



Ch. 10 特殊二極體 03



參考資料:

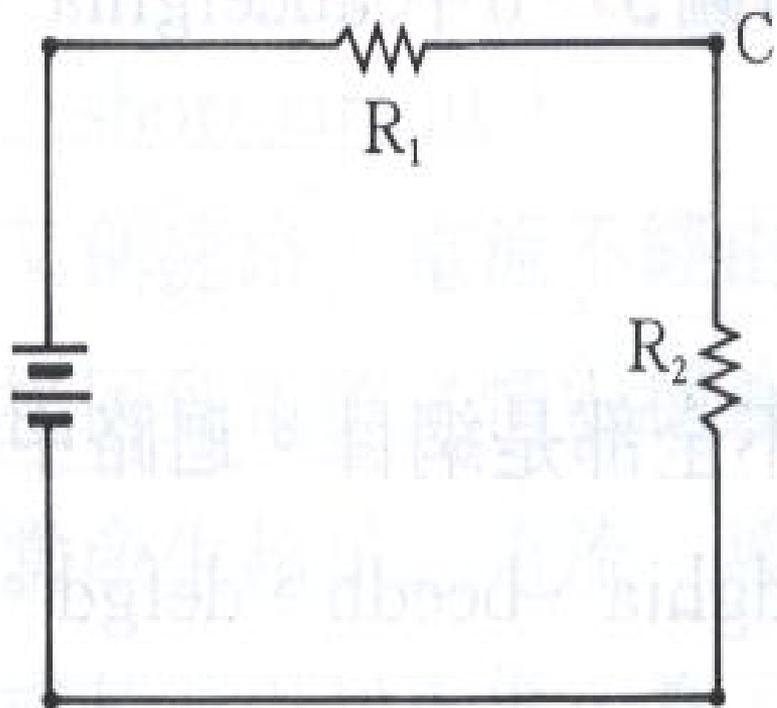
1. 電子學 I/ Ch. 01 - 02 陳清良 編著 龍騰文化
2. 基本電學 I/ Ch. Ch. 01 – 04. 07-08 康嘉宗
李天良 李源永 陳昭博 編著 復文書局
3. 電子學/ Ch. 03 /高立圖書出版
原著：Mitchel E. Schultz
審訂：沈志忠
編譯：余永平 郭有順 蔡忠良



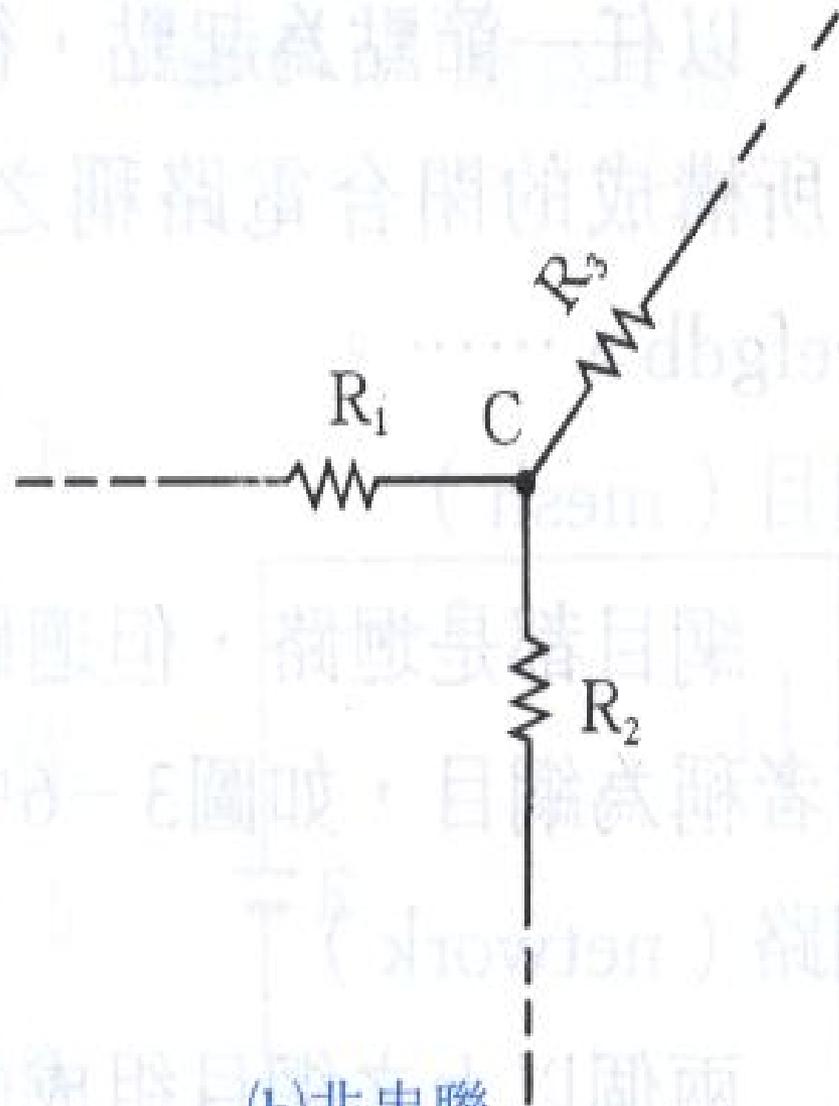
特殊二極體



- 二極體的功能除整流之外，還可調節電壓，發出不同顏色的光及當作隨電壓改變的電容器。
- 本章將討論：
發光二極體(Light-Emitting Diode)、
稽納二極體(Zener Diode)、
變容二極體(Varactor Diode)、
蕭特基二極體(Schottky Diode) 等。



