

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.)

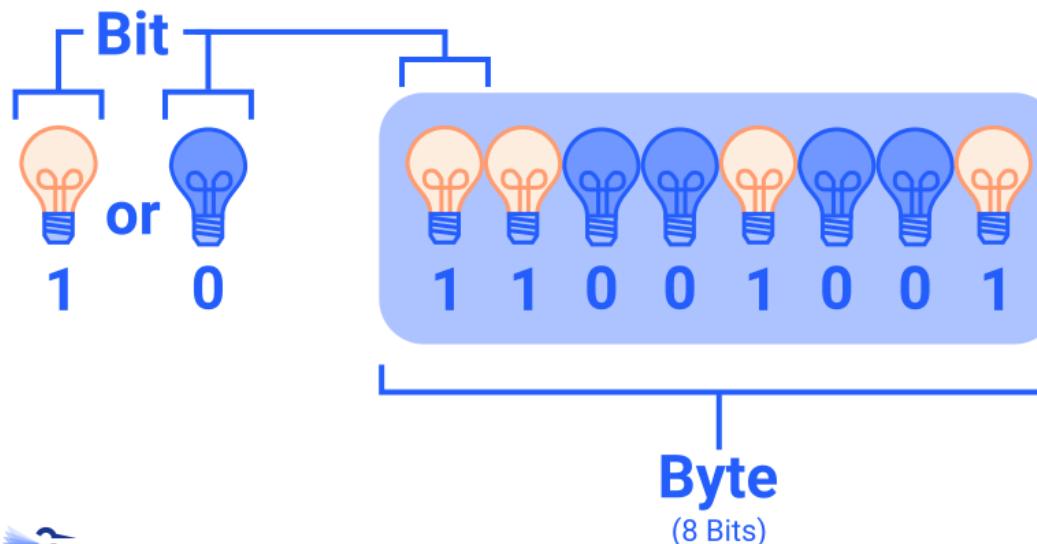
(Copyright © 2025 by Gunhee Choi, All Rights Reserved. Distribution requires permission)

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 두 가지 상태로 표현 (ex : 0 or 1)
→ 이진법 (binary)



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

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



Time

천공카드
(Punched cards)
1890년

자기 테이프
(Magnetic tape)
1928년

자기 드럼
(Drum memory)
1932년

HDD
(Hard Disk Drive)
1956년

플로피 디스크
(Floppy disk)
1971년

CD
(Compact Disk)
1982년

DVD
(Digital Versatile Disc)
1995년

Blu-ray
(Blu-ray Disk)
2003년

Flash memory
(NAND, NOR)
1984년

SSD
(Solid State Drive)
1992년

USB
(Solid State Drive)
2000년

3D V-NAND
(3D Vertical NAND)
2013년

3D XPoint
(Optane Memory)
2015년

1. Storage History

- **천공 카드 (punched card)**

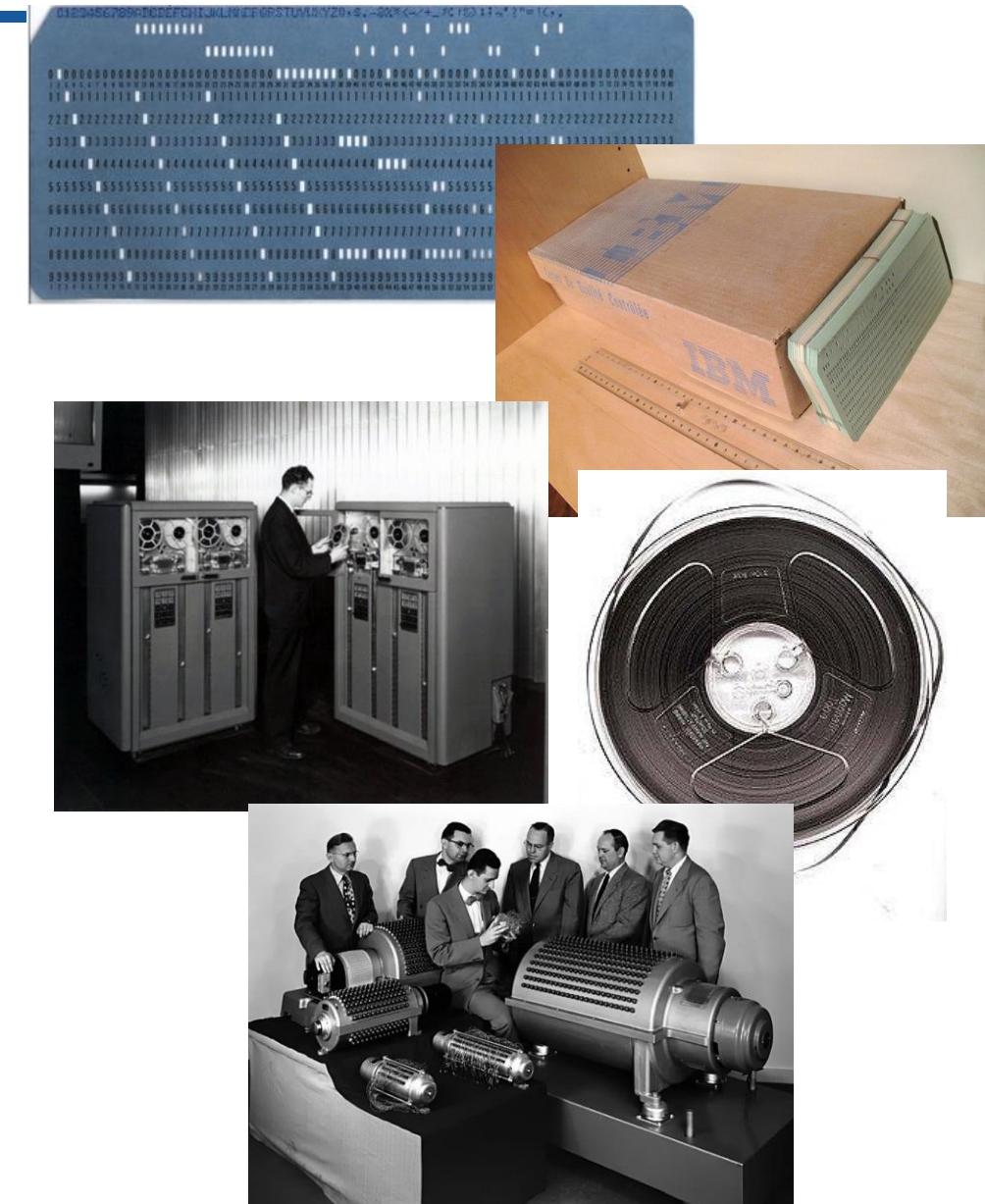
- ✓ 데이터를 표현하기 위해서 규칙에 따라 직사각형 모양의 구멍을 뚫어 사용하는 종이 카드
- ✓ 천공 위치에 구멍을 뚫거나 뚫지 않음으로써 하나의 비트(bit)를 표현 가능
- ✓ 한 장에 112.5 bytes 데이터 저장 가능
- ✓ 1950년대 후반, SAGE 반공 시스템에 약 5MB에 해당하는 62,500장의 천공 카드 사용
- ✓ 1996년 미국 대선 유권자의 37.3%가 천공 카드 시스템 사용

- **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)**

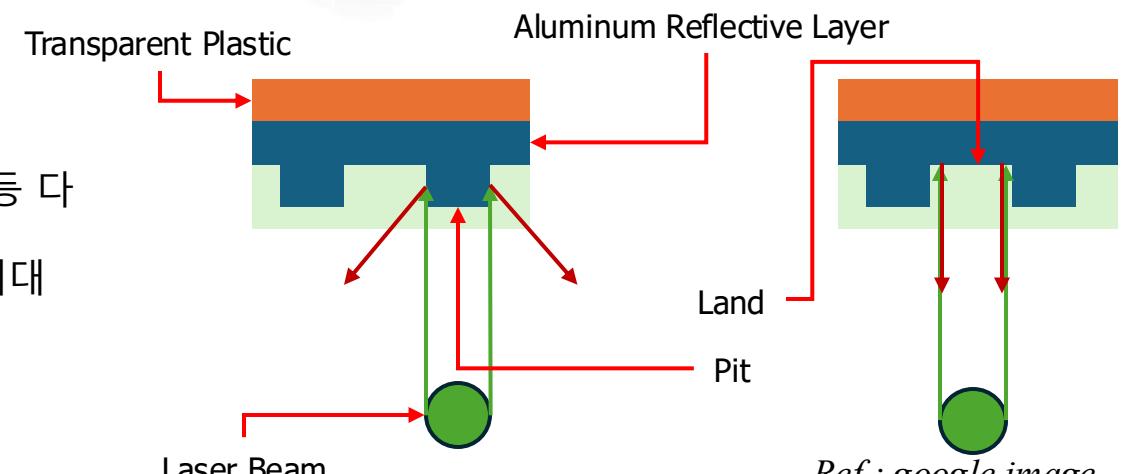
- ✓ 1982년 Sony와 Philips에서 550MB의 오디오 저장 및 재생을 위한 최초의 Digital audio compact disk를 출시함.
- ✓ 추후 CD-ROM, CD-R, CD-RW 등으로 쓰기가 가능한 포맷을 발전함.
- ✓ 디스크의 표면에 파인 홈에 레이저빔이 쏘아 쳤을 때의 반사/굴절 효과를 이용하여 디지털 정보를 읽고 기록함.
- ✓ 사용 레이저 파장 : 780 nm (적외선)

- **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 Disk)**

- ✓ 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)



1. Storage History

• SSD (Solid State Drive)

- ✓ 1984년 일본 Toshiba의 마스오카 후지오 (Masuoka Fujio)는 NOR Flash memory를 개발, 1987년 NAND Flash memory을 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 주변기를 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 수많은 메모리 장치들이 개발됨.

