

Chapter 10

다이오드와 전원 장치 (Diode & Power supply)

다이오드의 선형 모델
전원 장치
기타 다이오드



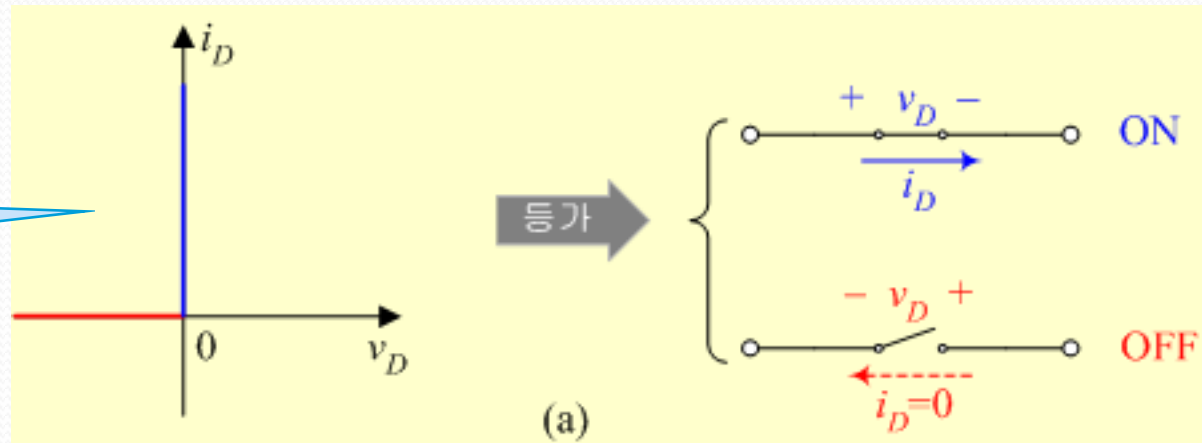
Diode : 전압-전류 특성 비선형 소자→ 회로 해석 복잡
등가회로: 비선형 소자(diode)를 선형적 모델로 근사화
 { 직류 등가회로
 교류 등가회로

10.1 다이오드의 선형 모델

직류 등가회로

도통전압 0.7V → 주위소자들의 동작전압에 비해 작아 무시 (0V) 가능
도통전압 이후 → 거의 수직

이상적인
등가회로



도통전압 V_T 고려한
실제적인
등가회로

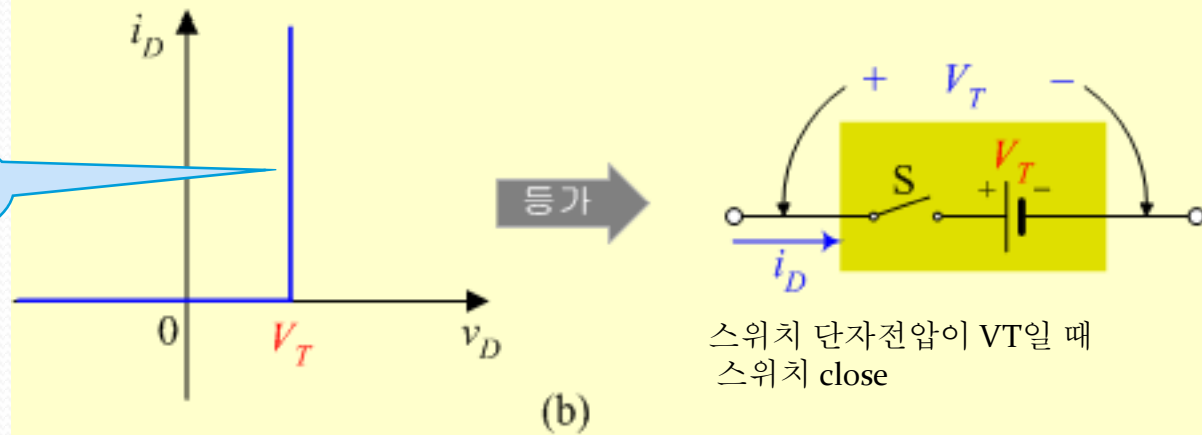


그림 10-1



Ex)10-1

다이오드 회로 해석 → 가정 필요

교류 등가회로

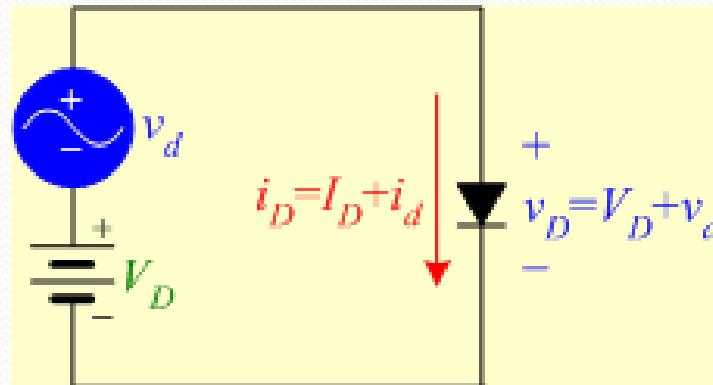


그림 10-4

◆ 직류와 교류의 합

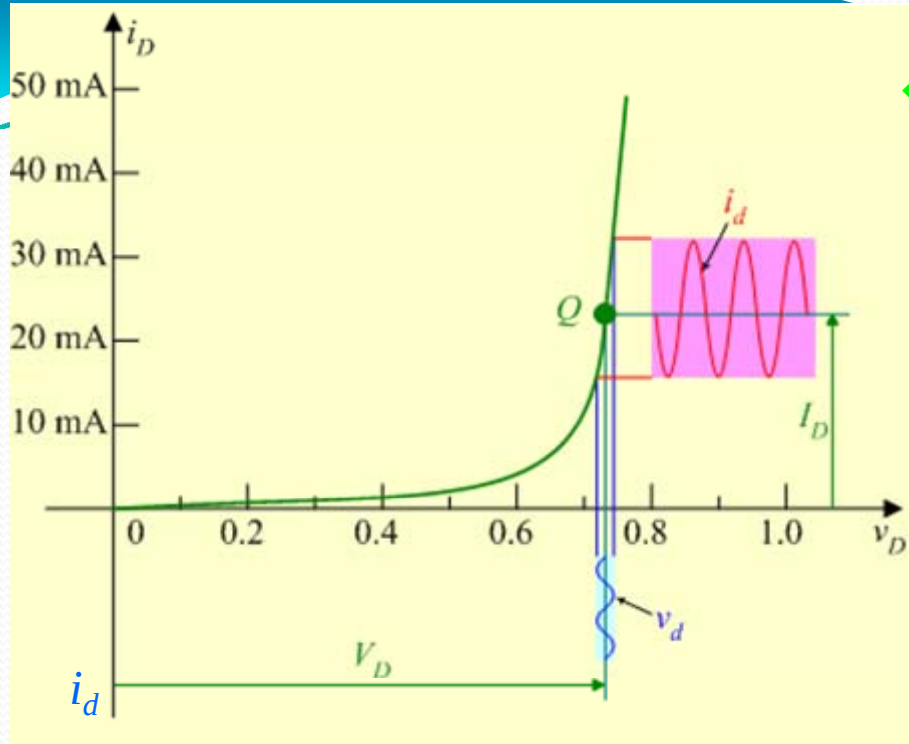
Source: 직류(V_D)와 교류(v_d)의 합

where 직류: V_D, I_D 교류: v_d, i_d

let's assume 교류 $v_d \rightarrow$ 진폭이 직류의 $1/10$ 이하인 소신호(small signal)

Then, 다이오드 양단 전압: $v_D = V_D + v_d$

다이오드 양단 전류: $i_D = I_D + i_d$



◆ Q점(靜点, quiescent point)

