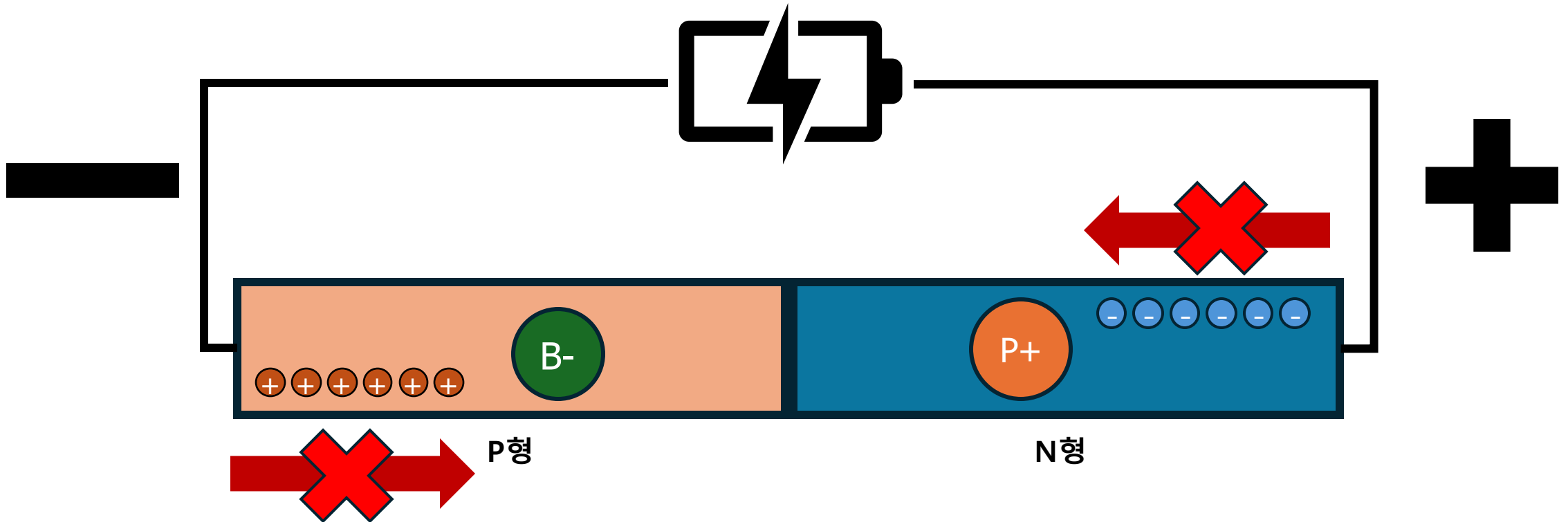
2. What is Semiconductor?

- 다이오드 (Diode)
 - 전류가 한쪽 방향으로만 흐를 수 있도록 하는 두 단자 전자 소자.
 - 기능 : 1) 교류 → 직류 변환, 2) 전류 흐름 제어, 3) 발광



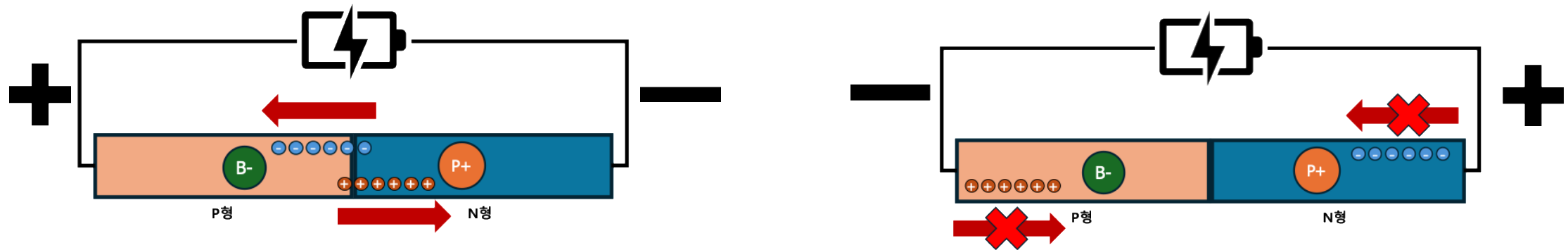
2. What is Semiconductor?

- 다이오드 (Diode)
 - 전류가 한쪽 방향으로만 흐를 수 있도록 하는 두 단자 전자 소자.
 - 기능 : 1) 교류 → 직류 변환, 2) 전류 흐름 제어, 3) 발광



2. What is Semiconductor?

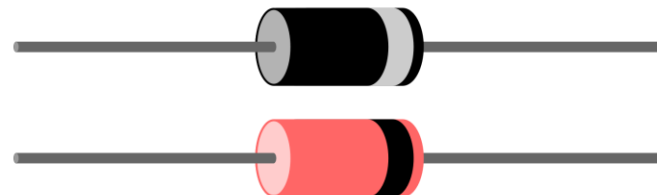
- 다이오드 (Diode)
 - 전류가 한쪽 방향으로만 흐를 수 있도록 하는 두 단자 전자 소자.
 - 기능 : 1) 교류 → 직류 변환, 2) 전류 흐름 제어, 3) 발광



• ON

• 1

Anode (+) ————> Cathode (-)

