

電子學概論與二極體

National Taiwan Normal University

講師：吳友仁

一、電子學概論及相關介紹

● 何謂電子學？

「電子學」這個名稱是由荷蘭物理學家羅倫茲所提出，他於1895年提出獨立電荷存在假設，並稱此電荷為「電子」，但是這個假設是經過兩年後，才由英國物理學家湯姆生於實驗中所證實，且同年德國科學家布朗製造出第一個真空管，從此開始了電子學的發展。



一、電子學概論及相關介紹

電子元件的發展

- 真空管:1897年德國科學家布朗，製作出第一個來，應用於早期的電視、電腦...等，別名稱為陰極射極管。
 - 特性:具有放大信號與控制電量的功能，但壽命短、體積大、易生高熱、消耗大量功率、價格貴。
- 電晶體:1947年12月，美國物理學家卜拉登、巴定和蕭特力，利用鍺半導體發明了點觸式固態放大器，才開啟電晶體時代。
 - 特性:體積只有真空管的1/100，且比真空管省電，具有放大及開關功能。
- 積體電路:1958年任職於德州儀器公司的基爾比，提出單石電路觀念，隨後，1959年在無線電工程學會的研討會中，稱此電路為固態電路，之後改名為積體電路。
 - 特性:一片小小的晶片具有完整的元件組合

一、電子學概論及相關介紹

積體電路分類

- 小型積體電路(Smail-scale integration circuit;簡稱SSI)此裝置每晶片含100個零件以下，而其每一晶片所製作之邏輯閘數12個以下。
- 中型積體電路(Medium-scale integration circuit;簡稱MSI)此裝置每晶片含100~1000個零件以下，而其每一晶片所製作之邏輯閘數12~100個以下。
- 大型積體電路(Large-scale integration circuit;簡稱LSI)此裝置每晶片含1000~10000個零件以下，而其每一晶片所製作之邏輯閘數100~1000個以下。
- 超大型積體電路(Very-large-scale integration circuit;簡稱VLSI)此裝置每晶片含10000~100000個零件以下，而其每一晶片所製作之邏輯閘數1000~10000個以下。
- 特大型積體電路(Ultra-large-scale integration circuit;簡稱ULSI)此裝置每晶片含100000個零件以上，而其每一晶片所製作之邏輯閘數10000個以上。