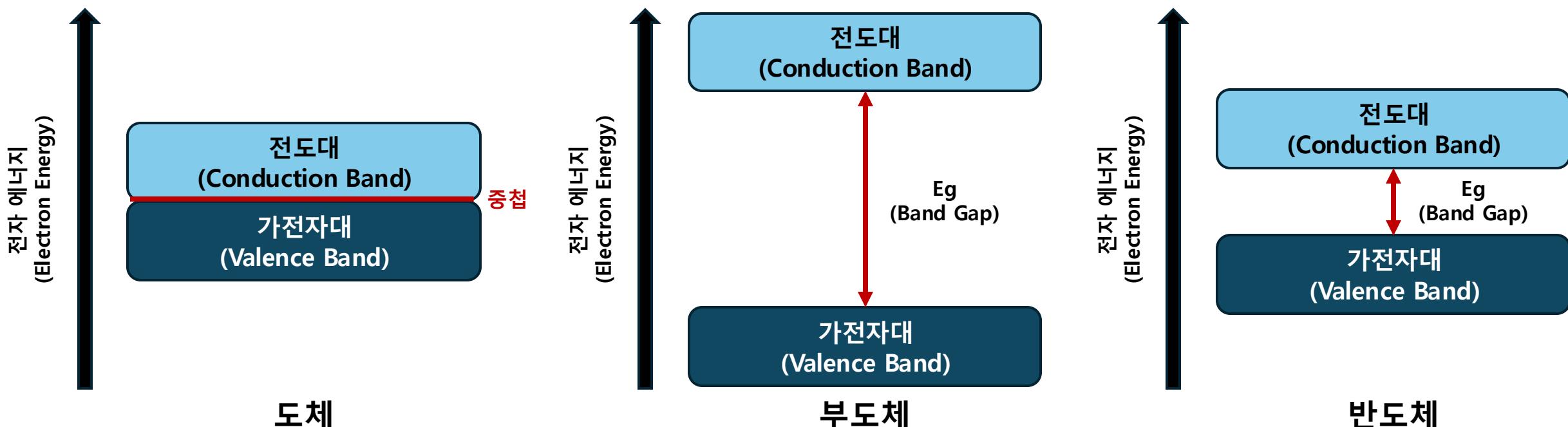
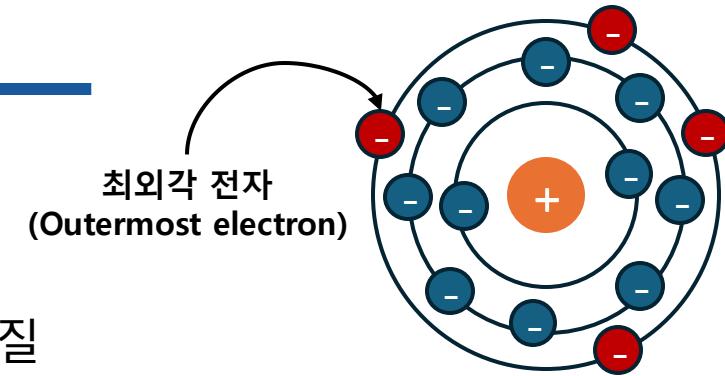


• 3D XPoint (3D Cross Point)

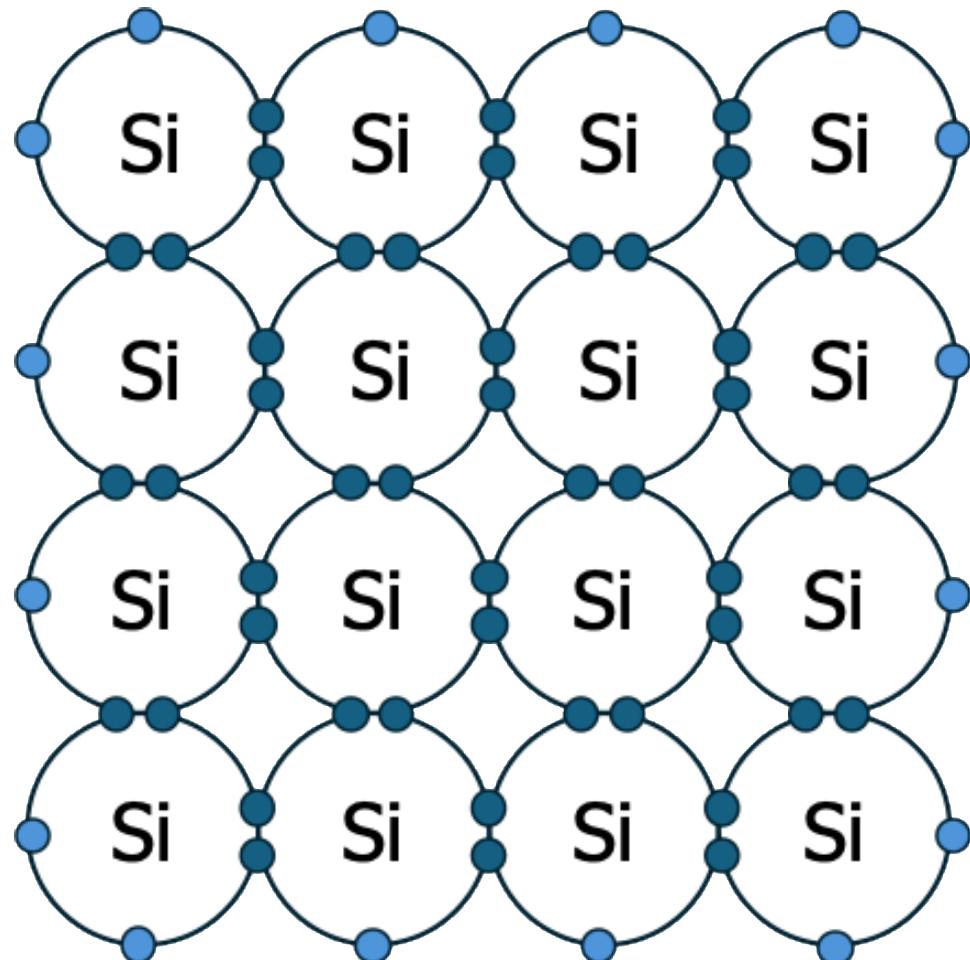
- ✓ 2015년 Intel과 Micron에서 NVM(비휘발성 메모리)기술 3D Xpoint을 발표.
- ✓ Flash memory가 아닌 PCM(Phase-Change memory)으로 비휘발성과 byte 단위 접근이 가능함.
- ✓ 2017년 Optane memory 출시, 하지만 집적도 대비 가격으로 인하여 2022년에 단종

2. What is Semiconductor?

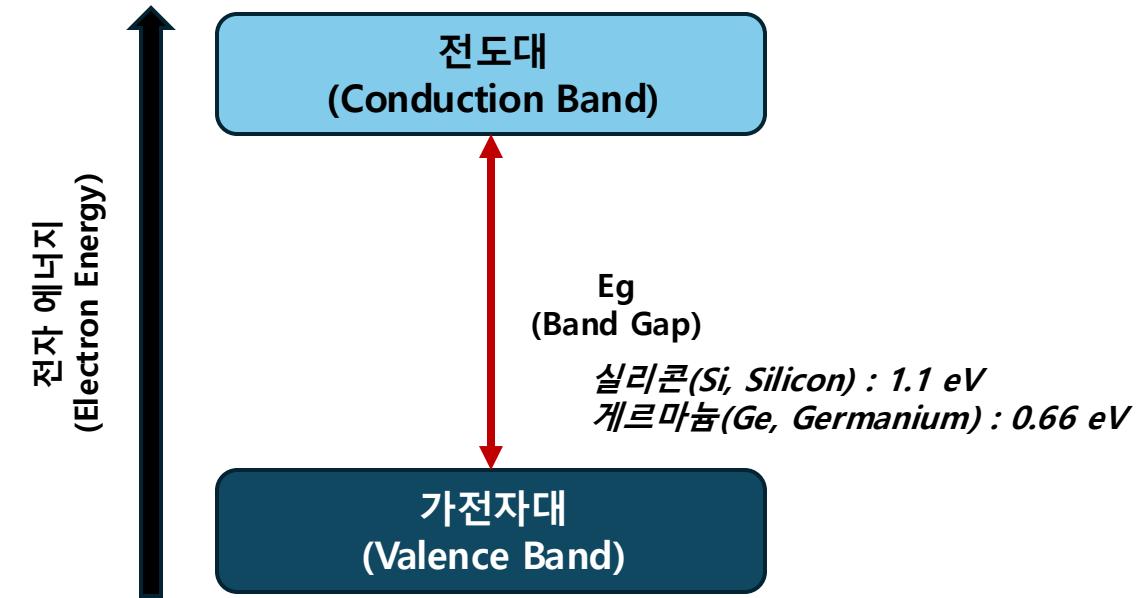
- **도체 (Conductor)** : 자유 전자가 많아 전류가 잘 흐르는 물질
➤ 예: 구리, 알루미늄, 은, 금
- **부도체 (Insulator)** : 자유 전자가 거의 없어 전류가 잘 흐르지 않는 물질
➤ 예: 고무, 유리, 세라믹, 플라스틱
- **반도체 (Semiconductor)** : 불순물 첨가, 전압, 빛 등 특정 조건에 따라 전기 전도도가 조절되는 물질
➤ 예: 실리콘, 게르마늄, 갈륨 비소