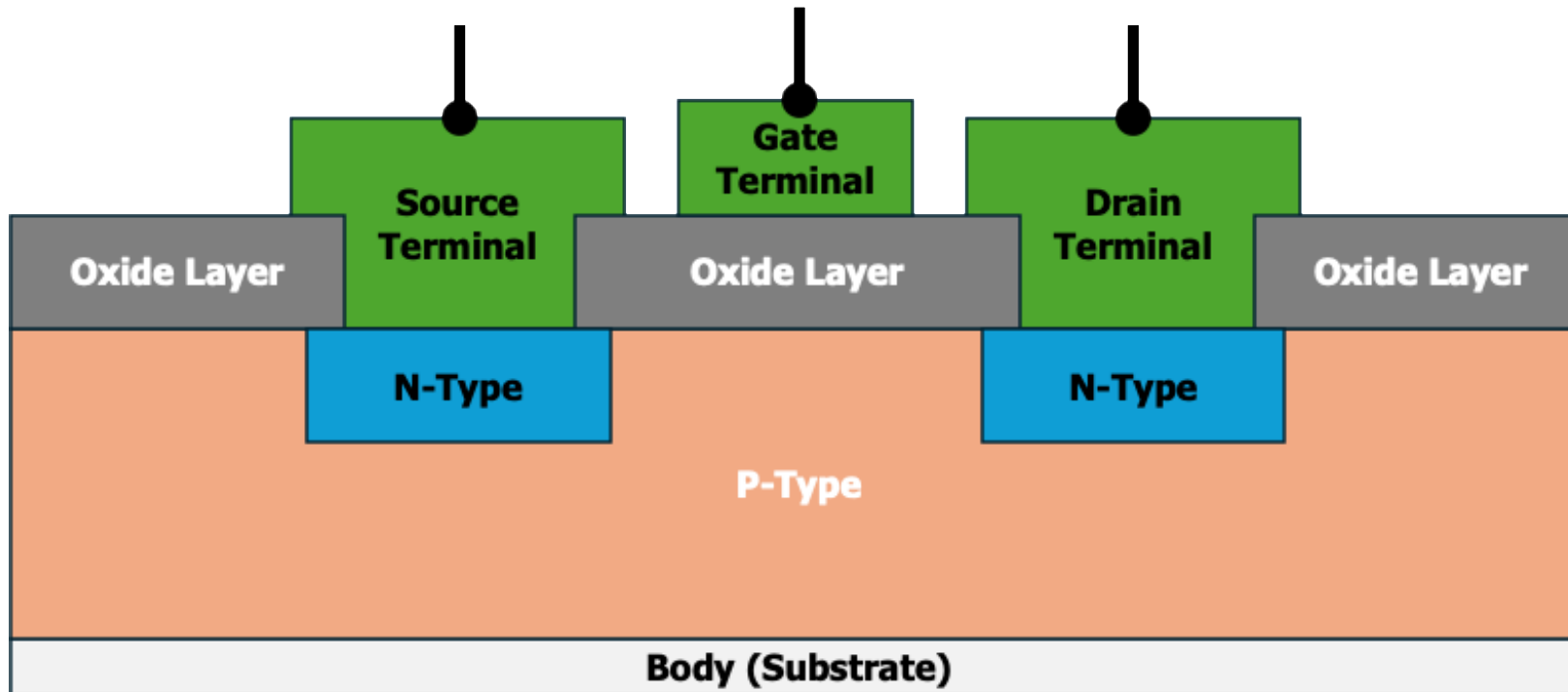


• OFF

• 0

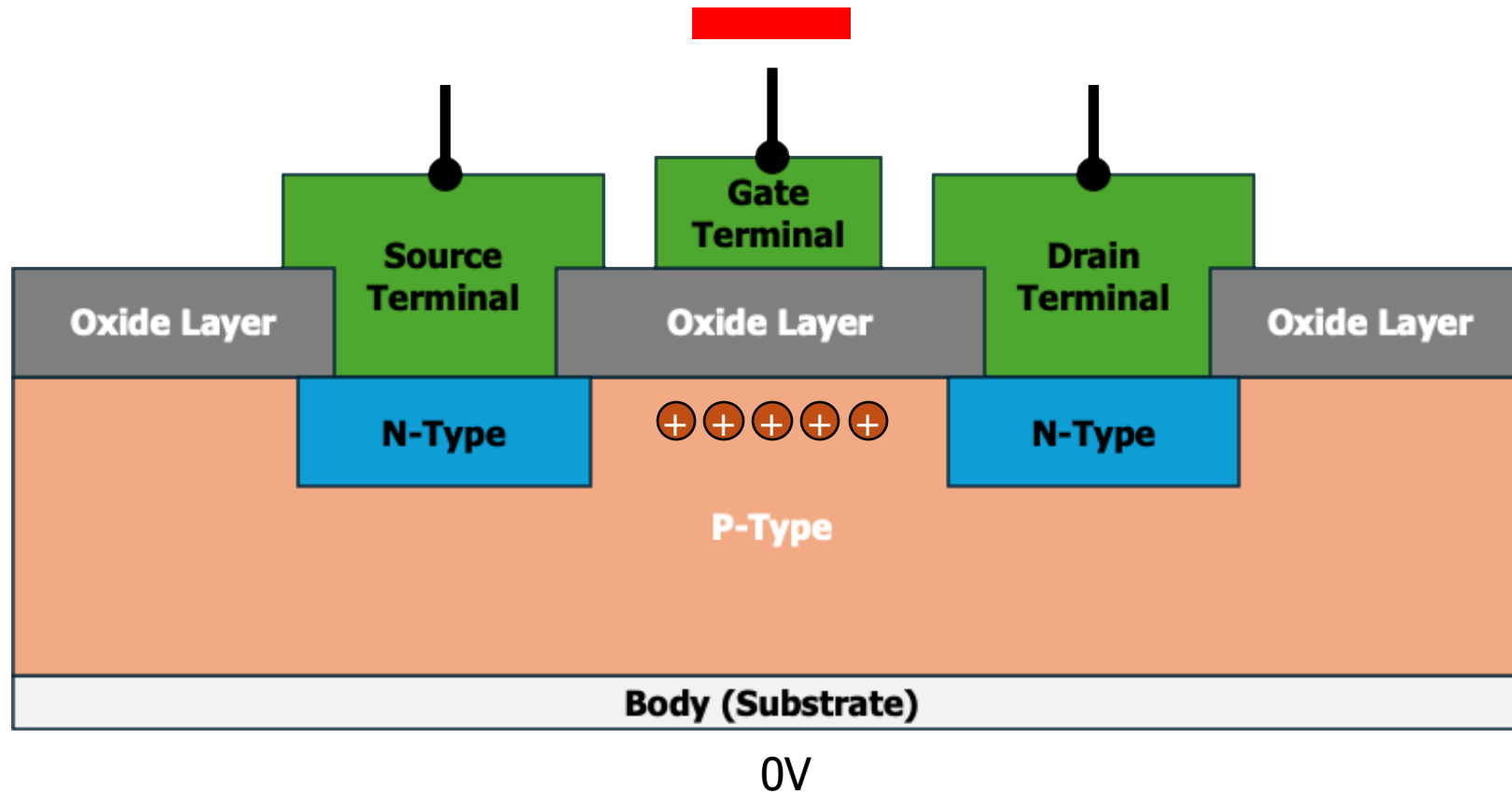
2. What is Semiconductor?