직류 V_D, I_D 가 나타내는 점

v_D 에 따라 얻어지는 i_d 진폭이 Q 점에 따라 다르다
 → 즉 교류 특성은 직류의 영향을 받는다

◆ 소신호 전압과 전류

Linear approximation for small operating range around Q

Let g_m : Q 점에서 기울기

$$g_m = \frac{di_D}{dv_D} \cong \frac{\Delta i_D}{\Delta v_D} \cong \frac{i_d}{v_d}$$

$$i_d = g_m v_d$$

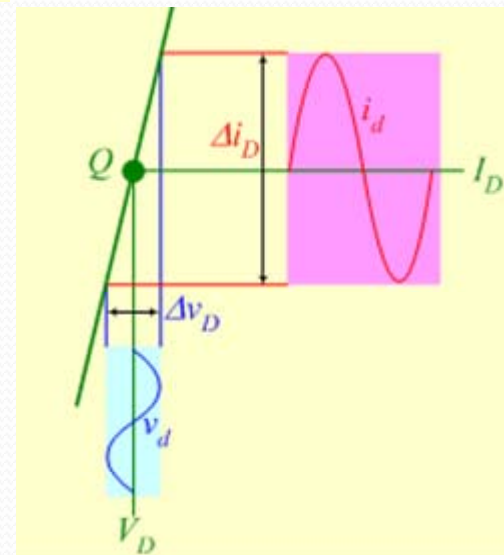


그림 10-5

◆ 다이오드 동저항

From 다이오드 방정식 $i_D \cong I_S \exp\left(\frac{v_D}{kT/q}\right)$

$$g_m = \left. \frac{di_D}{dv_D} \right|_Q = \frac{I_S}{kT/q} \exp\left(\frac{v_D}{kT/q}\right) \bigg|_Q = \frac{i_D}{kT/q} \bigg|_Q = \frac{I_D}{kT/q}$$

$$g_m = \frac{I_D}{26 \text{ mV}} \quad (\text{상온에서 } kT/q = 26 \text{ mV})$$

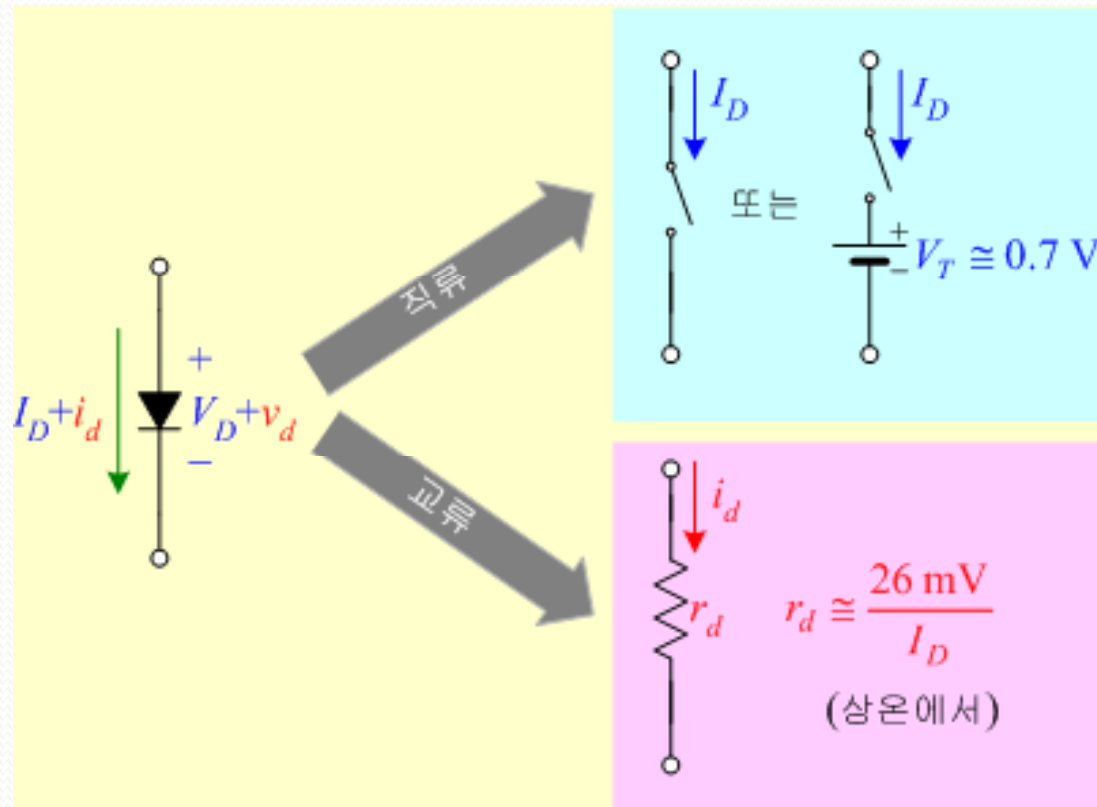
Let's define 다이오드 동저항 (dynamic resistance)

$$r_d = \frac{1}{g_m} = \frac{26 \text{ mV}}{I_D}$$

교류(소신호)에 대한 다이오드 특성

$$\frac{v_d}{i_d} = r_d = \frac{26 \text{ mV}}{I_D} \rightarrow \text{직류전류의 영향을 받는다}$$

다이오드의 직류 및 교류 등가회로



직류에 대해서 스위치와 같은 효과

교류에 대해서 저항과 같은 효과

그림 10-6

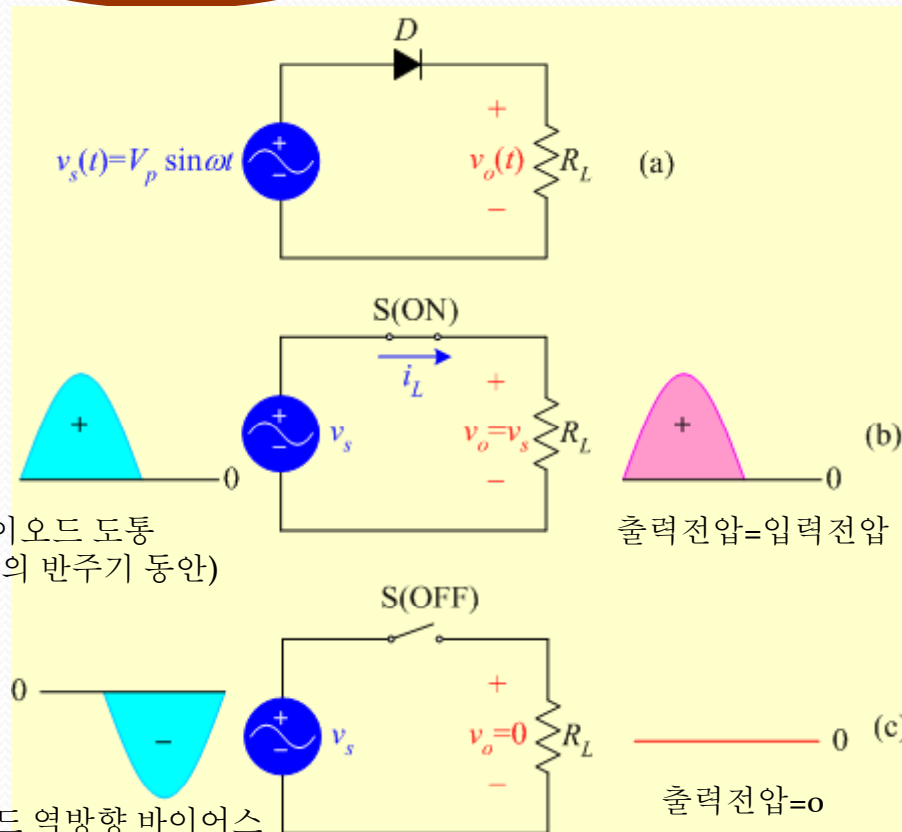
10.2 전원 장치

정류: 교류를 직류로 변환시키는 작용: 다이오드의 중요한 응용분야

반파 정류
전파 정류

반파 정류기

교류의 양의 반주기만 이용하여 정류



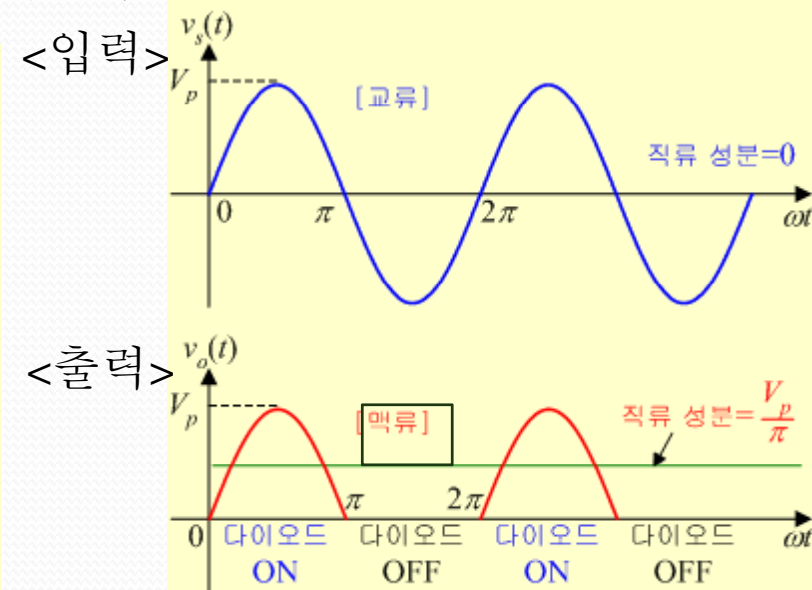
다이오드 도통
(양의 반주기 동안)

출력전압=입력전압

다이오드 역방향 바이어스
: Open switch
(음의 반주기 동안)

출력전압=0

그림 10-7



직류 성분(평균)