2. What is Semiconductor?



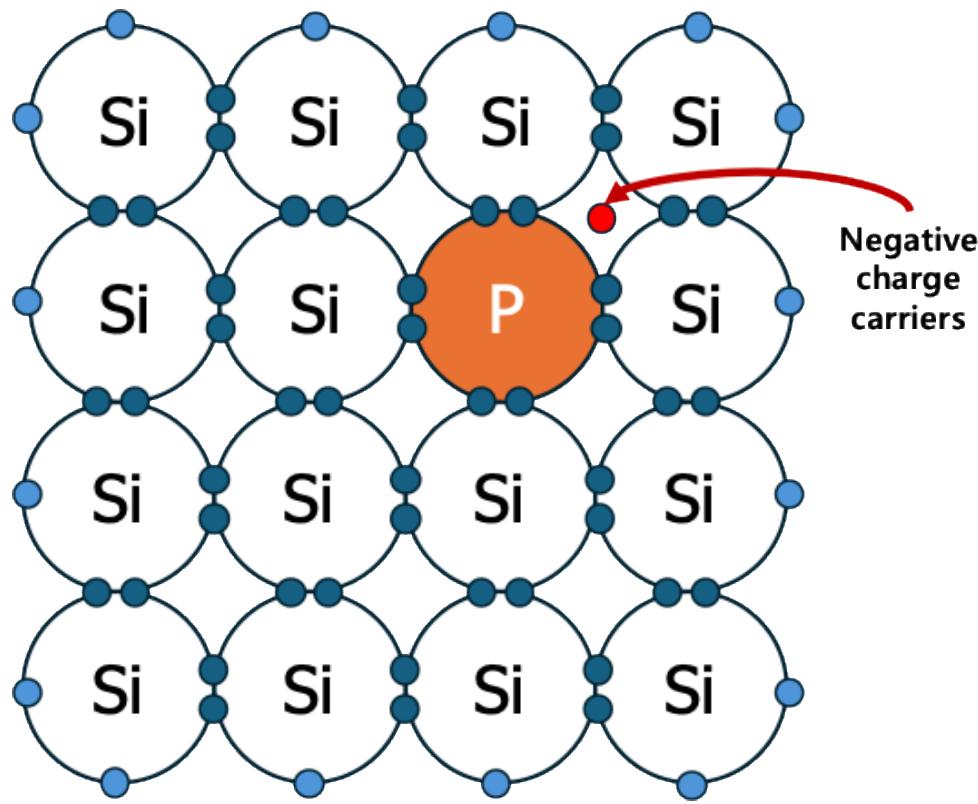
Silicon



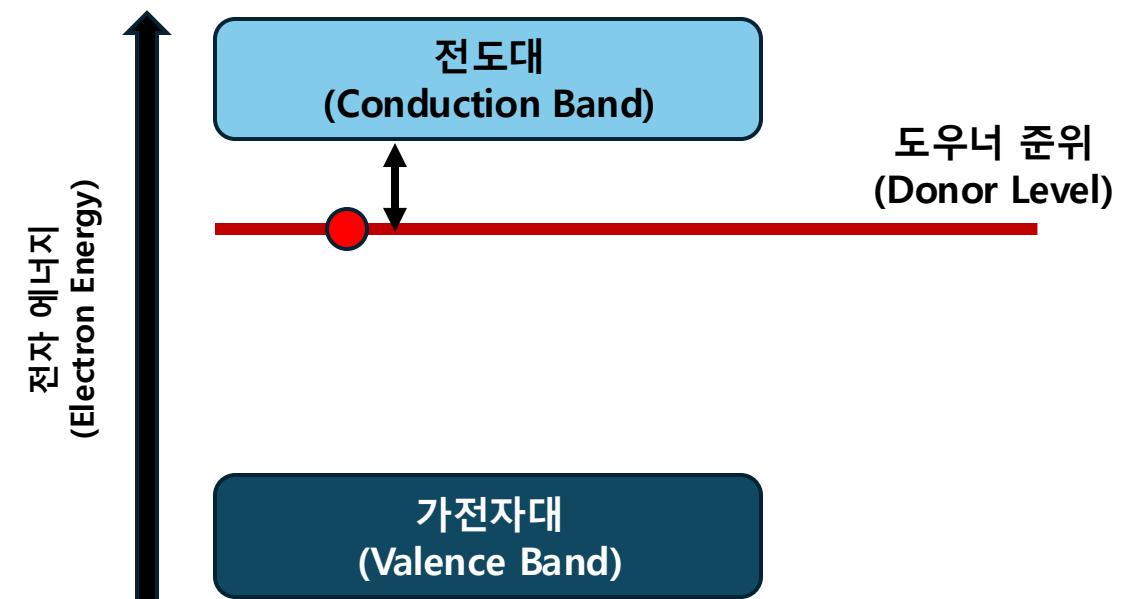
- 실리콘을 사용하는 이유
 - ✓ 열적 안정성 (Thermal Stability)
 - ✓ 산화막 형성 용이성 (Oxide Layer)
 - ✓ 재료의 풍부함과 가격 (Availability & Cost)
→ 집적도, 신뢰성, 가격 경쟁력에서 매우 유리함.

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

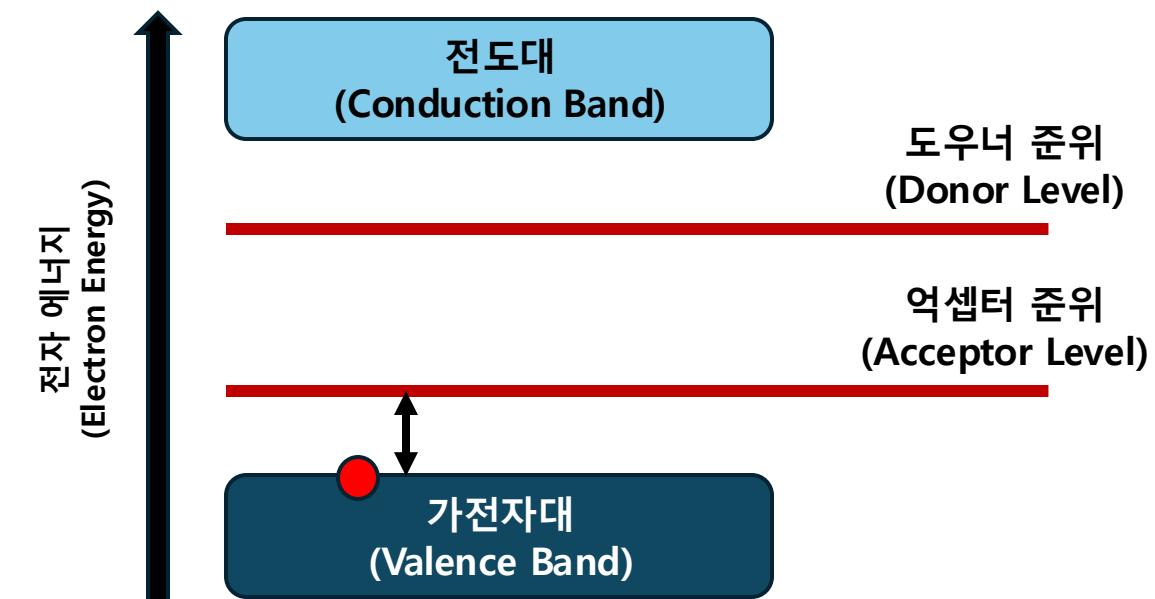
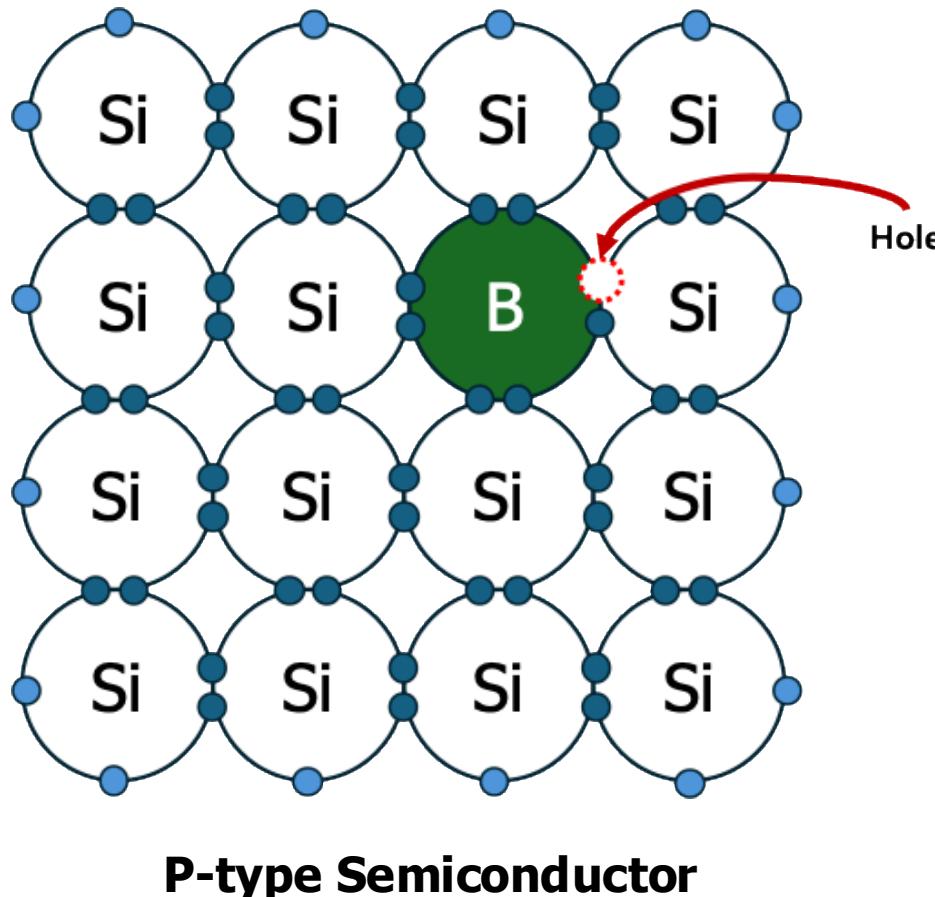