- 트랜지스터 (Transistor)
 - 전류의 크기를 조절하는 장치, 전자 신호 및 전력을 증폭하거나 스위칭하는데 사용하는 반도체 소자.
- MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)
 - N-Chanel MOSFET : N-type 반도체가 P-type 반도체 내부에 존재
 - P-Chanel MOSFET : P-type 반도체가 N-type 반도체 내부에 존재



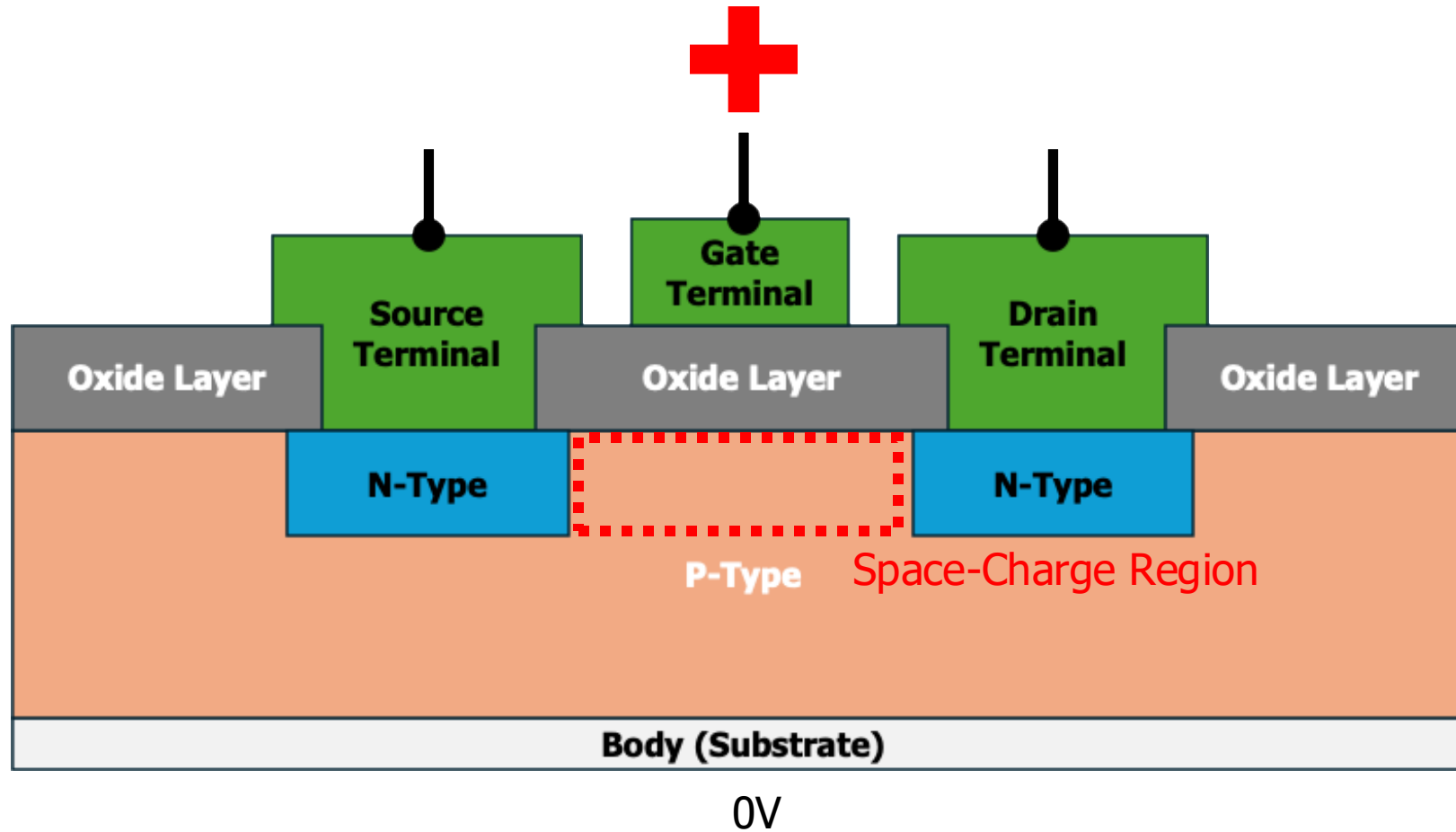
2. What is Semiconductor?

- N-Chanel MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)