교류 평균 = 0

맥류 평균

$$V_{DC} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi v_o(t) d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi V_p \sin \omega t d(\omega t)$$

$$V_{DC} = \frac{V_p}{\pi} \quad (\text{반파 정류})$$

As 맥류 is not a DC yet, DC 성분만 추출하여 사용

$$V_{DC} = \frac{V_p}{\pi} \quad (\text{반파 정류})$$

→ 교류의 진폭에 비례

→ 120V, 60Hz 공급 교류 → 직류성분 $120/\pi = 38.2V$ 고정

→ 변압기 이용하여 입력교류전압의 크기를 조정하여 원하는 크기의 직류원을 얻

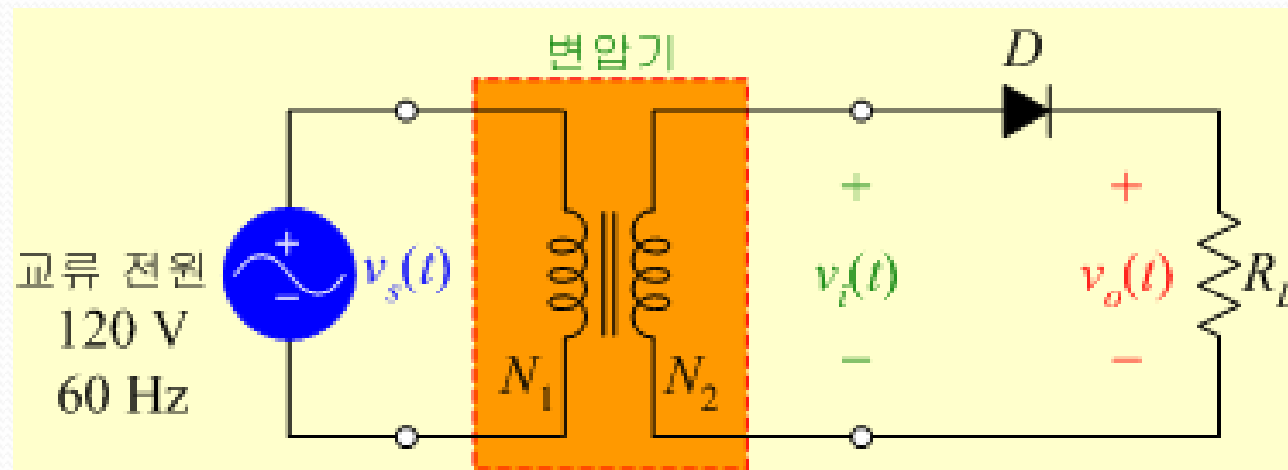
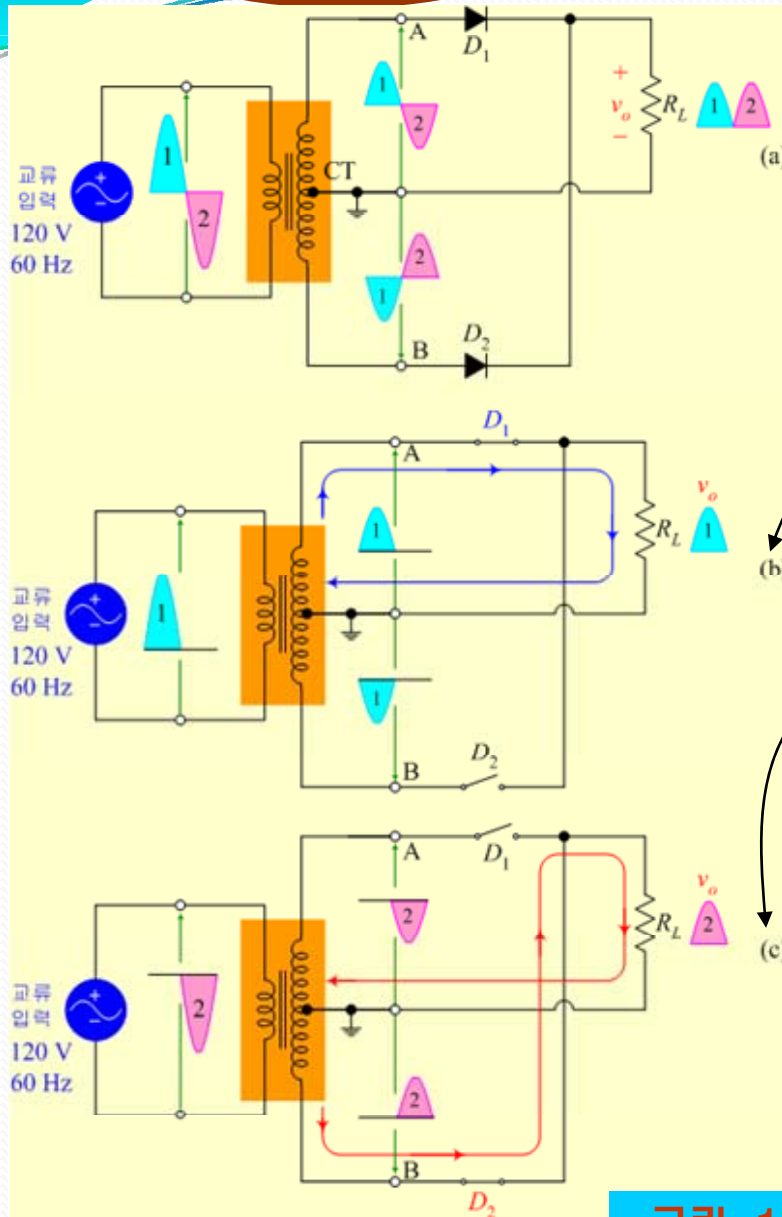


그림 10-9

Ex) 120V, 60Hz 공급 교류 → 권선비 4.8:1 변압기 → 반파정류기 입력 25V, 60Hz → $25/\pi = 8V$ 직류 성분출력

전파 정류기

- 음의 반주기 위상 180도 바꾸어 양의 전압으로 변환하여, 입력 교류의 full cycle을 이용
- Half cycle만 이용하는 반파 정류기보다 효율이 높다



Center tap (CT) 단자 기준
전압 @A & @B → 180도 위상차

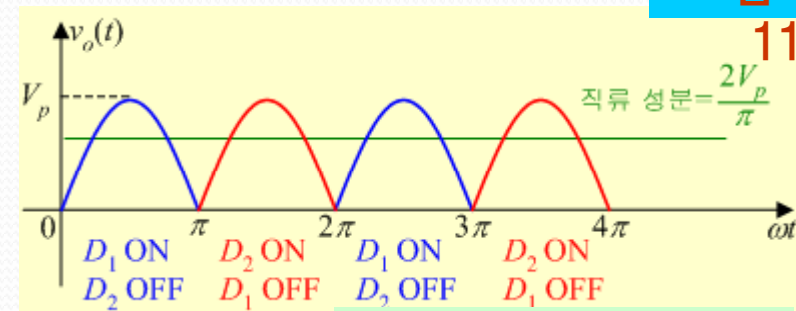
양의 반주기:

D_1 이 도통 (anode 전압 > 0)
 D_2 는 차단 (anode 전압 < 0)

음의 반주기:

D_2 가 도통 (anode 전압 > 0)
 D_1 은 차단 (anode 전압 < 0)

전파정류기의 출력 전압



출력의 직류성분

$$V_{DC} = \frac{2V_p}{\pi} \quad (\text{전파 정류})$$

↳ 반파정류기의 두배

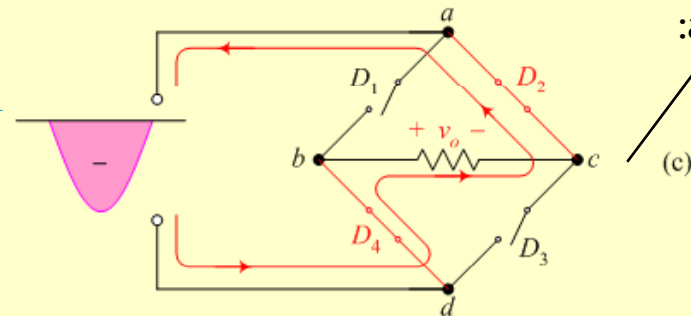
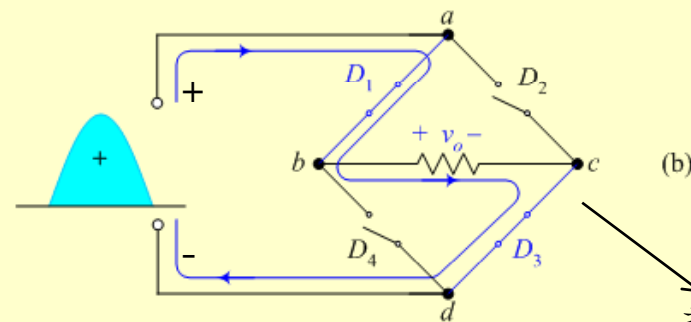
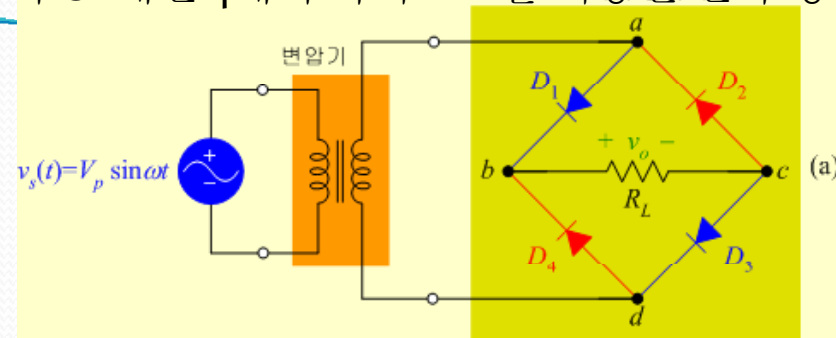
그림 10-10