一、電子學概論及相關介紹

電子工業的4C

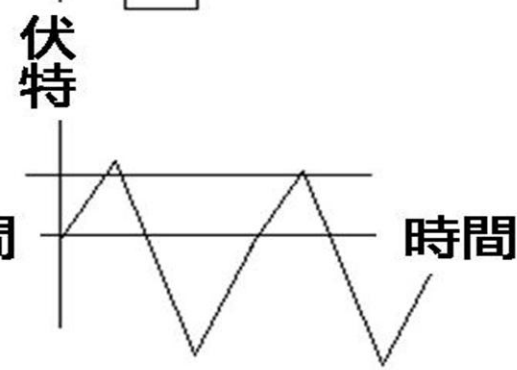
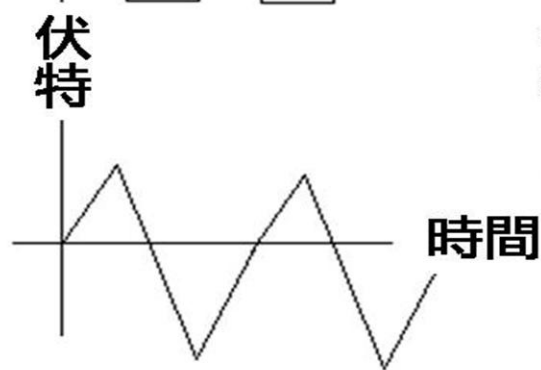
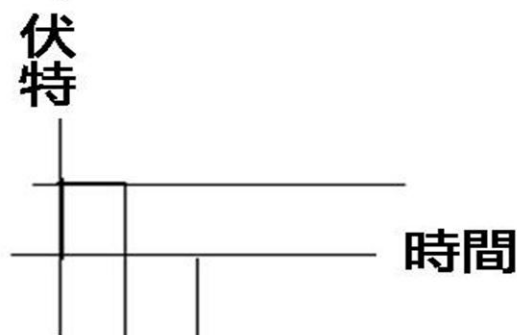
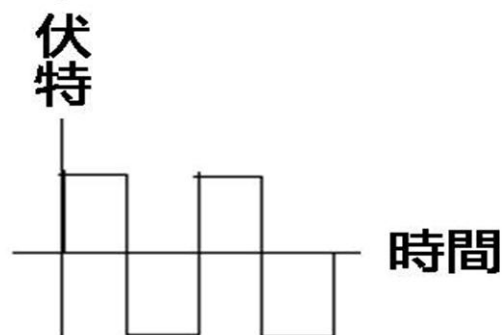
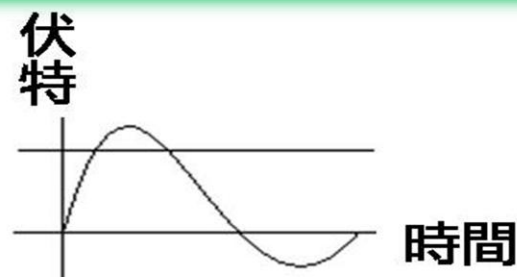
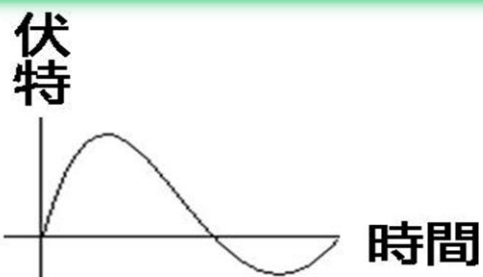
- 元件材料(Components): 積體電子學
 - 特性: 有主動元件和被動元件，前者有OPA、FET、真空管、BJT; 後者有R、L、C、變壓器。
- 通訊(Communication): 通訊電子學
 - 特性: 點與點的連接，不限距離。
- 控制(Control): 工業電子學
 - 特性: 用來遠端控制。
- 計算(Computation): 數位電子學
 - 特性: 輔助工具。
- 註: 電子應用產品4C為電腦(Computer)、通訊(Communication)、消費性電子(Consumer)和車用電子(Car)。

二、基本波形認識

- 1 直流: 波形振幅大小及正負極性不隨時間而改變，稱為直流; 簡稱DC。
- 2 交流: 波形振幅大小及正負極性會隨時間而改變，稱為交流; 簡稱AC。
 - 正(餘)弦波
 - 矩形波(方波、脈波)
 - 鋸齒波
- 3 交直流混合



二、基本波形認識



二、基本波形認識

正 (餘) 弦 波

- 正弦波為電子學中最常用的波形之一。電力公司所供應之交流電即為正弦波。
- $F=1/T$ f ：頻率(Hz)， T ：週期(秒)
- 峰值(最大值)：正弦波之正半週或負半週的最大振幅均相等，稱之為峰值。簡稱 E_m 或 E_p [I_m 或 I_p]。
- 峰對峰值：正峰值和負峰值間之差稱之。簡稱 E_{p-p} 。
- $E_{p-p}=2E_m$
- 有效值(E_{eff} 、 E_{rms} 、 E 、均方根值)：正弦波交流能產生相當直流之電功率的等值電流或電壓。
- $E=1/\sqrt{2}E_m=0.707E_m$
- 半週平均值： $E_{av}=2/\pi E_m=0.636E_m$

二、基本波形認識

矩形波(方波、脈波)

- 方波又叫矩形波，是一種時常出現在電子電路和工業控制的信號。
- 方波的陡峭上升稱為前緣或正緣。陡峭下降稱為後緣或負緣。
- 脈波又稱脈衝，是一種單極性波形。係一種在極短時間上升(或下降)，隨後立即下降(或上升)的波形。
- 工作週期(duty cycle)= $E_{av}/E_m \times 100\%$
- t_p ：脈波之寬度(所佔時間)
- T ：脈波週期
- E_{av} ：脈波一週之平均電壓
- E_m ：脈波電壓之最大值

二、基本波形認識

矩形波（方波、脈波）

- 對方波來說，因為其正負半週是對稱的波形故其工作週期為50%。而脈波工作週期可為0%~100%之間之任一值，其中工作週期小於50%的稱為窄幅波。大於50%的稱為寬幅波。
- 窄幅波的用途比寬幅波廣，因其寬度小，用來觸發半導體元件時，可使被觸發元件消耗功率減低。

二、基本波形認識

鋸

齒

波

- 當電壓相對於時間，若以一恆定速率來增加或減少時，它就是一正或負的斜波。
- 三角波又稱為鋸齒波，有的是將兩邊對稱的稱為三角波，不對稱的叫鋸齒波。
- 由於三角波和鋸齒波亦均為交流週期波，故以示波器量測之方法與正弦波量測方法相同。

二、基本波形認識

有效值 E_{eff} 、平均值 E_{av} 、
波峰因素 C.F.、波形因素 F.F.