(a) 串聯



(b) 非串聯

圖3-7 串聯與非串聯之比較

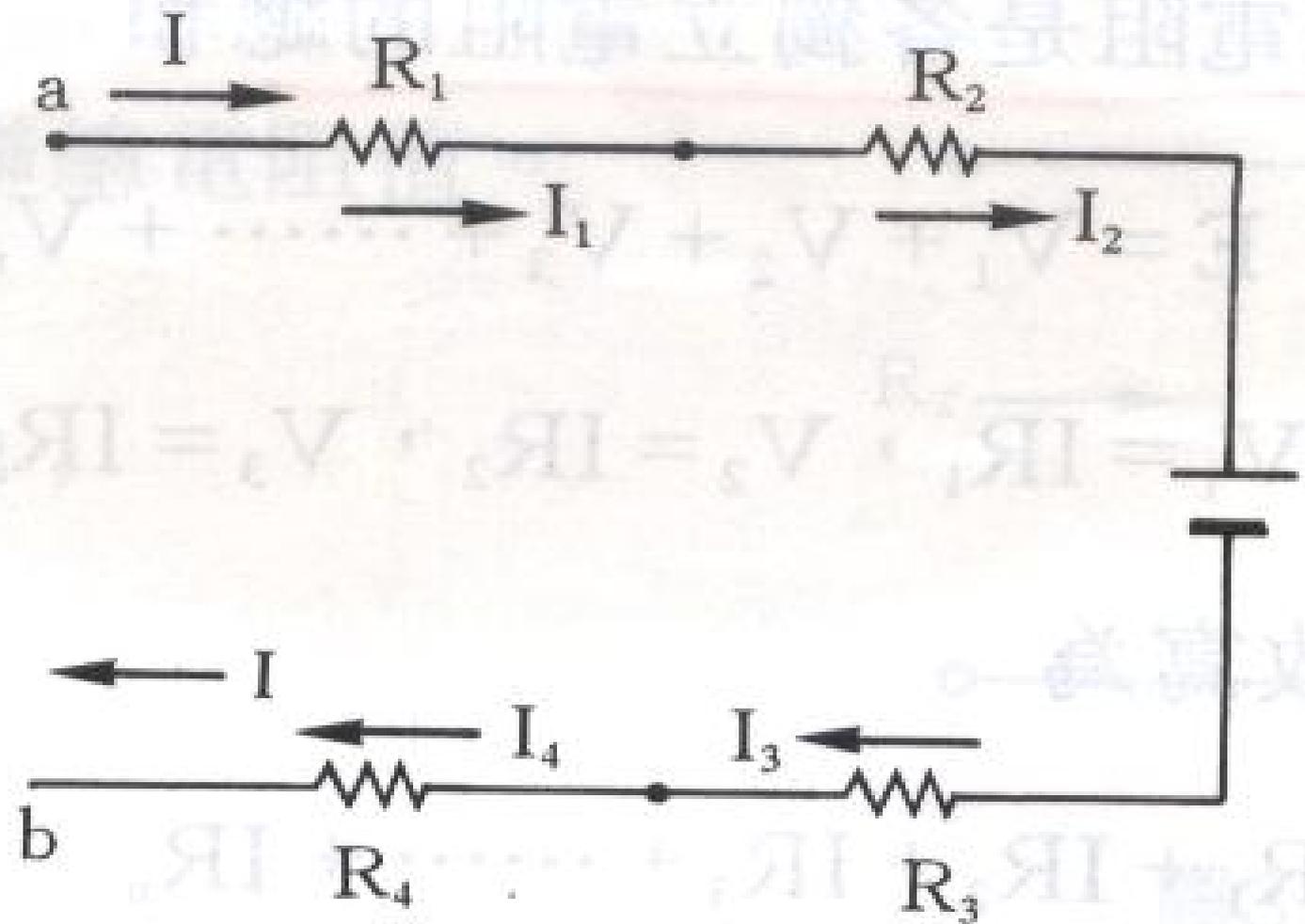


圖3-8 串聯電路流經各處電流相同

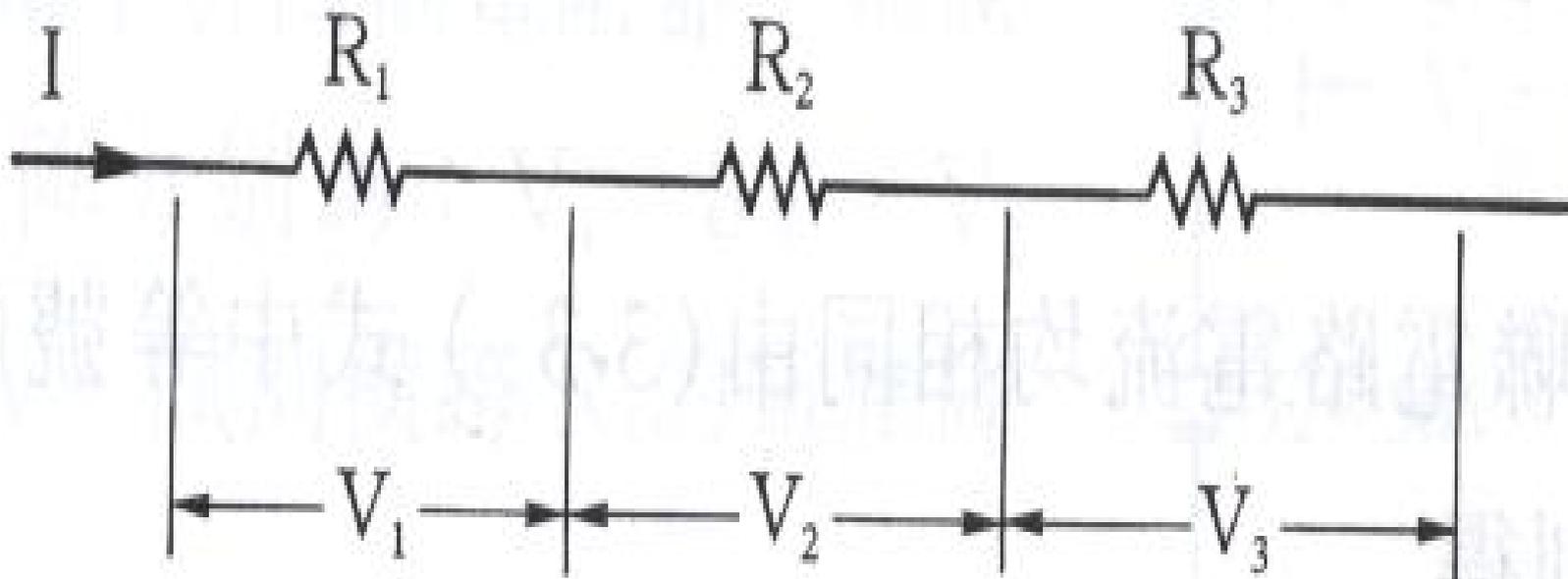


圖3-9 電壓降與電阻值成正比



$$E = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

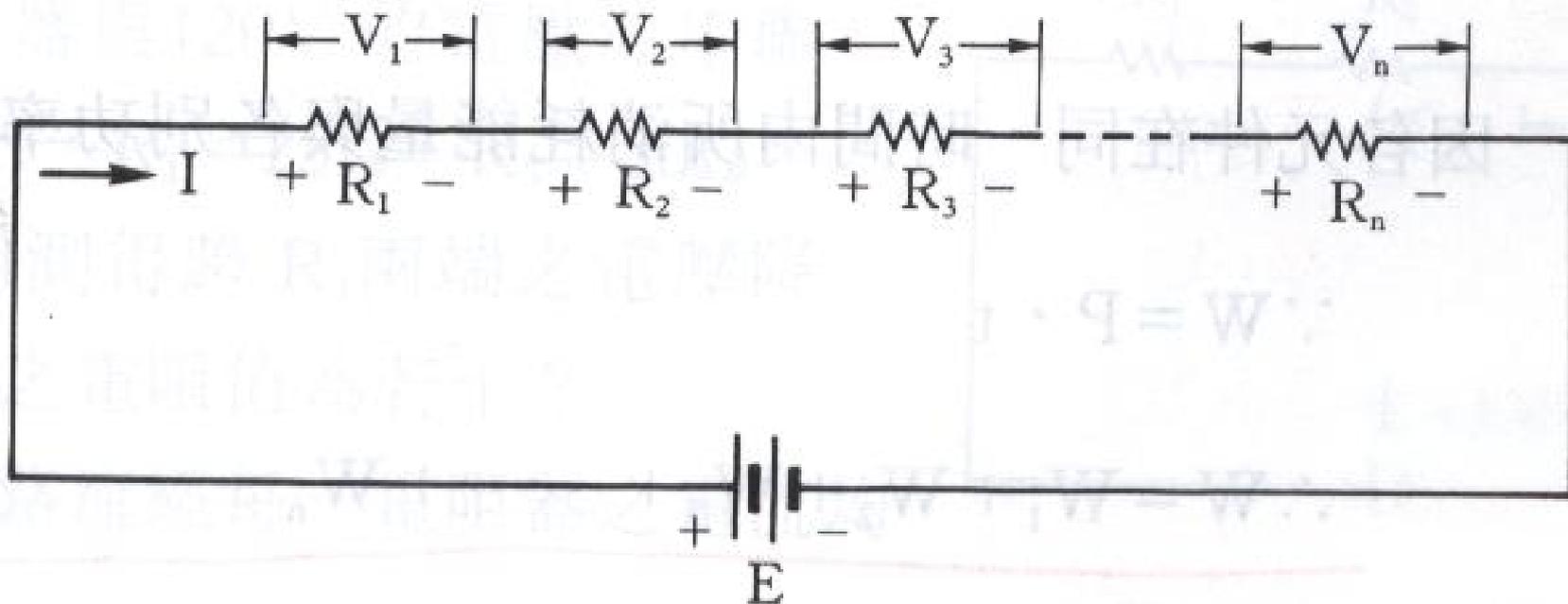


圖3-10 電動勢等於各電壓降之和