그림 10-

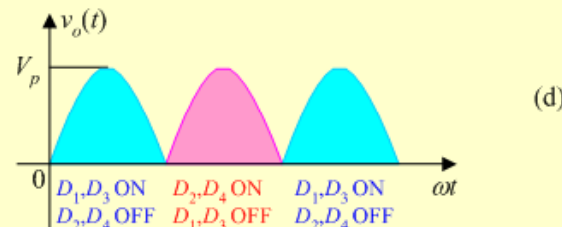
11

브리지 정류기

전파 정류기의 CT대신 4개의 다이오드를 이용한 전파 정류기



출력 (v_o)
:always positive



양의 반주기:

D_1, D_3 도통 (anode 전압 high)
 D_2, D_4 차단 (cathode 전압 high)

음의 반주기:

D_2, D_4 도통
 D_1, D_3 차단

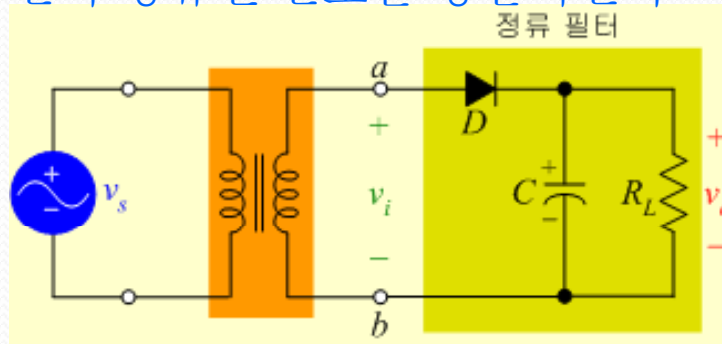
출력 (v_o) 파형

그림 10-12

정류 필터

-반파, 전파, 브리지 정류기 출력 → 맥류 → 직류만 추출 필요
-RC 회로 이용

RC 충전회로로써
반파 정류된 신호를 평활시킨다



- ① Assuming $v_i = V_p \sin \omega t$ & initially empty capacitor
 - ② as C charges, D anode 전압 $\uparrow$, then D 도통
 - ③ $v_i = v_o$ 이므로 C는 입력전압 따라 A점(V_p)까지 충전
- (b)
- ④ After A, 입력전압 $v_i < C$ 양단전압(cathode 전압)
→ D 역방향 바이어스, 차단
 - ⑤ 최대전압 V_p 로 충전된 C 방전시작 (시상수 $\tau = R_L C$)
 - ⑥ @B, v_i 에 의해 다시 증가된 anode전압 = 방전중인 C 전압
- (c)
- ⑤ after B, 다시 D 도통, C 재충전 upto V_p (C점)
 - ⑥ 재방전, 재충전 반복

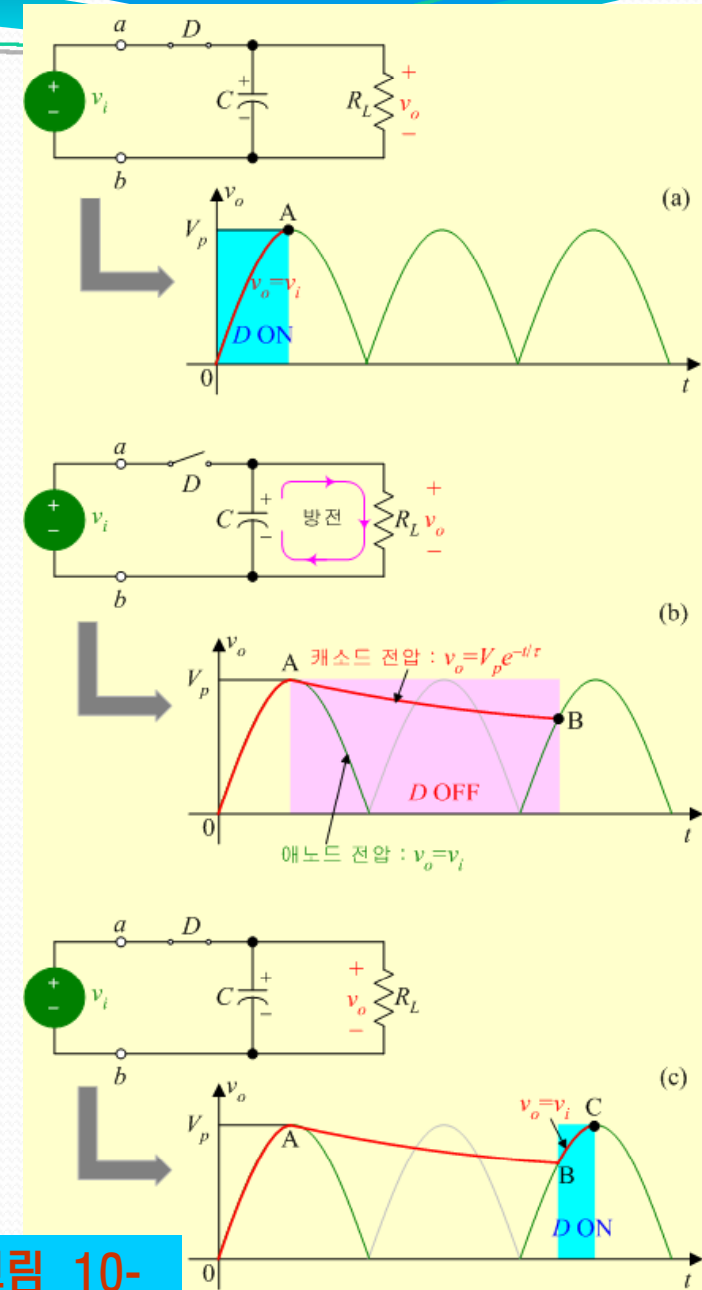
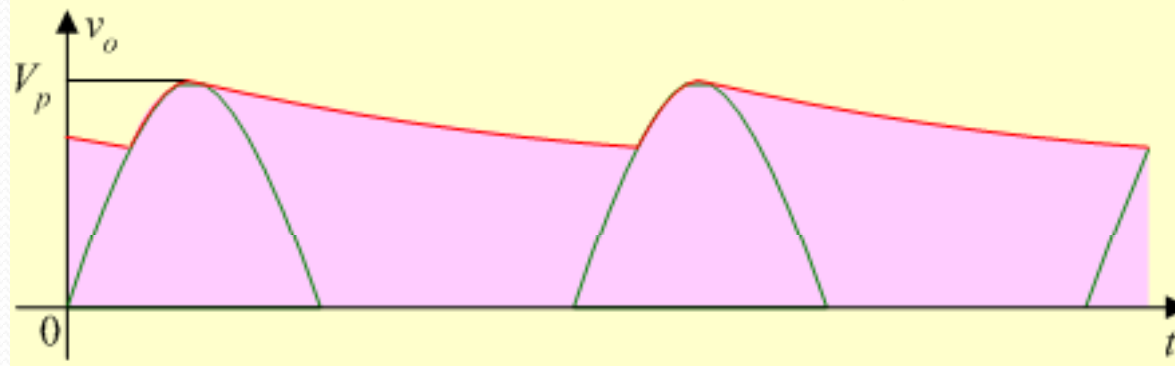