- 平均電壓質 E_{dc} = 週期內電壓面積和 A / 週期 T
- 有效值電壓 E_{rms} = $\sqrt{\text{週期內平方電壓面積和} A / \text{週期} T}$
- 波峰因素 C.F. = E_m / E_{rms}
- 波形因素 F.F. = E_{rms} / E_{dc}

二、基本波形認識

Em (最大值波形)	Edc (全週期)	Edc (正半週期)	Erms (有效值)	C.F. (波峰)	F.F. (波形)
直流	Em	Em	Em	1	1
方波	0	Em	Em	1	1
正(餘)弦波	0	0.636Em	0.707Em	1.414	1.11
鋸齒波	0	0.5Em	0.577Em	1.732	1.155

三、原子與離子的結構與特性

原子基本結構

- 原子(淨電荷=0,中性)---
- 原子核(正電)=質子(正電)+中子(不帶電)
- 電子(負電)

三、原子與離子的結構與特性

電子、質子與中子之比較

	電子	質子	中子
質量	9.10×10^{-31} kg	$1.6726231 \times 10^{-27}$ kg	$1.6726231 \times 10^{-27}$ kg
電量	-1.6×10^{-19} 庫侖	1.6×10^{-19} 庫侖	0

三、原子與離子的結構與特性

電子、質子與中子之比較

- 質子質量 \div 中子質量 \div 電子質量的1840倍。
- 電子與質子所帶之電量，大小相等，但極性相反。
- 原子序=質子數=電子數。
- 不受外力的原子，其電子數和質子數相等，且每一個電子與質子等電量但極性相反，故原子的總電荷為零，呈現中性。

三、原子與離子的結構與特性

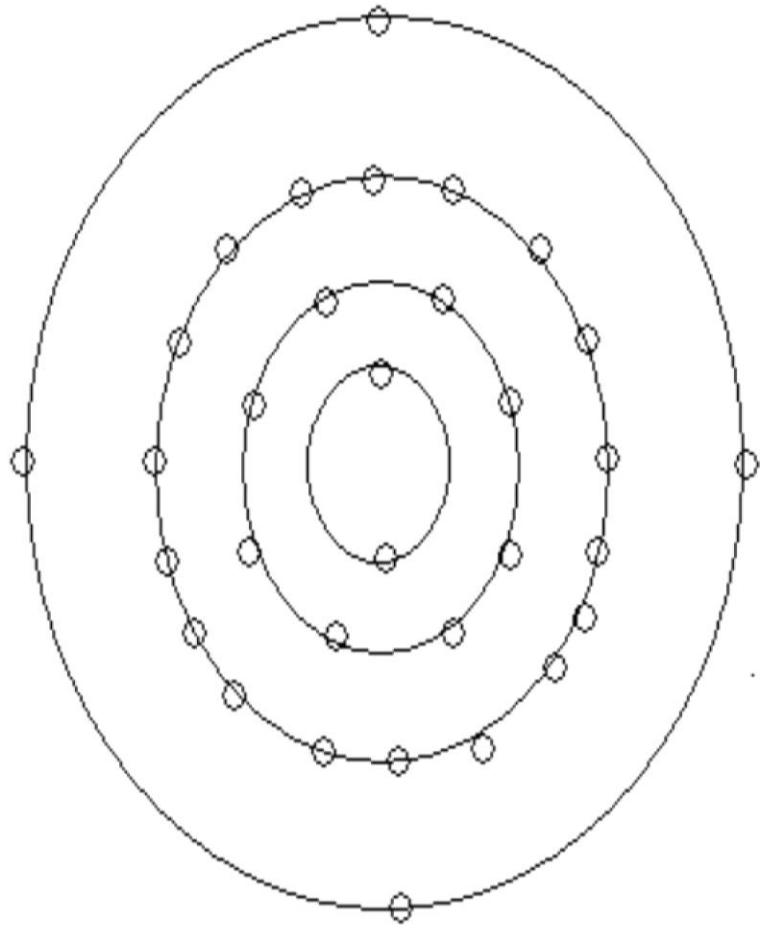
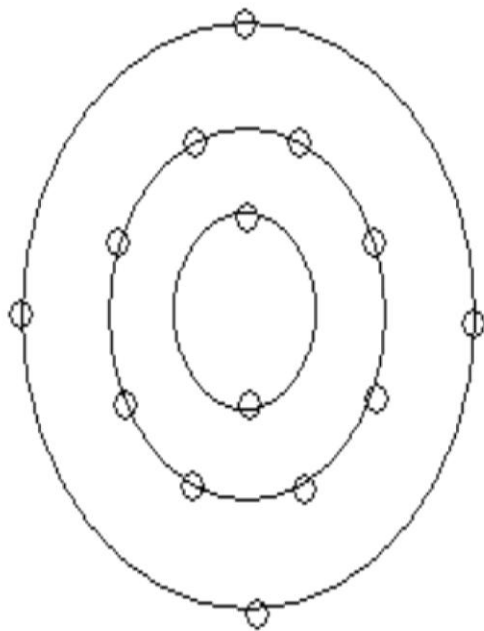
電子組態