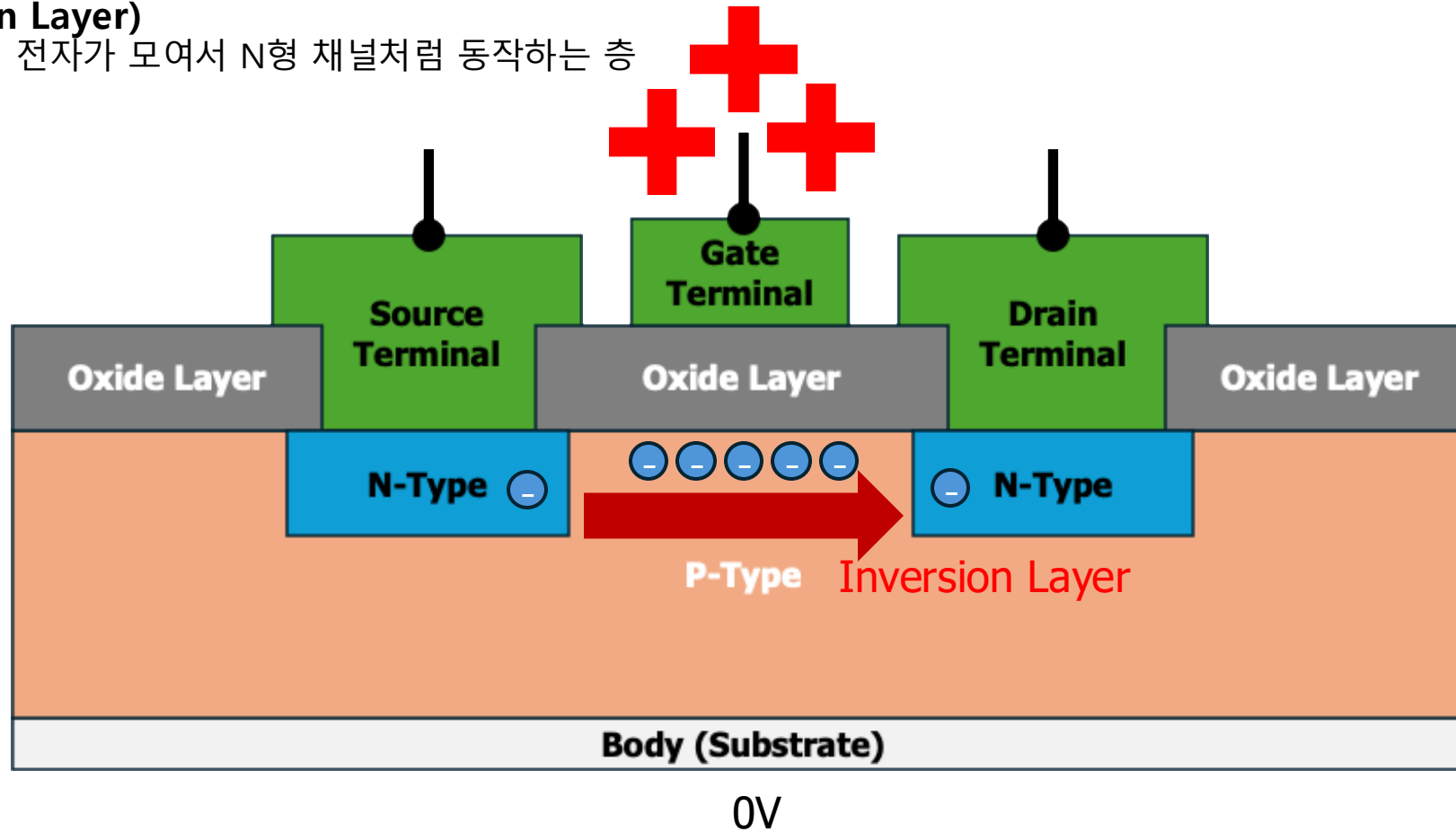
2. What is Semiconductor?

- N-Channel MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)



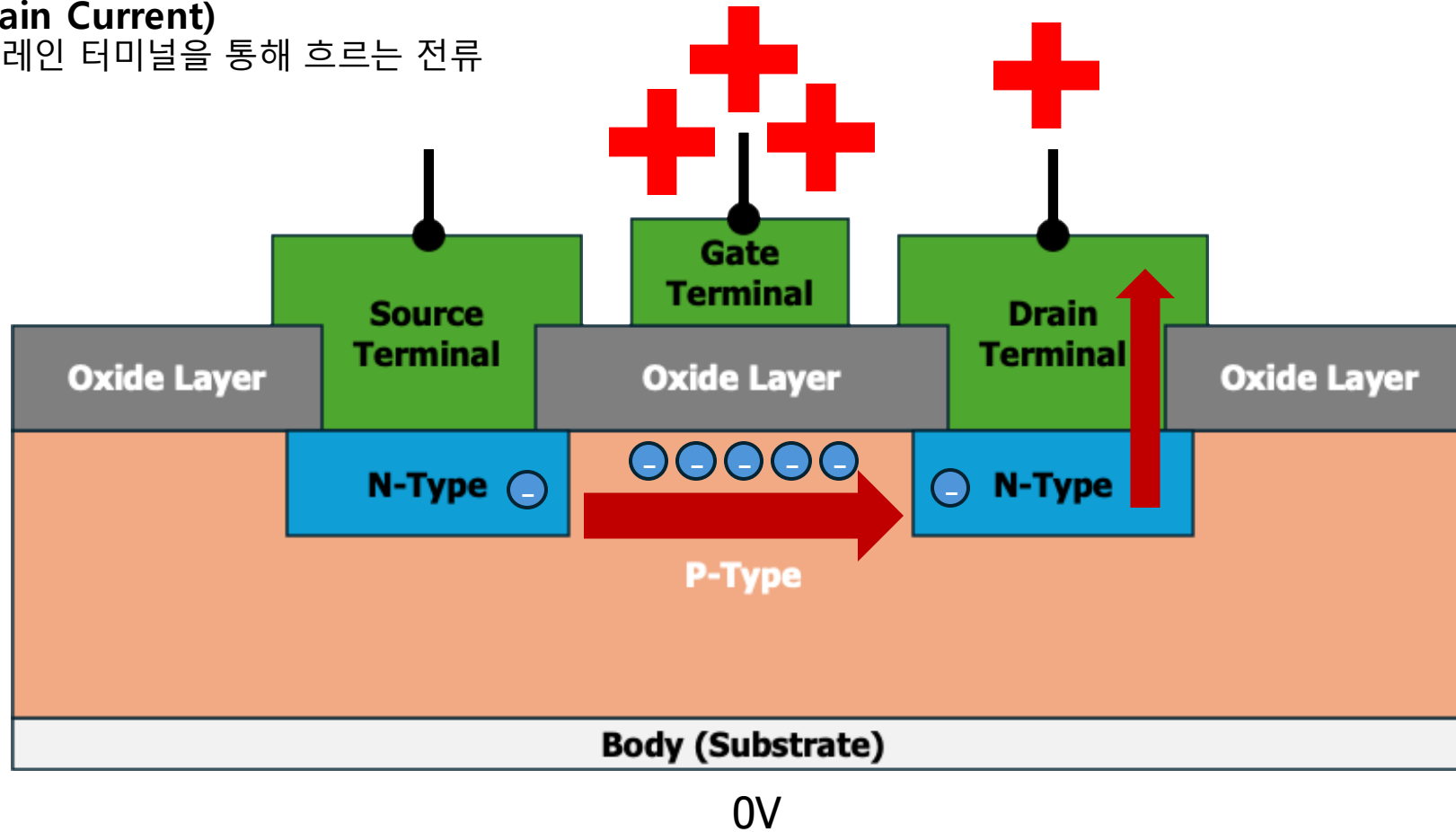
2. What is Semiconductor?