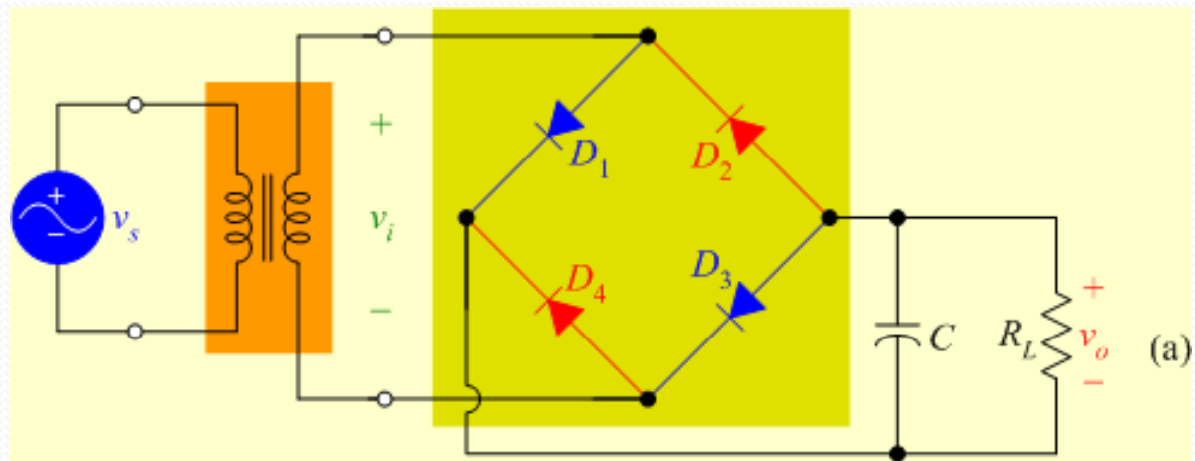
그림 10-

시상수 $\tau = R_L C$ 클수록, more flat(직류에 가깝다)

<출력 v_o 파형>



<브리지 정류기에 평활(RC) 회로 결합>



맥동 줄어든 출력 파형

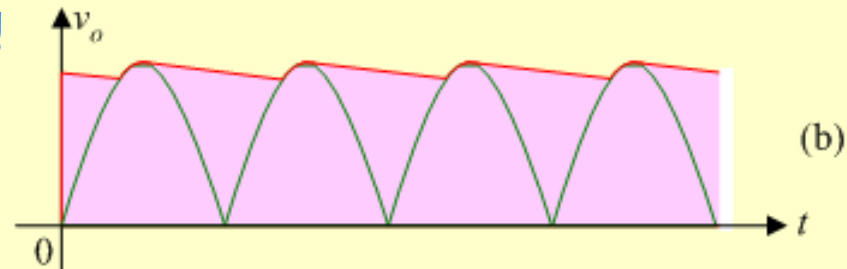


그림 10-

맥동율

skip

◆ 리플(ripple)

순수 직류 성분에 포함된
잔물결 모양의 전압

◆ 맥동율

$$r \equiv \frac{V_{r(\text{rms})}}{V_{\text{DC}}} \times 100 \%$$

◆ 근사적인 해석

맥동율:

$$r = \frac{1}{4\sqrt{3}fR_L C} \times 100 \%$$

직류 전압:

$$V_{\text{DC}} = \left(\frac{4fR_L C}{4fR_L C + 1} \right) V_p$$

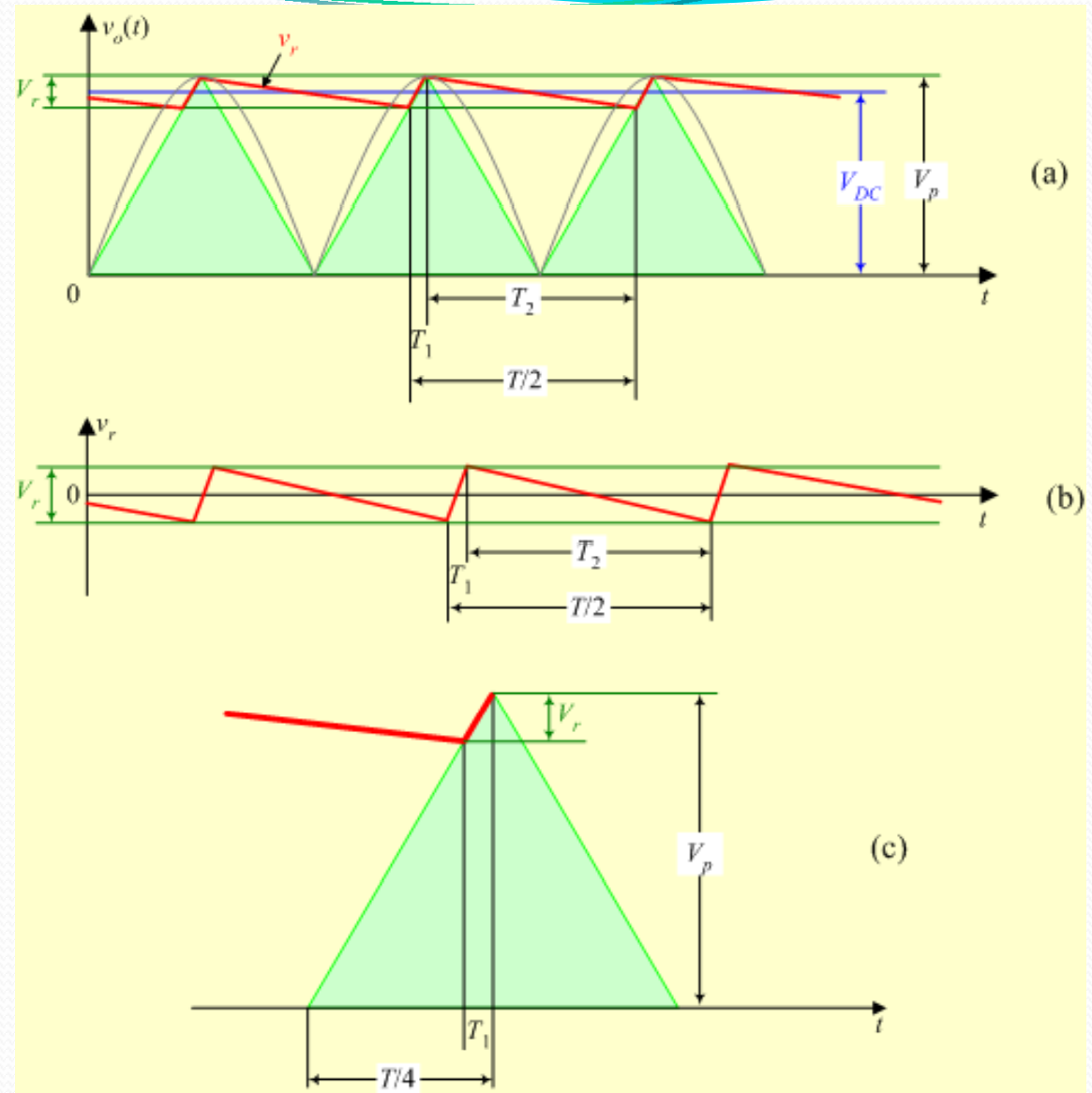
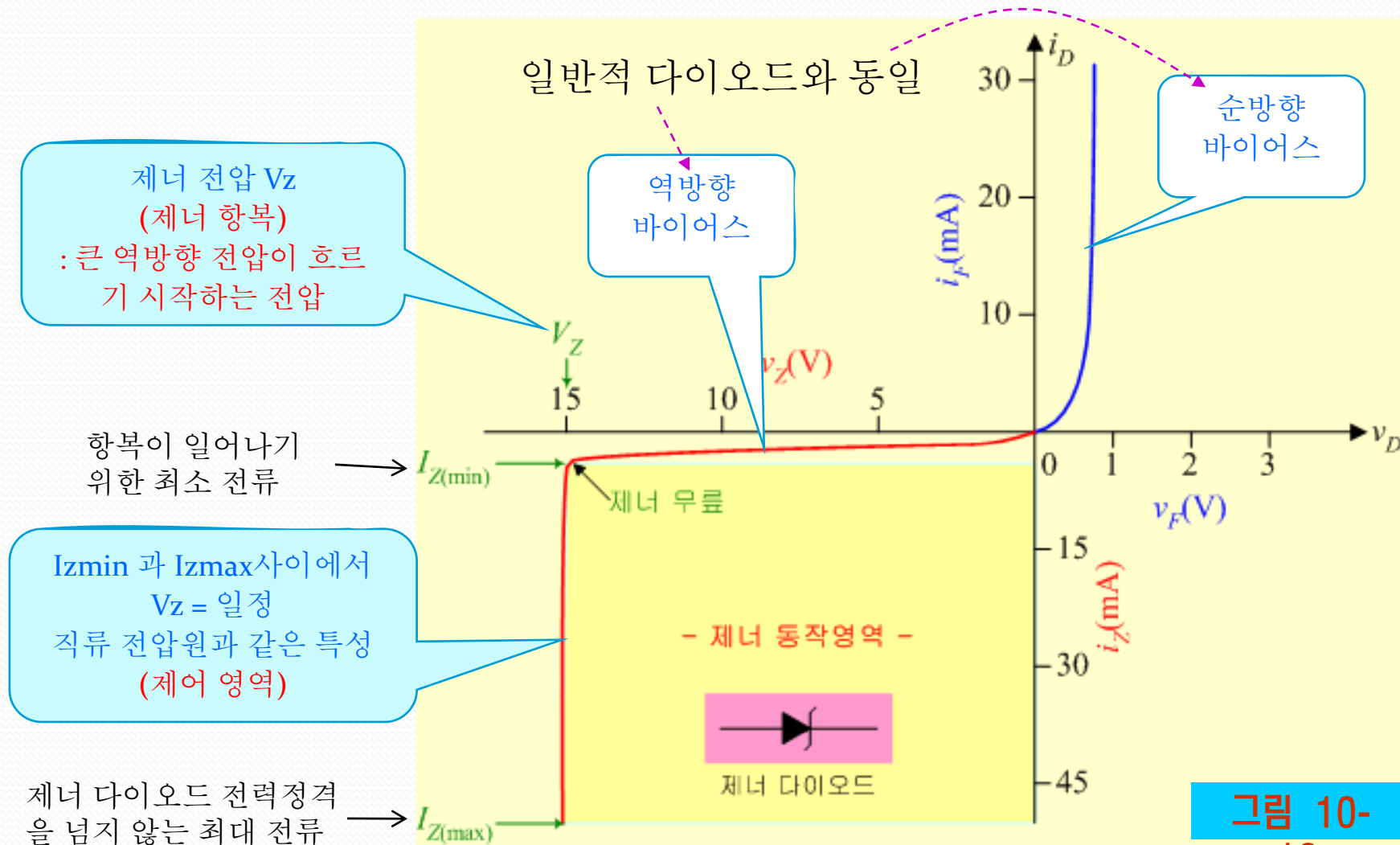