N-type Semiconductor



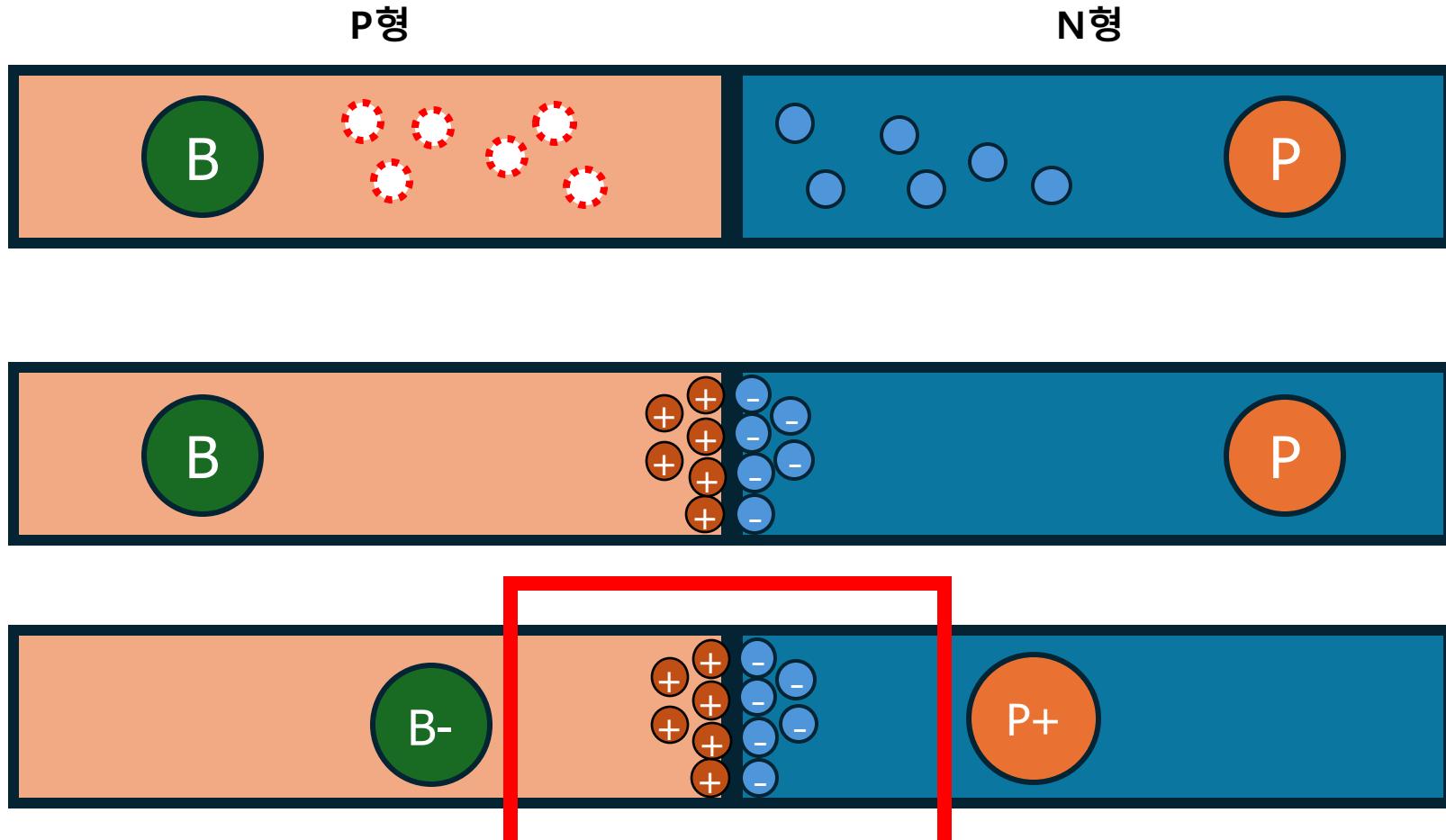
2. What is Semiconductor?

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



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

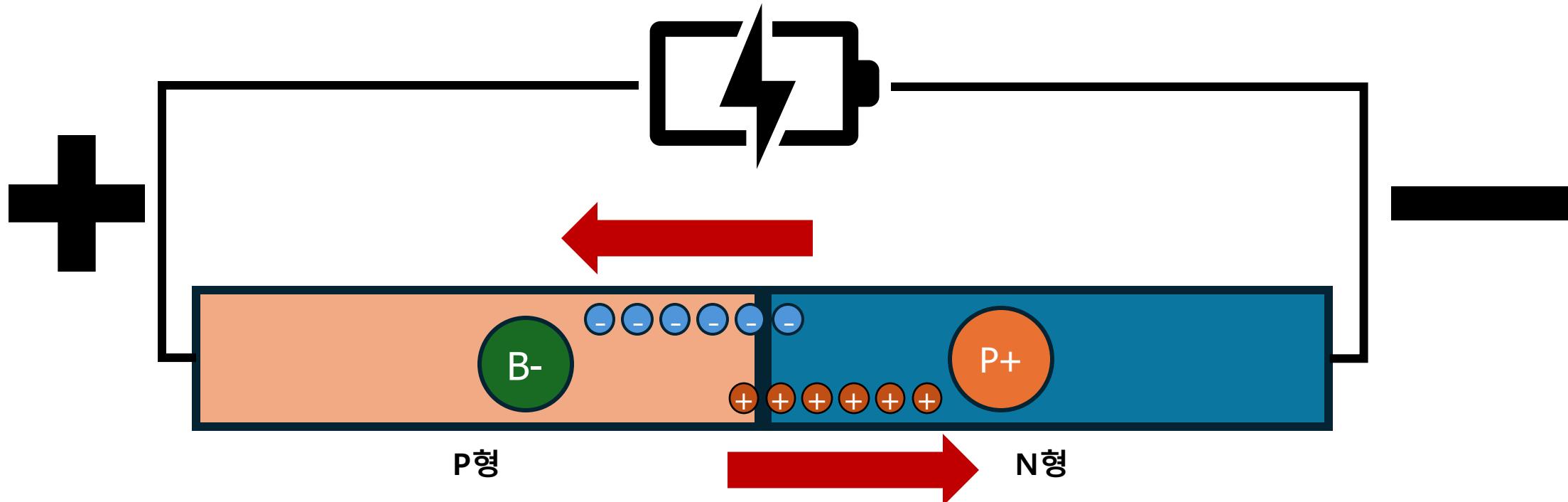


공핍 영역 (Depletion Region, Space-Charge Region)

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

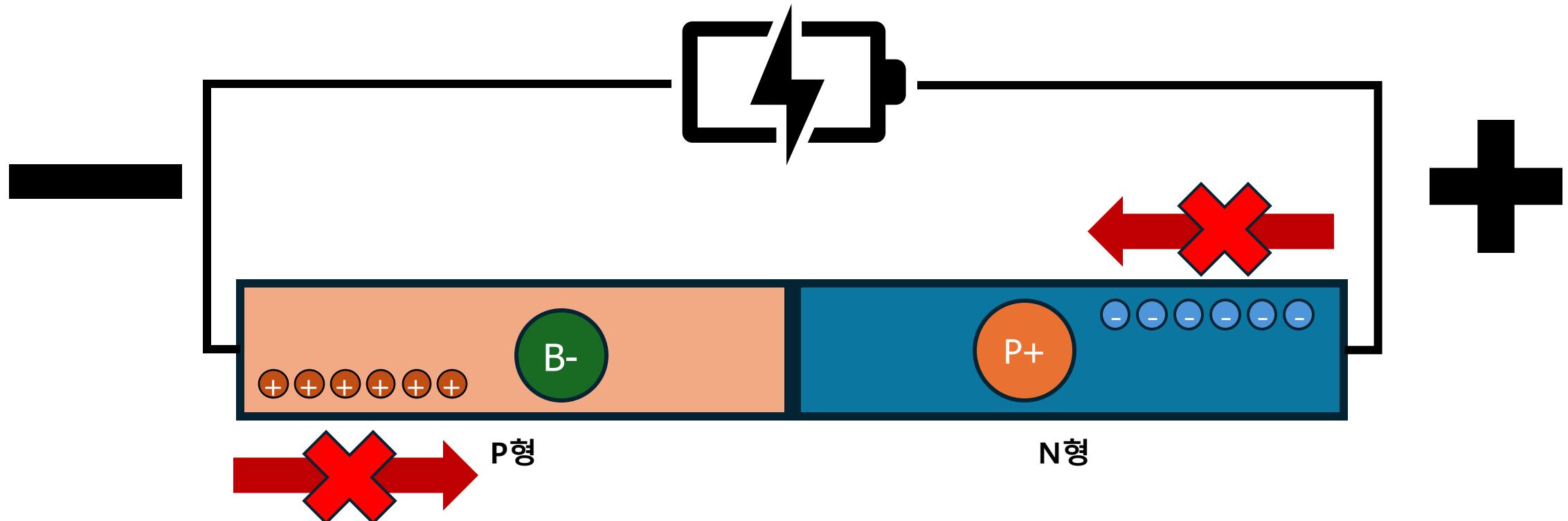
2. What is Semiconductor?

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



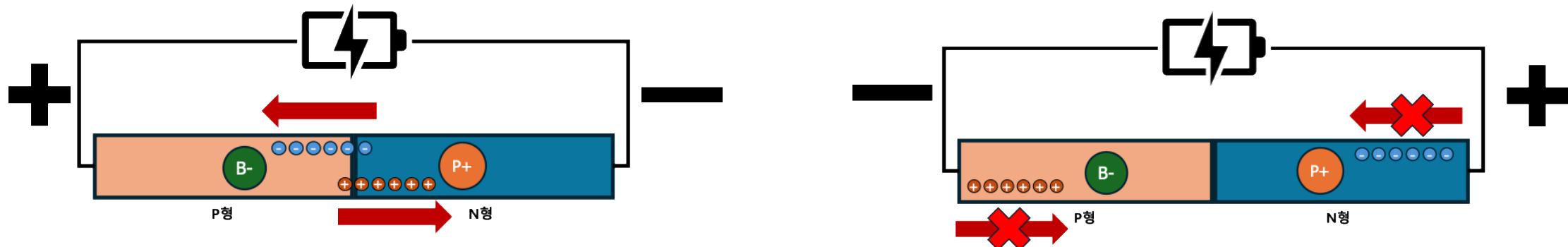
2. What is Semiconductor?

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



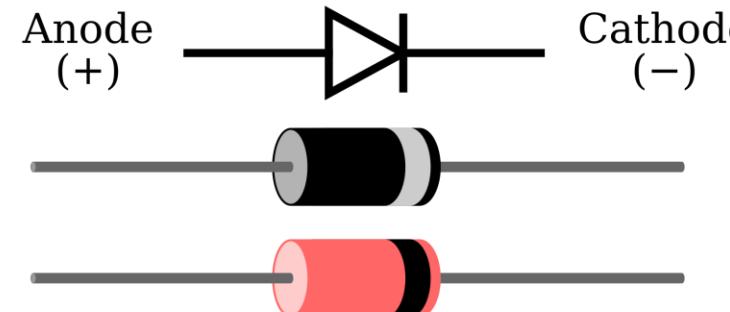
2. What is Semiconductor?