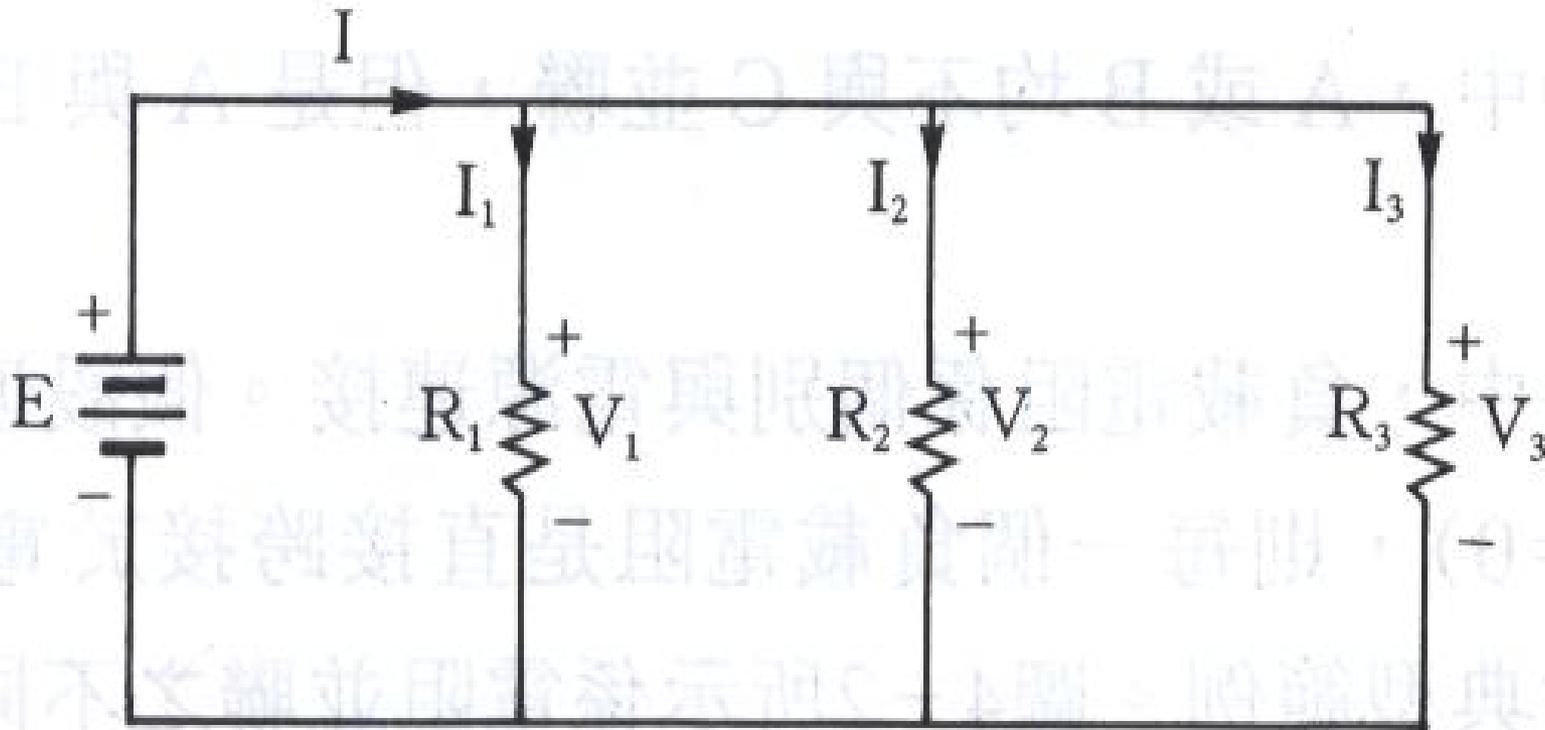


圖4-3 並聯電路



5. 並聯電路之總電導為各分支電導之和，由圖4-4所示。

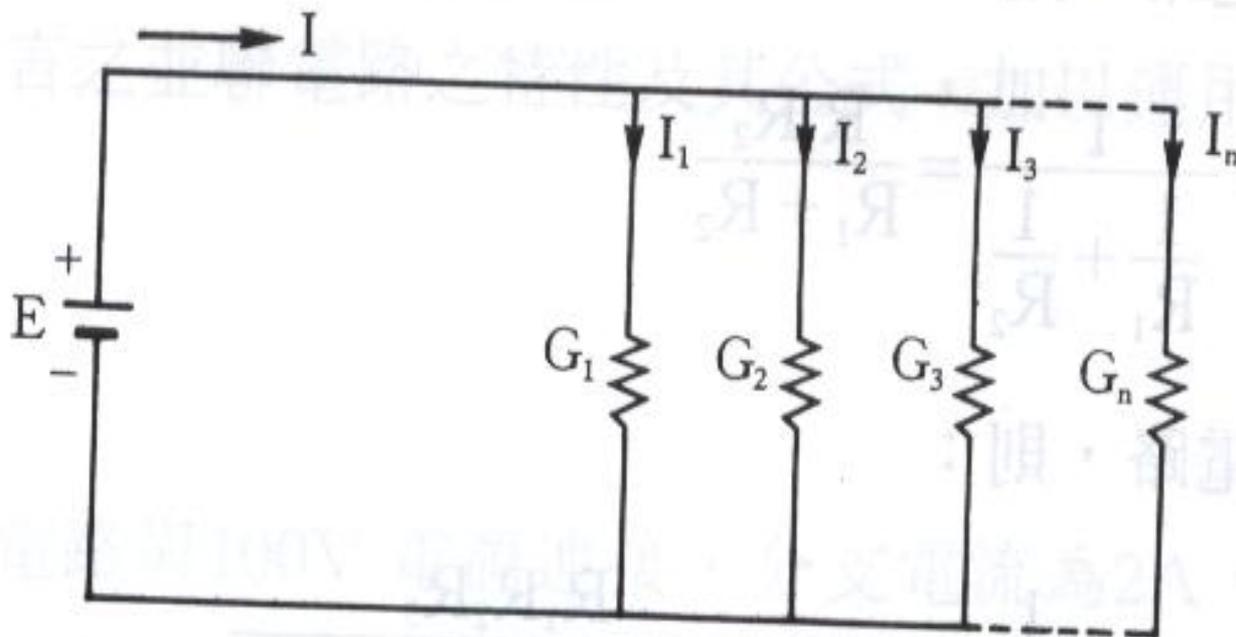


圖4-4 並聯電路



10-1 變容二極體



- 當pn接面兩端之逆向偏電壓(V_R)改變時，空乏區的寬度也隨之改變，因而電容量亦改變。
- 減少電容器兩平板間之距離(d , distance)會增加電容量(C , capacitance)。相反的，增加電容器兩平板間之距離會減少電容量 C 。