- N-Chanel MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)
- 반전층(Inversion Layer)
→ P형 기판 표면에 전자가 모여서 N형 채널처럼 동작하는 층



2. What is Semiconductor?

- N-Channel MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)
- 드레인 전류 (Drain Current)
→ MOSFET에서 드레인 터미널을 통해 흐르는 전류

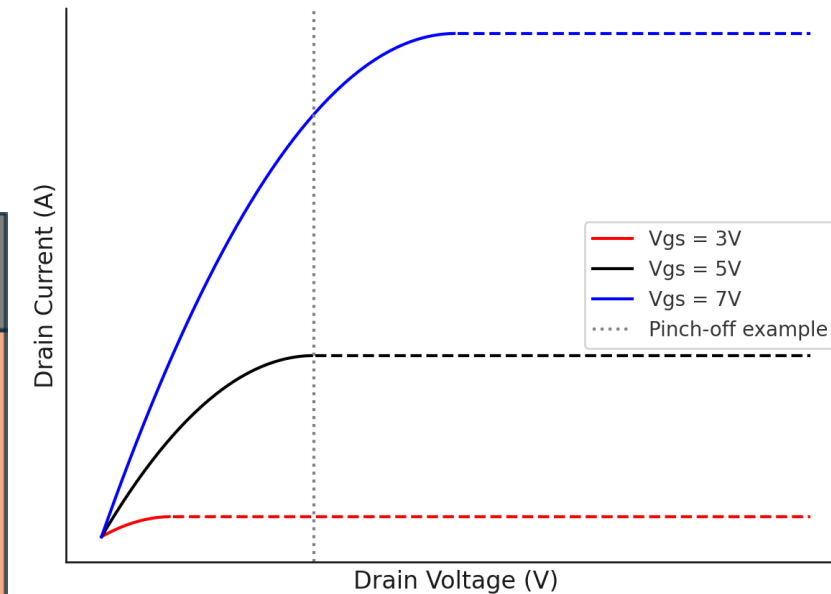
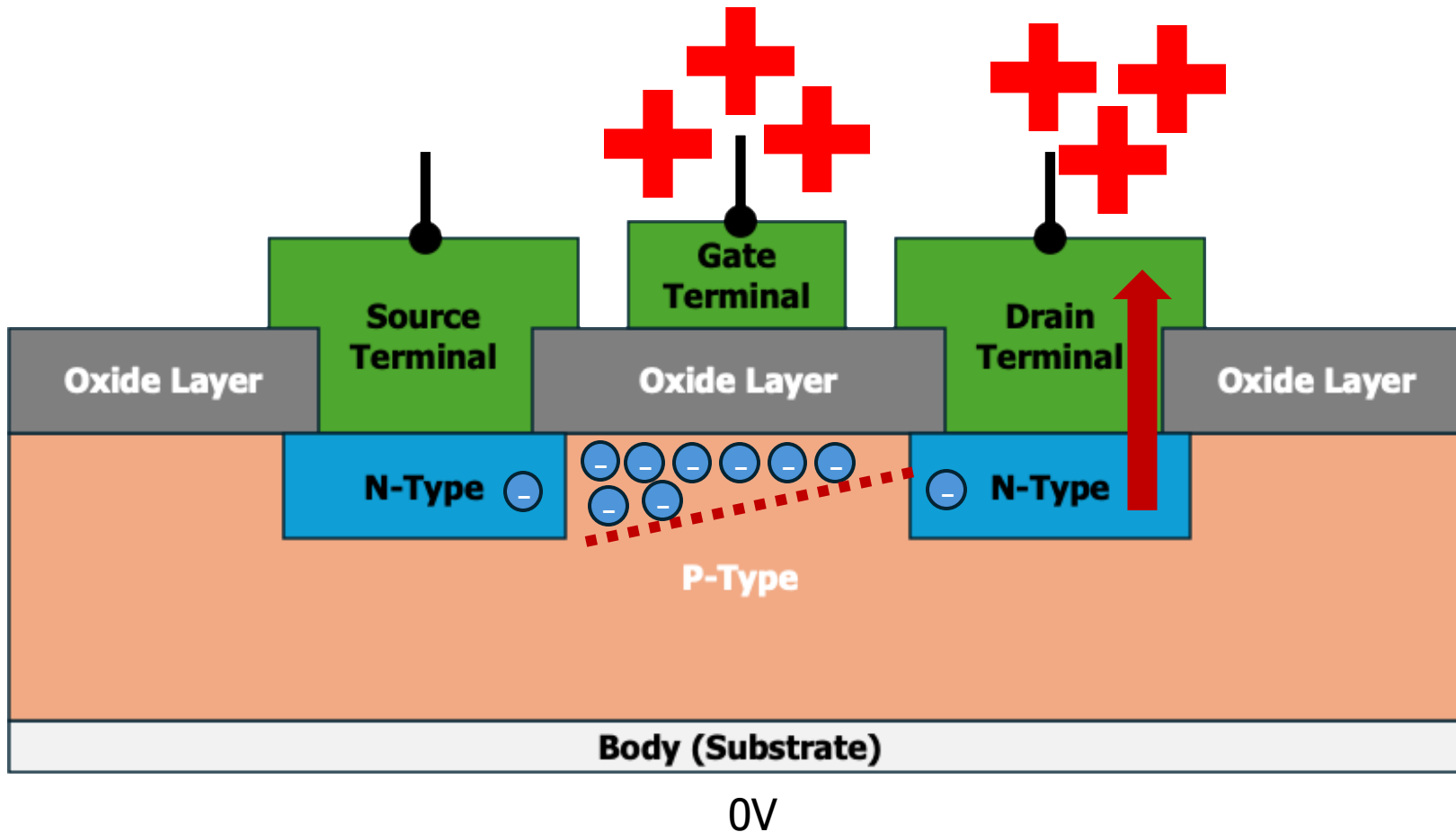