- 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

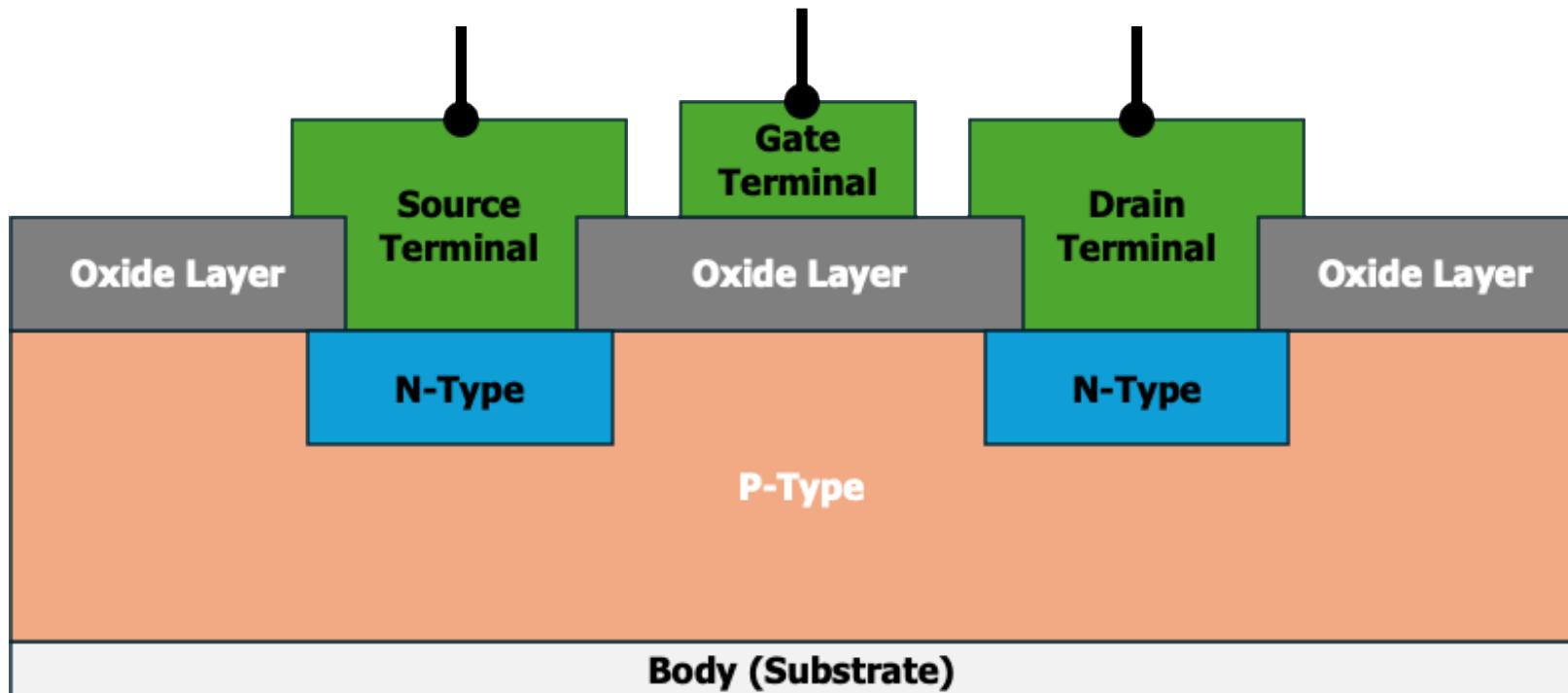


- OFF

- 0

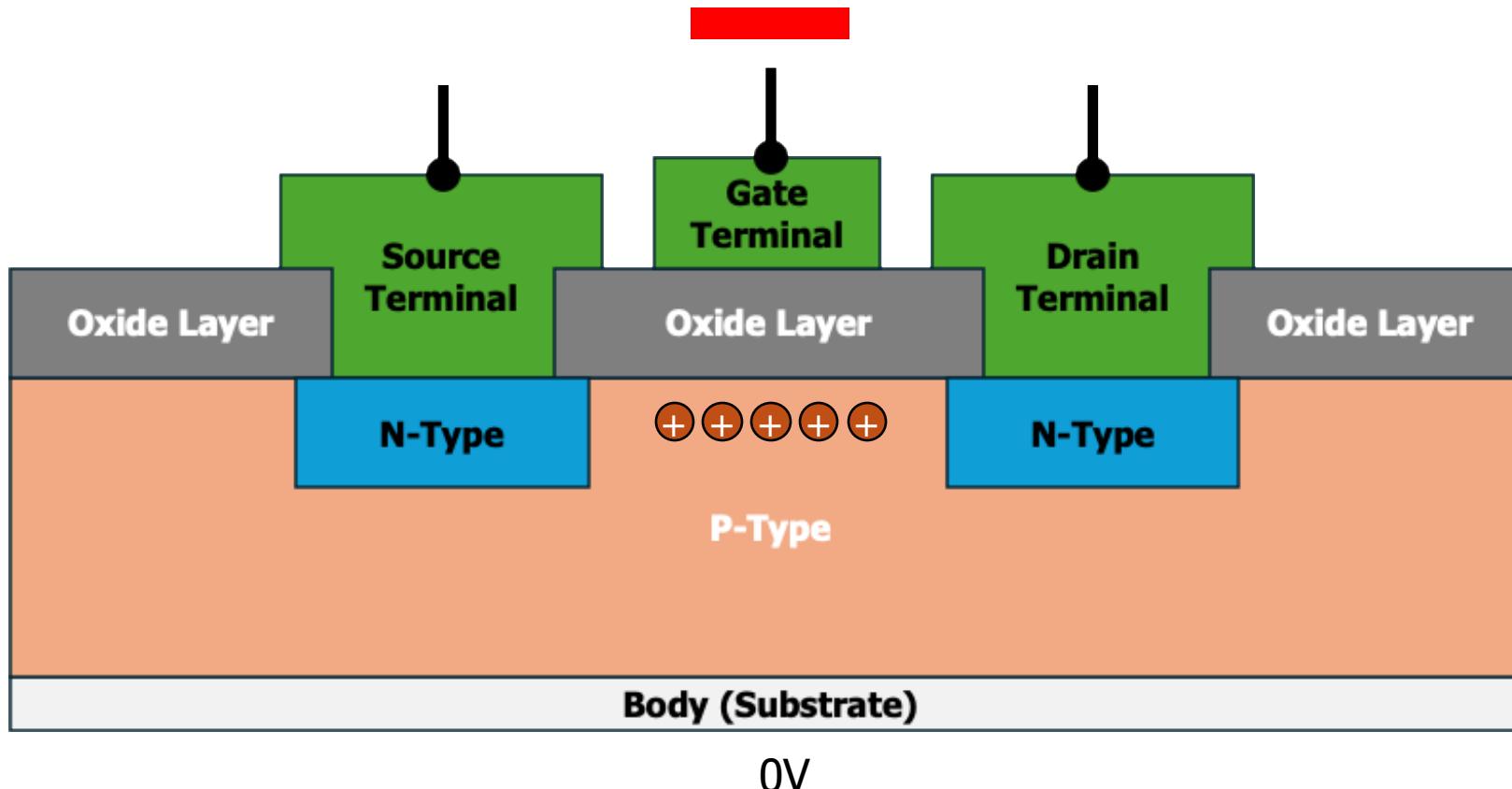
2. What is Semiconductor?

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



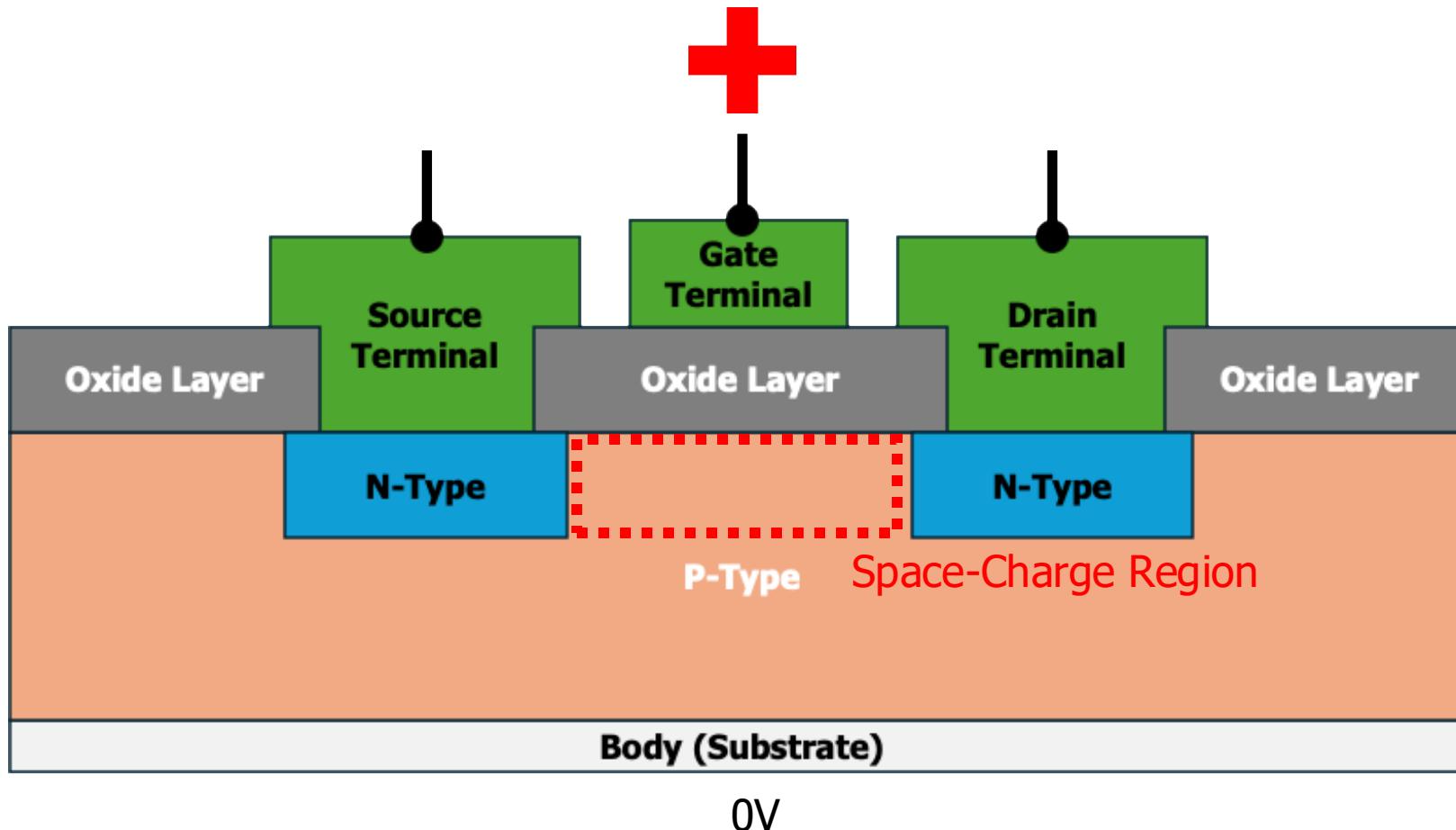
2. What is Semiconductor?