$$d = k V_R ; C = \varepsilon * A / d ; C = Q / V_R \circ$$



變容二極體



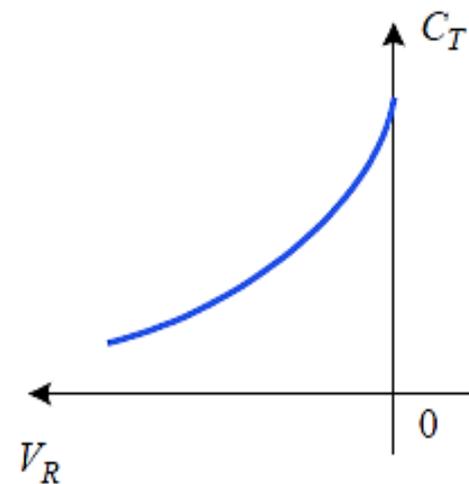
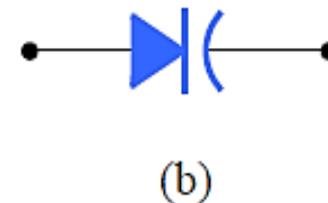
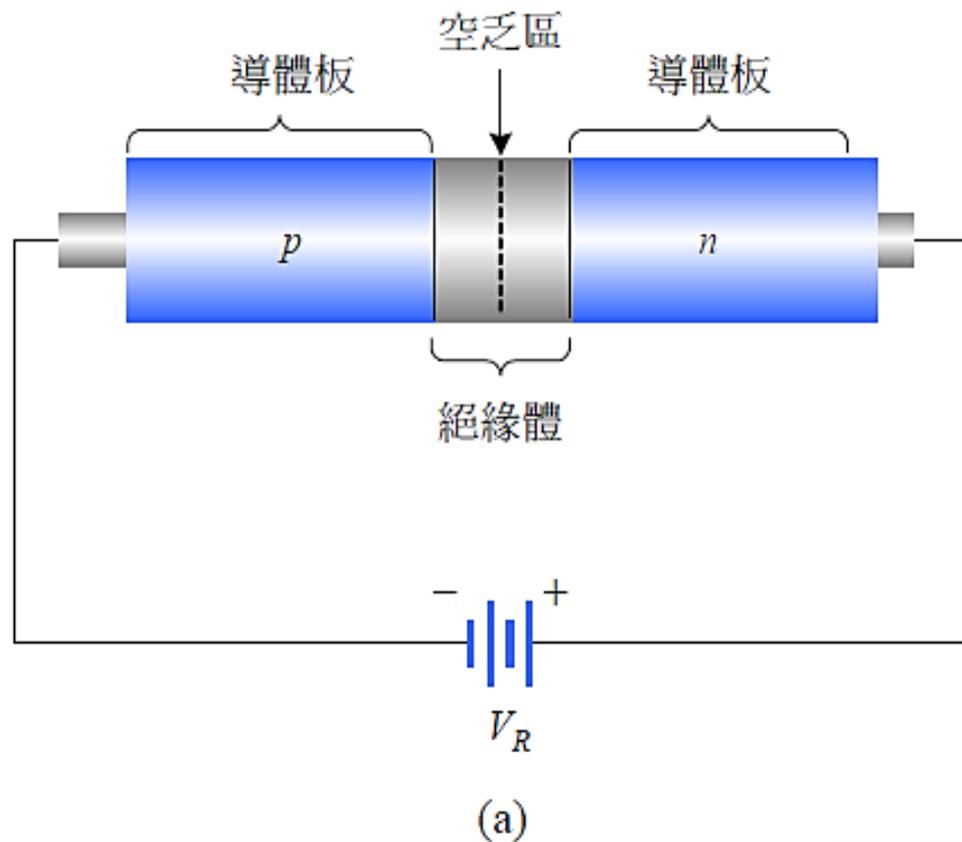
- 當變容二極體兩端之逆偏電壓增加時，空乏層的寬度增加因而C減少。

$$d = k V_R ; C = \varepsilon * A / d ; C = Q / V_R \circ$$

- 當變容二極體兩端之逆偏電壓減少時，空乏層的寬度減少因而C增加。

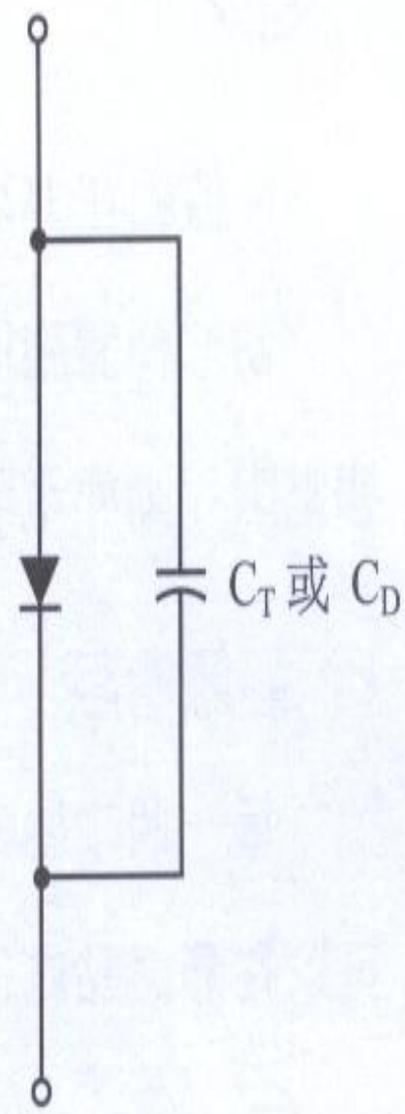
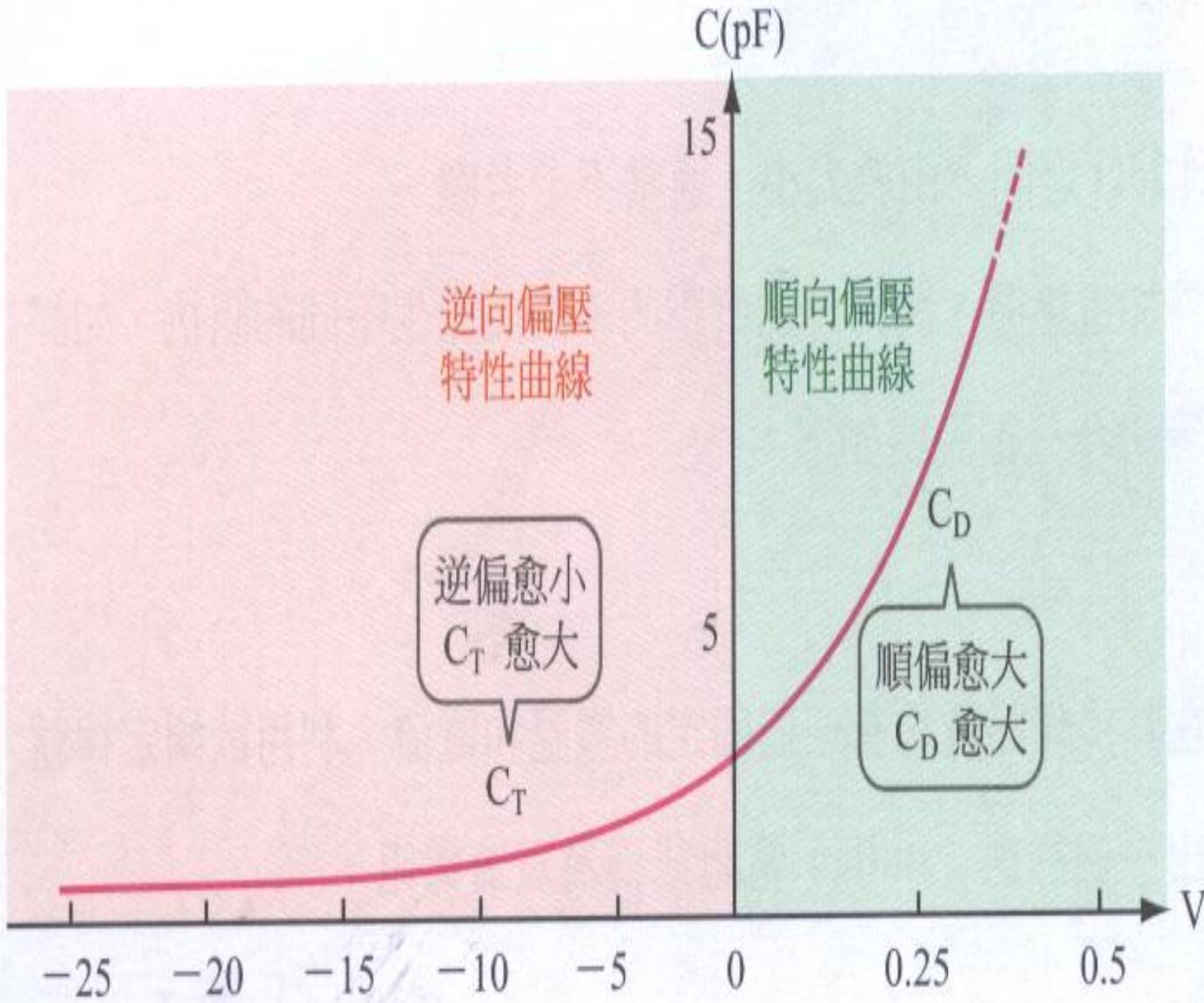