- 主層:分為K、L、M、N、O、P、Q等七層。
- 副層:可分為s、p、d、f等四層。
- 每一主層所能容納最大電子數為 $2n^2$,其中n表示軌道的層次數。
- 每一副層所能容納最大電子數為:
s=2個 p=6個
d=10個 f=14個。
- 價層:電子軌道的最外圍。
- 價電子:最外層所排列的電子。

以矽與鍺的電子組態為例子：

元素	原子序數	電子分佈
矽	14	2-8-4
鍺	32	2-8-18-4

三、原子與離子的結構與特性



三、原子與離子的結構與特性

離子的行程

- 原子(不帶電)^{游離}-----
- 失去電子:正離子(帶正電)
- 獲得電子:副離子(帶負電)

三、原子與離子的結構與特性

題 型 演 練

- 1.真空管有何缺點？
- 2.電子工業有4C，為哪些？
- 3.電子的質量為質子之？分之一。
- 4.積體電路中，依邏輯閘數目的多寡分類，且由少到多排列為何？
- 5.矽的原子序是14，其電子層之電子數分配為何？

四、二極體

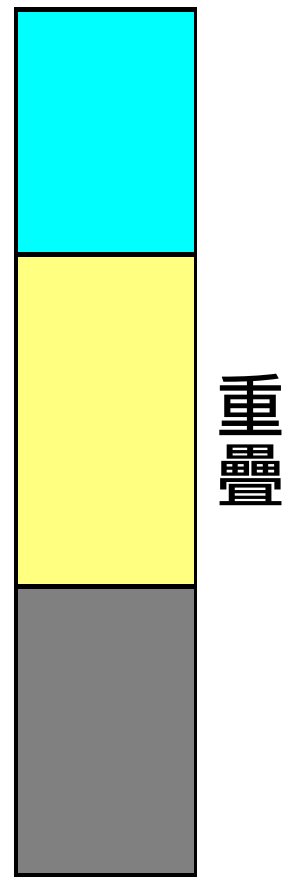
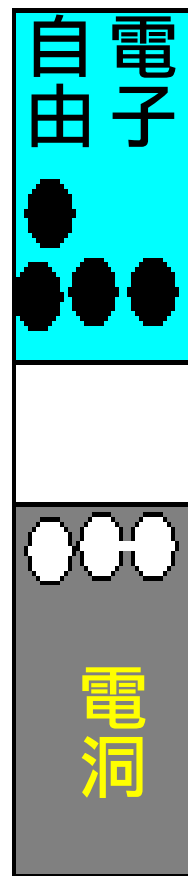
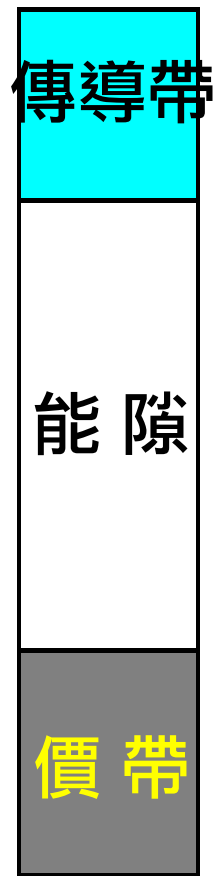
本質半導體的結構與特性