그림 10-

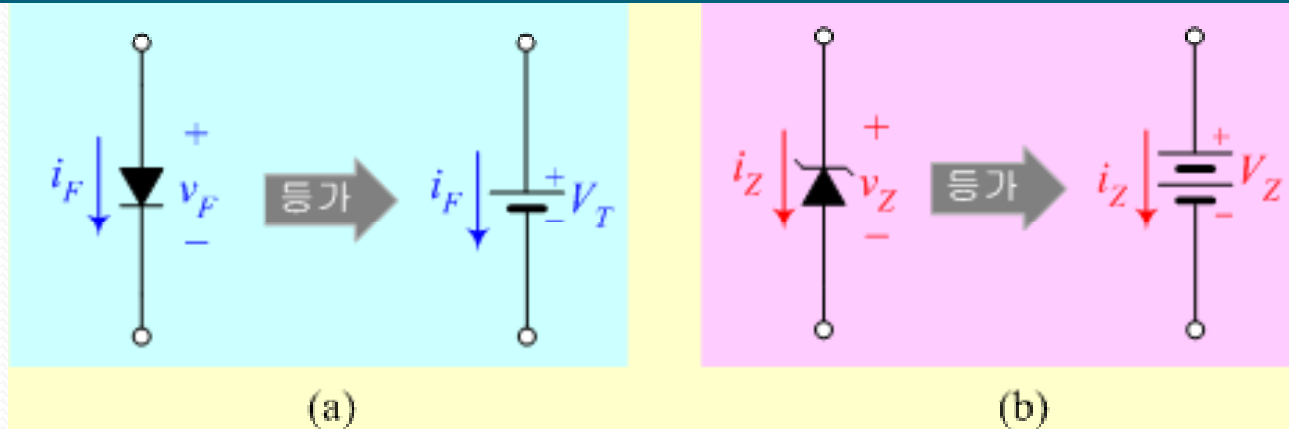
10.3 기타 다이오드

제너 다이오드

- 일반적 다이오드: 역방향에 대해 매우 작은 누설 전류만 허용
- 항복: 일정크기 이상의 역방향 전압에 의해 큰 역방향 전류가 흐르는 현상
- 다이오드 손상 없는 범위 내에서의 의도적 이용 → 제너 다이오드



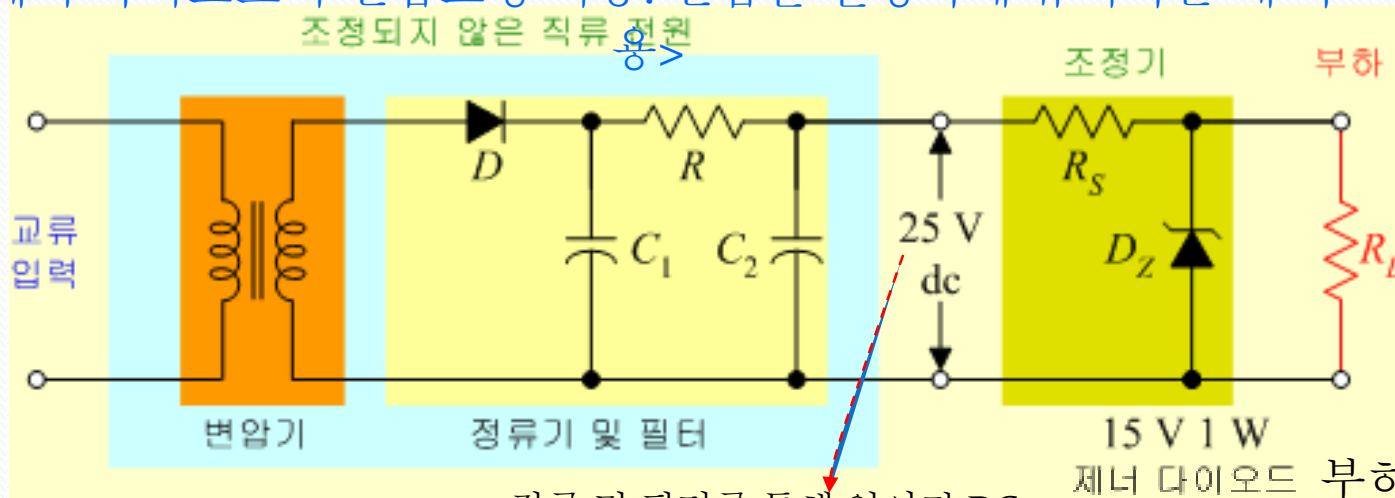
10.3 기타 다이오드



도통전압 $V_T = 0.7$ 고정

역방향 중 제너 영역에서만 동작
다양한 제너전압 $V_Z(1.4V \sim 2000V)$ 제조 가능

<제너 다이오드의 전압조정 기능: 전압을 일정하게 유지하는 데 사용>

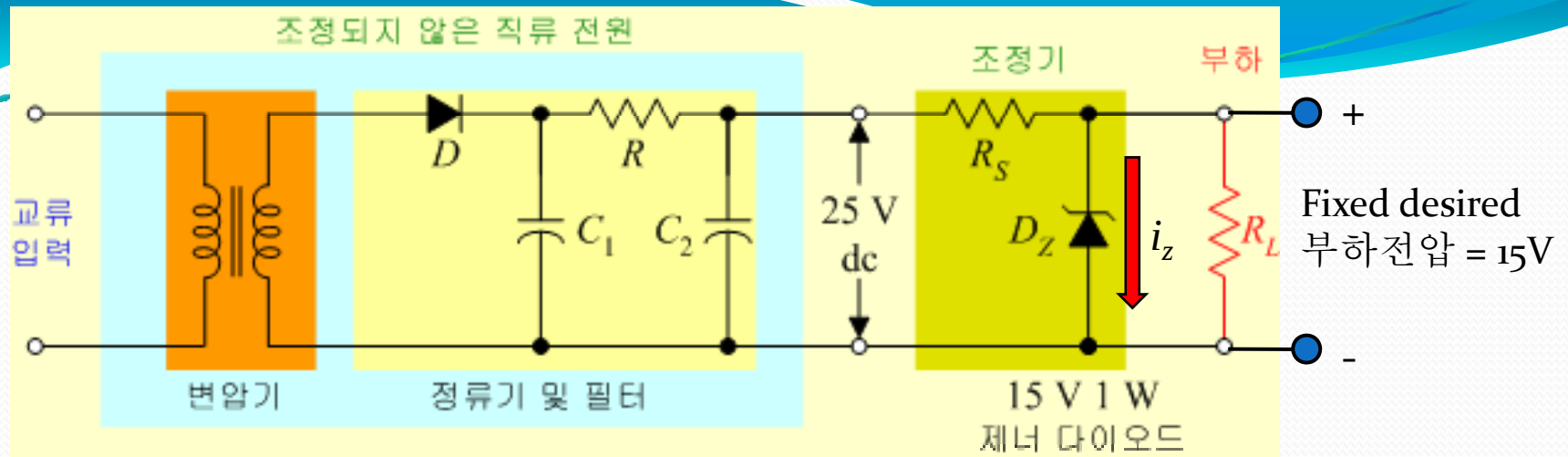


정류 및 필터를 통해 얻어진 DC

→리플 mixed

→입력 교류 최대값 따라 출력전압도 따라서 변동

부하전압 V_Z 로
일정하게 유지



Ex) R_s 양단전압 $25 - 15$ (desired 부하전류) $= 10V$
 출력 전압(=제너 전압) $= 15V$

If DC 출력 increases from 25V to 30V

Then, R_s 양단전압 $30 - 15 = 15V$ 로 증가 $\rightarrow R_s$ 전류 증가

But, 전류증가분 제너 다이오드가 흡수 $\rightarrow$ 부하전압 15V유지

If DC 출력 decreases from 25V to 20V

Then, R_s 양단전압 $20 - 15 = 5V$ 로 감소 $\rightarrow R_s$ 전류 감소

But, 전류감소분 제너 다이오드가 보충 $\rightarrow$ 부하전압 15V유지

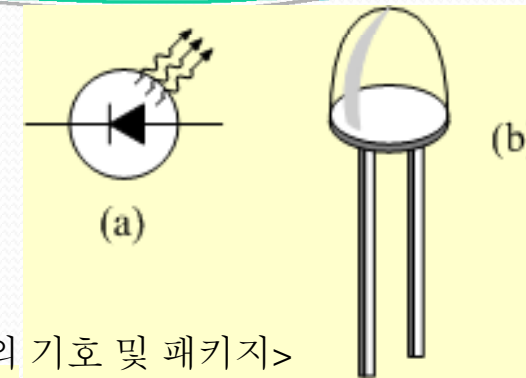
(제너 다이오드로 들어가던 큰 전류에서 감소분 만큼 줄여 들어
 가므로 부하쪽으로 가는 전류에는 영향 없음)