變容二極體



T: Tuner/ 可調整的

圖 3-10 變容二極體：(a) 在逆向偏壓二極體中的空乏區；(b) 變容二極體的示意符號；(c) 電容量 C_T 對逆向電壓 V_R 之特性曲線圖。



▲圖 2-16 電容—電壓特性曲線

▲圖 2-17 二極體的電容效應



變容二極體應用



- 變容二極體常應用於通信型態的電路中，併入 LC (電感與電容) 共振電路中使用。

$$L = N * \Phi / I$$

L: Inductance/ 電感 (單位：亨利/ Henry)

N: 線圈匝線數

Φ : 磁通量(韋伯/ Weber)

I: 電流(安培/ Ampere)

在1匝線圈中若有1安培之電流能產生1韋伯之磁通量，則該線圈之自感為1亨利。



單位名稱與符號-1



表1-2 SI 實用單位制

| 電 量 名 稱 | 符 號 | 實 用 單 位 | | | 基本單位 表示法 |
|------------|--------|---------------------|-----|-----------------------------|--|
| | | 名 稱 | 簡 寫 | 符 號 | |
| 電壓(電動勢) | E | 伏特(volt) | 伏 | V | $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{A}\cdot\text{s}^3$ |
| 電流 | I | 安培(ampere) | 安 | A | A |
| 電阻 | R | 歐姆(ohm) | 歐 | Ω | $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{A}^2\cdot\text{s}^3$ |
| 電導 | G | 西門(siemens)或姆歐(mho) | 西或莫 | S 或 \Uparrow | $\text{A}^2\cdot\text{s}^3/\text{kg}\cdot\text{m}^2$ |
| 電荷(電量) | Q | 庫侖(coulomb) | 庫 | C | A·s |
| 電能 | W | 焦耳(joule) | 焦 | J | $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^2$ |
| 電功率 | P | 瓦特(watt) | 瓦 | W | $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{s}^3$ |
| 電感 | L | 亨利(henry) | 亨 | H | $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{A}^2\cdot\text{s}^2$ |
| 電容 | C | 法拉(farad) | 法 | F | $\text{A}^2\cdot\text{s}^4/\text{kg}\cdot\text{m}^2$ |
| 頻率 | f | 赫芝(hertz) | 赫 | Hz | s^{-1} |
| 磁通 | ϕ | 韋伯(weber) | 韋 | Wb | $\text{kg}\cdot\text{m}^2/\text{A}\cdot\text{s}^2$ |
| 磁通密度 | B | 特斯拉(tesla) | 特 | T(Wb/m^2) | $\text{kg}/\text{A}\cdot\text{s}^2$ |



單位名稱與符號-2



表1-3 SI 實用單位與 CGS 電磁單位及 CGS 靜電單位之關係

| 電 量 | SI 實用單位 | CGS 電磁單位 | CGS 靜電單位 |
|-------|--------------|----------------------------------|---|
| 電 壓 | 伏特, V | 10^8 ab-V | $\frac{1}{3} \times 10^{-2} \text{ stat-V}$ |
| 電 流 | 安培, A | 10^{-1} ab-A | $3 \times 10^9 \text{ stat-A}$ |
| 電 阻 | 歐姆, Ω | $10^9 \text{ ab-}\Omega$ | $\frac{1}{9} \times 10^{-11} \text{ stat-}\Omega$ |
| 電荷(量) | 庫侖, C | 10^{-1} ab-C | $3 \times 10^{-9} \text{ stat-C}$ |
| 電 能 | 焦耳, J | 10^7 erg (爾格) | 10^7 erg (爾格) |
| 電 功 率 | 瓦特, W | $10^7 \text{ erg/sec (or ab-W)}$ | $10^7 \text{ erg/sec (or stat-W)}$ |
| 電 感 | 亨利, H | 10^9 ab-H | $\frac{1}{9} \times 10^{-11} \text{ stat-H}$ |
| 電 容 | 法拉, F | 10^{-9} ab-F | $9 \times 10^{11} \text{ stat-fd}$ |
| 磁 通 | 韋伯, Wb | 10^8 ab-Wb | $\frac{1}{3} \times 10^{-2} \text{ stat-Wb}$ |



表1-4 電學單位常用的字首



| 字首 | 名稱 | 符號 | 乘數大小 |
|-------|----|-------|------------|
| 英文 | 中文 | | |
| atto | | a | 10^{-18} |
| femto | | f | 10^{-15} |
| pico | 微微 | p | 10^{-12} |
| nano | 奈 | n | 10^{-9} |
| micro | 微 | μ | 10^{-6} |
| milli | 毫 | m | 10^{-3} |
| centi | 厘 | c | 10^{-2} |
| deci | 分 | d | 10^{-1} |
| deca | 十 | da | 10^1 |
| hecto | 百 | h | 10^2 |
| kilo | 千 | k | 10^3 |
| mega | 百萬 | M | 10^6 |
| giga | 十億 | G | 10^9 |
| tera | 兆 | T | 10^{12} |

單位字首 名稱與符號



變容二極體應用



- 變容二極體可用來取代共振電路中的傳統電容器。
- 變容二極體的電容值(C)可由調整逆偏電壓(V_R)而改變。
- 線圈內電阻 r_i (inner)及可變電阻 R_1 形成一個可變直流分壓器，經由改變 D_1 兩端的逆偏電壓 V_R ，可用來調諧共振電路， D_1 兩端的逆偏電壓可利用分壓器理論計算：