- 定義:又稱為純半導體，是一種未經摻雜的
純四價半導體。
- 特點:本質半導體中的電子與電洞，完全是
由熱能產生，故其所含的電子數一定
與電洞數一樣。

四、二極體

能帶結構

- 絕緣體
- 半導體
- 導體



四、二極體

能帶結構

- 能帶:電子所能佔據的能階群。
- 傳導帶:已脫離原子軌道的電子所佔有的能帶。
電子能在傳導帶內自由移動，稱自由電子。
- 價帶:一般原子軌道上，價電子所在的能帶。
在裡面的價電子無法自由移動，被束縛了。
- 禁帶或能隙:介於傳導帶與價帶的能隙差。
 - 提個醒:1.在禁帶裡面不存在著電子和電洞
 - 2.用來決定物體導電性的為禁帶
 - 3.能隙大小為絕緣體>半導體>導體

四、二極體

物質的電阻溫度係數

- 金屬導體與高摻雜濃度之半導體(導電性質相似於金屬導體)，其電阻係數隨溫度的升高而增加，呈正電阻溫度係數。
- 一般半導體的電阻係數，隨溫度的升高而減少，呈負電阻溫度係數。
- 絕緣體的電阻係數，隨著溫度升高而減少，呈負電阻溫度係數。

四、二極體

導體		正電阻溫度係數	$T \uparrow, R \uparrow$
半導體	高摻雜濃度	正電阻溫度係數	$T \uparrow, R \uparrow$
	一般濃度	負電阻溫度係數	$T \uparrow, R \downarrow$
	本質(純)	負電阻溫度係數	$T \uparrow, R \downarrow$
絕緣體		負電阻溫度係數	$T \uparrow, R \downarrow$

四、二極體

電子與電洞的傳導方式

- 共價鍵:四價原子與其相鄰的四個原子共用一個價電子，以達成**穩定**的結合方式。
- 共價鍵破裂時，價電子脫離所留下空位為電洞，因可吸引鄰近共價鍵的電子來填補，故可視為一帶正電的載子。
- 電子與電洞的運動方向相反，且電子的移動率約為電洞的兩倍。
- 漂移電流:由電壓梯度所形成的載子移動。
- 擴散電流:由濃度梯度所形成的載子移動。
- 金屬導體的導電效應只有漂移作用而沒有擴散作用;而半導體者兼具以上兩個。

四、二極體

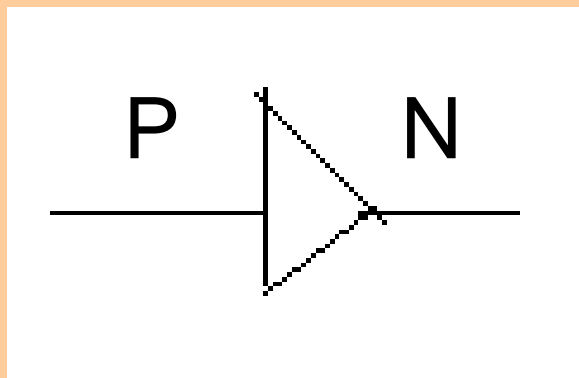
自由電子與電洞

- 未被原子核及共價鍵所束縛的電子稱為自由電子。
- 當外加能量使得共價鍵中的電子逸出而跑到更高能接時，原來軌道上變少了一個電子，而空出一個位置來，這個空位便叫電洞。

四、二極體

二極體的特性

- 二極體具有單向導電性質，常用於整流、截波、檢波或箝位電路中，當作開關元件。
- 二極體的電流流向是由陽極(P極)流向陰極 (N極)。



四、二極體

題 型 演 練

- 1.半導體裡的電子與電洞是由何種方式所生？
- 2.再同一材料下，電子與電洞移動速度何者快？
- 3.用來決定一材料是否為半導體是以哪一種能帶寬度來決定？
- 4.電洞即為？
- 5.漂移電流是由什麼的梯度所形成的載子移動？