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



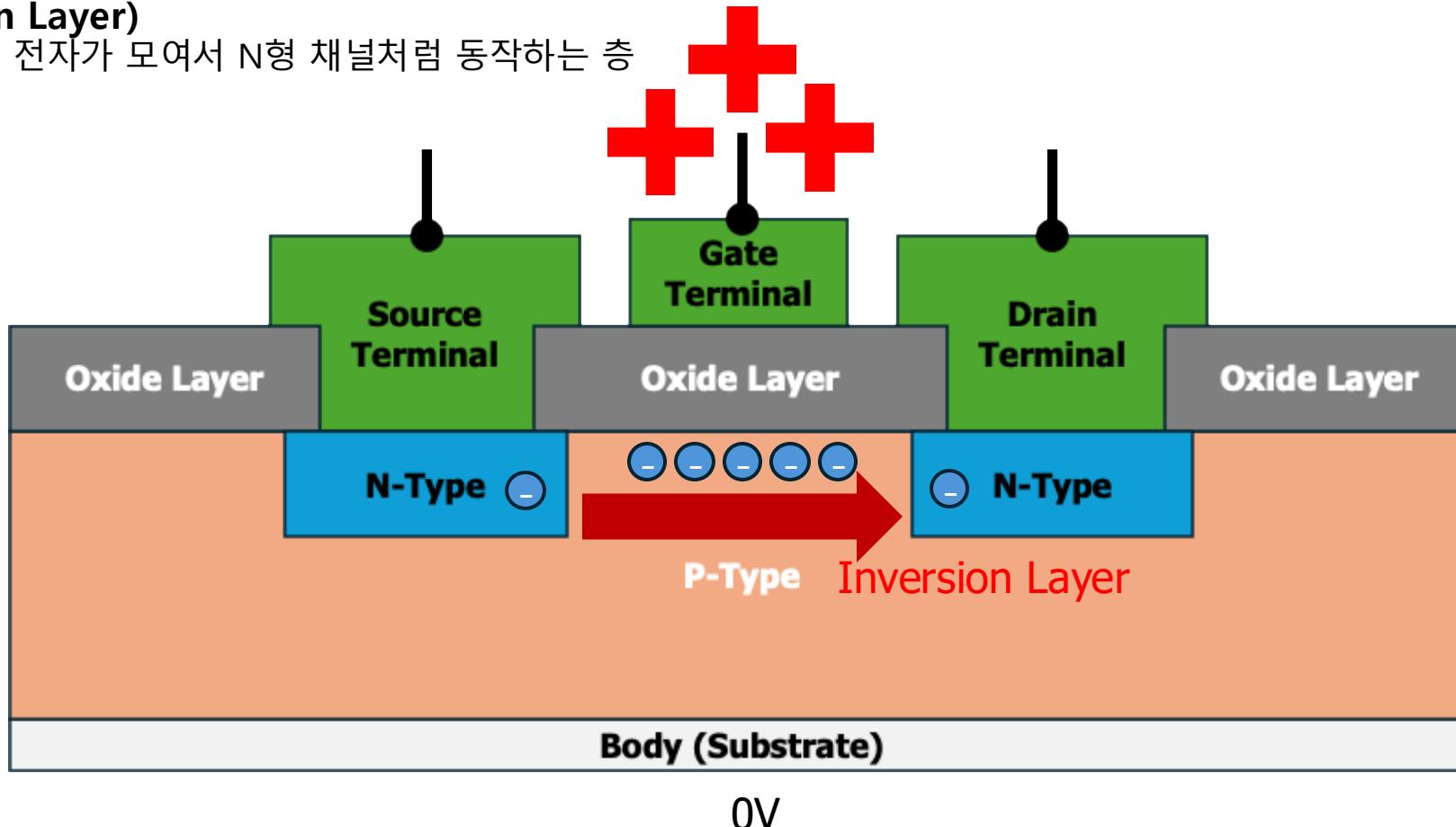
2. What is Semiconductor?

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



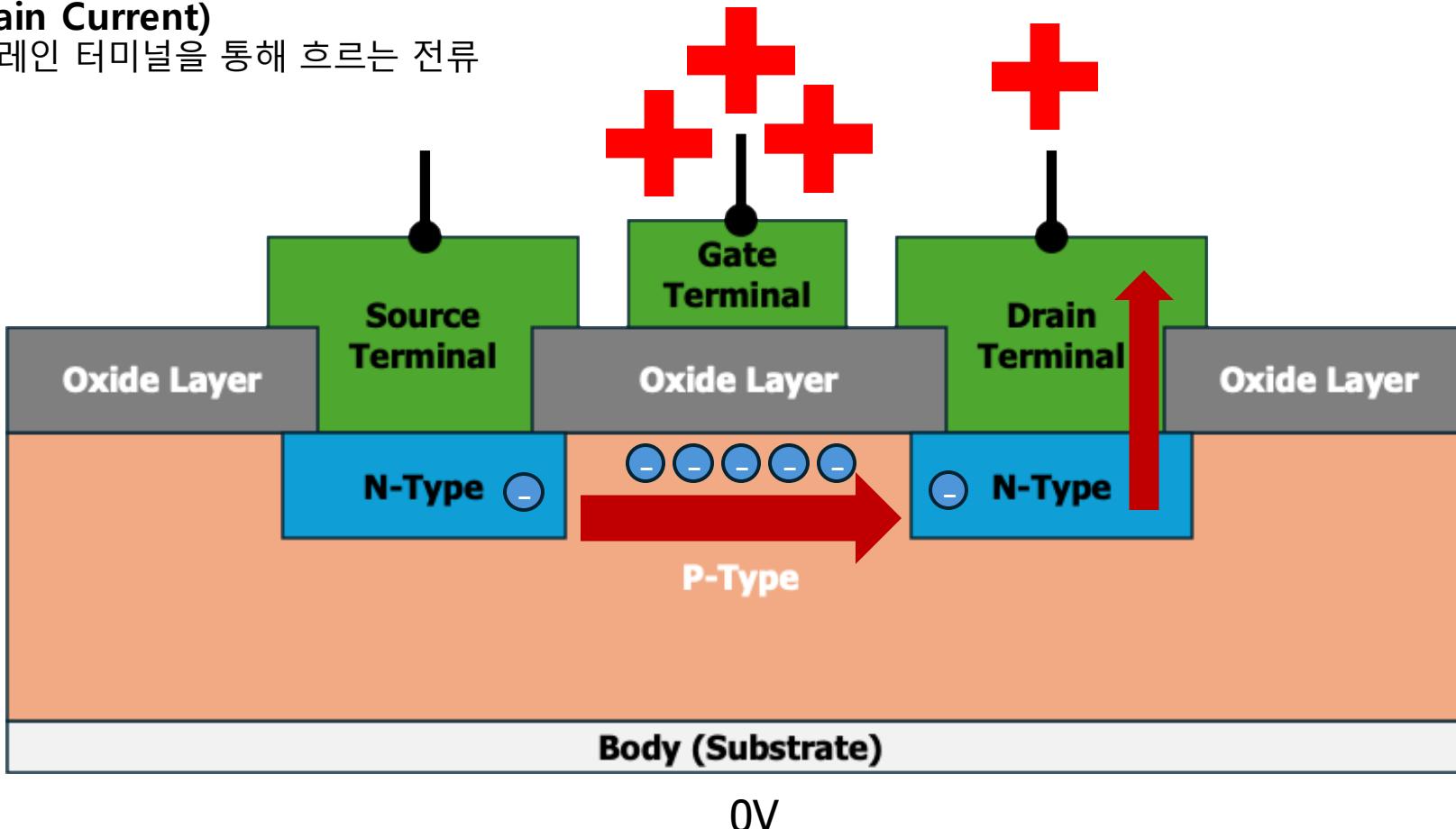
2. What is Semiconductor?

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

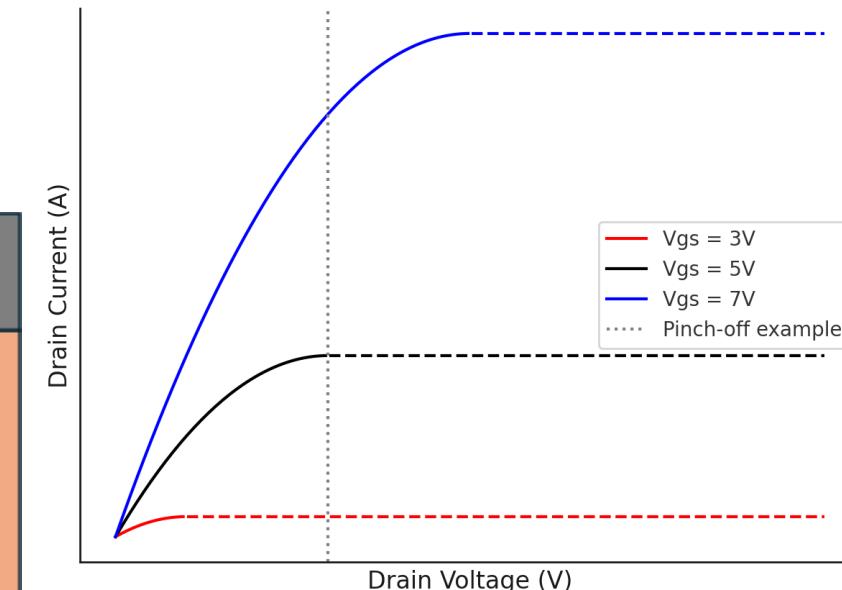
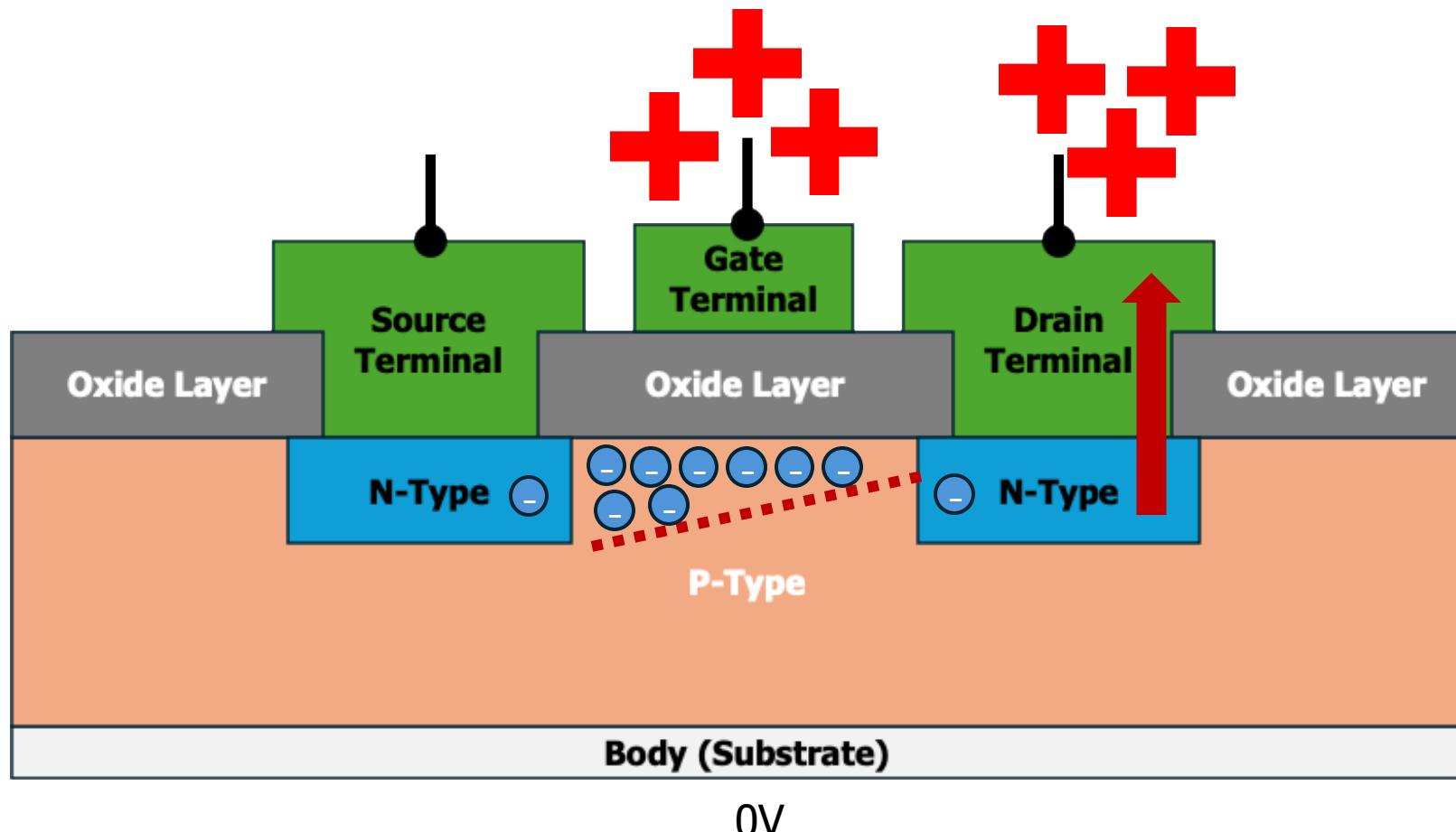