V ：外加的直流電壓值

$$V_R = \frac{r_i}{r_i + R_1} \times V$$



變容二極體應用



- V_R 表示 D_1 兩端的逆偏電壓， V 表示外加的直流電壓值。當 R_1 值增加， V_R 減少。這將使得變容二極體的電容值增加。

$$d = k V_R ; C = \varepsilon * A / d ; C = Q / V_R \circ$$

- 從基本電路理論得知，調諧電路的共振頻率 f_r 是以下式計算：

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

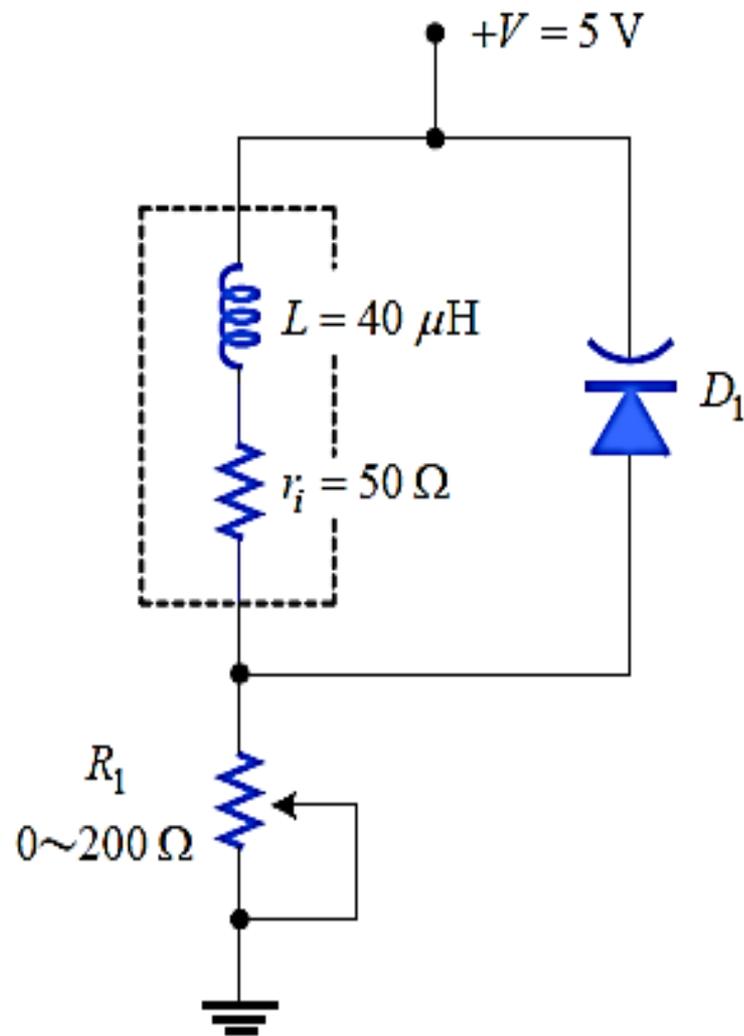


圖 3-11 變容二極體用於並聯共振電路。調整 R_1 將改變 D_1 兩端的逆偏電壓 V_R ，因而改變共振頻率 f_r 。



A: 計算題 8



例題 8

計算 D_1 兩端之最大與最小逆向電壓 V_R 。

答：當 $R_1 = 0 \Omega$ ， V_R 計算如下

$$V_R = \frac{r_i}{r_i + \underline{R_1}} \times V$$

$$\begin{aligned} V_R &= \frac{r_i}{r_i + \underline{R_1}} \times V \\ &= \frac{50 \Omega}{50 \Omega + \underline{0 \Omega}} \times 5 \text{ V} \\ &= 1 \times 5 \text{ V} \\ &= 5 \text{ V} \end{aligned}$$



當 $R_1 = 200 \Omega$ ， V_R 計算如下

$$\begin{aligned} V_R &= \frac{r_i}{r_i + \underline{R_1}} \times V \\ &= \frac{50 \Omega}{50 \Omega + \underline{200 \Omega}} \times 5 \text{ V} \\ &= 1 \text{ V} \end{aligned}$$

注意， R_1 從 0Ω 改變至 200Ω ，使得 D_1 的電容值增加，因為 V_R 減少。這將使得共振頻率 f_r 減少。 ■



A: 計算題 9



例題 9

若變容二極體 D_1 的電容值，當 $V_R = 1\text{ V}$ 時，為 39.58 pF ，當 $V_R = 5\text{ V}$ 時為 10 pF ，計算 f_r 的最大與最小值。

答：當 D_1 兩端之 V_R 為 1 V 時，共振頻率 f_r 為

$$\begin{aligned} f_r &= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \\ &= \frac{1}{2 \times 3.141 \sqrt{40\ \mu\text{H} \times 39.58\ \text{pF}}} \\ &= 4\ \text{MHz} \end{aligned}$$

當 D_1 兩端之 V_R 為 5 V 時，共振頻率 f_r 為



$$\begin{aligned}f_r &= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \\&= \frac{1}{2 \times 3.141 \sqrt{40 \mu\text{H} \times 10 \text{ pF}}} \\&= 7.957 \text{ MHz}\end{aligned}$$

在此須強調的是， D_1 的電容值可經由調整逆向電壓 V_R 而改變。 ■



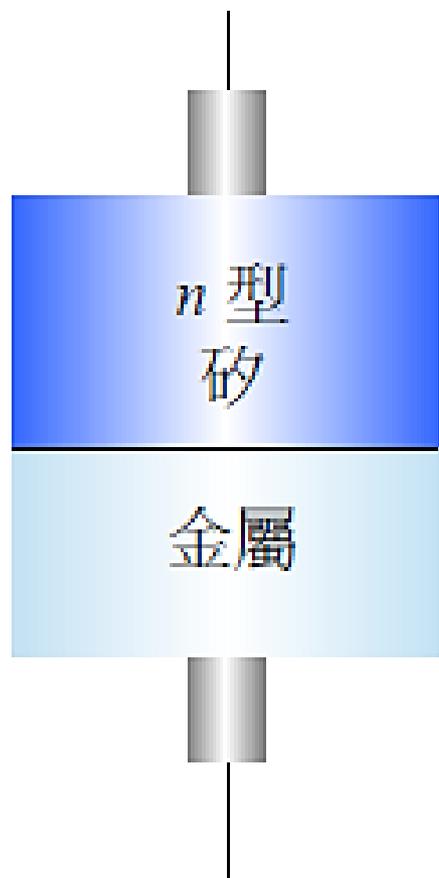
10-2 蕭特基二極體



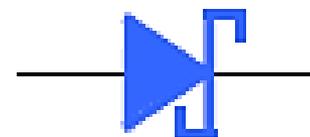
- pn接面的變容二極體是一種很有用的特性，但就大多數的高頻運作而言，它經常是一種妨礙。因為在高頻時，一般的矽二極體無法足夠快速截止及終止電流在反方向流動。
- 在低頻時，一般矽二極體，當偏壓由順向變成逆向時，可以很容易的由導通(Close)狀態變成非導通(Open)狀態。



- 蕭特基二極體(Schottky Diodes)是由n型矽質材料與金屬(通常為黃金/Au)組成，如圖3-12(a)所示。
- 沒有p型材料，在矽與金屬的接面上實際並無電容存在。這種二極體能夠比一般矽整流器更快速的作導通(ON)與截止(OFF)的開關變換。其的主要目的就在作為高速開關的元件。

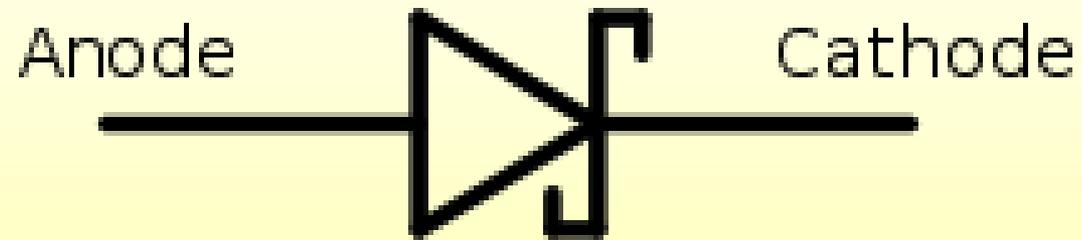


(a)