Conclusion

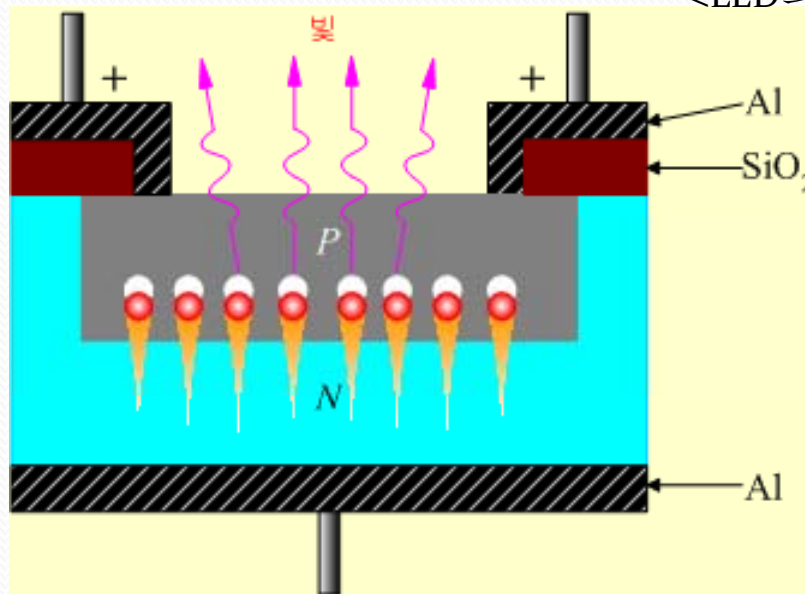
공급전원의 변동에 관계없이 일정한 부하전압 유지
 전자회로의 전원공급에 중요한 역할

발광 다이오드

LED(Light Emitting Diode):
PN접합 다이오드
순방향 동작시 특정한 파장의 빛 방출



<LED의 기호 및 패키지>



동작원리

- ① LED에 순방향 바이어스 걸리면
- ② N영역의 전자가 접합부 통과 후 P영역에 주입되어 P영역의 홀과 재결합
- ③ 재결합: 높은 에너지의 전도대에 있던 전자가 낮은 에너지의 가전자대로 떨어지면서 방출하는 에너지가 열 또는 빛 에너지형태로 나타남

<LED의 방출 빛 색상 조정 >

❶ 다양한 접합 다이오드 물질

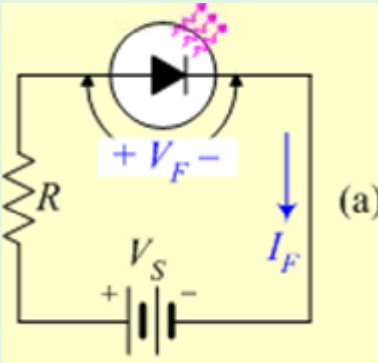
갈륨아시나이드 (GaAs) → 적외선 방출

갈륨아시나이드포스파이드(GaAsP) → 적색/황색 가시광선 방출

갈륨포스파이드(GaP) → 적색/녹색 가시광선

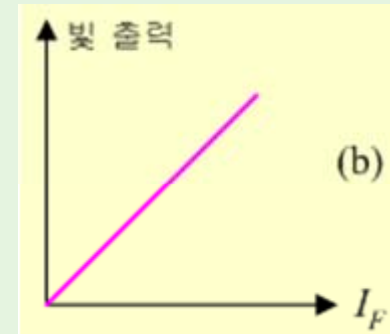
❷ 반도체 도우핑 과정에서 다양한 불순물 첨가로 조정

<note > LED에는 실리콘/게르마늄 사용 x → 주로 열을 방출하므로

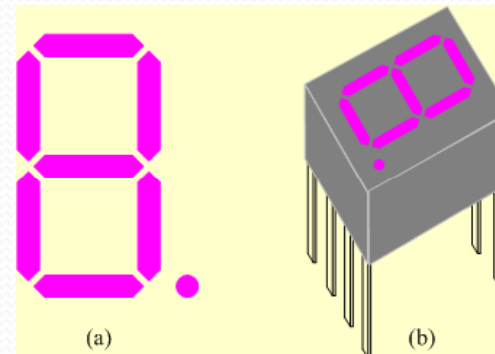


LED 순방향 바이어스 전압 약 1.2~3.2V
(cf. 실리콘 다이오드 0.7V)