2. What is Semiconductor?

- N-Channel MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)

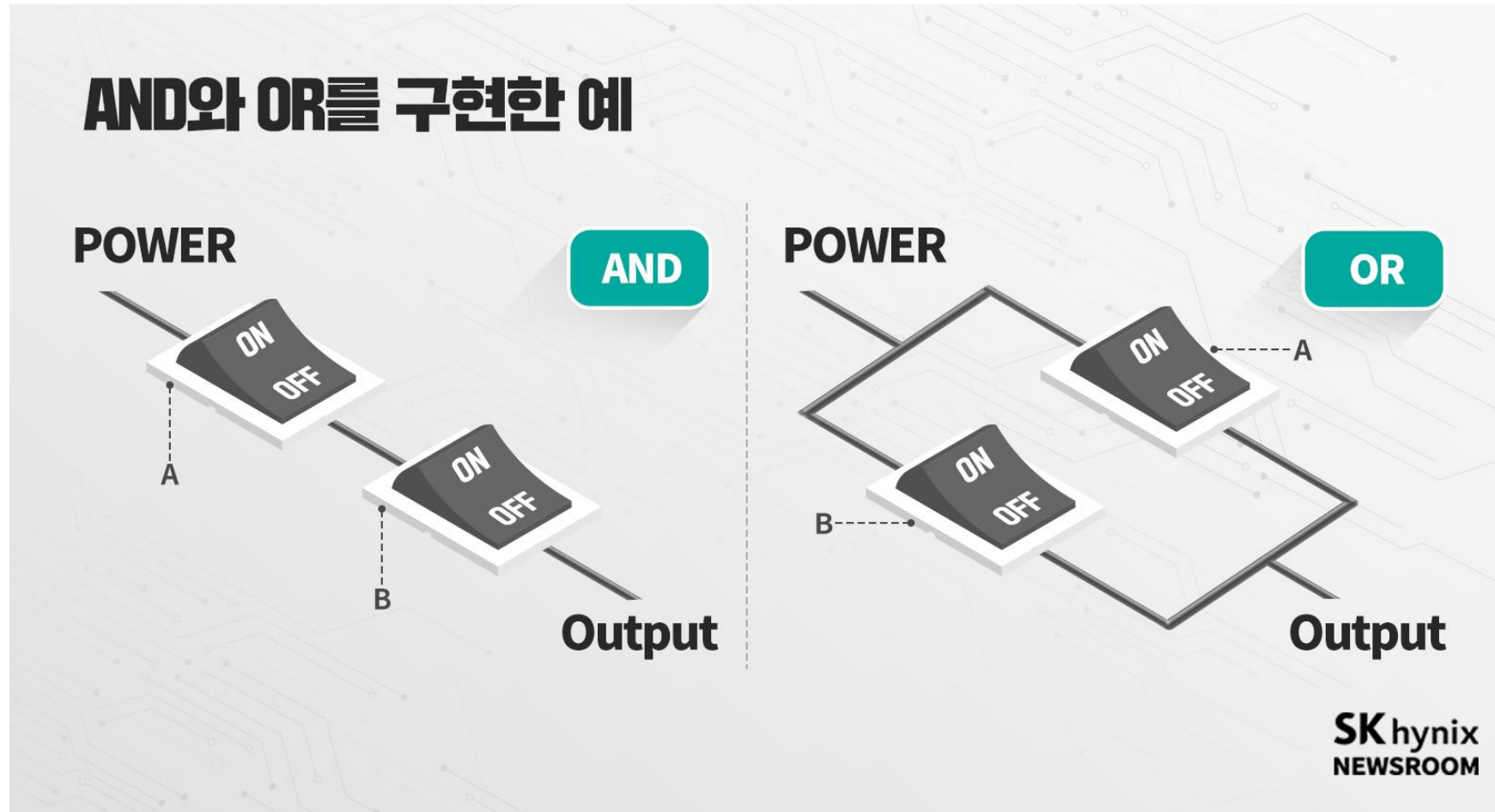
- 핀치오프 (Pinch-off)

→ MOSFET에서 드레인 전압이 특정 값 이상이 되면, 반전층 끝부분의 유실되면서 채널이 부분적으로 막히는 현상

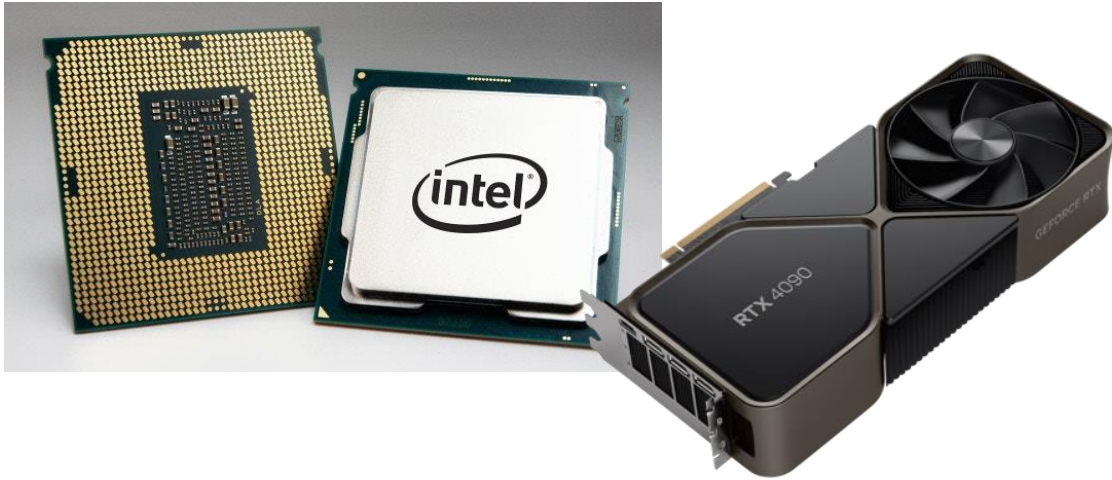


2. What is Semiconductor?

- 논리회로 (Logic gate)