(b)

圖 3-12 蕭特基二極體：(a) 構造；(b) 示意符號。

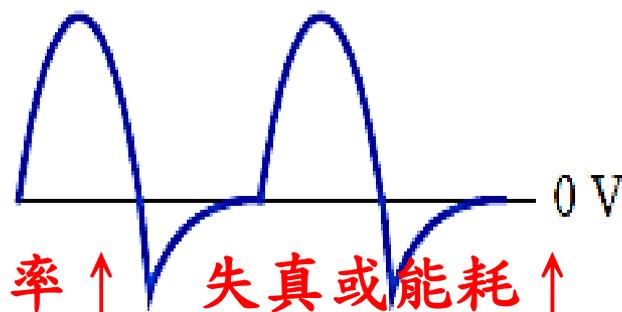
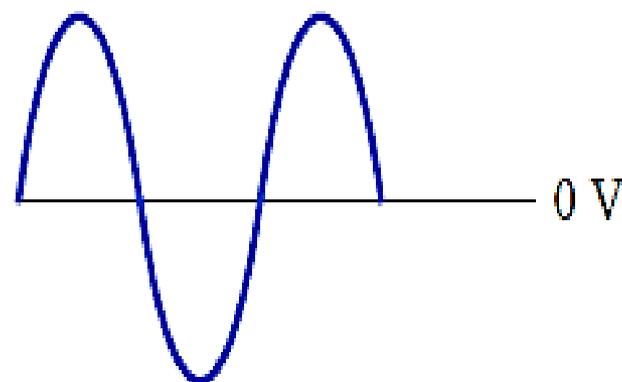
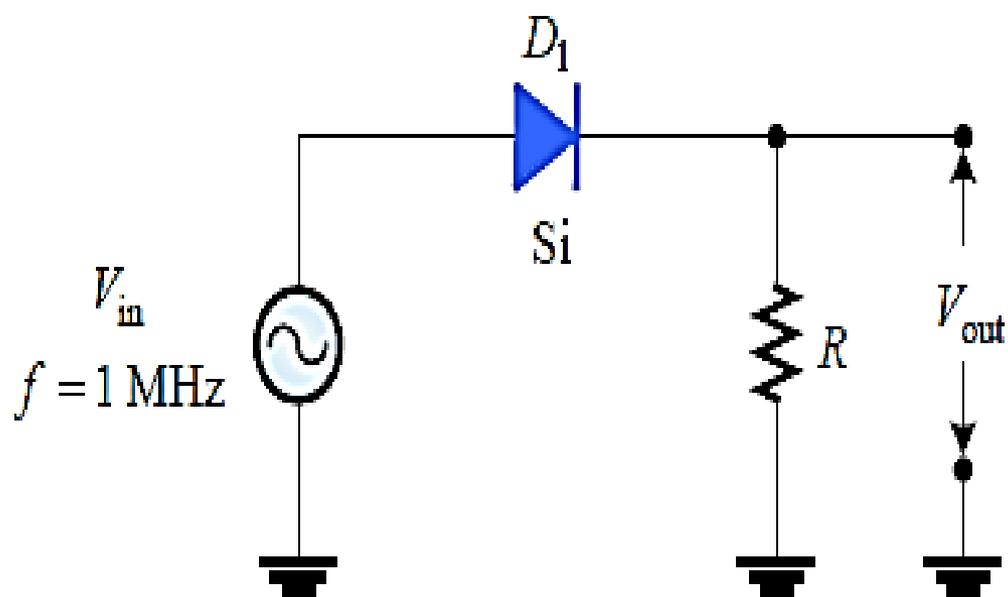




- 在二極體中接面電容被外加的順向電壓充電。
- 當二極體兩端之偏壓電壓由順向變成逆向時，接面電容必須放電。
- 接面電容的放電電流將與二極體中的順向電流 I_F 成相反方向。



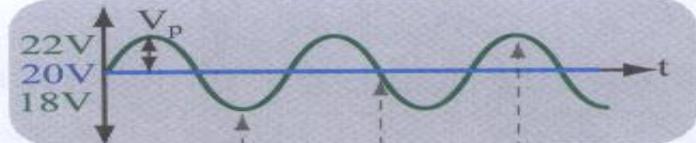
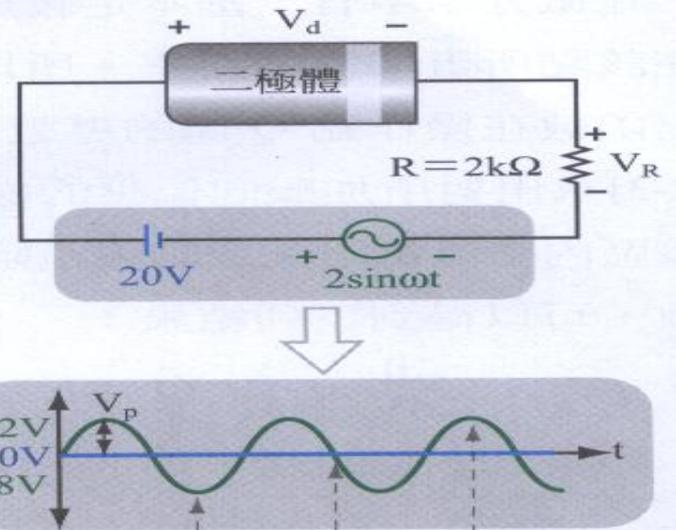
- 蕭特基二極體在順向時，順向電壓 V_F 只有0.25V。順向電壓 V_F 如此小是因為障壁電壓小於矽製二極體($V_B/0.7\text{ V}$)。
- 圖3-13(a)及(b)顯示一般的矽二極體及蕭特基二極體用於整流高頻的交流電壓。