2. What is Semiconductor?

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

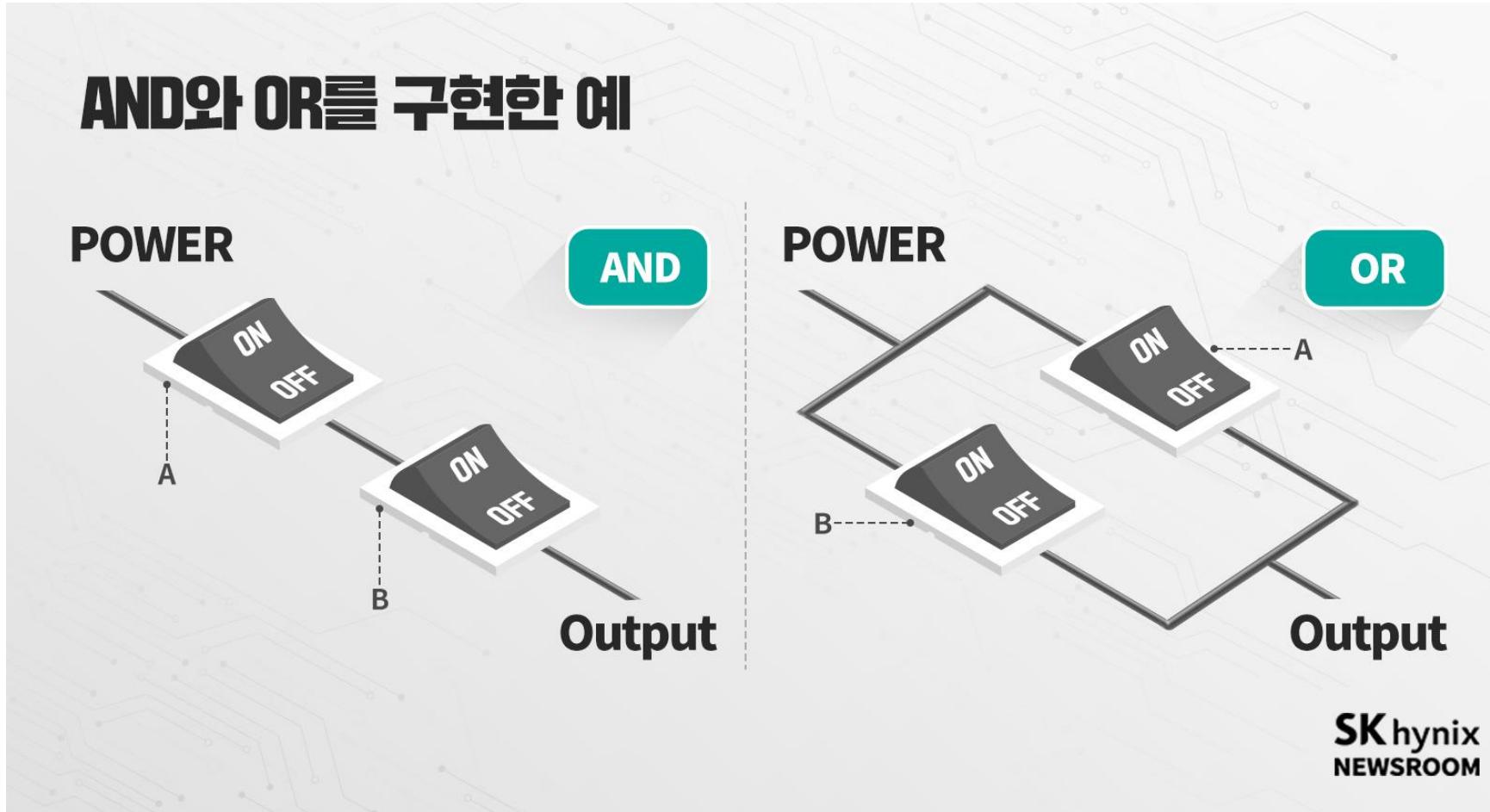
- 펀치오프 (Pinch-off)

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

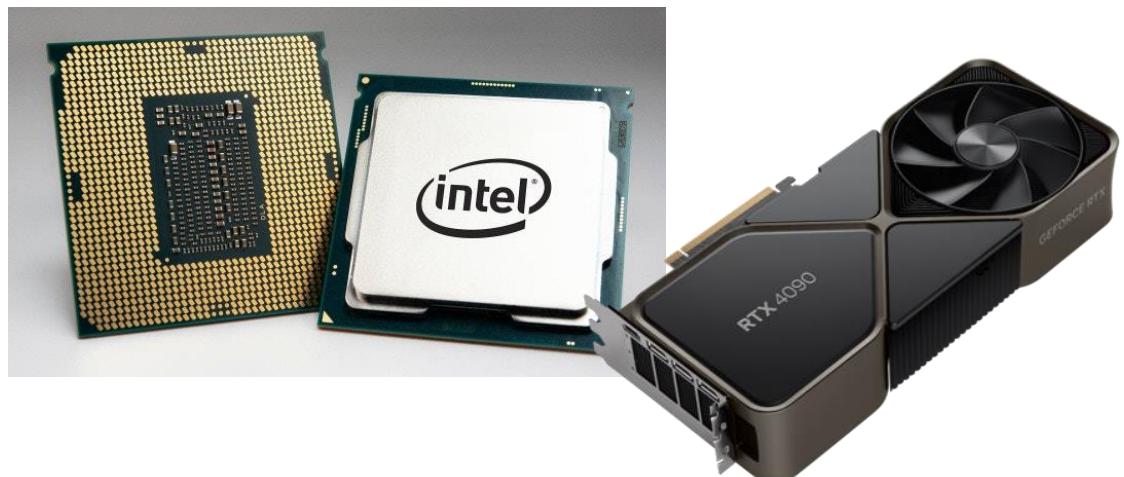


2. What is Semiconductor?

- 논리회로 (Logic gate)



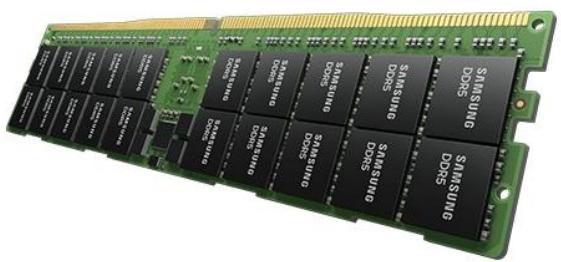
3. Semiconductor Industry



System Semiconductor



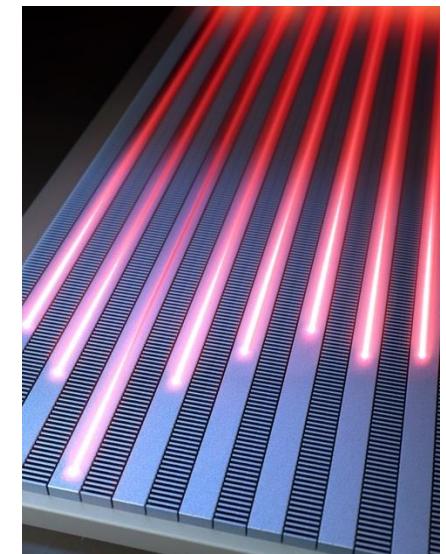
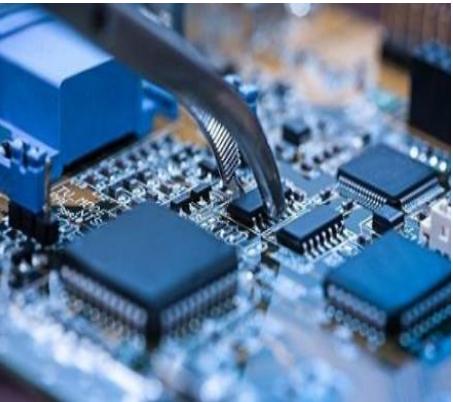
Analog & Power Semiconductor