빛 출력(에너지) $\propto$ 순방향 전류



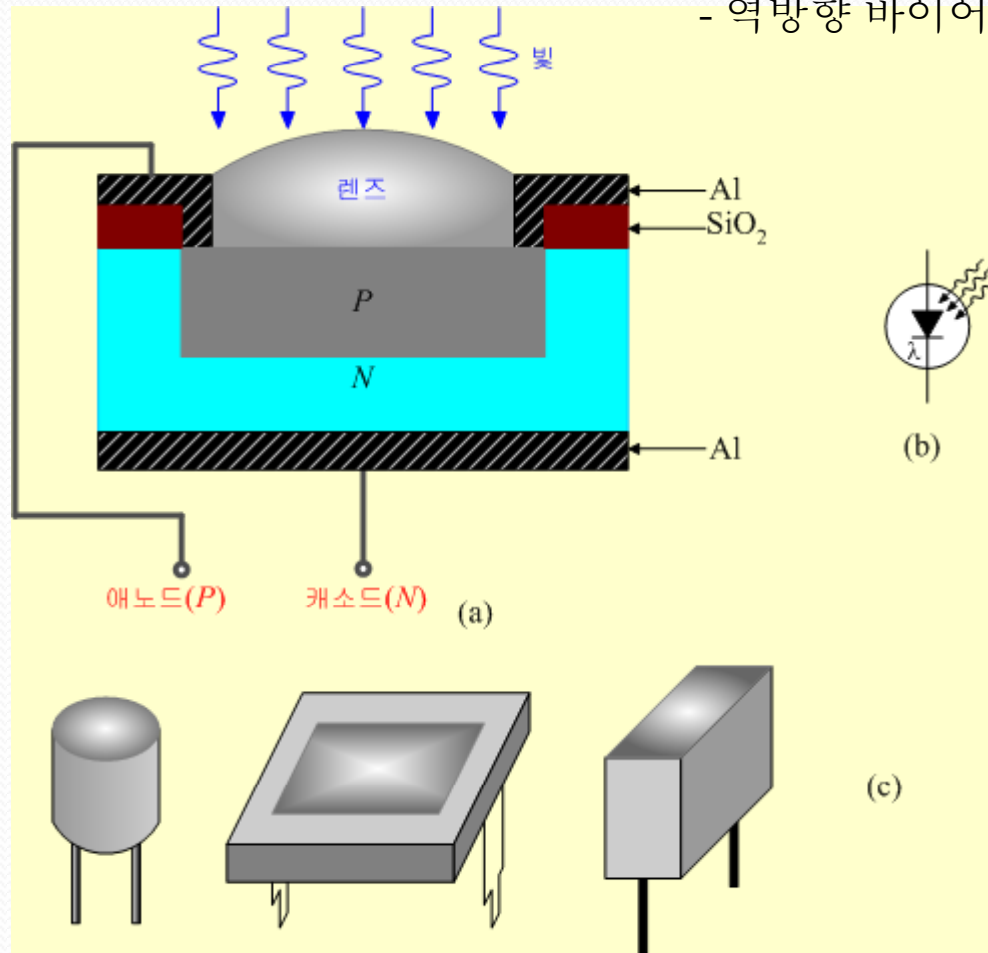
Application: seven-segment display



광 다이오드

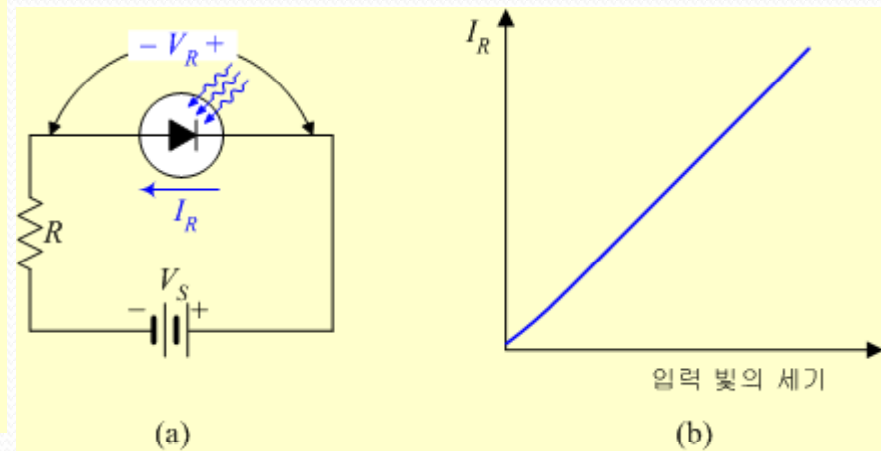
Photo-diode

- 역방향 바이어스로 동작하는 PN접합 다이오드
- 빛 에너지를 받으면 전류를 흘리는 소자
- 역방향 바이어스 걸기 위해 외부 전원 필요



동작원리

- ① 역방향 바이어스에 의해 흐르는 매우 작은 누설 전류량 → 온도에 따라 증가
- ② 열 또는 빛 에너지에 비례해 누설 전류 증가하는 효과
- ③ 그러나 여전히 미소전류이므로 누설 전류 증폭해서 사용함



태양 전지

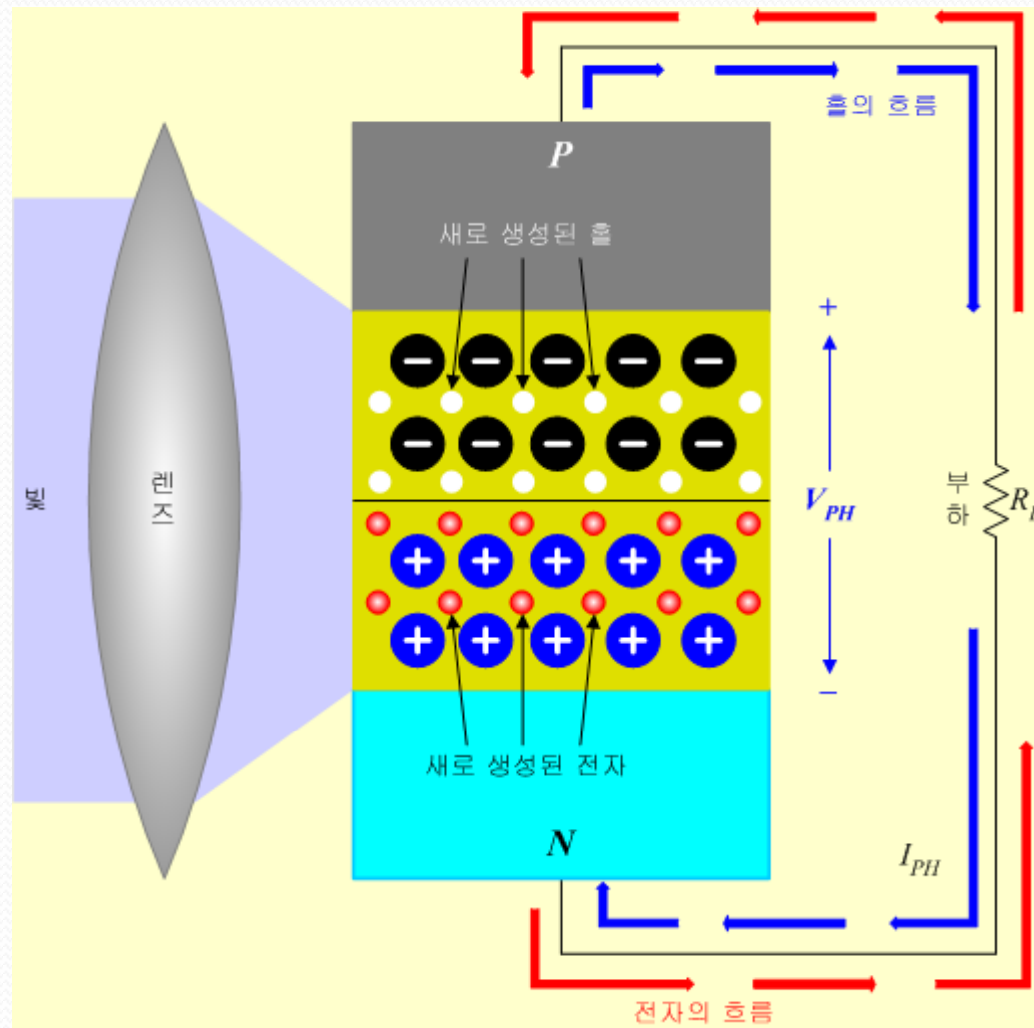


그림 10-27

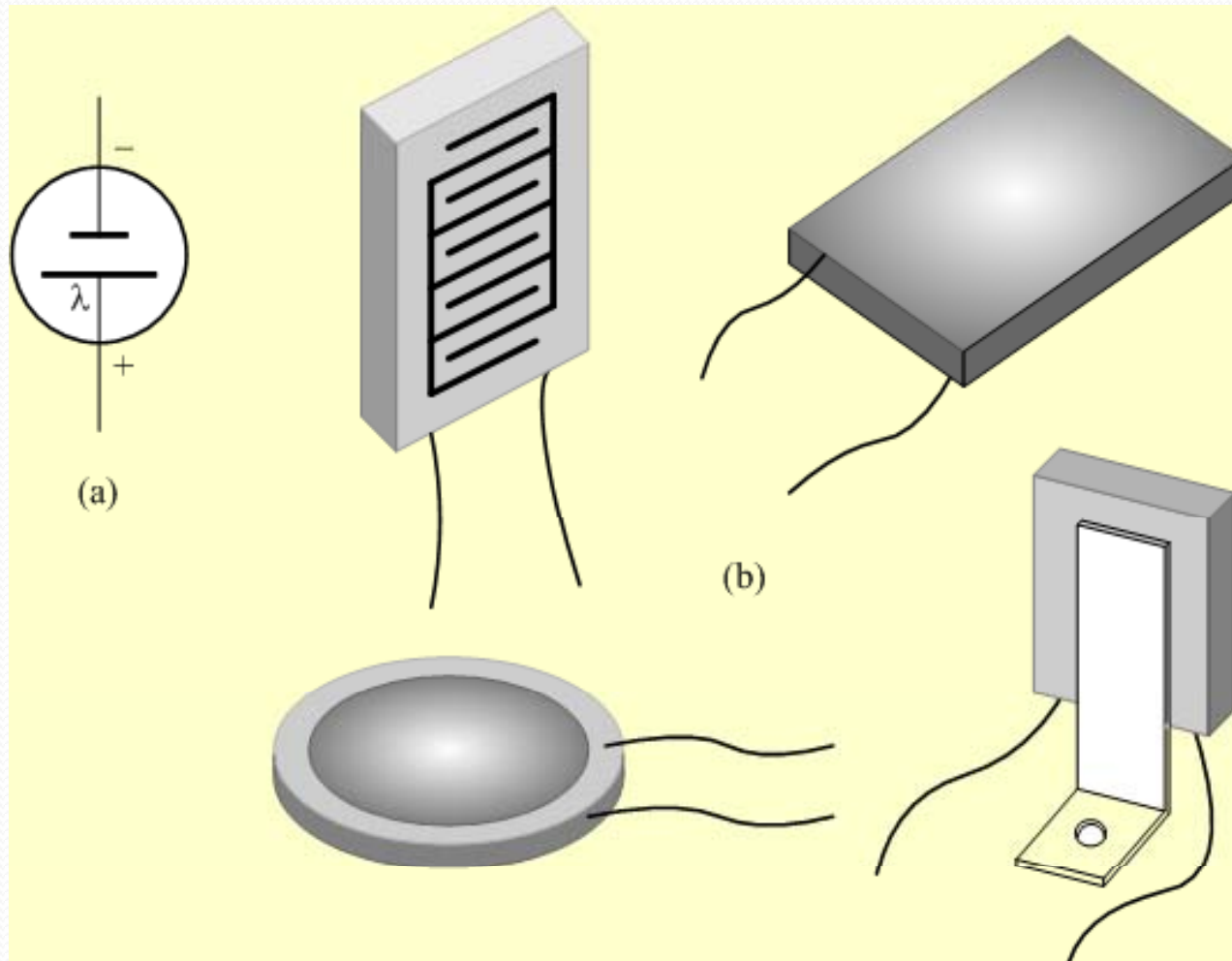


그림 10-