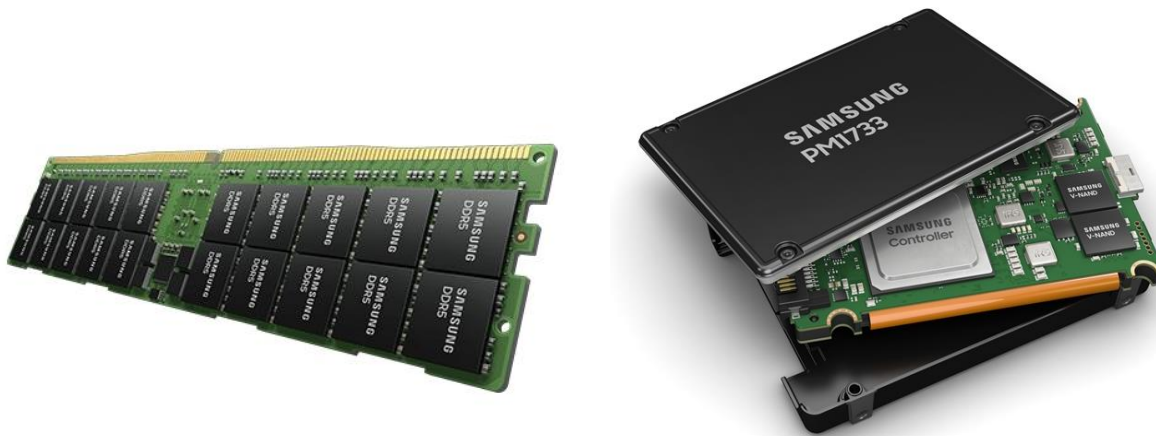
3. Semiconductor Industry



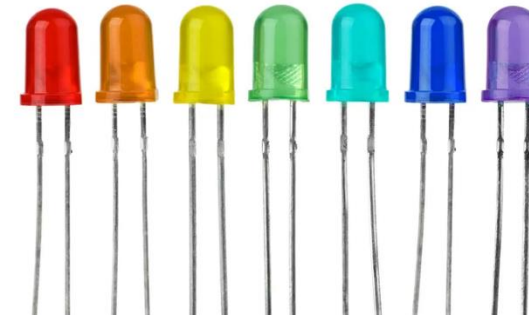
System Semiconductor



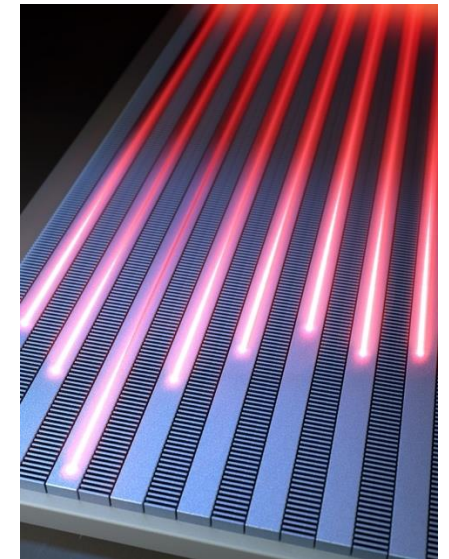
Analog & Power Semiconductor



Memory Semiconductor



Optical Semiconductor

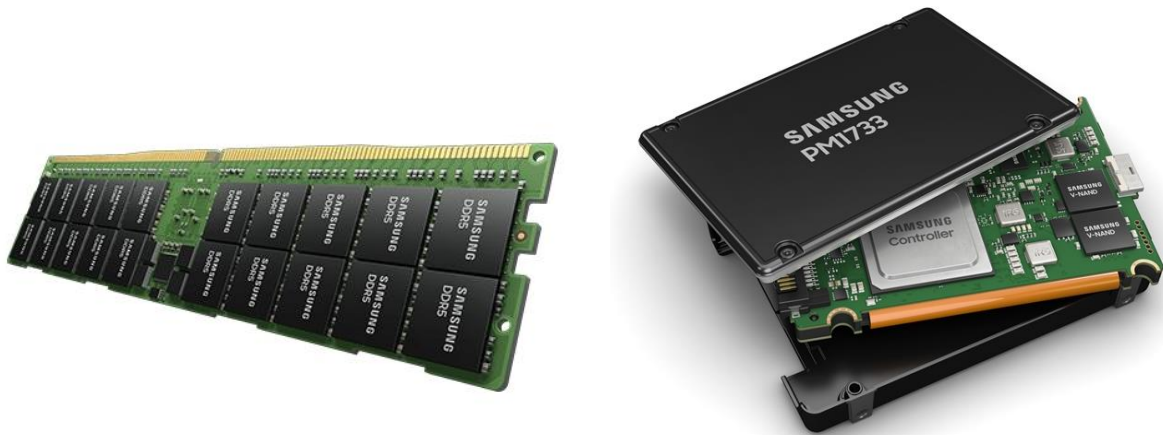


Ref : google image 24

3. Semiconductor Industry



System Semiconductor



Memory Semiconductor



3. Semiconductor Industry

- 펍리스 (Fabless)
 - 반도체 설계만 담당하고, 제조는 외부 파운드리에 위탁하는 회사