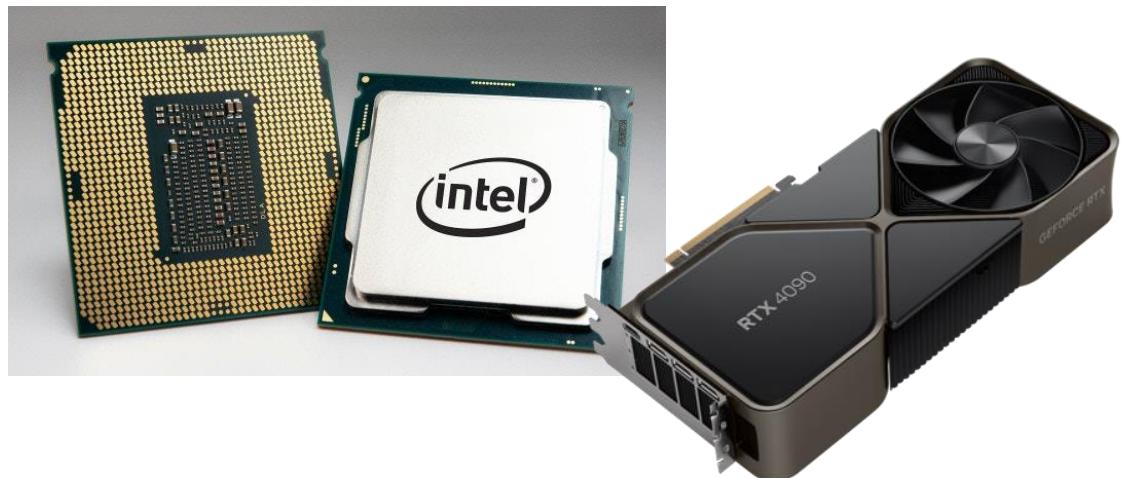
Memory Semiconductor



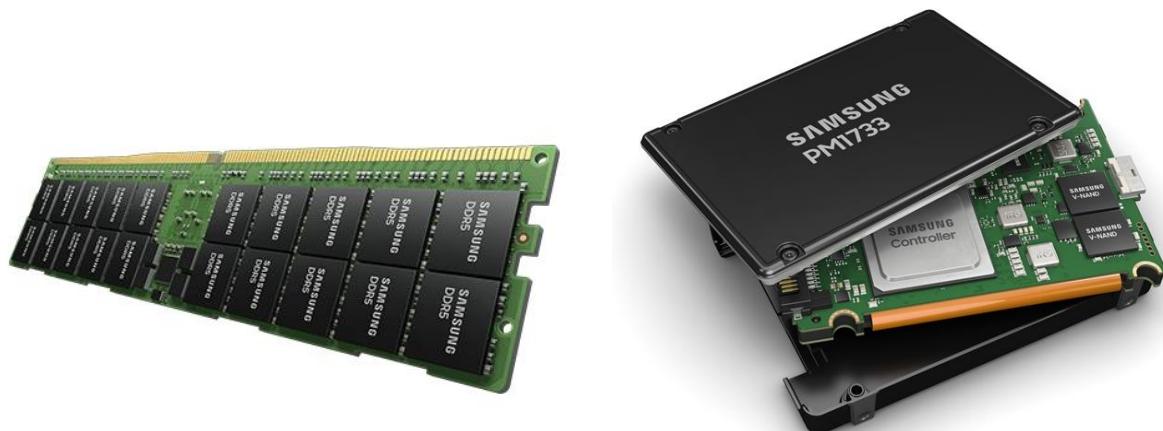
Optical Semiconductor



3. Semiconductor Industry



System Semiconductor



Memory Semiconductor

intel®

Qualcomm

AMD

F A D U

NVIDIA®

Apple

SAMSUNG

삼성전자

SK hynix

W

Micron®

Western Digital

KIOXIA

3. Semiconductor Industry

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



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

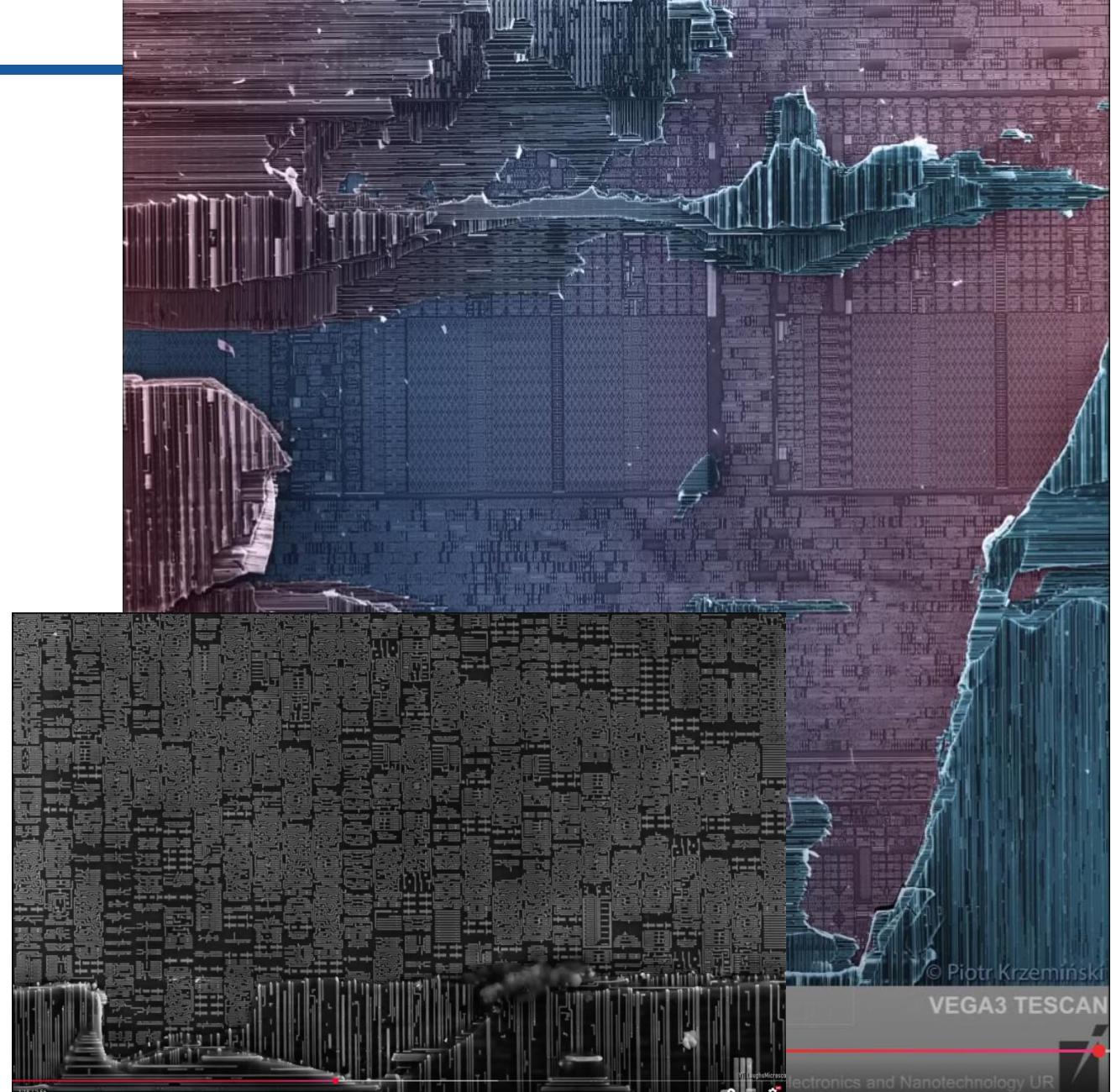
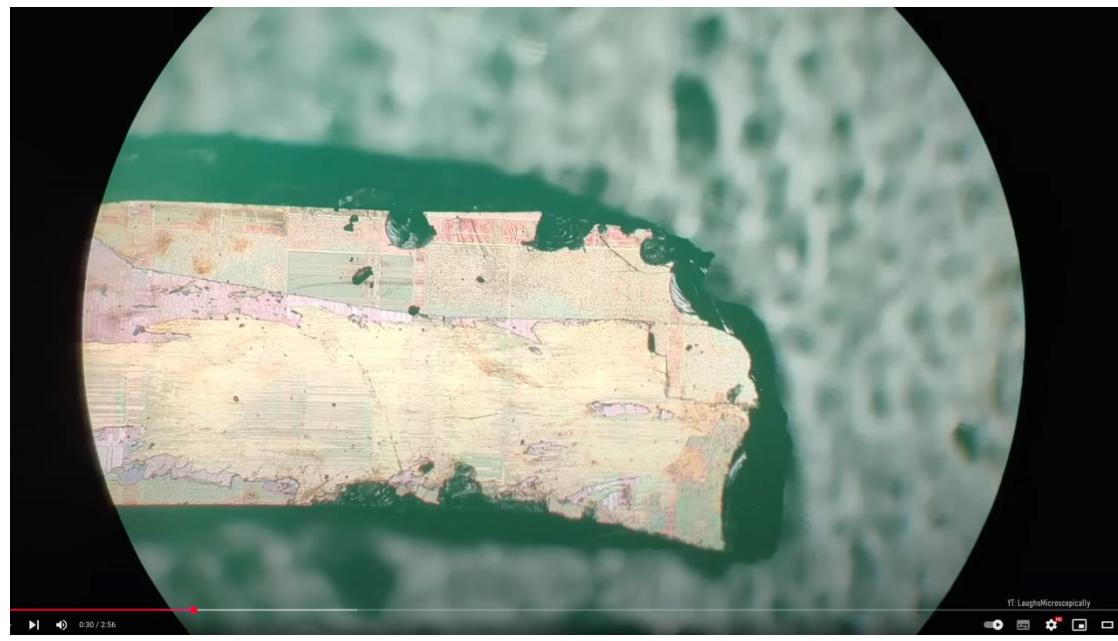


- 종합 반도체 (IDM, Integrated Device Manufacturer)
 - 설계, 제조, 패키징, 테스트까지 모두 담당하는 회사



삼성전자

4. Discussion



Ref : <https://www.youtube.com/watch?v=7d1eyZBpLn8> 27

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.