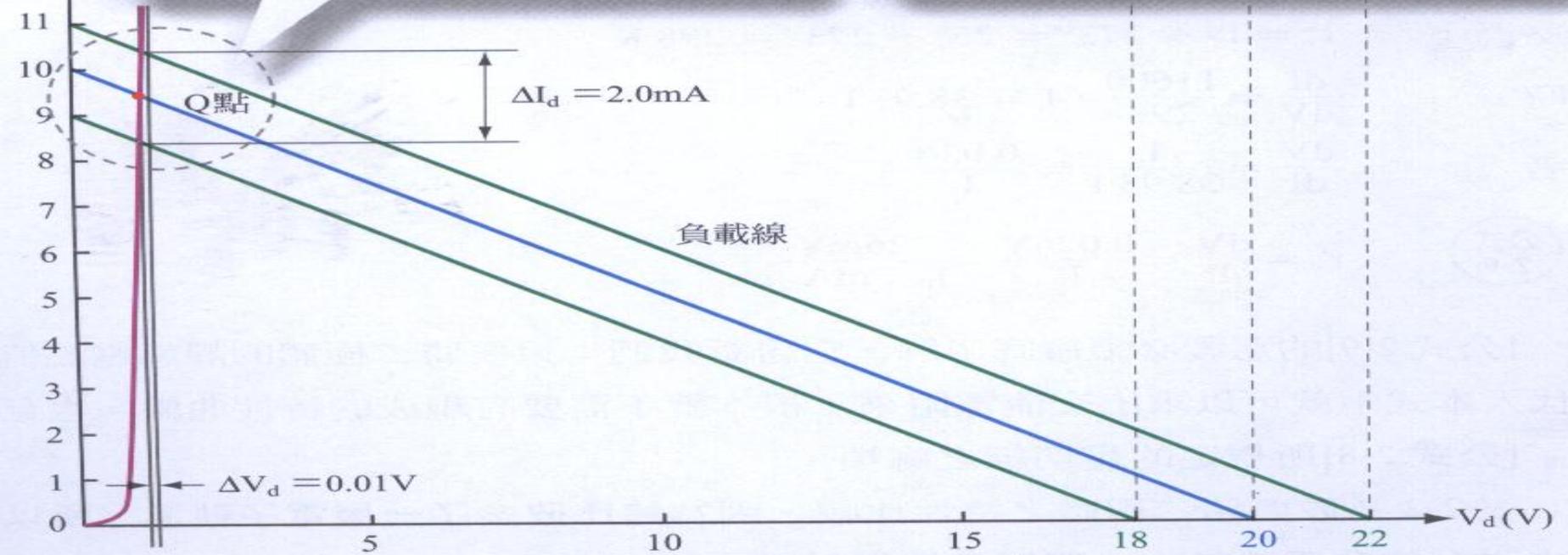
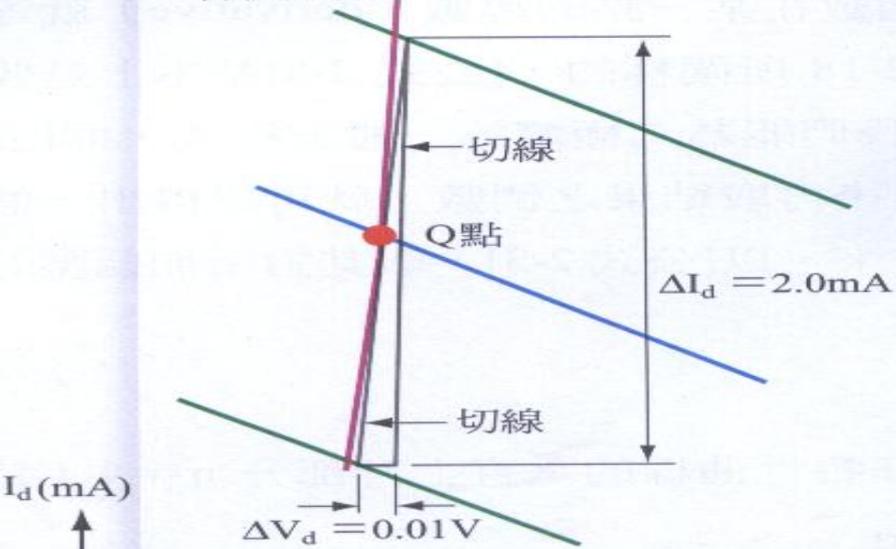
頻率 \uparrow 失真或能耗 \uparrow

(a)

10.0
電路圖



特性曲線



▲圖 2-18 半導體二極體的交流電阻



- 圖3-13(a)中之一般二極體，負半週的某部分之電流流動。這是pn接面的電容在負半週的某一部分放電的緣故。
- 圖3-13(b)中之蕭特基二極體，從導通到截止的開關變換非常快速。

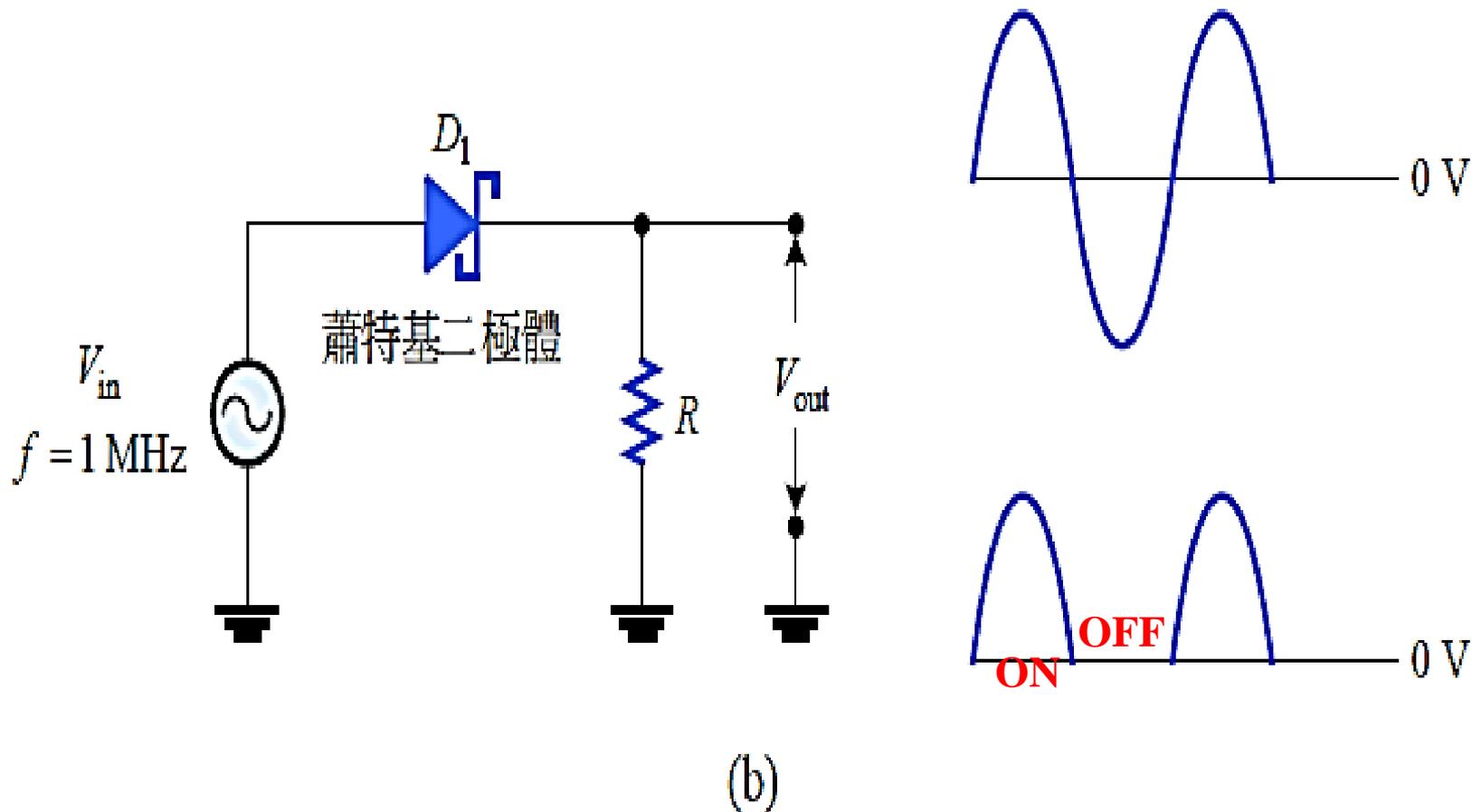


圖 3-13 用於整流高頻交流信號的半波整流電路。(a) 一般矽質整流器不能足夠快速的作開與關之切換；(b) 蕭特基二極體可以快速地作開與關切換。



課後重點整理



- 變容二極體是一種像電壓可變電容般工作的二極體，變容二極體總是逆向偏壓。
- 當逆偏電壓增加，電容 C 減少；相反的，當逆向電壓減少，電容 C 增加。



課後重點整理



- 蕭特基二極體無電荷充電儲存現象，因為它沒有pn接面，之所以沒有pn接面是因為它是由n型材料與金屬(如黃金)所組成。
- 因為沒有pn接面，電荷儲存幾乎不存在，而使蕭特基二極體能夠非常快速地作開關切換。
- 蕭特基二極體的主要用途，是用於高頻電路中。