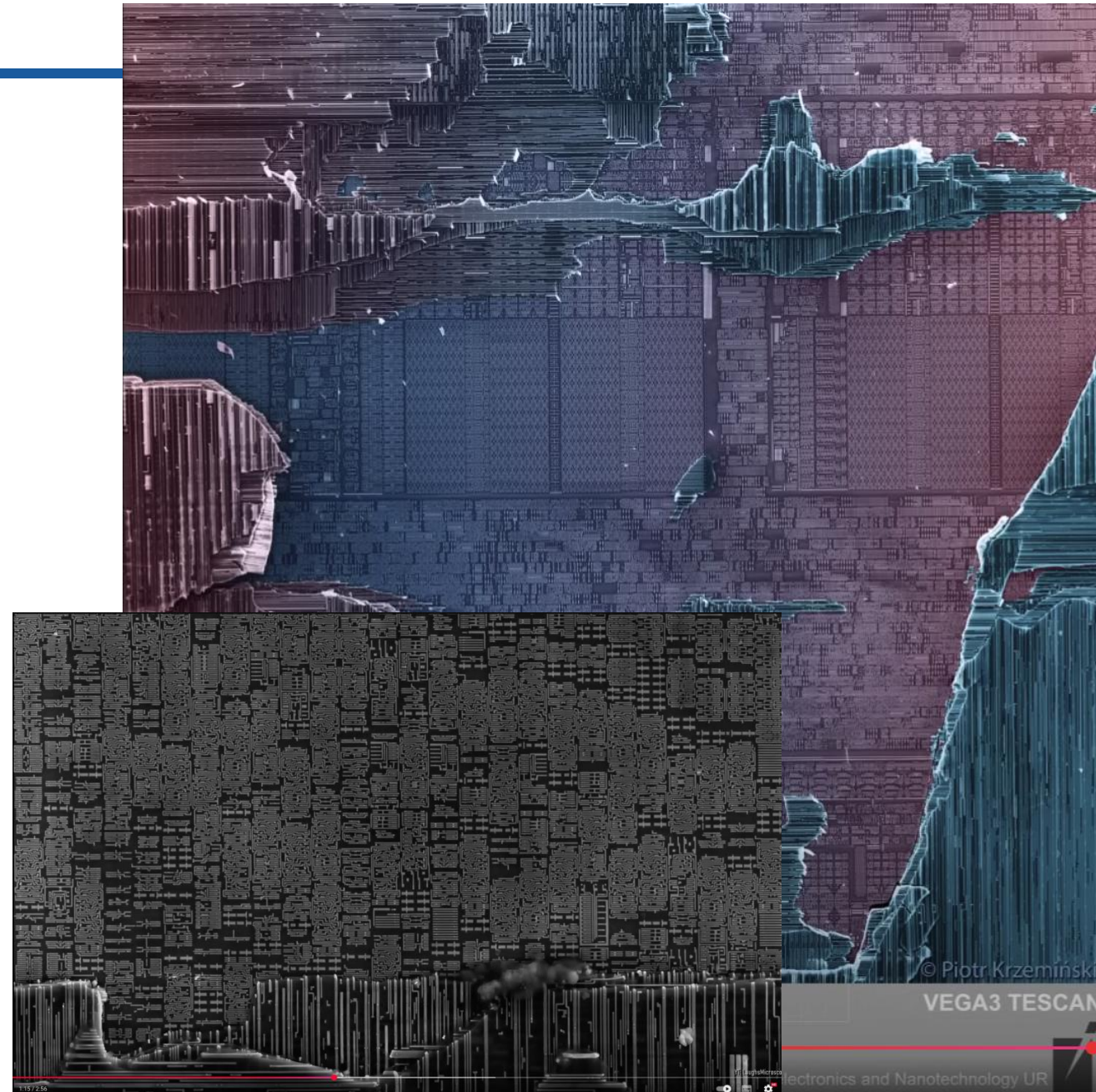
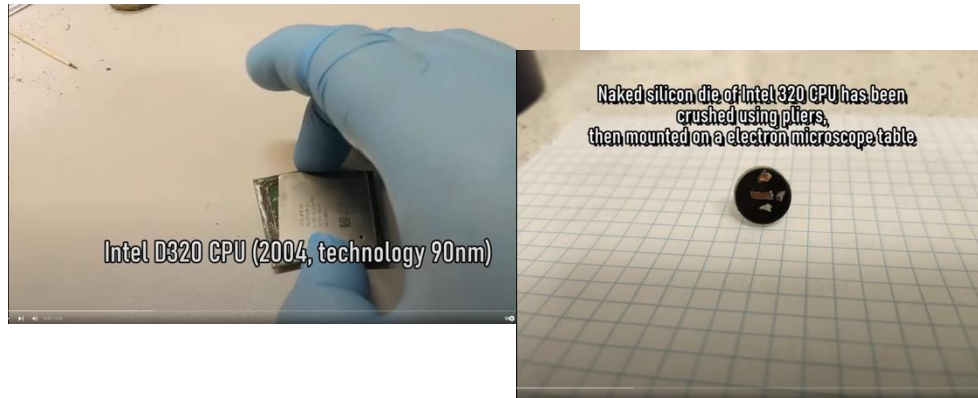
- 파운드리 (Foundry)
 - 고객사(펍리스)의 설계도를 받아 반도체 제조만 담당하는 회사



- 종합 반도체 (IDM, Integrated Device Manufacturer)
 - 설계, 제조, 패키징, 테스트까지 모두 담당하는 회사



4. Discussion



4. Discussion



Using email

choi_gunhee@dankook.ac.kr

Acknowledgement

- 본 교재는 2025년도 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 '**SW중심대학사업**' 지원을 받아 제작 되었습니다.
- 본 결과물의 내용을 전재할 수 없으며, 인용(재사용)할 때에는 반드시 과학기술정보통신부와 정보통신기획평가원이 지원한 '**SW중심대학**'의 결과물이라는 출처를 밝혀야 합니다.